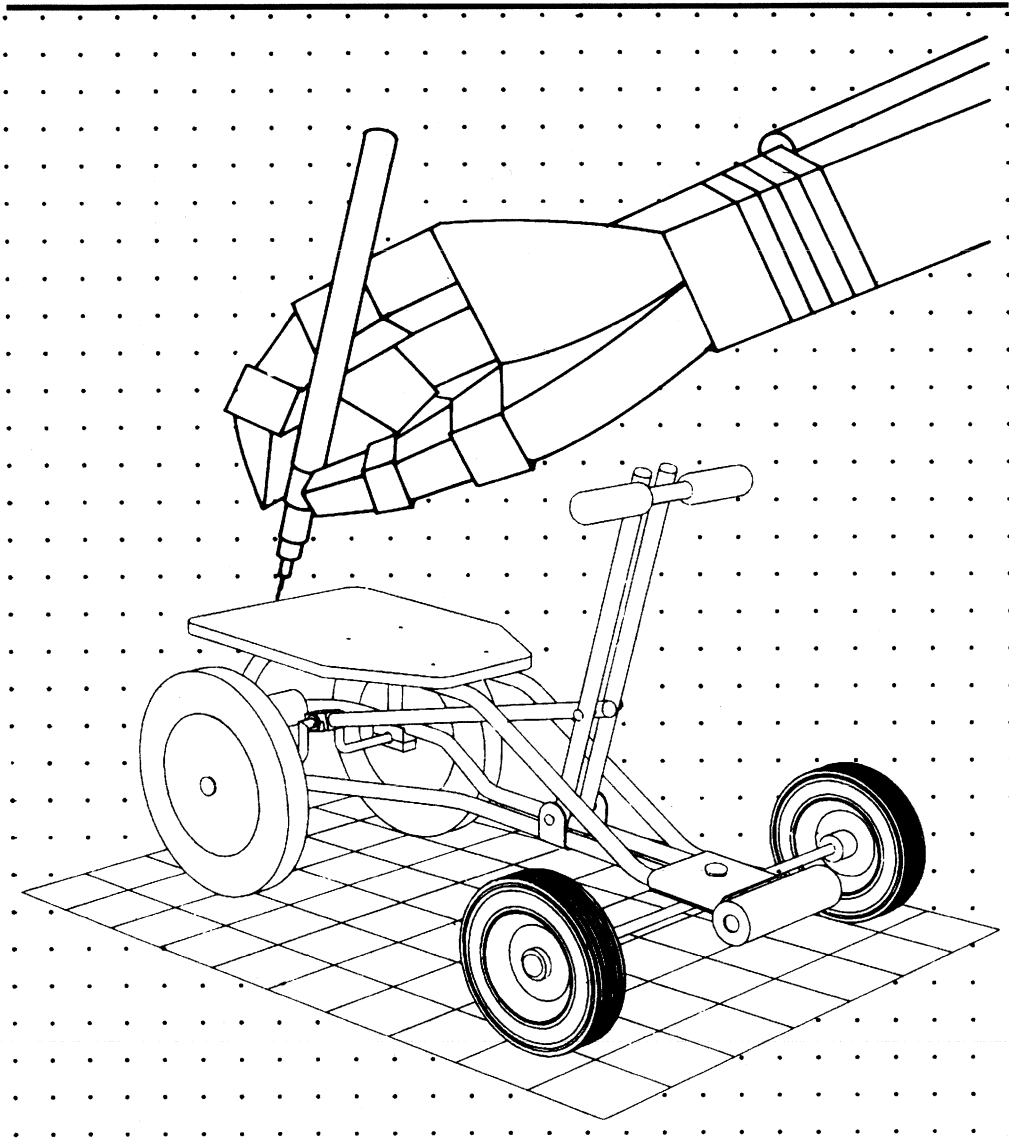


# Technische Produkt Informatie 1 (TPI 1)





# Technische Productinformatie 1

**Samenstelling:**

Marco Bolleboom  
Aad Bremer  
Nico Daams  
Rinus Grabijn  
Lau Langeveld  
Hans Richters  
Jan Witte  
Ester Zwijnenberg

**Layout:**  
Rinus Grabijn



---

# Technische Productinformatie 1

## **Inhoud:**

1. Voorwoord
2. Computervaardigheden
3. Dictaat 3D
4. Oefeningen 3D
5. Handleiding MicroStation
6. Dictaat 2D
7. Oefeningen 2D
8. Technisch tekenen met behulp van AutoCAD Release 12
9. Bijlage 3D
10. Bijlage 2D



# Voorwoord

## Inleiding

Zowel in de studie zowel als in de later beroepsuitoefening bestaat een belangrijk deel van het werk van de ontwerper uit communicatie. Het onderwerp van deze communicatie is meestal het ontwerp of het produkt waar op dat moment naar gekeken of aan gewerkt wordt. Het inwinnen en doorgeven van informatie erover vormt een belangrijk deel van het communicatieproces.

Als we gedurende het vak TPI spreken over informatie, zullen we het met name hebben over al die informatie die gaat over de opbouw, werking en vervaardiging van het produkt. We duiden dit ook wel aan met de term 'technische informatie'.

Om goed te kunnen functioneren, zal een industrieel ontwerper zowel in actieve als in passieve zin moeten kunnen omgaan met de technische informatie.

Het vastleggen en gebruiken van deze informatie kan daarbij zowel op twee- als driedimensionale wijze geschieden. Bij het invoeren en opslaan ervan wordt steeds meer gebruik gemaakt van digitale technieken. Om studenten aan de Faculteit van het Industrieel Ontwerpen hierop voor te bereiden is de cursus 'Technische Produktinformatie 1' in het curriculum opgenomen.

## Leerdoelen

De cursus heeft de volgende leerdoelen;

- Het in algemene zin kunnen omgaan met veelgebruikte begrippen op het gebied van de toegepaste informatica.
- Inzicht hebben in de functie van informatie en informatievastlegging binnen het totale proces van produktontwikkeling.
- Kennis bezitten van de wijze waarop informatie gebruikt wordt als onderdeel van het ontwerpproces en het produkt.
- Het kunnen vastleggen van technische informatie ten behoeve van de verschillende fasen van de produktlevenscyclus volgens de algemeen geldende normen.
- Het kunnen lezen en interpreteren van via de algemeen gangbare normen vastgelegde technische informatie.
- Het kunnen opstellen en hanteren van stuklijsten en het kunnen gebruiken van technische documentatie in brede zin van het woord.
- Het kunnen omgaan met produktinformatie welke op driedimensionale wijze is vastgelegd of dient te worden vastgelegd.

De cursus bestaat uit een aantal theoriedelen ondersteund door bijbehorende oefeningen. Aldus wordt kennis over en vaardigheid in het vastleggen en visualiseren van technische produktinformatie verworven.

Naast het in algemene zin leren omgaan met de computer betekent dit onder andere ook het inoefenen van projectievormen met de bijbehorende conventies. Daarnaast wordt gekeken naar de toepassing van allerlei

afspraken en normen welke gebruikt worden bij het eenduidig vastleggen van informatie ten behoeve van fabricage en montage.

### **Stof**

In samengevatte vorm is een deel van de theorie terug te vinden in het bij de cursus gebruikte boek 'Living with Computers' van McKeown en een andere deel in het dictaat. In dit laatste vinden we informatie over het gebruik van de computer bij het ontwerpen en meer specifiek over het gebruik van informatie in de vorm van tekeningen en drie-dimensionale modellen. Een andere belangrijke kennisbron wordt gevormd door de normbundels (NEN-bundels) van het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI). Het NNI neemt een centrale plaats in bij het komen tot gemeenschappelijke afspraken over de vorm waarin de informatie zal worden gegoten. Tijdens de cursus zal in het bijzonder gebruik gemaakt worden van NEN-bundel 1 ('Normen voor de werktuigbouwkunde'), NEN-bundel 16 ('Normen voor werktuigbouwkundig tekenen') en de normbundel NPR 2730 ('Geometrische toleranties in de praktijk'). In deze bundels staan de conventies opgetekend die binnen Nederland gelden op terreinen als bijvoorbeeld 'bemating', 'schroefdraad' en 'passingen en toleranties'.

Tijdens de oefeningen zullen voldoende exemplaren van de normbundels op zaal aanwezig zijn. Ook zijn er exemplaren van de NEN-bundels in te zien in het technisch documentatiecentrum dat ten behoeve van het ontwerponderwijs is opgezet. Tenslotte kan diegene die zelf een NEN-bundel wenst te bezitten, deze via de dictatenverkoop IO aanschaffen.

### **Voorkennis**

Op zich geven kennis en vaardigheden die tijdens het VWO zijn opgedaan een voldoende basis om de TPI-cursus met succes te kunnen doorlopen. Wel is het zo dat het leerproces behoorlijk kan worden versneld door een reeds in zekere mate ontwikkeld ruimtelijk inzicht en het kunnen omgaan met grafische pakketten.

De tijdens het vak aangeleerde stof wordt gebruikt bij het vastleggen en rapporteren. Met name op al die momenten waarbij informatie over constructie, fabricage, montage en demontage van een produkt aan de orde komt. Dit geldt dus voor het overgrote deel van de 'technische vakken' en natuurlijk in het bijzonder voor het ontwerponderwijs.

### **Boek en dictaat**

Zoals reeds vermeld, zal bij de cursus gebruik gemaakt worden van het boek 'Living with Computers', Version 5.0 of hoger, van Patrick G. McKeown, uitgegeven door The Dryden Press en verkrijgbaar bij de boekenverkoop van de studievereniging i.d. Vastgelegde conventies staan in de NEN-bundels. Uitleg over computergebruik in algemene zin, het gebruik van de conventies en verdere aanvullende informatie ten behoeve van de cursus staan in een aantal losbladige dictaatdelen die zijn opgenomen in deze klapper. Deze dictaatdelen zijn:

- Computervaardigheden, waarin opgenomen;
  - = Het gebruik van de computer bij het ontwerpen
  - = Introductie computers, wordprocessing en spreadsheet
- Het vastleggen van driedimensionale produktinformatie (Dictaat 3D)
- Oefeningen in het omgaan met driedimensionale produktinformatie (Oefeningen 3D)
- Handleiding 'Microstation'
- Het vastleggen van tweedimensionale produktinformatie (Dictaat 2D)
- Oefeningen in het omgaan met tweedimensionale produktinformatie (Practicum 2D)



- Handleiding 'AutoCAD'
- Bijlage 3D
- Bijlage 2D

Naast het algemene deel bevat de bundel dus zowel voor het drie-dimensionaal als voor het twee-dimensionaal weergeven van technische informatie een apart dictaatdeel met bijbehorende oefeningen en een manual die hoort bij het te gebruiken softwarepakket. Nog niet opgenomen opgaven en eventuele aanvullingen op de manual worden tijdens het practicum verstrekt.

### **Toetsing**

Het dictaatdeel over het gebruik van de computer bij het ontwerpen en de te bestuderen delen van het boek zullen na afloop van het eerste blok worden getoetst. Deze toets moet in positieve zin worden afgesloten voordat met het vervolg van de cursus kan worden aangevangen

Het dictaatdeel over drie-dimensionale informatie is bedoeld om in zelfstudie te worden bestudeerd en zal als zodanig apart worden getentamineerd op het eind van het tweede blok. Het bevat onder andere informatie over de projectieles, over veel gebruikte benamingen en over gehanteerde conventies. Tevens is er een deel gewijd aan het digitaal vastleggen van de geometrie.

Het dictaatdeel over het omgaan met tweedimensionale produktinformatie is bedoeld als een aanvulling op en verduidelijking van de NEN-bundels.

De bijlagen zijn bedoeld voor de opfris van wat algemene basiskennis uit het VWO. Ook is informatie opgenomen over het handmatig vervaardigen van technische tekeningen en het handmatig vastleggen van complexe driedimensionale vormen. De informatie is bedoeld om in zelfstudie gebruikt te worden ten behoeve van het ontwerpen.

### **Oefeningen**

De dictaatdelen over 3D en 2D bevatten de basisinformatie voor de oefeningen en het relevante hoofdstuk dient dan ook per oefening als voorbereiding aandachtig te worden doorgelezen.

In de handleiding 'Microstation' en 'AutoCAD' worden de software delen met bijbehorende commando's uitgelegd. De handleidingen zijn onontbeerlijk voor het maken van de oefeningen en het gebruik van de pakketten binnen het ontwerponderwijs. Mocht er een nieuwe versie van een pakket worden opgebracht op de computerclusters van de Faculteit dan kan het betrokken manualdeel vervangen worden door een nieuwe versie die bij de diktatenverkoop is aan te schaffen.

Voor gedetailleerde informatie over vorm en toetsing en voor een overzicht van de verdeling van de oefeningen over de studieblokken wordt naar de studiehandleiding verwezen.



# Computervaardigheden

## Inhoud:

- 1 Algemene inleiding in het computergebruik
- 2 Het gebruik van de computer bij het ontwerpen
- 3 Over inloggen, plotten en printen
- 4 Tekstverwerking; met oefeningen
- 5 Spreadsheet; met oefeningen



# Algemene inleiding in het computergebruik

## Inleiding

In het eerste onderwijsblok zal tijdens het vak TPI-1 een inleiding worden verzorgd in de wijze waarop de computer een rol speelt in de huidige maatschappij. Meer in het bijzonder zal stilgestaan worden bij het gebruik van de computer als gereedschap bij het ontwerpproces en als onderdeel van toekomstige producten. Daarnaast zal een globaal overzicht worden gegeven van opbouw van en ontwikkelingen in hardware en software. De te behandelen stof is te vinden in het boek 'Living with computers', version 5.0 (1995) van Patrick G. McKeown. Dit boek is verkrijgbaar via de boekenverkoop van de studievereniging i.d.

Als vorm voor dit deel van TPI is gekozen voor een combinatie van hoorcolleges en zelfstudie. Als zelfstudie zullen een aantal hierna vermelde delen van het boek 'Living with computers' moeten worden doorgelezen. Afsluitend zal er een individuele toetsing plaatsvinden van de wijze waarop de te behandelen stof is bestudeerd. Het boek is nogal omvangrijk en zal dan ook niet in zijn geheel behoeven te worden bestudeerd tijdens TPI-1. Zo zullen bepaalde delen zoals bijvoorbeeld Block IV, 'Information Systems', later aan bod komen tijdens de 'Informatica-vakken' waarin dieper zal worden ingegaan op het zelf ontwikkelen van programmatuur. Andere delen van het boek zoals Block V, 'Human aspects of computer use', en de appendices zullen ook niet expliciet worden getoetst maar zijn wel aardig om eens te worden doorgelezen in de eigen tijd.

Bij de aanvang van het blok is er nog een dagdeel practicum ingeroosterd waarin een introductie plaatsvindt op de computersystemen van de Faculteit.

## De colleges

Iedere week is er een contactuur ingeroosterd waarop verschillende activiteiten kunnen plaatsvinden. Zo zal er steeds een introductie worden gegeven in het onderwerp waar zich die week de zelfstudie op richt. Ook is er op dat moment de gelegenheid om vragen te stellen over de bestudeerde stof of over de organisatie van het vak. Het is aan te raden om voorafgaand aan ieder college de bijbehorende hoofdstukken uit het boek een eerste maal aandachtig door te lezen. Dit verhoogt aanzienlijk de effectiviteit van het contactuur. In totaal zijn er vijf van deze contacturen met respectievelijk de volgende onderwerpen:

---

Te bestuderen stof	1	Algemene inleiding op de cursus en informatie over de wijze waarop tijdens de studie van de computers op de Faculteit gebruik gemaakt kan worden. Te behandelen stof: Chapter 1; 'A world of Computers'.
	2	De rol van computers in de maatschappij. Te behandelen stof: Chapter 3; 'Introduction to Information Systems and Society'.Chapter 5; 'Word Processing and Desktop Publishing Packages'.

- 3 De ontwikkeling van hardware en software.  
Te behandelen stof: Chapter 2; 'An Introduction to Computer Hardware and Software'. Chapter 4; 'Operating Systems and Utility Software'. Block III; 'the details of hardware'.
- 4 Computers als onderdeel van het produkt.  
Te behandelen stof: Chapter 6; 'Graphics and Multimedia'. Chapter 9; 'Telecommunications and Computer Networks'.
- 5 Computers als hulpmiddel bij het onderwerpen.  
Te behandelen stof: Chapter 7; 'Spreadsheets and Personal Financial Management Packages. Chapter 8; 'Database Mangement Software'. Diktaatdeel TPI; 'Het gebruik van de computer bij het ontwerpen'.

# Het gebruik van de computer bij het ontwerpen

## **Inleiding**

Sinds de jaren vijftig wordt in de industrie actief gebruik gemaakt van computers. Dit gebruik bleef in eerste instantie beperkt tot administratieve handelingen en wat rekenwerk. In de zeventiger jaren volgde de inzet van computers bij het besturen van machines en installaties. De tachtiger jaren op hun beurt geven de doorbraak te zien van de computer bij die afdelingen van het bedrijf die zich bezig houden met ontwerp en constructie.

De belangrijkste reden voor deze laatstgenoemde ontwikkeling werd gevormd door het beter betaalbaar worden van computers in combinatie met het beschikbaar komen van een uitgebreide hoeveelheid software. Naast de pakketten voor tekstverwerking en gegevensbeheer komt er ook software beschikbaar voor tekenen en modelleren. Tengevolge van grote verbeteringen in zowel de eigenschappen als de inrichting van schermen en door de komst van nieuwe generaties snelle processoren ging ook de gebruiksvriendelijkheid flink omhoog. Ontwerpen met behulp van de computer, 'Computer Aided Design' of afgekort 'CAD', vormt sindsdien dan ook een niet meer weg te denken onderdeel van het werk op ontwerp bureaus en bij bedrijven.

Zoals met zoveel nieuwe begrippen wordt ook aan het begrip 'CAD' op een gevarieerde manier inhoud toegekend. Dit gaf en geeft vaak aanleiding tot misverstanden. Aangezien in het boek 'Living wit computers' niet al te veel aandacht is geschonken aan het gebruik van de computer als ontwerpgereedschap, wordt in het hier voorliggende verhaal ingegaan op een stukje voorgeschiedenis. Ook zal kort worden stilgestaan bij de plaats van Computer Aided Design binnen het totale produktontwikkelingsproces en bij de gevolgen van de invoering ervan op zowel produkt als bedrijf. Tijdens de colleges van TPI-1 zullen voorbeelden worden behandeld met veel beeldmateriaal en nog meer informatie over het ontwerpen met de computer komt bij latere vakken uit de TPI-reeks aan de orde.

## **Ontwikkeling van de Informatie Technologie (IT) [1]**

Zonder al te veel te overdrijven kunnen we zeggen dat er op dit moment een revolutionaire overgang naar het informatietijdperk aan de gang is. Zoals gebruikelijk bij revoluties kunnen de direct betrokkenen zich maar moeilijk een voorstelling maken over hoe de wereld er na de omwenteling zal uitzien en hoe zij zelf daarin zullen gaan functioneren. Wel beginnen wat belangrijke elementen herkenbaar te worden en tekenen vermoedelijke gevolgen zich meer en meer af.

De micro-elektronica, die de IT mogelijk maakte, heeft ook nu al een groot aantal nieuwe produkten in ons dagelijkse leven gebracht. Produkten waar we tien jaar geleden zelfs geen voorstelling van hadden, maar waar we op dit moment met veel plezier gebruik van maken. In de komende tien jaar zal een nieuwe stroom produkten op de markt komen. Produkten die ieder op hun beurt onze leef- en werkomgeving behoorlijk zullen beïnvloeden.

Dezelfde IT verschaft ons de mogelijkheid om het vervaardigen van produkten flexibel te automatiseren (Programmable Automation, afgekort PA). Invoering van PA lijkt weliswaar economische voordelen te beloven, maar verandert tegelijkertijd ingrijpend de aard en de hoeveelheid van het nog door mensen te verrichten werk.

Veel mensen moeten dan ook nieuwe vaardigheden aanleren en met deze vaardigheden nieuwe ervaring opbouwen. In het meest gunstige geval blijft de arbeidsplaats bewaard, maar in veel gevallen vervalt de menselijke bijdrage aan het werk geheel of gedeeltelijk. Vervangend werk ontstaat wel maar soms niet in voldoende mate. Het is derhalve niet meer dan logisch dat al halverwege de tachtiger jaren door het Amerikaanse Office of Technology Assessment een studie is verricht naar de gevolgen van de inzet van PA-technologieën voor de werkgelegenheid, de opleiding en de werkomgeving. Het bijbehorende rapport[2] ziet CAD als een van de vijf belangrijke PA-technologieën, naast Robots, Numerical Control(NC) machines, Flexible Manufacturing Systems (FMS) en Computer-Integrated Manufacturing (CIM).

De opstellers verwachtten in die tijd van PA op korte termijn geen direct nadelige invloed op de werkgelegenheid. Wel kon volgens hen PA, indien onjuist toegepast, de werkomgeving nadelig beïnvloeden met als gevolg stress, apathie en productiviteitsverlies.

Nu, ruim tien jaar later, moeten we constateren dat de werkgelegenheid meer dan verwacht is beïnvloed door de automatisering en dat de invoering ook meer problemen in de herstructurering van de organisatie heeft opgeleverd dan oorspronkelijk werd ingeschat.

### **Technical versus human information processing [1]**

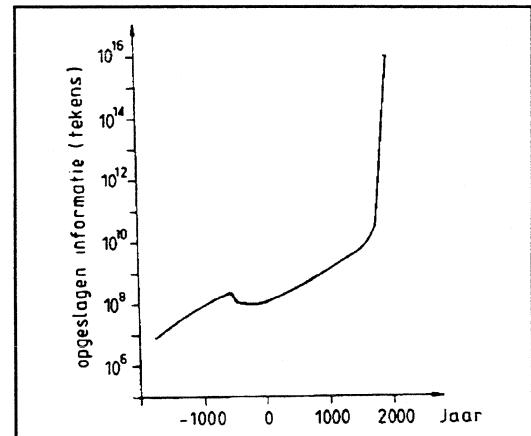
Human Information Processing(HIP), het produceren, verwerven, overdragen en opslaan van kennis en informatie door de mens, is een activiteit die wordt beoefend bij onderwijs en training maar ook bij ontwikkeling- en ontwerpprocessen. Het vakgebied heeft zich gedurende vele eeuwen vrij rustig ontwikkeld en het gebruik van technische hulpmiddelen is erbij, voor zover aanwezig, toch relatief beperkt gebleven. Dat wil zeggen, dat was tot voor kort de situatie. Op dit moment maakt de toepassing van de Informatie Technologie (IT) korte metten met de rust en de geleidelijke ontwikkeling. Menigeen ziet daarbij de IT produkten, waaronder natuurlijk ook de computer, enkel als een hulpmiddel met maar een beperkte impact. Men realiseert zich onvoldoende dat de mogelijkheden van het aldus ontstane Technical Information Processing (TIP) die van HIP in een veel opzichten verregaand overtreffen. Om dit proces wat nader te illustreren maken we gebruik van een aantal grafieken die opgetekend stonden in een wetenschappelijke verhandeling uit het begin van de tachtiger jaren van de hand van Haëfner [3]. De grafieken tonen de effecten van de te verwachten ontwikkelingen in het informatie-tijdperk bij ongewijzigd beleid.

### **Verdubbeling van informatie per zes jaar**

De produktie van informatie in de vorm van gedrukte teksten is sinds de tweede wereldoorlog explosief toegenomen; op dit moment met een verdubbeling van het aantal opgeslagen teksten per zes jaar. In figuur 1 wordt dit verloop getoond. Let daarbij vooral op het steile deel aan het eind van de kromme. Deze extreme stijging heeft tot gevolg dat zelfs een vakdeskundige op dit moment met geen mogelijkheid alle literatuur kan doornemen die op zijn terrein verschijnt.



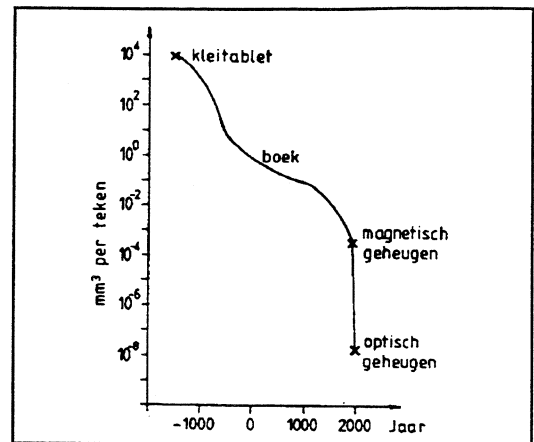
Ter illustratie van dit effect kan gewezen worden op de toename van het opgeslagen bestand met ca 1 miljard pagina's A4 per jaar bij de grootste bibliotheek ter wereld, The Library of Congress in Washington.



Figuur 1 Groei van alfanumerieke informatie.

#### **Ontwikkeling geheugencapaciteit**

Sinds Gutenberg (of was het Laurens Janszoon Koster?) de boekdrukkunst uitvond, zijn we eeuwenlang gewend geweest om onze kennis vast te leggen en terug te zoeken in boeken. Boeken zijn en waren relatief goedkoop reproduceerbaar. Het op deze wijze opslaan van kennis vergde echter steeds meer fysieke ruimte. Er werd dan ook driftig gezocht naar andere vormen van informatie-opslag. Twintig jaar geleden werd die reductie nog gezocht in het fotografisch verkleinen van documenten op microfiches. Dit staat echter in geen verhouding tot de verdichting die we op dit moment tot stand kunnen brengen door het toepassen van een combinatie van optische en digitale technieken. Eén beeldplaat bijvoorbeeld heeft ruimte genoeg voor vele duizenden documenten (figuur 2). Het computergeheugen heeft zich, via opslag op magnetische tape, schijf, CD en chip, zeer snel ontwikkeld tot miljoenen bits per vierkante centimeter zo niet millimeter. Het einde van deze ontwikkeling lijkt nog niet in zicht. Ook de toegankelijkheid van dit 'achtergrondgeheugen' verbetert zeer snel. We zullen dan ook steeds vaker een keuze moeten maken over wat we in ons eigen geheugen willen opslaan en wat we elders vastleggen. Een gedegen kennis van opzoeksysteem is hierbij natuurlijk een 'must'.

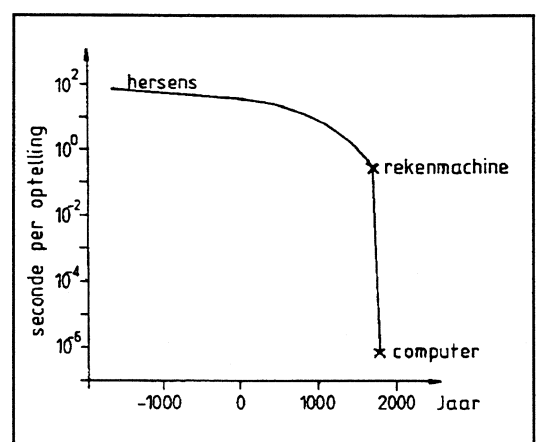


Figuur 2 Afname ruimtebeslag voor geheugens.

### Snelheid info-verwerking verdubbelt elke drie jaar

In figuur 3 wordt weergegeven hoe snel een computer een eenvoudige rekenkundige bewerking kan uitvoeren in vergelijking met het uitvoeren van dezelfde berekening door de menselijke hersens. Ook hierbij is de ontwikkeling draconisch te noemen. Gordon Moore (de oprichter van de chipproducent Intel) formuleerde in 1964 een wet waarin werd gesteld dat ieder jaar de hoeveelheid informatie die past op een vierkante millimeter silicium verdubbelt. In 1970 is deze wet bijgesteld op achttien maanden en sindsdien verloopt de ontwikkeling nog steeds volgens deze laatste wetmatigheid. We hebben dus nog wat voor de boeg alhoewel op den duur natuurlijk wel grenzen van natuurkundige, economische of ontwerp-technische aard zullen opdoemen [4].

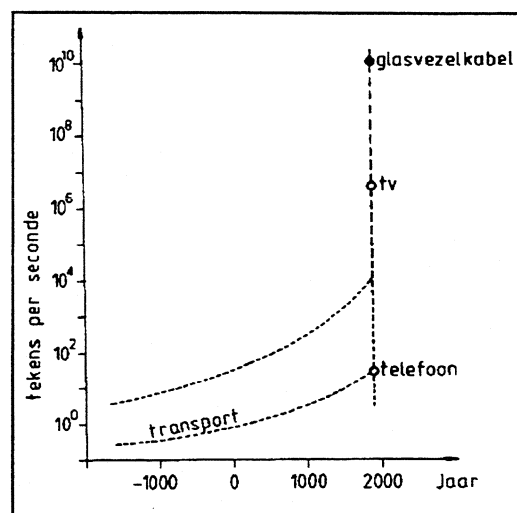
De effecten op het dagelijkse leven zijn al te zien; geen enkele boekhouder doet nog aan hoofdrekenen en in het oude grapje van de technicus die naar zijn rekenliniaal grijpt om twee maal drie uit te rekenen, is de rekenliniaal vervangen door het zakrekenmachientje, een miniatuurtje met de rekencapaciteit van het kamer vullende mainframe uit de zestiger jaren.



Figuur 3 Tijd benodigd voor een optelling (bijv. 233751 + 618239).

### Transport van informatie

Ook de snelheid van transport van data over langere afstand is enorm toegenomen. Na de telefoon en de telex kwam het TV-signaal over de coaxiaalkabel. Nu komt de glasvezelkabel in gebruik waarmee we onder gunstige omstandigheden 10 miljard tekens per seconde kunnen overseinen, d.w.z. 10.000 boeken per seconde (figuur 4). Voor uitwisseling van gegevens en tekeningen tussen bedrijven e.d. schept dit enorme mogelijkheden. Ook de particuliere markt zal er door op zijn grondvesten schudden.



Figuur 4 Snelheid van data transfer over de lange afstand.

Al deze uiterst steil lopende grafieken lijken steeds weer de superioriteit van de machine over de mens te illustreren. Ter geruststelling kan gesteld worden dat deze superioriteit maar zeer beperkt is en dat op bepaalde terreinen de prestaties van de mens nog steeds onvergelijkbaar beter zijn. Een voorbeeld hiervan is de beeld- en spraakherkenning. Hierin is de computer nog uiterst traag en gebrekkig terwijl de mens dit moeiteloos en in fracties van seconden beheerst.

Een terrein waarop de machine nog helemaal niets klaar speelt is het terrein van de creativiteit. Hierop zal de toekomstige activiteit van ontwerper en constructeur zich dan ook meer en meer gaan afspelen. Van de knappe rekenaar wordt de ingenieur weer de creatieve vernufteling.

### Kosten van opgeslagen informatie

In de middeleeuwen kostte het reproducieren van een boek nog een flink aantal jaarsalarissen van de monnik die het met de hand overschreef. Na het uitvinden van de boekdrukkunst zakte dit bedrag snel terug naar enkele guldens. Op magneetdrager kost de opslag van een boek nu ca. een dubbeltje en bij opslag op een beeldplaat moet gesproken worden van fracties van een cent.

Los gezien van auteursrechten kan gesteld worden dat het opslaan van informatie uiterst goedkoop wordt en dat het probleem voornamelijk zal gaan zitten in de omvang van de opgeslagen informatie en de toegankelijkheid ervan. 'Toegang tot' kan daarbij nog behoorlijk kostbaar worden want internationale netwerken zijn duur en de bijbehorende procedures niet altijd eenvoudig. Toch is dit een oplosbare zaak, met name

bij een flinke toename van het aantal gebruikers. Dit laatste zal, gezien de continue daling van de kosten van de betrokken hardware, hoogst waarschijnlijk geen probleem zijn.

Iets wat met zekerheid kan worden beweerd is dat in de toekomst de ontwerper een steeds groter deel van zijn tijd bezig zal zijn met het opnemen van nieuwe informatie en het aanleren van nieuwe vaardigheden. Dit zal de gehele periode van het werkzame leven doorgaan. Niet eens om volledig bij te blijven maar vooral om hoe dan ook toegang te houden tot nieuwe informatie.

De kennis van de ontwerper nieuwe stijl zal dan ook in belangrijke mate te maken hebben met het beheersen van de grote lijnen en het kunnen omgaan met de zoekprocedure. Met deze basiskennis kunnen de vragen daarna zodanig worden geformuleerd dat, via de overal aanwezige zoeksystemen, toegang is te verkrijgen tot meer gespecialiseerde kennis.

### **Geschiedenis CAD**

CAD, of ruimer gesteld het interactief werken met grafische computer-apparatuur, heeft pas een korte historie. Het begin ligt in de vijftiger jaren toen aan het Massachusetts Institute of Technology (MIT), beelden werden gecreëerd door gebruik te maken van de CRT-technologie (cathodestraalbuizen). Ten behoeve van het Sage Air Defense System uit de VS werd in diezelfde periode een eerste versie van interactieve computer graphics ontworpen waarbij men gebruik maakte van een lichtpen om het scherm te activeren.

In 1963 presenteert Ivan Sutherland, op dat moment doctoraal student aan het MIT, een interactief tekensysteem dat gebruik maakte van CRT-buis en lichtpen. Hij geeft dit systeem de naam 'sketchpad'. Later in datzelfde jaar, introduceert T.E. Johnson een nieuwe versie van sketchpad waarin gelijktijdig meerdere hoofdaanzichten in combinatie met een perspectivisch aanzicht getoond kunnen worden. Veranderingen aangebracht in een van de aanzichten worden automatisch overgenomen in de andere aanzichten. Dit systeem heeft aldus de grondkarakteristiek die ook nu nog de basis vormt voor een modern interactief grafisch systeem.

Met name de auto- en vliegtuigindustrie is, ook al vanaf het begin van de zestiger jaren, actief op het terrein van CAD. Zo houdt General Motors zich bezig met de ontwikkeling van een interactieve methode om assemblage te simuleren en interferentie-analyses te verrichten. Ook Boeing en Lockheed doen onderzoek, met name om hun ontwerp- en tekenproblemen op te lossen die samenhangen met complexe dubbelgekromde oppervlakken. Onderzoekers in Frankrijk (prof. Bézier) en Engeland (University of Cambridge) beginnen een steeds belangrijker rol te spelen, in het bijzonder bij het ontwikkelen van modelleerpakketten voor het beschrijven van de geometrie.

Ondanks al deze inspanningen is er toch maar sprake van beperkt succes en we moeten tot het begin van de zeventiger jaren wachten voor de grote doorbraak komt. Deze doorbraak wordt veroorzaakt door nieuwe ontwikkelingen in de schermtechnologie. In plaats van de 'dure' Vector Refresh schermen uit de zestiger jaren komt de Direct View Storage Tube (DVST) beschikbaar. Deze nieuwe vorm van beeldaanbieding vereist niet het gebruik van een aantal dure componenten die de vector-refresh schermen wel nodig hadden.

Dankzij het 'solid state memory' komt de rasterdisplay techniek op. Dit heeft een verlaging tot gevolg van de kosten van de display systemen en

verhoogt daardoor de beschikbaarheid.

Naast de ontwikkelingen van de schermtechnologie is er de opkomst van de mini- en micro-computers. De namen 'mini' en 'micro' zijn enkel gebaseerd op de fysieke omvang van de machines en zeker niet op de geleverde prestaties die vaak ver uitsteken boven die van eerdere mainframes.

De opkomst van de personal computer aan het begin en het beschikbaar komen van de stand-alone stations in het midden van de tachtiger jaren brengt het moment dichtbij dat iedere ontwerper zijn eigen werkstation op zijn bureau heeft staan. Rekensnelheid en geheugencapaciteit stijgen ver uit boven die van de 'oude' mainframes en de prijs is daarbij meer en meer betaalbaar.

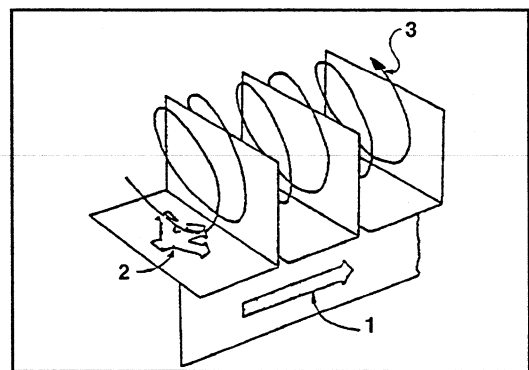
Met de komst van de nieuwe rekenchips (b.v. de pentium-chip van Intel) halverwege de negentiger jaren is het moment gekomen dat de laatste belemmeringen lijken te zijn weggenomen en is de computer een vast onderdeel van de werkplek van de ontwerper geworden.

### Plaatsing van CAD in het produktontwikkelingsproces

Om enige grip te krijgen op de mogelijkheid om de computer te gebruiken in het produktontwikkelingsproces, is het aan te raden om dit proces wat schematisch vast te leggen. We zullen in ons geval uitgaan van een model dat al in de zestiger jaren door Archer[5] is opgesteld. Tijdens het ontwerponderwijs zal uitgebreid worden ingegaan op een groot aantal van dit soort modellen en bijbehorende methoden die alle tot doel hebben om het ontwerpproces op een controleerbare en beheersbare wijze doorloopbaar te maken [6].

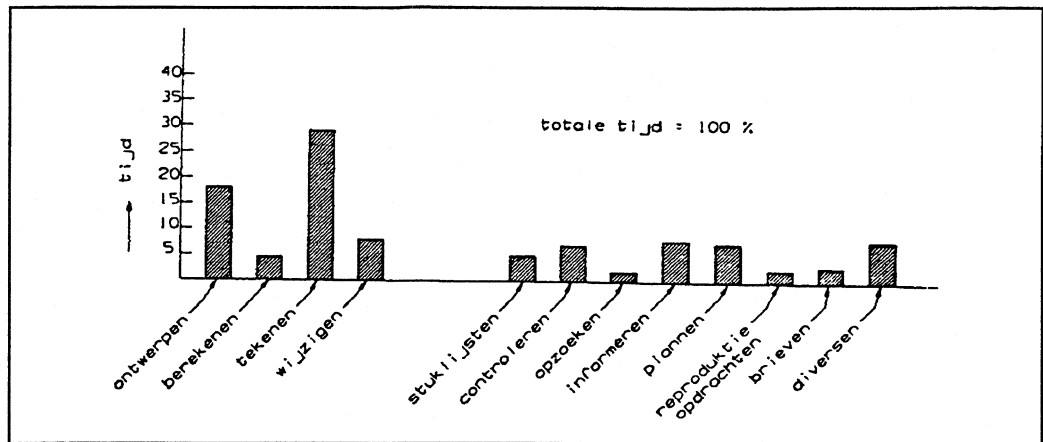
Bruce Archer gaat uit van een opdeling van het ontwerpproces in drie hoofdcomponenten (figuur 5):

- 1 Het ontwerpprogramma; alle activiteiten worden uitgezet tegen de tijd t.b.v. de projectvoortgang.
- 2 Het systematische model; om het probleem beheersbaar te maken wordt het ontwerpprobleem opgesplitst in logische delen.
- 3 De reïteratieve routine; het cyclische probleemoplossingsproces.



Figuur 5 De drie componenten van het ontwerpproces volgens Archer [5].

Om een beeld te krijgen van de inzetbaarheid van een (soms nog duur) systeem kan via een tijdanalyse gekeken worden naar de wijze waarop de verschillende activiteiten gedurende het ontwerpproces zich ten opzichte van elkaar verhouden (figuur 6).



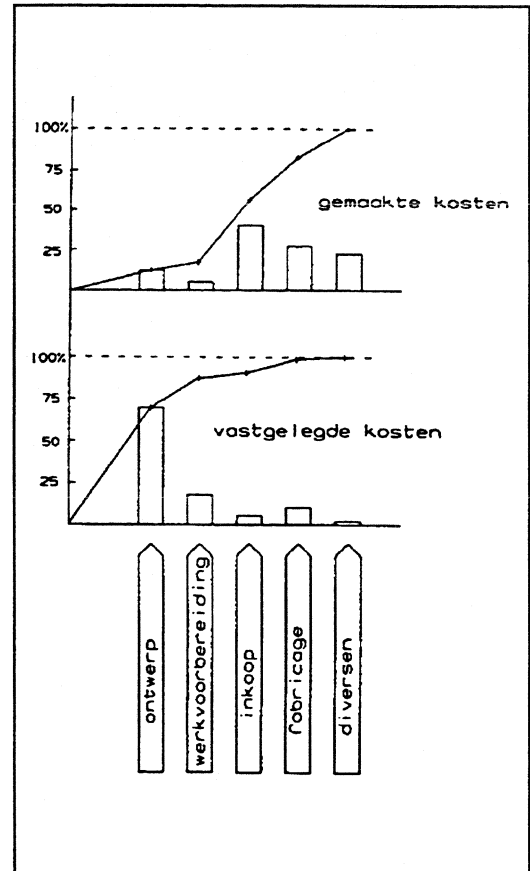
Figuur 6 Tijdanalyse van activiteiten binnen een doorsnee ontwerpproces [7]

Het tekenen blijkt in deze analyse een belangrijk deel van de totaaltijd uit te maken en dit verklaart dan ook dat het invoeren van een CAD-systeem nogal eens beschouwd wordt als het vervangen van de tekenplank. Niets is echter minder waar. Invoering van CAD gaat in bijna alle gevallen gepaard met zeer ingrijpende wijzigingen in de manier waarop produktinformatie wordt gegenereerd, vastgelegd en overgedragen.

Voor een beter begrip verdient het dan ook aanbeveling om een tweede analyse van het ontwerpproces uit te voeren maar nu naar de wijze waarop de kosten worden gemaakt en vastgelegd (figuur 7).

Uit deze figuur blijkt dat het totaal van de kosten voor het overgrote deel tijdens het ontwerpen worden vastgelegd. Beslissingen die in deze fase worden genomen hebben dan ook grote invloed op het verloop van de kosten in de latere fasen.

Juist in de ontwerpfase, en in het bijzonder in de conceptfase, wordt bepaald hoe het produkt er in grote lijnen uit zal gaan zien, welke materialen zullen worden gebruikt en tot welke fabricagetechniek dit zal leiden. Allemaal zeer belangrijke beslissingen die de hoogte van de uiteindelijke kostprijs sterk zullen beïnvloeden. Een verantwoorde keuze in deze fase zal dan ook gunstig inwerken op het verloop van de fabricagefase waarin de kosten in hoofdzaak worden gemaakt. In dat opzicht zal gebruik van CAD in de conceptfase veel meer besparing opleveren dan alleen de besparing tengevolge van de versnelling van het tekenproces.



Figuur 7 Analyse van het produktontwikkelingsproces naar kosten [7].

### Welk bedrijf heeft CAD nodig

Zoals eerder werd vermeld zijn belangrijke redenen om CAD in te voeren gelegen in de behoefte om respectievelijk de kwaliteit van het ontwerp te verhogen, de doorlooptijd te verminderen en de snelheid te verhogen. In dit licht bezien zou ieder bedrijf CAD moeten invoeren. In praktijk ligt deze zaak natuurlijk iets genuanceerder. Invoering is kostbaar. Niet alleen tengevolge van de directe kosten die samenhangen met de aanschaf van hardware en software, maar misschien meer nog door de indirecte kosten die samenhangen met de verandering van ontwerpproces en organisatie. Los hiervan heeft een draaiende organisatie een ingebouwde weerstand tegen zeer grote veranderingen en we kunnen het invoeren van CAD zeker als zodanig bestempelen.

Naarmate steeds meer bedrijven steeds langer met CAD werken en naarmate ook het onderzoek van de grond komt naar de gevolgen van de invoering van CAD, verdwijnt veel angst en gaan steeds meer bedrijven tot aanschaf en invoering over. De sterk dalende kosten die samenhangen met de aanschaf van de hardware en de software zijn hier natuurlijk ook debet aan.

Los van de hiervoor genoemde redenen die een directe relatie hadden met het ontwerp- en productieproces zijn er nog wel meer belangrijke motieven voor aanschaf aan te wijzen.

Het beter kunnen inspelen op speciale klantenwensen bijvoorbeeld of het snel en in een vroeg stadium kunnen uitbrengen van een goed onderbouwde offerte. De wens van de leiding om de activiteiten op de ontwerfpafdeling beter te kunnen beheersen, maar ook het in positieve zin veranderen van het imago van het bedrijf door het uitstralen van een 'high-tech' sfeer.

En laten we een minder harde maar zeker vaak voorkomende reden niet vergeten n.l. die van 'de concurrent doet het ook en we moeten meegaan'.

Ook het soort van ontwerpwerk en de wijze van productie leveren zwaar tellende argumenten op. Bij repeterend werk of bij het gebruik van veel standaard onderdelen zal CAD een belangrijke versnelling van het produktontwikkelingsproces kunnen veroorzaken. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de elektronische industrie of aan installatiebedrijven. Maar ook het hebben van een sterk geautomatiseerd machinepark met veel NC-machines kan de invoering van CAD noodzakelijk maken. Kortom, in de toekomst zullen slechts weinig bedrijven CAD niet in de een of andere vorm in huis hebben en de vraag is dan ook minder 'waarom?' of 'wie?' dan wel 'wanneer?' en 'hoe?'.

### **Gevolgen van de invoer van CAD**

Natuurlijk is het de bedoeling van een bedrijf om met de invoering van een CAD-systeem de bedrijfsresultaten te verbeteren. De meest in het oog lopende verbeteringen liggen hierbij op het terrein van:

- **de produktiviteit.** Deze kan afhankelijk van het soort teken- en ontwerpwerk gelijk blijven maar ook twintig of meer keer verhoogd worden:
  - = Bij een volledig nieuw ontwerp dat voor de eerste keer op tekening wordt gezet, moet niet te veel versnelling worden verwacht. Een 1 : 1 situatie in vergelijking met de 'oude', handmatige methode lijkt reëel. Bij dit soort ontwerpen moeten de voordelen ergens anders in het produktontwikkeling- of productieproces worden gezocht.
  - = Hebben we te maken met een situatie waar regelmatig aanpassingen aan bestaande ontwerpen plaatsvinden dan is een verdubbeling van de produktiviteit mogelijk. Een situatie van 2 : 1 dus.
  - = Is het mogelijk om gebruik te maken van bijvoorbeeld geparametriseerd vastleggen van informatie, dan gaat de produktiviteit snel omhoog en is 4 : 1 tot 6 : 1 mogelijk.
  - = Bijzondere produktiviteitsverhogingen van 20 : 1 of meer vinden we bij het elektronisch ontwerpen en soms bij ontwerpen van installaties. In die situaties is ontwerpen zonder CAD dan ook nauwelijks meer denkbaar.
- **de kwaliteit.** Deze kan om een veelheid van verschillende redenen toenemen:
  - = De geproduceerde tekeningen zijn van een hoge en constante kwaliteit.
  - = Door de mogelijkheid van snelle tussentijdse analyses, zowel in de conceptfase als in de uitdetailleringsfase, stijgt het kwaliteitsniveau van het ontwerp.
  - = Het assortiment van gebruikte onderdelen neemt automatisch af omdat vaker reeds eerder ontworpen onderdelen worden toegepast doordat zij snel en zonder veel moeite uit de bibliotheek kunnen worden opgeroepen en in de tekening gepositioneerd, zonedig na verschaald te zijn.



- **de doorlooptijd van het produkt.** Deze kan door gebruik van CAD sterk afnemen en dit is dan ook een belangrijke reden om een CAD-systeem in de produktontwikkelingafdeling in te voeren. Concurrentie, bijvoorbeeld uit Japan of het verre Oosten dwingen tot een korte ontwikkeltijd en door gebruik van CAD moet deze verkorting in voldoende mate te realiseren zijn.
- **de organisatie.** Deze ondergaat na invoering van CAD een sterke wijziging. Eertijds na elkaar verlopende activiteiten geschieden meer en meer parallel door de mogelijkheid om gelijktijdig van dezelfde database gebruik te kunnen maken. 'Muren' die in het verleden vaak tussen de verschillende afdelingen van een bedrijf waren opgetrokken verdwijnen hierdoor en door die verbeterde communicatie en het ook in een veel eerder stadium van het ontwerp met elkaar contact hebben, verbetert de kwaliteit van het ontwerp en wordt de organisatie meer transparant en meer flexibel.

Na al deze lovende woorden lijkt het alsof het gebruik van de computer een soort paradijselijke situatie veroorzaakt. Maar iedereen die wel eens met mensen praat uit bedrijven die de computer intensief inzetten bij het ontwerpen en produceren weet dat de situatie nog bij lange na niet ideaal is te noemen en dat nog veel werk moet worden verzet voordat de CAD-systemen die gebruiksvriendelijkheid hebben en die vormvrijheid bieden die ontwerpers wensen. Toch kan niemand er omheen dat de CAD-systemen volwassen zijn geworden en een niet meer weg te denken plaats innemen in de moderne produktontwikkeling.

#### Literatuur

[1] Schierbeek, B.B., 'CAD-Onderwijs en Onderzoek', in 'Ontwikkelingen rond CAD/CAM' (congresbijdragen CAPE '85) pag. 125-138, Samson Uitgeverij b.v., Alphen a.d. Rijn, 1985.

[2] NN, 'Computerized Manufacturing Automation: Employment Education and the Workplace', Washington DC, U.S. Congress, Office of Technology, OTA-CIT-235, 1984.

[3] Haëfner, K., 'Die neue Bildungskrise', Birkhauser Verlag, Basel, 1982.

[4] Claasen, T, 'De wet van het nut', In 'Natuur & Techniek' 1997; 65; 6; 78-87.

[5] Archer, B., 'The structure of design processes', Clearinghouse, National bureau of standards, Springfield, USA, 1968.

[6] Roozenburg, N.F.M. en Eekels J., 'Produktontwerpen, structuur en methoden', Uitgeverij LEMMA b.v., Utrecht, 1991, ISBN 90-5189-067-2

[7] Mulder, B., Schouten, R.Y., Jansen, G.T.M., 'CAD-systemen: Standaardisatie flexibiliteit en kostenbesparing' in 'Ontwikkelingen rond CAD/CAM' (congresbijdragen CAPE '85) pag. 77-85, Samson Uitgeverij b.v., Alphen a.d. Rijn, 1985.



# Over inloggen, plotten en printen



# Zelfstudie handleiding tekstverwerking

## Inleiding

Gedurende de studie Industrieel Ontwerpen moeten vele verslagen en scripties e.d. worden gemaakt. Meestal zul je hiervoor een tekstverwerkingspakket gebruiken. Naast het kunnen invoeren van de tekst helpt een dergelijk pakket je ook met het inrichten of vormgeven van je werkstuk. Dit laatste wordt ook wel aangeduid met de term 'layout'. Tijdens je studie maar ook in je latere beroepsuitoefening zul je merken dat het belangrijk is om hier de nodige aandacht aan te besteden. De tekstverwerker helpt je op een flexibele wijze hierbij doordat veranderingen meteen kunnen worden doorgevoerd in het hele document. De universiteit heeft centraal gekozen voor het pakket Word 97 voor Windows van leverancier Microsoft. Het programma is redelijk eenvoudig in het gebruik. Als je al met Windows hebt gewerkt krijg je het programma snel onder de knie.

## Doel zelfstudie

Kennis maken en leren werken met de basisfuncties van een tekstverwerkingspakket.

## Tijdsbesteding

Deze oefening is onderdeel van een dagdeel waarin het gebruik van windows, word, excel, e-mail en het www wordt uitgelegd.

## Oefenstof

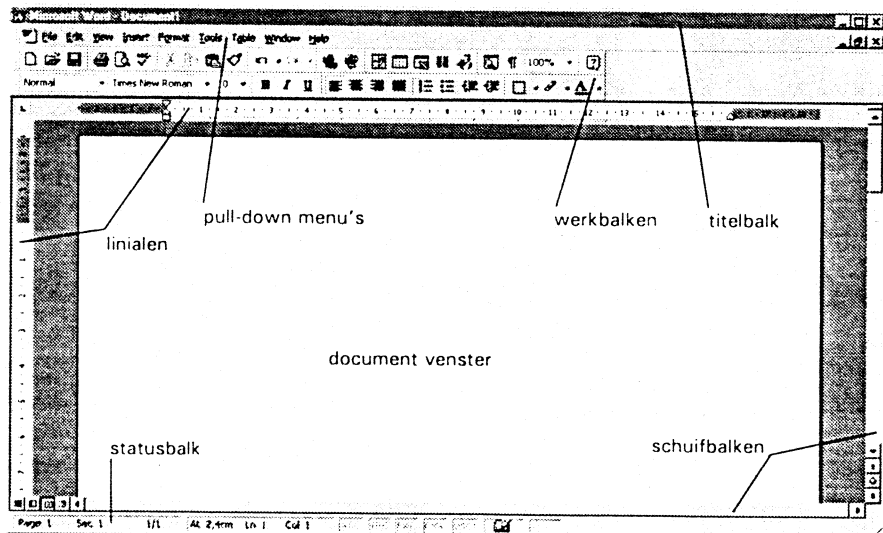
Je zult leren omgaan met bestandsbeheer (aanmaken, openen, opslaan en afsluiten van een bestand), veranderen van de layout van het document, veranderen van tekstenmerken en het werken met opmaakprofielen.

## Notatie

Commando's worden **vet** weergegeven dus **File, New...** betekent: kies in het pull-down menu **File** de optie **New....** Tekst in een **afwijkend lettertype** moet worden ingetikt. Een [1] betekent kijk in de bijlage bij 1.

## Indeling scherm

De indeling van het Word scherm ziet er ongeveer uit als onderstaand figuur.



Begrippen	alineea:	een door een <i>Enter/Return</i> toets afgesloten letter of cijferreeks.
	cursor:	het verticale streepje op de plek waar tijdens invoer leertekens ontstaan.
	document venster:	hierin tik je het document.
	icoon:	grafische weergave van een opdracht
	layout:	de vormgeving van een document
	linialen:	aanpassen van marges, kolommen en tabulator stops.
	pull-down menu's:	hierin staan alle opdrachten die je het programma kunt geven.
	schuifbalken:	een ander deel van het document bekijken door de grijze balken te verschuiven. Door op de dubbele pijl knopjes (rechts onder) te klikken wordt een bladzijde verschoven.
	statusbalk:	geeft informatie over opdrachten en laat zien op welke positie de cursor staat.
	titelbalk:	hierop staat de naam van het programma en van het huidige document.
	werkbalk:	snel toegankelijke opdrachten, weergegeven door iconen.

### Let op!

Weet je niet meer wat een bepaald icoon doet, laat dan de cursor boven een icoon stil staan. Er verschijnt dan een zeer korte omschrijving aan je cursor [help 1]. Heb je niet genoeg aan deze korte beschrijving dan kun je het help icoon [help 2] (**H**elp, **W**hat's **T**his?) gebruiken. Klik eerst op het help icoon en daarna op het icoon, de liniaal of de statusbalk voor meer informatie [help 3]. Volledige help krijg je met Help, Microsoft Word Help uit de menubalk.

### Oefening 1

Tijdens deze oefening leer je een nieuw document aan maken, dit op te slaan, af te sluiten en opnieuw op te roepen. Begin met het opstarten van Word 97.

#### Aanmaken van een nieuw document

Klik op [1] in de werkbalk. Er verschijnt een leeg document op het scherm. Op de titelbalk verschijnt *Document 2*. Tik nu de inleiding van deze zelfstudie over. De indeling is niet belangrijk.

#### Opslaan van een document

Klik op [3]. Het *Save as* scherm komt tevoorschijn. Tik achter *File name:* **h:\oefening 1** en klik op de **S**ave knop. De toevoeging *.doc* wordt automatisch aan de bestandsnaam toegevoegd. Als het document al een naam heeft wordt het document zonder tussenkomst van dialoog vensters opgeslagen.

#### Afsluiten van een document

Als je klaar bent met een document kun je het afsluiten. Klik hiervoor op **F**ile, **C**lose. Als het bestand nog niet was opgeslagen zal hier alsnog om gevraagd worden.

#### Openen van een document

Klik op [2]. Het *Open* scherm verschijnt. Klik op het schermje achter **L**ook **i**n: en kies de **h:\** schijf. In het witte scherm onder het **L**ook **i**n: schermje verschijnt nu een klein icoon met de naam *oefening 1.doc*. Selecteer dit bestand en klik op **O**pen. Het bestand verschijnt nu op het scherm en is klaar om bewerkt te worden.

## Oefening 2

Deze oefening leert je de layout van het document te veranderen. We beginnen met het veranderen van de marges. Daarna volgen inspringen en tabstops. Ook kop- en voetteksten komen aan bod.

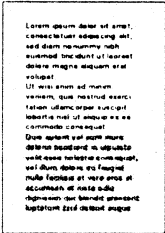
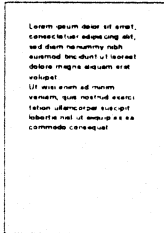
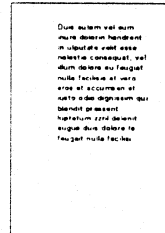
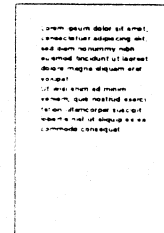
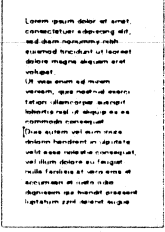
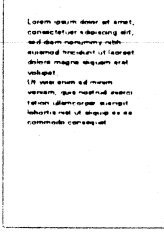
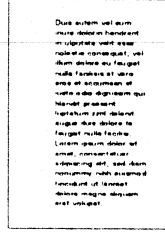
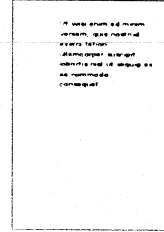
### Veranderen van de marges

Marges kun je op twee manieren veranderen: het verslepen in de linialen (het hele document wordt aangepast) en door het veranderen van instellingen in het *Page Setup* venster (een aantal keuzemogelijkheden).

**Manier 1:** Open het document *Oefening.doc*. De linker marge kun je wijzigen door het aanwijspijltje tussen het **grijze en witte gedeelte links in de horizontale liniaal** te plaatsen [19]. De pijl zal veranderen in een dubbele zwarte pijl ↔. Houd de linker muisknop ingedrukt. Er verschijnt een hulplijn. **Versleep deze lijn naar rechts** en laat de muisknop los. Merk op dat de liniaal is onderverdeeld in stukjes van 0,25 cm. Zoals je ziet verandert de linker marge voor het hele document.

**Maak het wijzigen van de linker kantlijn ongedaan** door op het **Undo** (ongedaan maken) icoon [7] te klikken.

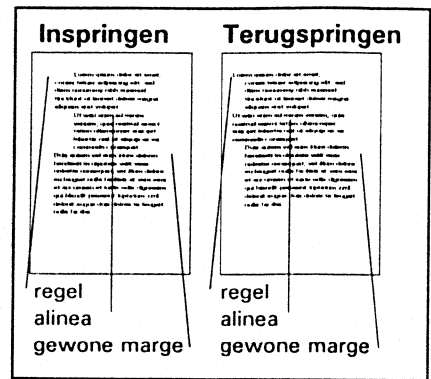
**Manier 2:** In het *Page Setup* venster kunnen de marges nauwkeurig ingesteld worden. Dubbelklik op het grijze gedeelte van een liniaal. Het *Page Setup* venster verschijnt. Behalve de marges kunnen er ook andere instellingen worden gemaakt. Zorg dat het *Margins* blad voor staat. Dubbelklik op **2,5** achter *Left:* en tik **5 in.** Achter *Apply to:* moet *Whole document* staan. Klik op **OK** om de verandering door te voeren. Je kunt de marges ook wijzigen voor een selectie of vanaf een bepaald punt. De nieuwe marge wordt pas actief op een nieuwe pagina (zie figuur).

Selectie			
			
selectie	stuk voor selectie	selectie met veranderde marge	stuk na selectie met oude marge
Vanaf bepaald punt			
			
punt bepalen	stuk voor punt	stuk na punt met veranderde marge	

Oefen hier eventueel zelf mee en sluit het document af.

## Inspringen

In sommige gevallen wil je de marges kleiner of groter maken om bijvoorbeeld een hoofdstuknummer of een plaatje neer te zetten. Dit kan met inspringen en terugspringen. Met inspringen wordt de marge tijdelijk groter. Het inspringen werkt voor een regel of voor de hele alinea. Bij terugspringen wordt de marge tijdelijk kleiner. Ook hierbij werkt het voor een regel of voor de hele alinea. Er zijn verschillende manieren om het inspringen te veranderen.



Manier 1: Verschuiven van de symbolen [20] in de horizontale liniaal. Het driehoekje links boven heeft invloed op de eerste regel van de alinea. Het driehoekje links onder heeft invloed op de rest van de alinea. Het vierkantje links onder verschuift beide driehoekjes en heeft invloed op de hele alinea. Het driehoekje rechts onder heeft invloed op het inspringen van de hele alinea.

Open het document *Oefening.doc* en probeer zelf het werken met inspringen en terugspringen uit.

Sluit het document af en roep het opnieuw op.

Manier 2: Maak gebruik van de knoppen *Inspringen verkleinen/vergroten* [21/22]. Deze knoppen hebben alleen invloed op het inspringen van een alinea aan de linker kant. Het vergroten of verkleinen van het inspringen gebeurt telkens met een vaste afstand van 1.25 cm. Probeer zelf de werking uit en sluit na afloop het document af.

Manier 3: Veranderen van instellingen in het *Paragraph* (alinea) venster. Dit venster is op te roepen door te dubbel klikken op de symbolen op de liniaal [20]. Open het document *Oefening.doc*. Dubbelklik op een van de symbolen [20]. Het *Paragraph* venster verschijnt. Zorg dat het *Indents and Spacing* blad voor staat. Wijzig de waarden binnen het *Indentation* (inspringen) kader en merk op dat in het *Preview* (voorbeeld) kader de veranderingen wordt getoond. Klik op **OK** om de veranderingen door te voeren.

Sluit het document af.

## Tabstops

Tabstops worden gebruikt om tabellen en opsommingen te maken. De tab toets (links op het toetsenbord) wordt gebruikt om van tabstop naar tabstop te springen. Als er geen tabstops zijn ingesteld wordt de standaard afstand van 1.25 cm gesprongen.

Er zijn vier verschillende tabstops waarvan hieronder een voorbeeld.

rechts [26]    links [24]    centreren [25]    decimaal [27]    decimaal [27]

aantal	soort	benaming	per stuk	totaal
10	voorgerecht	venkelsoep	6,50	65,00
5	voorgerecht	meloen met ham	10,00	50,00
15	hoofdgerecht	asperge menu	35,00	525,00
7	nagerecht	ijs	7,50	52,50
5	nagerecht	grand dessert	12,50	62,50
3	nagerecht	koffie	3,50	10,50
	<b>totaal</b>			<b>765,50</b>



Het plaatsen en verplaatsen van tabstops is erg eenvoudig. Check de status van het tabstop icoon [23] en klik hier eventueel op om een andere uitlijning te krijgen. Klik op de liniaal op de plaats waar de tabstop moet komen en houd de muisknop ingedrukt. Er verschijnt een hulplijn. Verplaats de hulplijn naar de juiste positie en laat de muisknop los.

Verplaatsen van de tabstop kan door de aanwijspijl bij de tabstop te plaatsen en de linker muisknop in te drukken. De hulplijn verschijnt weer. Verplaats de tabstop naar de nieuwe positie.

Het is ook mogelijk de uitlijning van een tabstop te veranderen of om deze te wissen. Open het *tabs* venster door te klikken op *Format, Tabs...*

Wijzigen: Onder *Tab stop position*: kun je de tabstop aanwijzen die een andere uitlijning moet krijgen. Klik vervolgens in het *Alignment* (uitlijning) kader de uitlijning aan die gewenst wordt. Klik op *Set* om de instelling te bewaren en klik op *OK* om af te sluiten en de verandering door te voeren.

Wissen: Klik de tabstop aan die je wilt wissen en klik op *Clear*. De tabstop verschijnt achter *Tabs to be cleared*:. Klik op *OK* om het wissen door te voeren.

Natuurlijk kun je van meerdere tabstops de uitlijning wijzigen of meerdere tabstops tegelijk wissen.

Begin een nieuw document en probeer bovenstaande tabel te maken.

### Let op!

Indien geen selectie is gemaakt geldt het verplaatsen van een tabstop alleen voor die alinea waar de cursor in staat. De tabel hierboven bestaat dus uit negen alinea's.

### Kop- en voetteksten

Kop- en voetteksten zijn een niet onbelangrijke toevoeging aan een pagina. Hierin kunnen bijv. teksten, plaatjes en paginanummers op elke pagina worden weergegeven.

Haal het document *Oefening.doc* op.

Eerst moeten we de kop- en voetteksten aanzetten. Klik daartoe op **View, Header and Footer**. De tekst in het document wordt grijs en kan niet worden bewerkt. Er verschijnt een kader boven aan de pagina, de koptekst, en een kader onder aan de pagina, de voettekst. Ook komt de zwevende *Header and Footer* balk te voorschijn. Met behulp van icoon [28] kan worden gesprongen tussen kop- en voettekst.

Zorg dat de cursor in de koptekst staat en klik op [16]. Tik je naam en studienummer in. Klik op [28] zodat je in de voettekst komt. Klik op [16], tik in: **pagina:** en klik op [29]. Klik op **Close** in de *Header and Footer* balk. De kaders rond kop- en voettekst verdwijnen, de kop- en voetteksten worden grijs (kunnen niet bewerkt worden) en het document kan weer worden bewerkt.

Probeer zelf het een en ander uit, bijvoorbeeld het wijzigen van de verticale marges.

### Oefening 3

Soms wil je op een woord of zin extra de nadruk leggen. Of je wilt een ander lettertype of -grootte gebruiken. Dit kun je doen door de tekstenmerken te veranderen.

Enkele tekstenmerken die beschikbaar zijn: **vet** [12], *cursief* [13], onderstrepen [14].

Ook kan het Font (lettertype) [10] veranderd worden om het document een ander aanzicht te geven. Voorbeelden zijn: Arial, Times Roman, Stylus BT.

De grootte kan veranderd worden [11]: 10pt, 12pt, 14pt etc.

Ook kan tekst op verschillende manieren worden uitgelijnd. Deze tekst is bijvoorbeeld links uitgelijnd [15] wat inhoud dat de tekst aan de linker kant recht onder elkaar staat.

Tekst kan ook worden gecentreerd [16].

Centreren kun je gebruiken voor een kop of een pagina nummer.

Deze alinea is rechts uitgelijnd [17].

De regels komen rechts onder elkaar te staan.

Ook kun je tekst volledig laten invullen [18]. De linker- en rechter marge staan beiden recht onder elkaar. De witruimte tussen de woorden wordt in gelijke mate opgevuld zodat een evenredig geheel ontstaat.

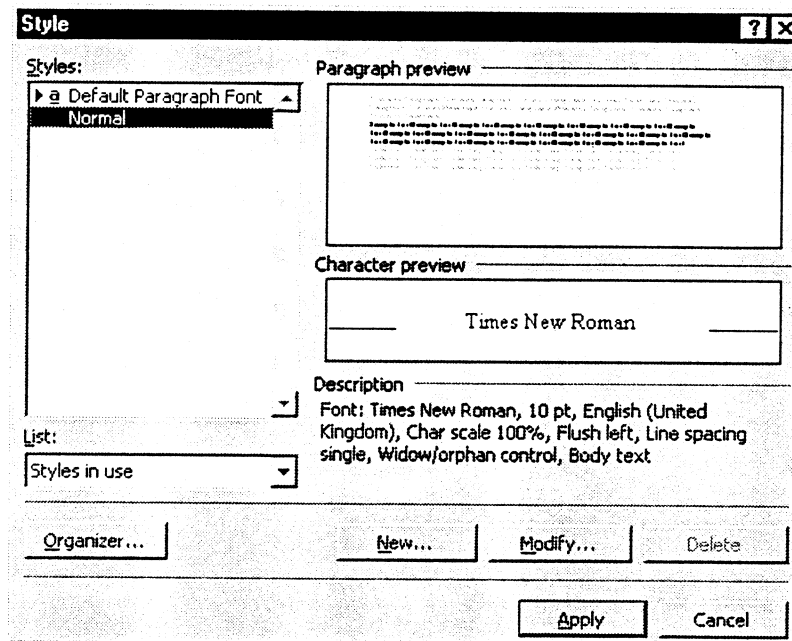
Speel zelf een beetje met deze mogelijkheden.

#### Oefening 4

Een van de belangrijkste opmaakhulpen is het opmaakprofiel. Tijdens deze oefening leer je werken met opmaakprofielen. Een opmaakprofiel bevat opmaakcodes, bijv. de uiterlijke verschijnselen (vet, onderstreep, cursief, lettertype en -grootte) alsook tab instellingen, alinea instellingen, taal (voor spelling controle) e.d. Als je een document begint in Word wordt automatisch het standaard [9] opmaakprofiel gebruikt.

#### Veranderen van een opmaakprofiel

Roep het document *oefening.doc* op. Dit is een tekst zonder specifieke opmaak. Kies Format, Style.... Het dialoogvenster *Style* verschijnt.



We beginnen met het aanpassen van de standaard stijl. Kies **Normal** uit het lijstje *Styles:* en kies **M**odify.... Het dialoogvenster *Modify Style* verschijnt. Klik op **F**ormat, **F**ont... Tik nu onder **F**ont: **A**rial of kies dit lettertype uit de lijst door de schuifbalk te verplaatsen. Selecteer **12** onder **S**ize:. Klik achtereenvolgens op **O**K, **O**K en **A**pply om de dialoogvensters te sluiten. Merk op dat voor het hele document het lettertype en de lettergrootte is veranderd.

#### Aanmaken van een opmaakprofiel

Dit oefendocument begint met een kopje. Om deze regel wat meer op te laten vallen gaan we een opmaakprofiel maken.

Kies **F**ormat, **S**tyle.... Het dialoogvenster *Style* verschijnt. Kies **N**ormal uit het lijstje *Styles:* en kies **N**ew.... Het dialoogvenster *New Style* verschijnt. Tik onder **N**ame: **K**opje en klik onder *Style for following paragraphs:*

# Zelfstudie handleiding tekstverwerking

Inleiding

Gedurende de studie Industrieel Ontwerpen moeten vele verslagen en scripties e.d. worden gemaakt. Meestal zul je hiervoor een tekstverwerkingspakket gebruiken. Naast het kunnen invoeren van de tekst helpt een dergelijk pakket je ook met het inrichten of vormgeven van je werkstuk. Dit laatste wordt ook wel aangeduid met de term 'layout'. Tijdens je studie maar ook in je latere beroepsuitoefening zul je merken dat het belangrijk is om hier de nodige aandacht aan te besteden. De tekstverwerker helpt je op een flexibele wijze hierbij doordat veranderingen meteen kunnen worden doorgevoerd in het hele document. De universiteit heeft centraal gekozen voor het pakket Word 7.0 voor Windows van leverancier Microsoft. Het programma is redelijk eenvoudig in het gebruik. Als je al met Windows hebt gewerkt krijg je het programma snel onder de knie.

Doel zelfstudie

Kennis maken en leren werken met de basisfuncties van een tekstverwerkingspakket.

Tijdsbesteding

Deze oefening is onderdeel van een dagdeel waarin het gebruik van windows, word, excel, e-mail en het www wordt uitgelegd.

Oefenstof

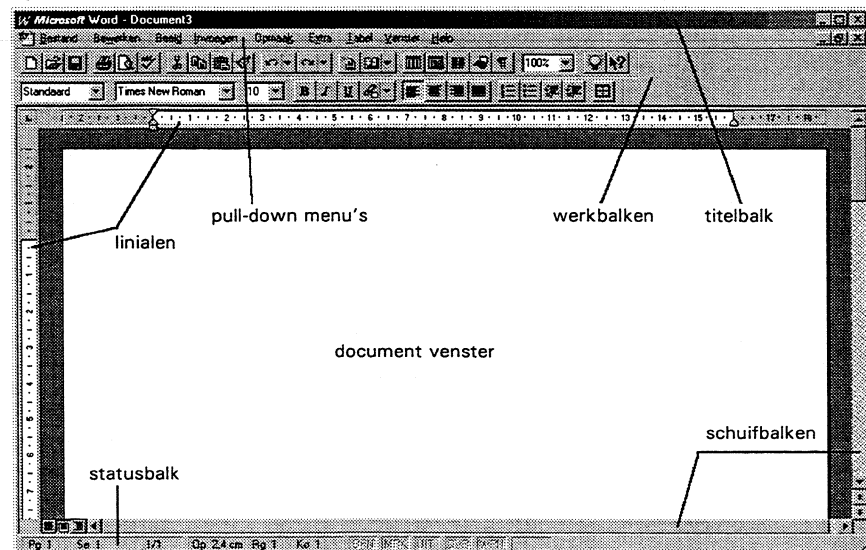
Je zult leren omgaan met bestandsbeheer (aanmaken, openen, opslaan en afsluiten van een bestand), veranderen van de layout van het document, veranderen van tekstenkenmerken en het werken met opmaakprofielen.

Notatie

Commando's worden **vet** weergegeven dus **B**estand, **N**ieuw betekent: kies in het pull-down menu **B**estand de optie **N**ieuw. Tekst in een **afwijkend lettertype** moet worden ingetikt. Een [1] betekent kijk in de bijlage bij 1.

Indeling scherm

De indeling van het Word scherm ziet er ongeveer uit als onderstaand figuur.



Begrippen	<p>alineaa: een door een <i>Enter/Return</i> toets afgesloten letter of cijferreeks.</p> <p>cursor: het verticale streepje op de plek waar tijdens invoer lettertekens ontstaan.</p> <p>document venster: hierin tik je het document.</p> <p>icoon: grafische weergave van een opdracht</p> <p>layout: de vormgeving van een document</p> <p>linialen: aanpassen van marges, kolommen en tabulator stops.</p> <p>pull-down menu's: hierin staan alle opdrachten die je het programma kunt geven.</p> <p>schuifbalken: een ander deel van het document bekijken door de grijze balken te verschuiven. Door op de dubbele pijl knopjes (rechts onder) te klikken wordt een bladzijde verschoven.</p> <p>statusbalk: geeft informatie over opdrachten en laat zien op welke positie de cursor staat.</p> <p>titelbalk: hierop staat de naam van het programma en van het huidige document.</p> <p>werkbalk: snel toegankelijke opdrachten, weergegeven door iconen.</p>
-----------	--

**Let op!** Weet je niet meer wat een bepaald icoon doet, laat dan de cursor boven een icoon stil staan. Er verschijnt dan een zeer korte omschrijving aan je cursor [help 1] en een iets langere omschrijving op de statusbalk [help 2]. Heb je niet genoeg aan deze korte beschrijving dan kun je het help icoon [help 3] gebruiken. Klik eerst op het help icoon en daarna op het icoon, de liniaal of de statusbalk voor meer informatie [help 4]. Volledige help krijg je met Help, *Microsoft Word Help-onderwerpen* uit de menubalk.

## Oefening 1

Tijdens deze oefening leer je een nieuw document aan maken, dit op te slaan, af te sluiten en opnieuw op te roepen. Begin met het opstarten van Word 7.0.

### **Aanmaken van een nieuw document**

Klik op [1] in de werkbalk. Er verschijnt een leeg document op het scherm. Op de titelbalk verschijnt *Document 2*. Tik nu de inleiding van deze zelfstudie over. De indeling is niet belangrijk.

### **Opslaan van een document**

Klik op [3]. Het *Opslaan als* scherm komt tevoorschijn. Tik achter *Bestandsnaam: h:\oefening 1* en klik op de **Opslaan** knop. De toevoeging *.doc* wordt automatisch aan de bestandsnaam toegevoegd. Als het document al een naam heeft wordt het document zonder tussenkomst van dialoog vensters opgeslagen.

### **Afsluiten van een document**

Als je klaar bent met een document kun je het afsluiten. Klik hiervoor op **Bestand, Sluiten**. Als het bestand nog niet was opgeslagen zal hier alsnog om gevraagd worden.

### **Openen van een document**

Klik op [2]. Het *Openen* scherm verschijnt. Klik op het schermje achter **Zoeken in:** en kies de *h:\* schijf. In het witte scherm onder het **Zoeken in:** schermje verschijnt nu een klein icoon met de naam *oefening 1.doc*. Selecteer dit bestand en klik op **Openen**. Het bestand verschijnt nu op het scherm en is klaar om bewerkt te worden.

Deze oefening leert je de layout van het document te veranderen. We beginnen met het veranderen van de marges. Daarna volgen inspringen en tabstops. Ook kop- en voetteksten komen aan bod.

**Veranderen van de marges**

Marges kun je op twee manieren veranderen: het verslepen in de linialen (het hele document wordt aangepast) en door het veranderen van instellingen in het *Pagina-instellingen* venster (een aantal keuzemogelijkheden).

Manier 1: Open het document *Oefening.doc*. De linker marge kun je wijzigen door het aanwijspijltje tussen het **grijze en witte gedeelte links in de horizontale liniaal** te plaatsen[19]. De pijl zal veranderen in een dubbele zwarte pijl ↔. Houd de linker muisknop ingedrukt. Er verschijnt een hulplijn. Versleep deze lijn naar rechts en laat de muisknop los. Merk op dat de liniaal is onderverdeeld in stukjes van 0,25 cm. Zoals je ziet verandert de linker marge voor het hele document. Maak het wijzigen van de linker kantlijn ongedaan door op het **ongedaan maken** icoon [7] te klikken.

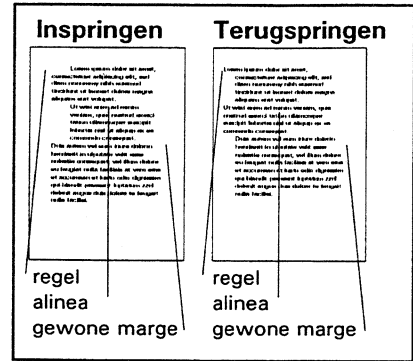
Manier 2: In het *Pagina-instellingen* venster kunnen de marges nauwkeurig ingesteld worden. Dubbelklik op het grijze gedeelte van een liniaal. Het *Pagina-instellingen* venster verschijnt. Behalve de marges kunnen er ook andere instellingen worden gemaakt. Zorg dat het *Marges* blad voor staat. Dubbelklik op **2,5** achter *Links:* en tik **5** in. Achter *Toepassen op:* moet *Heel document* staan. Klik op **OK** om de verandering door te voeren. Je kunt de marges ook wijzigen voor een selectie of vanaf een bepaald punt. De nieuwe marge wordt pas actief op een nieuwe pagina (zie figuur).

Selectie			
selectie	stuk voor selectie	selectie met veranderde marge	stuk na selectie met oude marge
Vanaf bepaald punt			
punt bepalen	stuk voor punt	stuk na punt met veranderde marge	

Oefen hier eventueel zelf mee en sluit het document af.

## Inspringen

In sommige gevallen wil je de marges kleiner of groter maken om bijvoorbeeld een hoofdstuknummer of een plaatje neer te zetten. Dit kan met inspringen en terugspringen. Met inspringen wordt de marge tijdelijk groter. Het inspringen werkt voor een regel of voor de hele alinea. Bij terugspringen wordt de marge tijdelijk kleiner. Ook hierbij werkt het voor een regel of voor de hele alinea. Er zijn verschillende manieren om het inspringen te veranderen.



Manier 1: Verschuiven van de symbolen [20] in de horizontale liniaal. Het driehoekje links boven heeft invloed op de eerste regel van de alinea. Het driehoekje links onder heeft invloed op de rest van de alinea. Het vierkantje links onder verschuift beide driehoekjes en heeft invloed op de hele alinea. Het driehoekje rechts onder heeft invloed op het inspringen van de hele alinea.

Open het document *Oefening.doc* en probeer zelf het werken met inspringen en terugspringen uit.

Sluit het document af en roep het opnieuw op.

Manier 2: Maak gebruik van de knoppen *Inspringen verkleinen/vergroten* [21/22]. Deze knoppen hebben alleen invloed op het inspringen van een alinea aan de linker kant. Het vergroten of verkleinen van het inspringen gebeurt telkens met een vaste afstand van 1,25 cm. Probeer zelf de werking uit en sluit na afloop het document af.

Manier 3: Veranderen van instellingen in het *Alinea* venster. Dit venster is op te roepen door te dubbel klikken op de symbolen op de liniaal [20]. Open het document *Oefening.doc*. Dubbelklik op een van de symbolen [20]. Het *Alinea* venster verschijnt. Zorg dat het *Inspringen en afstand* blad voor staat. Wijzig de waarden binnen het *Inspringen* kader en merk op dat in het *Voorbeeld* kader de veranderingen wordt getoond. Klik op **OK** om de veranderingen door te voeren. Sluit het document af.

## Tabstops

Tabstops worden gebruikt om tabellen en opsommingen te maken. De tab toets (links op het toetsenbord) wordt gebruikt om van tabstop naar tabstop te springen. Als er geen tabstops zijn ingesteld wordt de standaard afstand van 1,25 cm gesprongen.

Er zijn vier verschillende tabstops waarvan hieronder een voorbeeld.

rechts [26]    links [24]    centreren [25]    decimaal [27]    decimaal [27]

aantal	soort	benaming	per stuk	totaal
10	voorgerecht	venkelsoep	6,50	65,00
5	voorgerecht	meloen met ham	10,00	50,00
15	hoofdgerecht	asperge menu	35,00	525,00
7	nagerecht	ijs	7,50	52,50
5	nagerecht	grand dessert	12,50	62,50
3	nagerecht	koffie	3,50	10,50
<b>totaal</b>				<b>765,50</b>

Het plaatsen en verplaatsen van tabstops is erg eenvoudig. Check de status van het tabstop icoon [23] en klik hier eventueel op om een andere uitlijning te krijgen. Klik op de liniaal op de plaats waar de tabstop moet komen en houd de muisknop ingedrukt. Er verschijnt een hulplijn. Verplaats de hulplijn naar de juiste positie en laat de muisknop los.

Verplaatsen van de tabstop kan door de aanwijspijl bij de tabstop te plaatsen en de linker muisknop in te drukken. De hulplijn verschijnt weer. Verplaats de tabstop naar de nieuwe positie.

Het is ook mogelijk de uitlijning van een tabstop te veranderen of om deze te wissen. Open het *tabs* venster door te dubbelklikken op een tabstop.

Wijzigen: Onder *Tabpositie*: kun je de tabstop aanwijzen die een andere uitlijning moet krijgen. Klik vervolgens in het *Uitlijning* kader de uitlijning aan die gewenst wordt. Klik op *Instellen* om de instelling te bewaren en klik op *OK* om af te sluiten en de verandering door te voeren.

Wissen: Klik de tabstop aan die je wilt wissen en klik op *Wissen*. De tabstop verschijnt achter *Te wissen tabstops*:. Klik op *OK* om het wissen door te voeren.

Natuurlijk kun je van meerdere tabstops de uitlijning wijzigen of meerdere tabstops tegelijk wissen.

Begin een nieuw document en probeer bovenstaande tabel te maken.

### Let op!

Indien geen selectie is gemaakt geldt het verplaatsen van een tabstop alleen voor die alinea waar de cursor in staat. De tabel hierboven bestaat dus uit negen alinea's.

### Kop- en voetteksten

Kop- en voetteksten zijn een niet onbelangrijke toevoeging aan een pagina. Hierin kunnen bijv. teksten, plaatjes en paginanummers op elke pagina worden weergegeven.

Haal het document *Oefening.doc* op.

Eerst moeten we de kop- en voetteksten aanzetten. Klik daartoe op **Beeld**, **Koptekst en voettekst**. De tekst in het document wordt grijs en kan niet worden bewerkt. Er verschijnt een kader boven aan de pagina, de koptekst, en een kader onder aan de pagina, de voettekst. Ook komt de zwevende *Kop- en voettekst* balk te voorschijn. Met behulp van icoon [28] kan worden gesprongen tussen kop- en voettekst.

Zorg dat de cursor in de koptekst staat en klik op [16]. Tik je naam en studienummer in. Klik op [28] zodat je in de voettekst komt. Klik op [16], tik in: **pagina**: en klik op [29]. Klik op **Sluiten** in de *Kop- en voettekst* balk. De kaders rond kop- en voettekst verdwijnen, de kop- en voetteksten worden grijs (kunnen niet bewerkt worden) en het document kan weer worden bewerkt.

Probeer zelf het een en ander uit, bijvoorbeeld het wijzigen van de verticale marges.

### Oefening 3

Soms wil je op een woord of zin extra de nadruk leggen. Of je wilt een ander lettertype of -grootte gebruiken. Dit kun je doen door de tekstkenmerken te veranderen.

Enkele tekstkenmerken die beschikbaar zijn: **vet** [12], *cursief* [13], onderstrepen [14].

Ook kan het lettertype [10] veranderd worden om het document een ander aanzicht te geven. Voorbeelden zijn: Arial, Times Roman, Stylus BT.

De grootte kan veranderd worden [11]: 10pt, 12pt, 14pt etc.

Ook kan tekst op verschillende manieren worden uitgelijnd. Deze tekst is bijvoorbeeld links uitgelijnd [15] wat inhoud dat de tekst aan de linker kant recht onder elkaar staat.

Tekst kan ook worden gecentreerd [16].

Centreren kun je gebruiken voor een kop of een pagina nummer.

Deze alinea is rechts uitgelijnd [17].

De regels komen rechts onder elkaar te staan.

Ook kun je tekst volledig laten uitvullen [18]. De linker- en rechter marge staan beiden recht onder elkaar. De witruimte tussen de woorden wordt in gelijke mate opgevuld zodat een evenredig geheel ontstaat.

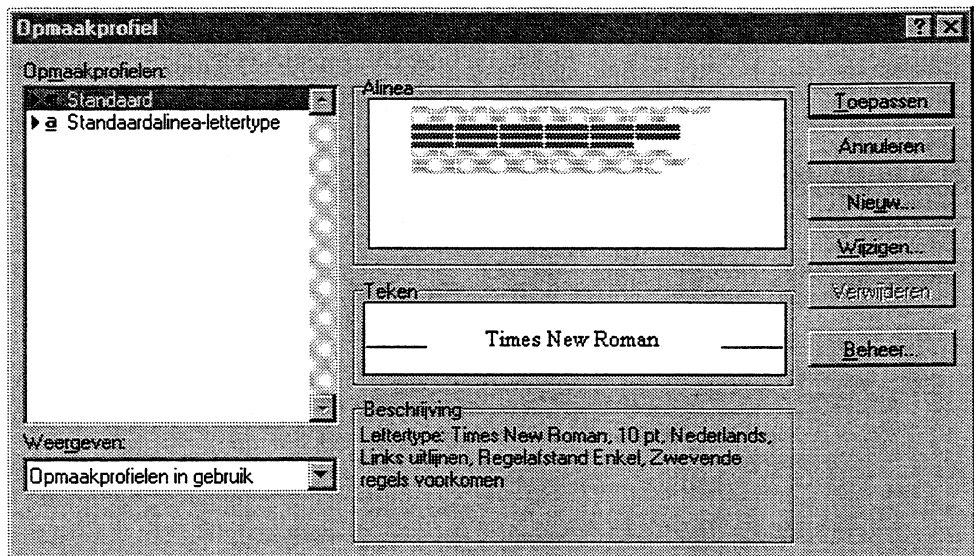
Speel zelf een beetje met deze mogelijkheden.

#### Oefening 4

Een van de belangrijkste opmaakhulpen is het opmaakprofiel. Tijdens deze oefening leer je werken met opmaakprofielen. Een opmaakprofiel bevat opmaakcodes, bijv. de uiterlijke verschijnselen (vet, onderstreep, cursief, lettertype en -grootte) alsook tab instellingen, alinea instellingen, taal (voor spelling controle) e.d. Als je een document begint in Word wordt automatisch het standaard [9] opmaakprofiel gebruikt.

#### Veranderen van een opmaakprofiel

Roep het document *oefening.doc* op. Dit is een tekst zonder specifieke opmaak. Kies **Opmaak**, **Opmaakprofiel...** Het dialoogvenster *Opmaakprofiel* verschijnt.



We beginnen met het aanpassen van de standaard stijl. Kies **Standaard** uit het lijstje *Opmaakprofielen* en kies **Wijzigen...** Het dialoogvenster *Opmaakprofiel wijzigen* verschijnt. Klik op **Opmaak**, **Lettertype...** Tik nu onder **Lettertype** **Arial** of kies dit lettertype uit de lijst door de schuifbalk te verplaatsen. Selecteer **12** onder **Punten**. Klik achtereenvolgens op **OK**, **OK** en **Sluiten** om de dialoogvensters te sluiten. Merk op dat voor het hele document het lettertype en de lettergrootte is veranderd.

#### Aanmaken van een opmaakprofiel

Dit oefendocument begint met een kopje. Om deze regel wat meer op te laten vallen gaan we een opmaakprofiel maken.

Kies **Opmaak**, **Opmaakprofiel...** Het dialoogvenster *Opmaakprofiel*

verschijnt. Kies **Standaard** uit het lijstje *Opmaakprofielen* en kies **Nieuw...**

Het dialoogvenster *Nieuw opmaakprofiel* verschijnt. Tik onder **Naam:** **Kopje**



en klik onder *Opmaakprofiel* voor *volgende alinea*: **Standaard** aan. Als je met een nieuw document bezig bent en je tikt een kopje kun je daarna meteen doorgaan met een alinea in standaard opmaak. Je hoeft *Standaard* dan niet te selecteren in het *Opmaakprofiel* scherm. Kies nu **Opmaak, Lettertype...** Kies onder *Tekenstijl*: **Vet** en onder *Punten* **14**. Klik achtereenvolgens op **OK**, **OK** en **Sluiten** om de dialoogvensters te sluiten. Zet de cursor in het kopje *Inleiding* en kies **Kopje** uit het opmaakprofiel scherm [9]. Het kopje zal nu de kenmerken aannemen die zijn gespecificeerd in het opmaakprofiel. Probeer zelf nieuwe stijlen te maken of pas een bestaande stijl aan.




#### Afsluiting

Dit is het einde van deze zelfstudie. Vergeet niet dat Word 7.0 een zeer uitgebreide helpfunctie heeft. Eventueel kun je ter aanvulling nog een basishandleiding aanschaffen. Wij raden **Basishandleiding Word 7 voor Win95** aan. Het is geschreven door Johan van Tuijl en John Waser, uitgeverij bij Bijleveld Press, ISB nummer: 90-5548-039-8. Het boekje is te koop in de boekhandel voor ± fl 15,--.



## Bijlage

 bestand bewerkingen

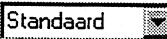





- 1  nieuw
- 2  openen
- 3  opslaan

 tekstbewerkingen

- 4  knippen
- 5  kopiëren
- 6  plakken


7,8  ongedaan maken/opnieuw

 tekstkenmerken

- 9  opmaakprofiel
- 10  lettertype
- 11  lettergrootte (punten)
- 12  vet
- 13  cursief
- 14  onderstrepen

 uitlijnen

- 15  links uitlijnen
- 16  centreren
- 17  rechts uitlijnen
- 18  uitvullen

19  veranderen marge

20  inspringen

21  inspringen verkleinen

22  inspringen vergroten

23  tab check


24  links

25  center

26  rechts


27  decimaal

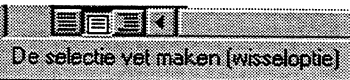
28  koptekst of voettekst


29  paginanummer

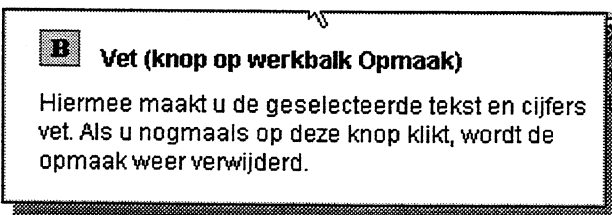
30  datum

31  tijd

help 1  tooltip

help 2  extra uitleg op statusbalk

help 3  help icoon

help 4  uitgebreide helptekst

**B Vet (knop op werkbalk Opmaak)**

Hiermee maakt u de geselecteerde tekst en cijfers vet. Als u nogmaals op deze knop klikt, wordt de opmaak weer verwijderd.



# Zelfstudie handleiding spreadsheet

## Inhoud

Pagina	Hoofdstuk	
2	1	Inleiding
2	1.1	Het opstarten van Excel
2	1.2	Het selecteren van cellen
3	1.3	Menubalken
3	2	Het plaatsen van data
4	2.1	Rekenen
5	2.2	Manipuleren van blokken
8	2.3	Nog meer functies
8	2.4	Formules
10	3	Brandstofverbruik
12	3.1	Het maken van grafieken
16	3.2	Statistiek
16	4	Buizen en staven
17	4.1	Invoer
19	4.2	Vragen
19	4.3	Alternatieven
19	4.4	Grafiek
21	4.5	Printen

Deze handleiding geeft een korte inleiding in het gebruik van het spreadsheet programma Excel, versie 7. Wanneer deze handleiding niet genoeg informatie verschaft kan men overwegen het volgende 96 pagina's tellende boekje (NLG 15.00) aan te schaffen. Ook andere literatuur uit bibliotheek of boekhandel kan voldoen.

**BASISHANDLEIDING EXCEL 7**  
Leer nu excel in 20 Minuten  
Ardy Groen & Inge Rummens  
Bijleveld Press Utrecht  
ISBN 90-5548-040-1

# 1

## Inleiding

Het doel van deze oefening is het leren werken met een spreadsheetprogramma, in dit geval Excel. Een spreadsheet gebruik je om op eenvoudige en snelle wijze berekeningen uit te voeren. Naast het uitvoeren van berekeningen kan het spreadsheet-programma ook gemakkelijk grafieken genereren.

### 1.1

#### Het opstarten van Excel

Voordat je kunt gaan werken met Excel, start je het programma zoals je ook andere applicaties start. Op het beeldscherm is na het opstarten van het programma een werkblad zichtbaar, waarin gegevens kunnen worden geplaatst.

### 1.2

#### Het selecteren van cellen

Elk werkblad (worksheet) is een raster van verticale kolommen en horizontale rijen. Elk snijpunt van een kolom en een rij wordt een **cel** genoemd en iedere cel is gedefinieerd door zijn **kolomletter** en **rijnummer**. De reeks kolommen loopt van A tot Z en dan van AA tot AZ, BA tot BZ enzovoorts tot je bij IV komt. De rij nummers lopen van 1 tot 16384. (Totaal: 256 cellen horizontaal \* 16384 cellen vertikaal = 4,194,304 cellen.)

Met het aanwijzen van een kolom en een rij geef je het adres van een cel op. Op het scherm kun je dit doen door een cel aan te klikken met de linkermuisknop. Je ziet dan de cel "oplichten" (de verschijningsvorm verandert) en linksboven in de Formulebalk verschijnt het celadres. De muis, de pijltoetsen en verscheidene andere toetsen verplaatsen de oplichtende celwijzer over het werkblad.

In de instructies hieronder komt het voor dat woorden en tekens tussen { } haakjes staan. Dit betekent dat je op het toetsenbord een toets met het betreffende woord of teken moet indrukken.

WAT DOE JE	WAT GEBEURT ER
Beweeg met de muis en klik de linkermuisknop op verschillende cellen.	Linksboven zie je het celadres veranderen.
Wijs ook een <u>blok</u> cellen aan door te klikken op een cel, de muisknop ingedrukt te houden en de muiscursor over het scherm te bewegen.	Met uitzondering van de eerste cel, die je hebt aangewezen, zie je alle geselecteerde cellen van kleur veranderen.
{End}{→}	De celwijzer gaat naar de meest rechtse cel van het worksheet, met het adres IV1.
{End}{↓}	De celwijzer gaat naar de cel die het meest beneden ligt, met celadres IV16384.
Klik op verschillende tabs die onderaan het worksheet zichtbaar zijn (maximaal 16).	De celwijzer verplaatst zich nu naar de sheets die worden aangewezen.

## 1.3

### Menubalken

Als je een nieuw werkblad opent zie je boven en onder het werkblad altijd vanzelf een aantal balken verschijnen. Enige hiervan kunnen naar believen ook uitgezet worden.

Bovenaan is de windows-menubalk met "Bestand", "Bewerken", etc.. Het aanklikken van deze namen met de muis trekt de informatie, die eronder zit, naar beneden. Daarna kan met de muis een item gekozen worden.

Onder de windows-menubalk is een werkbalk met een serie gekleurde icoontjes, de Standaardbalk. Dit zijn allemaal shortcuts naar uit te voeren activiteiten. Zij zijn ook in de gewone windows-menubalk te vinden. Laat de muispijl een kort moment boven een icoon zweven en er verschijnt een zeer korte beschrijving van deze icoon, over wat het doet wanneer aangeklikt. Deze beschrijving, van wat de icoon doet, is uitgebreider toegelicht op de menubalk onderaan het werkblad, de Statusbalk.

Nog een balk, die aanwezig is wanneer een nieuw werkblad geopend wordt, is de Formulebalk. Deze balk bevindt zich vlak boven de titel van het werkblad. Zij wordt actief als erop geklikt wordt met de muis. De Formulebalk wordt gebruikt om formules in een cel in te voeren, of om getallen of tekst, die in een cel zijn ingevoerd, te veranderen. Wanneer je op de Formulebalk geklikt hebt, dus wanneer deze actief is, zie je een **kruis** (de annuleerknop), een **vinkje** (de bevestigingsknop), en een **fx** (de functie Wizard knop). Deze laatste knop vind je ook in de balk erboven, dus er zijn meerdere manieren om deze belangrijke functieknop te activeren en te gebruiken. De rechterkant van deze balk wordt gebruikt om data in te typen.

Als je in de windows-menubalk "Beeld" aanklikt zie je dat "Formulebalk" en "Statusbalk" afgevinkt zijn. Door er op te klikken worden ze aan- of uitgeschakeld. Klikken op "Beeld/Werkbalken..." geeft een keuze uit nog veel meer menu- of werkbalken, die, wanneer aangeklikt, veel tijd kunnen besparen wanneer je intensief met een onderwerp bezig bent. In deze oefening werken we alleen met het windows-menu, de Formulebalk, de Statusbalk, en de Standaard icoonbalk.

## 2

### Het plaatsen van data

Het programma maakt, zoals de meeste spreadsheetprogramma's, onderscheid tussen **tekst**, **getallen** en **formules**. Tekst verschijnt letterlijk (default: links) in de cel zoals het ingetypt wordt in de cel of in de Formulebalk. Getallen verschijnen (default) rechts in een cel. Wil je een getal als tekst invoeren, dan laat je het vooraf gaan door een apostrof: ' (bij sommige computer instellingen een apostrof plus een spatie). Tekst kan niet gebruikt worden voor een berekening, terwijl dat met getallen en formules wel kan. Om te verduidelijken wat wordt bedoeld, volgen hier enkele opdrachten.

## 2.1

### Rekenen

Ga met de cursor op cel A1 staan, en klik de muis.	Cel A1 licht op.
Voer het getal 5 in (Dit betekent altijd: type 5, dan druk op de Enter toets op het keyboard, of klik het vinkje in de formulebalk).	In cel A1 verschijnt het getal 5.
Voer nu in cel A2 het getal 4 in.	In cel A4 verschijnt het getal 4.
Ga nu met de cursor naar A3 en voer in: a1 + a2 (kleine óf hoofdletters!).	Er staat a1 + a2
Ga met de cursor in cel A4 staan en voer in: = + A1 + A2, (het plusteken zou natuurlijk ook een minteken kunnen zijn!).	In cel A4 verschijnt het getal 9, in de Formulebalk e formule.
Voer in, in de Formulebalk, vóór het = teken een ' (dus een apostrof).	De formule wordt nu als tekst beschouwd, en geeft weer de letters en cijfers.

**N.B.1:** Wanneer je een celadres (dus letter/cijfer combinatie) invoert in een cel wordt het als tekst gezien, terwijl beginnen met een =, een +, of een - teken de invoer in een verwijzing naar die cel verandert.

**N.B.2:** In Excel begint een formule of een functie met het = (gelijk-)teken bij default. Excel probeert zoveel mogelijk rekening te houden met gebruikers van andere spreadsheets door zeer tolerant andere conventies (b.v. beginnen van formules met + teken of een functie met het @ teken), te accepteren en dan naar haar eigen uitvoering om te zetten.

Er is nog een manier om twee of meer getallen op te tellen.

Zet in B1 en B2 getallen die makkelijk zijn op te tellen.	Je ziet de getallen in de cellen verschijnen.
Zet nu de cursor in B3.	B3 licht op.
Ga nu op zoek naar het sommatie icoon S (Deze staat ongeveer in het midden van de "Standaard" werkbalk met iconen!). Klik met de muis op dit icoon.	Je ziet dat in B3 én in de Formulebalk een formule verschijnen. Dit moet zijn: =SOM(B1:B2). (Je kunt deze formule ook intypen.)
Druk op Entertoets.	Het antwoord verschijnt in cel B3.

Andere eenvoudige rekenkundige bewerkingen zijn ook uit te voeren in een spreadsheet. Dit gaat als volgt:

Zet getallen in C1, C2, C3, en C4.	Je ziet de getallen in de cellen verschijnen.
Klik de cursor in een willekeurige cel, b.v. G13.	G13 licht op.
Type het gelijkteken {=}.	Dit staat nu in de Formulebalk.
Klik met de muis op cel C1.	Je hebt cel C1 geselecteerd. In de formulebalk verschijnt "C1" achter het gelijkteken.



Type een {+}.	Dit verschijnt achter C1 in de Formulebalk.
Klik met de muis op cel C2.	Je hebt cel C2 geselecteerd. In de formulebalk verschijnt "C2" achter het plusteken.
Type een {*} (vermenigvuldigingsteken).	Dit verschijnt achter C2 in de Formulebalk.
Klik met de muis op cel C3.	Cel C3 is geselecteerd. In de Formulebalk verschijnt "C3" achter het vermenigvuldigingsteken.
Type een {/} (deelteken).	Dit verschijnt achter C3 in de Formulebalk.
Klik met de muis op cel C4.	Je hebt cel C4 geselecteerd. In de Formulebalk verschijnt "C4" achter het deelteken.
Klik nu op het bevestigingsvinkje in de Formulebalk.	Het antwoord verschijnt in cel G13.
Klik op cel G13.	De door jou ingevulde formule verschijnt in de Formulebalk.

Je hebt nu een rij berekeningen gemaakt waarin je wat wijzigingen gaat aanbrengen. Zet de cursor in cel A1 en tik een ander getal dan 5. Je ziet, nadat je op de Entertoets hebt gedrukt, dat de uitkomst in A4 veranderd is. Verander ook op andere plaatsen getallen. Als je formules invoert zoals in cel G13 hierboven kun je () haakjes gebruiken om de voorkeursvolgorde (\* / + -) te beïnvloeden. Zet een "(" vóór C1 en een ")" áchter C2 in de formule in de Formulebalk. Klik op het vinkje en je ziet natuurlijk een ander antwoord.

## 2.2

### Manipuleren van blokken

In Excel zijn er verschillende bewerkingen die je op **blokken** kunt uitvoeren. Een blok is een aantal aaneengesloten cellen, die je selecteert door met de muis op de eerste cel naar keuze te klikken, en met ingedrukte muis naar een andere cel te bewegen. Hier laat je de muis los. Je kunt zien dat een blok is geselecteerd door de kleurverandering die heeft plaatsgevonden.

Nu worden enige zaken behandeld, die met het manipuleren van blokken te maken hebben.

Voer uit Bestand Nieuw.	Je opent een nieuw werkblad.
Zet in de cellen A1 t/m A10 de getallen 1 t/m 10.	Je ziet de getallen verschijnen.
Zet in de cellen B1 t/m B10 de getallen 10 t/m 1.	Idem.
Klik op C1 en beweeg de cursor naar C10 terwijl je de muisknop ingedrukt houdt.	C1 t/m C10 wordt geactiveerd.

Laat de muisknop los en klik op het sommatie (S) icoon.

Zet de cursor in cel E1 en type +A1+B1, gevolgd door Enter of door met de muis op het vinkje in de Formulebalk te klikken.

De som van kolom A en kolom B verschijnt in kolom C.

De uitkomst van de som verschijnt in E1.

### 2.2.1

Twee manieren om ook in cellen E1 t/m E10 een sommatie te doen.

● 1ste manier: Klik op cel E1.

Kies in het menu Bewerken|Kopiëren.

Selecteer de cellen E1 t/m E10.

Kies in het menu Bewerken|Plakken.

Selecteer de cellen E2 t/m E10.

Kies in het menu Bewerken|Wissen en in het sub-menu "Alles".

● 2de manier: Klik op cel E1.

Selecteer de cellen E1 t/m E10.

Kies in het menu Bewerken|Doorvoeren, en vervolgens in het submenu 'Omlaag'.

Cel E1 wordt geactiveerd.

Er verschijnt een stippellijn om cel E1.

De cellen worden geactiveerd.

De formule wordt gekopieerd; controleer dit door op b.v. cel E2 te klikken.

De cellen worden geactiveerd.

De celinhoud is gewist.

Cel E1 wordt geactiveerd.

De cellen worden geactiveerd.

De formule wordt in de geselecteerde cellen ingevuld; controleer dit door op b.v. cel E2 te klikken.

### 2.2.2

Kolom invoegen.

● Zet de cursor op B1 en kies in het menu Invoegen|Kolommen.

Kijk wat er gebeurt met de formules die nu in kolommen D en F staan.

Er wordt een kolom tussengevoegd. Alle data in kolom B en rechts ervan schuiven een kolom op naar rechts.

De verschuiving is verwerkt in de formules.

### 2.2.3

Koppeling maken naar andere cellen.

● Selecteer de cellen D1 t/m D10.

Kies in het menu Bewerken|Kopiëren.

Klik cel G1.

Kies in het menu Bewerken|PlakkenSpeciaal (in het dialoogvenster moet onder Plakken het item Alles geselecteerd zijn); klik daarna op "Koppeling Plakken" aan de rechterkant.

De cellen worden geactiveerd.

Er verschijnt een stippellijn om het blok cellen.

Cel G1 is geselecteerd.

In cellen G1 t/m G10 verschijnt hetzelfde antwoord als in de cellen in kolom D. Controleer de celinhoud: in de formule verschijnen \$ (dollar) tekens voor de kolomletter en het rij-getal: dit betekent dat wat er in kolom D verschijnt ook in kolom G verschijnt: altijd gekoppeld.

Je hebt zojuist al kennis gemaakt met het begrip **dialoogvenster**. Omdat je hier vaak mee te maken krijgt is het handig een paar dingen goed te

onthouden voor je verder gaat. Een dialoogvenster komt meestal als het gevolg van een menuselectie, waar meerdere keuzes kunnen worden gemaakt om meer informatie te krijgen. Soms verschijnen dialoogvensters als waarschuwing.

Een dialoogvenster bevat vaak **invoervelden**. Hierin kun je wijzigingen aanbrengen die je wilt laten doorvoeren. Om de cursor van het ene naar het andere Invoerveld te kunnen verplaatsen, kun je gebruik maken van de Tab-toets (of de muis).

#### 2.2.4

##### Kies de juiste kopiër functie

• Selecteer weer de cellen D1 t/m D10.	De cellen worden geactiveerd.
Kies in het menu Bewerken Kopiëren.	Er verschijnt een stippellijn om het blok cellen.
Klik cel H1.	Cel H1 is geselecteerd.
Klik Bewerken Plakken.	De antwoorden in kolom H zijn anders dan in kolom G.
Klik op cel H1.	Zie dat de formule in H1 anders is dan in D1*.

\*In D1 worden de drie cellen links ervan opgeteld. Tijdens het kopiëren van kolom D naar H is de koppeling met de gegevens in kolom D verbroken: de formule is wel gekopiëerd, maar verwijst nu naar andere cellen. De enige overeenkomst is dat het verwijst naar de som van drie cellen, maar nu links van H1. Het is dus belangrijk om de juiste kopiërfunctie te kiezen voor het te bereiken doel.

#### 2.2.5

##### Betekenis van colon {:}

• Zet nu in cel B1 het getal 2.	Het totaal van de som in kolom D verandert, die in F blijft gelijk. Dit is omdat de celverwijzing anders is. Een verwijzing met de colon {:} tussen cellen, zoals in kolom D, betekent de hele serie, dus "tot en met".
Selecteer B1 t/m B10 en kies in het menu Bewerken Doorvoeren, en in het submenu Omlaag.	Het getal wordt in de geselecteerde cellen gekopiëerd. De antwoorden in kolom D en G veranderen.

#### 2.2.6

##### Blokken van plaats veranderen.

• Selecteer nu de cellen A1 t/m D10.	Het blok wordt geactiveerd.
Kies in het menu Bewerken Kopiëren (of Bewerken Knippen als je het originele blok ook wilt verwijderen).	Er verschijnt een stippellijn om het blok.
Klik op cel E14*.	Cel E14 wordt geactiveerd terwijl de stippellijn om het blok actief blijft.
Kies in het menu Bewerken Plakken.	Het blok wordt gekopiëerd naar de nieuwe positie E14 t/m H23.

\* kies één cel (de linkerbovenste cel) als bestemming. Als je het hele bestemmingsblok wilt activeren kan dat, maar dan moet je precies alle

cellen activeren. Doe je dit niet dan krijg je een foutmelding na het kiezen van Bewerken|Plakken.

## 2.3

### Nog meer functies

Het eerste menu-item onder Bewerken, en wel 'Ongedaan maken...', is nuttig als je een foutje hebt gemaakt. Het zorgt ervoor dat de actie, die je het laatst hebt uitgevoerd, ongedaan wordt gemaakt.

Verder is het nuttig om te weten dat Bewerken|Knippen niet de informatie in een cel verwijdert. De informatie wordt alleen geprepareerd om a.h.w. te verhuizen naar een nieuwe positie, zonder achterlaten van deze informatie. Wil je bereiken dat alle informatie uit een cel verwijderd wordt, selecteer dan de cel en gebruik, uit het menu, Bewerken|Wissen. Let erop dat in het submenu een keuze gemaakt kan worden (je kunt alle informatie wissen, maar ook alleen de celinhoud of de opmaak). Je kunt met Bewerken|Wissen ook hele rijen of kolommen leegmaken.

## 2.4

### Formules

Een ander belangrijk onderdeel van Excel vormen de formules. In Excel zijn vele formules al gedefinieerd. Deze kun je vinden met behulp van het menu-item Invoegen|Functie of de **fx**-button dat je vindt in de Standaard menubalk met de iconen, of dezelfde **fx**-button dat je ziet als je de Formulebalk activeert. Hoe je hier gebruik van kunt maken, ontdek je in de volgende oefening.

Klik Bestand Nieuw.	Opent een nieuw werkblad.
Zet in een aaneengesloten blok cellen een reeks van 4 getallen, bv. in A1, A2, A3, A4.	Er ontstaat een kolom getallen op het scherm.
Selecteer een lege cel, b.v. aan het eind van deze reeks (A5), of ergens anders als je wilt.	De cel wordt geactiveerd.
Klik nu met de muis in Formulebalk.	In de Formulebalk verschijnt de <b>fx</b> -button.
Klik op de <b>fx</b> -button.	Er verschijnt een "Wizard"-dialoogvenster met functies. In de linkerkolom staan Functiecategories, in de rechter Functienamen.
Kies onder <u>Functie</u> categorie óf "Alle" óf "Statistisch" (gebruik de scroll).	Onder Functienamen verschijnt een lange rij namen. Tegelijkertijd zie je ook veranderingen in de Formulebalk.
Kies onder <u>Functie</u> naam de functie GEMIDDELDE.	De functie GEMIDDELDE staat nu in de Formulebalk.
Klik Voltoeien onderin het dialoogvenster.	Het dialoogvenster verdwijnt. In de Formulebalk staat nu = GEMIDDELDE(getal1,getal2,...).

Twee manieren om celdata in te vullen:

- 1ste manier: Vervang alles wat er tussen haakjes staat (in de Formulebalk) met jouw celadressen, dus type (A1, A2, A3, A4), (Let op comma's).

Klik het vinkje in de Formulebalk, of druk de Enter toets.

- 2de manier: selecteer met de muis een lege cel, en opnieuw voer de formule GEMIDDELDE in zoals hierboven beschreven.

Selecteer met de muis alles wat tussen haakjes staat.

Selecteer met de muis het blok cellen A1 t/m A4.

Klik het vinkje in de Formulebalk, of druk de Enter toets.

Tussen de haakjes zie je de celadressen verschijnen.

In de cel verschijnt het gemiddelde van de reeks getallen.

In de Formulebalk staat nu =GEMIDDELDE(getal1,getal2,...).

Alles wat tussen haakjes staat, inclusief de puntjes, is van kleur veranderd.

Terwijl je met de muis over A1 t/m A4 sleept zie je al dat de formule in de Formulebalk verandert: tussen haakjes komt nu A1:A4 te staan.

In de cel verschijnt het gemiddelde van de reeks getallen.

Voorgaande, de functie GEMIDDELDE, is een voorbeeld van een functie die in Excel gedefinieerd is. Er is geen standaard procedure voor het toepassen van deze functies. Om dit toe te lichten volgt nu nog een voorbeeld.

Zet in een lege cel een willekeurig getal.

Zet de cursor op een andere cel en klik op de **fx**-button.

Klik onder Functiecategorie op "Wiskunde en trigonometrie"; klik dan onder Functienamen op COS; klik daarna op Voltooien.

Klik nu op de cel waarin je net een getal hebt gezet.

Druk op Enter.

Het getal verschijnt op het scherm.

Het Functie dialoogvenster verschijnt.

In de Formulebar staat nu =COS(getal), met de cursor tussen de haakjes.

Het celadres van deze cel verschijnt tussen de haakjes.

In de geselecteerde cel verschijnt nu de cosinus van het getal dat je hebt ingevoerd.

Als je wilt kun je proberen wat de andere functies inhouden. Voor een uitgebreide beschrijving kun je de Help functie kiezen in het "Wizard functie" **fx** dialoogvenster.

Kies in het windows-menu Bestand | Afsluiten.

Kies Nee.

Er verschijnt een dialoogvenster waarin je wordt gevraagd of je de gemaakte wijzigingen wilt bewaren.

Excel wordt afgesloten zonder dat iets bewaard wordt.

**Brandstofverbruik**

De oefening die nu volgt is om te oefenen met de rekenmogelijkheden van het spreadsheet. (Hierbij moet worden opgemerkt en benadrukt dat het echt niet nodig is een rekenmachine te gebruiken: Je kunt namelijk alle soorten berekeningen, die je nodig hebt, in het spreadsheet uitvoeren.)

Dubbelklik het Excel-icoon.	Excel wordt weer opgestart.
Kies nu Bestand Nieuw.	Een nieuw werkblad verschijnt.
Klik op cel A1.	Cel A1 is geactiveerd.
Type: Rit nummer	De letters, die je tikt, verschijnen als een tekst op de invoerregel van de Formulebalk, maar ook in de cel.
Kies Opmaak Kolom Breedte om de breedte van een kolom aan te passen.	

**Opmerking:**

Het verschil tussen een tekst en een waarde wordt door Excel opgemerkt, doordat bij een tekst het eerste teken dat je tikt een letter is, terwijl dat bij een waarde natuurlijk niet zo is.

{→}	Beëindigt de invoer van de tekst, die je nu in het werkblad ziet verschijnen, én verplaatst de celwijzer naar rechts naar cel B1.
Tik: Kilometer-	Zet 'Kilometer-' in cel B1.
{↓}	Maakt de label invoer in cel B1 af en verplaatst de celwijzer naar cel B2.
Tik: tellerstand	Zet 'tellerstand' op de invoerregel.
{↓}{↓}	Maakt de label invoer in cel B2 af en verplaatst de celwijzer naar cel B4.
Tik: km	Zet 'km' op de invoerregel.
{↓}	Maakt de label invoer in cel B4 af en verplaatst de celwijzer naar cel B5.

Zet nu de de tekst en de getallen op onderstaande wijze in de tabel:  
 Dus invoeren kolom A met: Ritnummers (dus 15 ritten);  
 kolom B met Kilometerstand in km; kolom C met Brandstofverbruik in liters (gebruik decimale komma of decimale punt, dat hangt af van de instelling van de computer waar je mee werkt); kolom D met de Brandstofprijs in gulden per liter.

	A	B	C	D
1	Rit nummer	Kilometer-	Brandstof	Brandstof-
2		tellerstand	verbruik	prijs per
3			per rit	liter
4		km	ltr	gulden
5				
6		0		
7	1	57	5	2,21
8	2	139	7	2,24
9	3	316	15	2,28
10	4	334	1,9	1,99
11	5	485	12,7	2,17
12	6	552	5,8	2,29
13	7	711	13,4	2,28
14	8	765	4,9	2,28
15	9	818	4,9	2,14
16	10	906	7,9	2,12
17	11	954	4,7	1,98
18	12	998	4,4	2,21
19	13	1195	15,2	1,99
20	14	1358	13,9	1,98
21	15	1382	2,3	2,21

Vul zelf de volgende koppen boven kolommen in:

- E Gereden afstand per rit (km)
- F Totaal brandstofverbruik (ltrs)
- G Totale kosten (HFL)
- H Kosten per rit (HFL)
- I Brandstofverbruik per 100 km (ltrs)

De volgorde van de kolommen kun je zelf bepalen. Doe wat je het beste bevalt. Je kunt een kolom tussenvoegen nadat je een kolom hebt geselecteerd (van kleur veranderd) door op de kolomletter te klikken en daarna Invoegen|Kolommen te klikken. (Hou er rekening mee dat deze gegeven volgorde in deze tekst is aangehouden.)

Als je kolommen wilt omwisselen van positie: eerst een lege kolom met Invoegen|Kolommen plaatsen op de gewenste plaats; de te verplaatsen kolom selecteren door op de kolomletter te klikken; de cursor voorzichtig plaatsen op de rand van de selectie (verandert in een pijl); muis indrukken en schuiven naar gewenste plaats; oude, nu lege, kolom selecteren en verwijderen met Bewerken|Verwijderen.

Nu ga je er voor zorgen dat jouw werk onder een door jou gekozen naam bewaard blijft.

Kies Bestand Opslaan als...	Er verschijnt een dialoogvenster waarin wordt gevraagd een naam op te geven.
Geef een naam op die je makkelijk kunt onthouden.	De naam die je opgegeven hebt verschijnt in het Invoerveld.
Kies Ok.	De veranderingen die je hebt aangebracht zijn bewaard in de file die je net een eigen naam hebt gegeven.

Nu heb je wel de basis informatie ingevuld, maar de berekingen moeten nog uitgevoerd worden. Kolom E zou de gegevens voor de 'Gereden afstand per rit' moeten bevatten. Omdat na elke rit de kilometerstand bekend is moet dat uit deze gegevens af te leiden zijn. Je kunt de gewenste formule invoeren in de daarvoor geschikte cel.

Als je de formule in de Formulebalk is ingevoerd en je doet {ENTER}, dan verschijnt het antwoord in de cel. Kopieer je deze cel naar de daaronder gelegen cellen, dan wordt de formule gekopieerd en verschijnen dus de antwoorden in de juiste plaatsen.

Doe dit ook met de volgende kolommen. Denk erom geregeld je werk op te slaan. Als je dan een fout maakt kun je weer terug naar een recent opgeslagen versie.

### 3.1

#### Het maken van grafieken

De resultaten van het onderzoek dat je in dit spreadsheet hebt vastgelegd, kunnen ook grafisch zichtbaar gemaakt worden.

Om een grafiek te maken hoef je eigenlijk niet zoveel te doen, het kost meer tijd om te bepalen of je een grafiek nodig hebt, wat er in moet staan en wat voor soort grafiek je wilt gebruiken. Omdat je nu een vrij eenvoudige tabel hebt gemaakt zal de volgende oefening je niet veel moeite kosten.

**Belangrijk om te weten** Als je datablokken in meerdere kolommen wilt selecteren om er b.v. een grafiek mee te creëren, maar deze blokken liggen niet tegen elkaar: b.v. een blok in kolom N, P, en T (als voorbeeld), dan doe je als volgt: selecteer met de muis het eerste blok, b.v. N, houd {CTRL} ingedrukt, en selecteer met de muis de blokken in de andere kolommen, dus P en T in dit voorbeeld. Het is belangrijk om eerst een blok te selecteren vóórdat je {CTRL} indrukt en de andere blokken selecteert. Doe je dat namelijk niet, dan heb je de kans dat je ongewenste cellen meeneemt in de selectie.

**Onmisbaar om te weten** Voer geregeld de taak Bestand|Opslaan uit. Vooral als je weer met een nieuwe uitbreiding of verandering begint. Als er dan iets fout gaat kun je je bestand sluiten en niet Opslaan en weer Openen op de plaats waar alles nog goed was.

Produceer nu een grafiek met één X-as en twee Y-assen: op de X-as de "kilometertellerstand", op één Y-as de "kosten per rit" en op de tweede Y-as het "brandstofverbruik per 100 km". (Tip: dit laatste bereken je met het brandstofverbruik per rit en de afgelegde kilometers voor dezelfde rit.)

Grafiek creëren:

Zet de cursor op cel B1 en houd de muisknop ingedrukt.

Sleep de cursor naar cel B21 en laat de muisknop los.

Houdt {CTRL} ingedrukt en kies de andere twee kolommen (H1:H21 en I1:I21).

Laat {CTRL} los en klik nu op de Grafiek knop in de Standaard Werkbalk (het kleine staafgrafiekje met het vraagteken!).

Cel B1 verandert van kleur.

Het hele blok dat tekst en data bevat is geselecteerd.

Alle drie kolommen veranderen van kleur.

Er hangt een blokje aan de cursor met een klein staafgrafiekje erin.



Klik nu op een lege plaats van het scherm en sleep de cursor naar het andere hoekpunt van het vlak waar je de grafiek wil hebben.	Er verschijnt een vierkant op het werkblad.
Laat de muisknop los.	Een dialoogvenster verschijnt. Je kunt nog even controleren of de celadressen correct zijn.
Klik Gereed.	Een grafiek verschijnt in de door jou aangewezen rechthoek.
Doe bovenstaande nogmaals, maar wanneer het dialoogvenster verschijnt klik op Volgende.	Je ziet nu dat je uit meerdere grafieksorten kunt kiezen.
Kies het grafiektype "Combinatie" en klik Volgende.	Je kunt de keuze specifieker maken.
Kies "Combinatiediagram 2" en klik Volgende.	Een dialoogvenster verschijnt met de voorbeeldgrafiek. Je ziet twee invoeringen en een linker- en een rechteras.
Je kunt hier controleren of de gegevens in de X-as en Y-as kloppen. Je kunt aangeven dat de eerste kolom ("kilometerstand") de X-as vormt en dat je de tekst in de rijen boven de andere kolommen (als je die in je keuze had meegenomen) kunt wegwerken.	De gegevens in de X-as komen overeen met de labels in de kolommen (default).
Je kunt instellen welke van de kolommen of rijen in de X-as labels en in de Legenda verschijnen. Experimenteer hiermee.	Je ziet de voorbeeldgrafiek veranderen.
Zet gegevens terug naar "kolommen" en "gebruik van eerste 1 kolommen en 5 rijen".	Dialoogvenster is terug naar default.
Klik op Volgende.	Laatste dialoogvenster verschijnt.
Merk op dat je Legenda naar believen kunt uit- en aanzetten.	Dit is te zien in de voorbeeldgrafiek.
In dit venster kun je een Titel voor de grafiek invullen (Vul iets in met Brandstof en/of onderzoek en je naam).	Deze informatie is te zien in de voorbeeldgrafiek.
Vul ook gegevens in voor de X-as categorie en de Y-as waarden (X-as zijn "Kilometertellerstand" o.i.d., Y-as zijn "Brandstofverbruik per 100 km" o.i.d. en Kosten per rit).	Gegevens worden in de invoervelden ingetypt.
Klik op Voltooien (of op Vorige als je nog iets anders wilt aanpassen).	De grafiek verschijnt in het werkblad.

Een secundaire Y-as kan ook toegevoegd worden aan anderssoortige grafieken. Als je een grafiek gecreëerd hebt en je dubbelklikt op de grafiekbalk of -lijn, dan krijg je een dialoogvenster waar je onder de label "As" een primaire en secundaire button vindt. Klik je op een grafiek en dan

de rechtermuisknop, dan kun je via het muismenu de soort grafiek veranderen (klik op Grafiektype...).

Na het maken van de grafiek dubbelklik je op een onderdeel van het grafiekveld. Je hebt dus nu het grafiekveld geselecteerd (een dikke, grijze lijn rond de grafiek). Op de menubalk vind je het menu-item Invoegen. Wanneer je dit klikt zie je een rij keuzemogelijkheden die anders is dan wanneer het grafiekveld niet was geselecteerd. Het geeft je de mogelijkheid om, wanneer nodig, je grafiek uit te breiden met bijvoorbeeld: Titels, Gegevenslabels, een Legenda, etc.

Vrij experimenteren ná het Opslaan-commando: probeer de verschillende submenu's uit die je vindt als je de cursor op een onderdeel van het grafiekveld plaatst en de rechtermuisknop aanklikt. Je kunt informatie over de achtergrond van de items vinden met het helpmenu (klik hiervoor op een knop met een vraagteken).

Je kunt nu controleren dat de data in je tabel direct gekoppeld zijn aan de informatie in de grafiek. Verander je namelijk een cijfer in de tabel, dan zie de onmiddellijk dat de grafiek is aangepast aan de nieuwe informatie.

Als je eenmaal een grafiek hebt gecreëerd kun je er meerdere bewerkingen op uitvoeren. De menubalk "Invoegen" zal er anders uitzien als je grafieken aan het manipuleren bent.

Klik éénmaal op het grafiekveld.	Op de zwarte rand om het grafiekveld verschijnen zwarte blokjes: het grafiekveld is actief.
Klik op het menu Invoegen.	Zie hoe de inhoud al veranderd is.
Met de cursor in het grafiekveld, klik de rechtermuisknop.	Zie de opties. Je kunt hier in rondkijken om te zien wat je kunt doen.
Met het grafiekveld actief, dubbelklik in het grafiekveld. (Dus tweemaal vlug achter elkaar.)	Een brede band verschijnt rondom het grafiekveld.
Wijs met de muis naar verschillende onderdelen van het grafiekveld, zoals de x-as of y-as, de legends, de titels, of de grafiek. Dan druk de rechtermuisknop in.	Ieder onderdeel heeft zijn eigen muismenu. Ook het windowmenu Invoeren is verandert.
Met het grafiekveld actief met de brede band eromheen, dubbelklik nu op een item binnen het grafiekveld, zoals de x-as of y-as, de legends, de titels, of de grafiek.	Een dialoogvenster verschijnt. Ieder onderdeel heeft zijn eigen dialoogvenster.

Wanneer je niet tevreden bent met de plaats waar de grafiek terecht is gekomen kun je hem verplaatsen door op het grafiekveld te klikken. Door de muisknop ingedrukt te houden sleep je de grafiek naar een andere plaats. Hierna kun je de muisknop loslaten. Door aan de hoekjes of randen te slepen verander je de afmetingen van het grafiekveld.

Een grafiek kan zowel op hetzelfde werkblad, als waar de data staan, verschijnen, als op een werkblad geheel voor zichzelf. Ga naar de menubalk en kies Opmaak|Grafiek. In het submenu kun je kiezen voor het creëren van een grafiek op een eigen werkblad. Als je dit gedaan hebt zie je dit aan de tab van de werkbladen. Wil je een Grafiekbld verwijderen, plaats dan

de cursor op de grafiekbladtab en klik rechtermuisknop: dan klik Verwijderen en klik op OK.

Ter oefening het volgende om de titel van je grafiek te veranderen. Deze had je in het gedeelte hierboven al ingevuld.

Dubbelklik op de titel in het grafiekveld.	De titel wordt actief binnen het grafiekveld, (brede balk om de titel!). De cursor verandert om te laten zien dat je tekst kunt wijzigen.
Je kunt nu de tekst in de titel veranderen.	De titel is gewijzigd. Je wilt nu de opmaak van de titel veranderen.
Plaats de cursor op de titel en klik de rechtermuisknop.	Een dialoogvenster verschijnt.
Kies Grafiektitel opmaken...	Een dialoogvenster verschijnt met enige keuzemogelijkheden.
Je kunt kiezen uit: Patronen, Lettertype, en Uitlijning. Kies Lettertype.	Een nieuw dialoogvenster verschijnt.
Verander b.v. Lettertype, Afmetingen. Klik op Ok.	Resultaten verschijnen.

Keer terug naar werkblad Totaal en kies Bestand | Afdrukvoorbeeld. Als inderdaad zowel de tabel als de grafiek in beeld staan, en als de opmaak naar wens is, klik dan op de toets Afdrukken om een uitdraai te krijgen (als je wilt). Sluit dit werkblad af, waarbij je Ok kiest als gevraagd wordt of het werk bewaard moet worden. Open een nieuw werkblad voor de volgende oefening.

### 3.1.1

#### Opmaken

Nu kun je ervoor gaan zorgen dat de gegevens die je hebt ingevoerd er wat aantrekkelijker uitzien. Er zijn twee manieren om dat te doen. Je kunt namelijk voorgeprogrammeerde opmaak gebruiken of je eigen uitvoering kiezen.

Selecteer het blok met cellen, waar de tekst en getallen in staan, door er met de cursor overheen te slepen. Kies dan in het menu Opmaak | AutomatischeOpmaak en in het dialoogvenster kun je kiezen uit een groot aantal opmaakvoorbeelden. Kies er maar eens een. Klik dan OK. Je kunt deze opmaak teniet doen door Bewerken | OngedaanMaken te kiezen.

Een meer persoonlijke manier is als volgt: selecteer de cellen of het blok cellen die opgemaakt moeten worden. Kies dan Opmaak | CelEigenschappen. In het dialoogvenster kun je meerdere tabs aanklikken, b.v. Lettertype, Rand en Patronen.

Druk je van je resultaten, data plus grafiek, één exemplaar af. Wat je afdrukt is in zwart/wit, dus zorg ervoor dat je resultaat leesbaar is, ondanks de gekozen opmaak.

## 3.2

### Statistiek

In Excel kunnen ook statistische berekeningen uitgevoerd worden. Voor uitgebreide informatie hierover kun je terecht in de desbetreffende cursus. Hier vragen we de uitvoering van enige eenvoudige berekeningen. Onder de kolom "Brandstofverbruik per 100km" selecteer je een cel. Ga daarna naar de **fx** toets en kies Gemiddelde. Vul tussen de haakjes het celbereik in (dus in de vorm celx:cely, met celx de eerste cel en cely de laatste; let op het gebruik van {:}).

Als je Enter indrukt zul je het gemiddelde van de cellen moeten zien.

Je kunt in cellen ook tekst invoeren; dus zet in een cel links van die met het berekende getal wat het is, dus: Gemiddelde van kolom...

Selecteer onder de cel met het gemiddelde een cel, en kies nu de functie STDEVP (dit staat voor Standaard Deviatie van de Populatie). Vul weer het juiste celbereik in tussen haakjes, en de tekst in een cel links van de cel met de berekening.

Ga weer een cel naar beneden en vul in de formule voor P5 percentiel. Voor P5 is het: Gemiddelde -1,65 \* STDEVP. Ga nog een cel naar beneden en vul in de formule voor p95: Gemiddelde + 1,65 \* STDEVP. Vergeet niet de tekst links ervan.

Herhaal nogmaals voor de kolom "Kosten per rit" de berekeningen voor Gemiddelde, Standaard Deviatie (STDEVP), P5 en P95.

Als laatste berekening selecteer je een cel, en kies in de functies:

Correlatie. (Wat correlatie is weet je van statistiek; het ligt tussen -1 en +1, waarbij dichterbij 0 kleinere correlatie betekent en dichterbij  $\pm 1$  grotere correlatie.) Je ziet dat je gevraagd wordt om het celbereik van twee matrixen in te vullen: dit is voor matrix1 de waarden in de kolom met "Brandstofverbruik per 100km", en in matrix2 de waarden in de kolom met "Kosten per rit". Je kunt natuurlijk ook intypen:  
=correlatie(jouwcelbereik1,jouwcelbereik2).

In de grafiek, die je hebt geproduceerd, lijkt het of de betrekking tussen de twee kolommen klein is. De correlatie laat echter een redelijk gunstig (statistisch relevante) waarde zien.

Produceer nu een grafiek met in de x-as "Brandstofverbruik per 100km" en in de y-as "Kosten per rit". Kies de grafiek Spreiding en Spreidingsdiagram1 en vul in de benodigde assen en titels. Je zult zien dat de grafiekpuntjes een redelijk lineaire spreiding hebben.

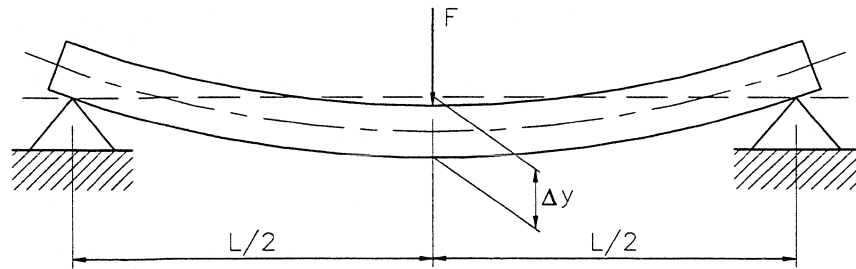
Zorg ervoor dat je naam (namen) en studienummer(s) ergens op het formulier staat ingetypt in een cel. Onder Bestand|Afdrukvoorbeeld kun je zien of alles op één pagina past. Zo niet, dan kun je twee dingen doen: 1. je kunt de kolommen smaller maken en de twee grafieken in afmeting verkleinen, of 2. je kunt onder Bestand|Paginainstelling de instructie geven een afdruk van b.v. 80% te maken. Maak één afdruk van de pagina. Sluit vervolgens het bestand. Lever het resultaat in.

## 4

### Oefening buizen en staven

Je hebt al kunnen zien dat het vrij eenvoudig is om in een spreadsheet berekeningen uit te voeren. Deze opgave is een voorbeeld van een berekening die je leert maken bij het vak Stijfheid en Sterkte. Het gaat erom dat je erachter komt wat voor vervorming ontstaat als je een kracht uitoefent op een voorwerp. Hiervoor maak je gebruik van verschillende materiaaleigenschappen en de kennis over de belasting van het voorwerp.

Aan de hand van het volgende belastingsgeval zul je meer vertrouwd raken met het gebruik van formules in een spreadsheet.



Je hebt te maken met een kracht  $F$ , die aangrijpt in een punt in het midden van een balk met een lengte  $L$ . Twee mogelijke oplossingen worden aangeboden voor dit ontwerpprobleem. De balk is in het ene geval een **massieve staaf** met een doorsnede  $D$  en in het andere geval een **buis** met een buitendiameter  $D$  en met een binnendiameter  $d$ .

In het voorbeeld wordt ingegaan op de kwalitatieve verschillen tussen buis en staaf. Met behulp van de spreadsheet ben je relatief snel in staat een kwantitatieve vergelijking te maken voor een aantal verschillende doorsneden.

#### 4.1

##### Invoer

Voer op het werkblad in de volgende kolommen de genoemde grootheden en eenheden in (dus in cel A1:  $F(N)$ , in cel B1:  $D(mm)$ , etc.).

kolom	grootheid	(eenheid)	omschrijving
A	F	(N)	de gegeven kracht in het midden
B	D	(mm)	de buitendiameter van de staaf of de buis
C	d	(mm)	de binnendiameter van de buis (= nul voor de staaf)
D	A	( $mm^2$ )	de oppervlakte van de doorsnede, loodrecht op de hartlijn
E	L	(mm)	lengte van buis of staaf
F	gewicht	(N)	gewicht
G	M	(Nmm)	maximaal buigend moment
H	E	( $N/mm^2$ )	elasticiteitsmodulus
I	I	( $mm^4$ )	massatraagheidsmoment
J	W	( $mm^3$ )	weerstandsmoment tegen buiging (ook wel S of Z)
K	$\sigma$	( $N/mm^2$ )	buigspanning
$\Delta y$	verpl.	(mm)	verticale verplaatsing

De letter  $\sigma$  kun je in Excel vinden onder Opmaak|Celeigenschappen|Lettertype|Symbol. Als je dit Lettertype in een cel hebt geplaatst, en je typt een s, dan verschijnt het als een  $\sigma$ .

Voer nu in voor:

de buitendiameter (cel B2 t/m B20):

15,16,17,18,19,20,21,22,22,22,22,22,22,22,22,22,22,22;

de binnendiameter (cel C2 t/m C20):

0,0,0,0,0,0,0,0,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20.

In kolom D bereken je de oppervlakte van de doorsnede met:  $A = \pi/4 * (D^2 - d^2)$ . (NB.  $D^2$  is  $D^2$ ). Je kunt voor  $\pi$  (pi), i.p.v. 3.14, een oplossing zoeken in de **fx**-functies (zoek naar PI()). Vervolgens kun je in kolom F het gewicht berekenen met de gegevens uit de voorgaande kolommen en met het gegeven dat de soortelijke massa  $7.2 \text{ kg/dm}^3$  bedraagt en  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . (Gewicht = volume \* soortelijke massa \* gravitatieversnelling.) (Het volume is natuurlijk de oppervlakte van de doorsnede, vermenigvuldigd met de lengte, herleid tot de juiste eenheden!)

Je had natuurlijk zelf al bedacht dat herhaaldelijk hetzelfde nummer invoeren het snelst gaat wanneer je de eerste cel invult en vervolgens de waarde naar de andere cellen kopiëert. Van de twee kolommen, die we hebben ingevuld, geeft de bovenste helft een staaf met variabele diameter weer en de onderste helft een buis met constante buitendiameter, maar variabele binnendiameter. In de cellen van kolom A kun je nu de kracht  $F = 250 \text{ N}$  invullen tot op de hoogte waar ook de afmetingen van de staven en buizen staan; doe hetzelfde met de lengte  $L = 1000 \text{ mm}$  in kolom E.

Als gevolg van deze belasting ontstaat in het midden van de balk een maximaal buigend moment. De beide verticale reactiekrachten bedragen  $\frac{1}{2}F$ , het moment dat hierdoor wordt veroorzaakt op een afstand van  $\frac{1}{2}L$  bedraagt  $\frac{1}{8}FL$ .

Om de andere grootheden te berekenen kun je de volgende formules gebruiken:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$W = \frac{I}{\frac{1}{2}D}$$

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$\Delta y = \frac{FL^3}{48EI}$$

De elasticiteitsmodulus  $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$ .

Daar waar de kolombreedte te smal is voor in te voeren waarden moet je de breedte aanpassen (Selecteren en Opmaak|Kolom|Breedte, of met de muis in de kolombalk!).

Om het overzicht te verbeteren breng je het aantal decimalen b.v. op 2 (Selecteren en Opmaak|Celeigenschappen).

Veranderen kan ook door: de groep cellen of de kolom selecteren (= activeren) en deze met de rechtermuisknop aanklikken, en dan kies je Celeigenschappen.

## 4.2

### Vragen

Nadat je alle gegevens hebt ingevoerd kun je de volgende vragen beantwoorden:

Observeer de gegevens voor een buis met een buitendiameter  $D = 22$  mm en een binnendiameter van  $d = 18$  mm.

- Hoe groot is de doorbuiging van deze buis?
- Hoe dik is een staaf die ongeveer dezelfde doorbuiging heeft?
- Wat weegt de betreffende buis en wat weegt de betreffende staaf? (Laat dat even op je inwerken, een buis en een staaf die onder dezelfde belasting dezelfde doorbuiging hebben, verschillen aanzienlijk in gewicht!)
- Hoe groot is de maximale buigspanning van deze buis en van deze staaf?

Zet de antwoorden op deze vragen onder de tabel!

## 4.3

### Alternatieven

In plaats van het vullen van kolommen met allemaal dezelfde nummers (zoals b.v. 250 voor de kracht, of 1000 voor de lengte), kun je het ook iets anders aanpakken. Want zo'n vast getal, waarnaar steeds verwezen wordt, kun je in een willekeurige cel zetten, overal op de pagina. Dit bespaart kolommen en/of werktijd. Om er voor te zorgen, dat, als je ernaar verwijst in een formule, deze data altijd toegankelijk is, *ook als je een blok verplaatst*, plaats je een \$ (dollar) teken voor de kolomletter en/of het rijgetal.

Maak bijvoorbeeld in kolom E alle cellen met het getal 1000 leeg, met uitzondering van één, b.v. de bovenste cel met dit getal, cel E2. Je ziet dat in kolom F alle antwoorden nul zijn, met uitzondering van de cel met hetzelfde rijgetal, dus F2.

Zet nu in de formule in kolom F een \$ (dollarteken) tussen kolomletter E en het rijgetal waar nog een waarde van 1000 staat, dus de bovenste (dus: E\$2). Het \$-teken zorgt ervoor dat bij het kopiëren het rijgetal zijn vaste waarde blijft behouden. Kopiëer de formule naar de andere cellen in de kolom. Staat er ook een \$ voor de kolomletter, dan blijft de cel altijd onveranderd (dus \$E\$2, \$A\$22, etc.). Voeg het dollarteken ook toe aan formules in andere kolommen waar de waarde uit cel E2 wordt gebruikt.

Je zou dus het aantal kolommen kunnen verminderen door de constante waarden van b.v. de kracht, de lengte, en de elasticiteitsmodulus in cellen onder de rest van de kolommen te plaatsen, met toevoeging van de dollartekens voor de kolomletter en het rijgetal, daar waar je ernaar verwijst.

## 4.4

### Grafiek

Nu ga je een grafiek maken waarin enige van de in de tabel verwerkte gegevens in beeld worden gebracht. Selecteer (met {CTRL} *niet* ingedrukt!) voor de X-as de cellen met getallen van de kolom waarin diameter D staat. Neem bij deze selectie ook de eerste rij mee met de teksttitel (dus cellen B1 t/m B20). De teksttitel van een kolom verschijnt dan in de legenda van de grafiek.

Kies nu, mét {CTRL} ingedrukt, ook de cellen van de "doorsnede A" en die van de de "vertikale verplaatsing". Neem ook hier de eerste rij mee met de kolomtitel. Laat de {CTRL}-toets los.

Je kunt nu met de muis het grafiekicoontje aanklikken en met de dan verschijnende cursor een rechthoek tekenen op het werkblad. Laat je de muisknop los, dan krijg je Stap 1 van 5 van de Wizard Grafieken. Controleer of de celweergave klopt in het invoerveld. Klik op Volgende. Kies de grafiek "Combinatie" op Stap 2, en kies combinatiediagram 2 op Stap 3. Hier wordt bewust aangeraden om de grafiek "Combinatie" te kiezen. Je kunt ook, als je tijd hebt, andere grafieksoorten kiezen. Het is dan omslachtiger of niet mogelijk om een secundaire Y-as te creëren. Klik Volgende.

Bij Stap 4 kijk je of de keuze Kolommen aanstaat. Verander hier ook dat je de eerste 1 kolom gebruikt voor de gegevens van de X-as, en dat de eerste rij gebruikt wordt voor de legendetekst. In het Wizard Grafiek zie je onmiddellijk de veranderingen doorgevoerd zoals ze straks in de grafiek zichtbaar worden. Klik op Volgende. In Stap 5 vul je de verschillende teksten in, en dan klik je op Gereed.

De tekst in de Legenda kun je op de volgende manier veranderen: dubbelklik op het grafiekveld (of, voor dit laatste, plaats de cursor op het grafiekveld en klik de rechtermuisknop en selecteer Object bewerken...). Er verschijnt dan een balk omheen. Klik (dus een enkele klik) nu op een element van de grafiek, b.v. op een staaf van een staafgrafiek, of het knooppunt van een lijngrafiek. Alle elementen van de grafiek moeten nu een markering vertonen, om te laten zien dat ze geselecteerd zijn. Dubbelklik nu op een element van de grafiek (of, voor dit laatste, plaats de cursor op een element en klik de rechtermuisknop en selecteer Reeks opmaken...). Als je goed geklikt hebt verschijnt er nu een dialoogvenster "Gegevensreeks opmaken". Vind hier het subvenster "Naam en Waarden" en verander de naam. (Heb je niet goed geklikt, dan verschijnt er een ander venster, probeer het opnieuw.)

Als je titels moet veranderen, klik er dan op en verander het als in een tekstverwerker.

Hoogstwaarschijnlijk heb je nu een combinatie kolom-lijn grafiek: de oppervlakken worden in kolommen (ook wel staven genoemd) weergegeven, de verplaatsing in een lijngrafiek. Is dat niet het geval, verander dat alsnog. Dubbelklik grafiekveld, klik op een grafiek, klik rechtermuisknop, en kies Grafiektype. Verander in de gewenste vorm.

In het bovenstaande geval is besloten dat een maximale verplaatsing van 0,24 mm is toegestaan. (Om de fijnere schaal te creëren dubbelklik je het grafiekveld, plaats de cursor over de asgegevens, en klik de rechtermuisknop. Kies "As opmaken" en verander de schaal. Teken daarna een lijn op de 0,24 mm hoogte. Je kunt lijnen tekenen m.b.v. de tekenmodule: klik in de Standaard werkbalk het tekenen-icoontje.)

- Beantwoord de volgende vraag: uit welke staaf en buis kun je kiezen, en welke (en waarom) heeft de voorkeur, bij een maximale verplaatsing van 0,24 mm. Lees deze informatie af uit de grafiek.

Bewaar het werk dat je hebt gedaan geregeld onder b.v. de naam h:\buistaaf, en/of voor jezelf op een floppy: a:\buistaaf.



## 4.5

### Printen

Om dit deel van de oefening helemaal compleet te maken, kun je nu het werk dat je gedaan hebt op papier zichtbaar maken. Dit doe je eerst m.b.v. Bestand|Afdrukvoorbeeld om te zien of het er goed uitziet. Wanneer niet de tabel (plus antwoorden) en de grafiek in zijn geheel op één Afdrukvoorbeeld staan maak je de nodige aanpassingen. De informatie moet op één pagina af te drukken zijn. Een aantal mogelijkheden: grootte van grafiek veranderen, in Bestand|PaginaInstelling de Marges veranderen, Pagina reduceren in grootte, of staand of liggend afdrukken, koptekst/voettekst toevoegen of verwijderen, etc.. Controleer op Afdrukvoorbeeld. Je kunt het Afdrukvoorbeeld verlaten door op Sluiten te klikken. Wanneer het Afdrukvoorbeeld in orde is, klik je Bestand|Afdrukken, en controleer je of het Aantal 1 is en dan klik je Ok. Zorg er wel voor dat je naam (namen) en studienummer(s) ergens op de uitdraai te vinden zijn om je eigen werk terug te vinden.



# Dictaat 3D

## Inhoud:

1. Inleiding
  2. Projecteren en projectiemethoden
  3. De drie meest gebruikte projectiemethoden
  4. Omgaan met elementaire figuren in de ruimte
  5. Basiselementen en grondvormen
  6. Veelvlakken
  7. Gebogen lijnen
  8. Gekromde oppervlakken
  9. Geometric modelling
- Literatuur  
Bijlage I tm VI
- I. Basiselementen en hun relaties
  - II. Meetkundige grondconstructies
  - III. Constructiewijzen voor kegelsneden, evolvente en spiraal
  - IV. Axometrische constructies
  - V. Regelmatige veelvlakken
  - VI. Uitslagen



# Inleiding

## Ruimtelijk inzicht

Een karakteristieke eigenschap waaraan we zowel de ontwerper als de constructeur herkennen, blijkt het vermogen om zich een voorstelling te kunnen vormen van een ruimtelijk object nog voordat dit in werkelijkheid is gerealiseerd. Om de omgeving te overtuigen van de levensvatbaarheid van het idee is het natuurlijk bijzonder handig als ook een goede afbeelding van dit toekomstige produkt kan worden getoond. De vaardigheid van het waarheidsgetrouw kunnen afbeelden in het platte vlak zal dan ook aanwezig moeten zijn. Daarnaast moeten afbeeldingen van zoveel informatie kunnen worden voorzien dat het object op basis van deze informatie door derden is te vervaardigen.

Zowel bij het voorstellen in drie dimensies als bij het vertalen in het platte vlak maakt de ontwerper of constructeur daarbij gebruik van een eigenschap die wordt aangeduid met de naam 'ruimtelijk inzicht'.

In aanleg is deze eigenschap bij de meeste mensen aanwezig maar de mate waarin de eigenschap is ontwikkeld, verschilt sterk. Het ontwikkelen kan zijn gestimuleerd doordat iemand in zijn jeugd veel heeft gespeeld met blokken en constructiebouwdozen. Een sterke stimulans kan ook zijn uitgegaan van een grote interesse voor de drie-dimensionale meetkunde of het actief deelgenomen hebben aan allerlei vormen van handvaardigheid. Dit is onder andere een van de redenen om bij het lager en middelbare onderwijs een belangrijke plaats ingeruimd te houden voor de meetkunde- en handvaardigheidsvakken.

Met de opkomst van de computer is ook de wereld van de ontwerper behoorlijk door elkaar geschud. Speciaal ontwikkelde programma's maken het mogelijk om in plaats van op de plank op het beeldscherm te 'tekenen'. Het is zelfs mogelijk om er driedimensionale modellen op zichtbaar te maken die kunnen worden gemanipuleerd. Het resultaat van dit soort acties kan vervolgens worden opgeslagen in combinaties van nulletjes en eentjes, de data.

Gezien het feit dat machines die bij het fabriceren van het produkt gebruikt worden, op dit moment meer en meer direct aangestuurd worden vanuit deze vastgelegde data, het zgn. numerieke besturen of NC, is het niet verwonderlijk dat wijze waarop bedenkers en makers met elkaar praten hier aan aangepast moest worden. De tekening in bemaate aanzichten als belangrijkste informatiedrager binnen de techniek raakt zijn positie stukje bij beetje kwijt. Met behulp van de computer is informatie nu eenmaal beter en vollediger op te slaan en daarnaast met minder kans op fouten ook nog goed door te geven.

Ondanks het feit dat in hierboven wordt gesproken over het kunnen werken in drie dimensies met behulp van de computer, is dit toch niet helemaal vergelijkbaar met het werken met echte, materiële modellen. In de eerste plaats wordt het op zich volledig driedimensionale model weergegeven

middels een projectie op een platte en dus tweedimensionale beeldbuis. Het goed kunnen terugvertalen van deze informatie is dan ook belangrijk. In de tweede plaats biedt de driedimensionale ruimte van de computer weinig herkenningspunten. In werkelijkheid zullen we de afmetingen en de positie van een onbekend object steeds proberen te relateren aan andere objecten in zijn omgeving. Objecten waarover we al iets meer weten. Ons geheugen speelt dan ook een, volgens de ene theorie zeer en volgens de andere theorie wat minder, belangrijke rol bij ons vermogen om ruimtelijk te kunnen zien. Projecteren of relateren, het blijft noodzakelijk om het ruimtelijk inzicht diepgaand en gericht te trainen om in voldoende mate gebruik te kunnen maken van de mogelijkheden die de computer biedt bij het ontwerpen.

### Waarnemen van afbeeldingen

Er bestaan nogal wat theorieën over de wijze waarop de mens zijn omgeving waarneemt en die opgevangen beelden vervolgens interpreteert. Een belangrijk deel van deze theorieën heeft te maken met het zien met twee ogen (binoculaire diepte-indicaties). Deze vorm van waarnemen heeft alles te maken met het aanwezig zijn van een materieel model en komt in de beginfase van het ontwerpen dan ook minder vaak voor. Eventueel kan een simulatie van deze situatie plaatsvinden door het aanbieden van twee licht verschoven beelden. Deze methode wordt gebruikt bij stereokijkers. Een andere toepassing ervan vinden we bij het gebruik van dubbelbeelden in combinatie met een 'rood/groen brilletje'. Voor meer informatie erover wordt naar de literatuur over 'stereopsis' verwezen.

In dit hoofdstuk zijn we vooral geïnteresseerd in de wijze waarop diepte kan worden gesuggereerd bij tweedimensionale afbeeldingen. Hiertoe wordt gekeken naar factoren die een dergelijke suggestie veroorzaken, de zogenaamde diepte-indicatoren. In het bijzonder kijken we hierbij naar de effecten die zelfs met één oog al zijn te zien, de 'monoculaire diepte-indicatoren'. Deze factoren zijn daarbij nog op te delen in globale, dus over het totaal gaande, en meer lokale indicaties. Verder kan ook nog worden uitgegaan van een stilstaand dan wel bewegende beeld.

Wat voorbeelden van indicaties met een stilstaand en globaal karakter zijn;

- **Perspectief**  
Bij perspectivische projectie convergeren parallelle lijnen naar een verdwijnpunt.

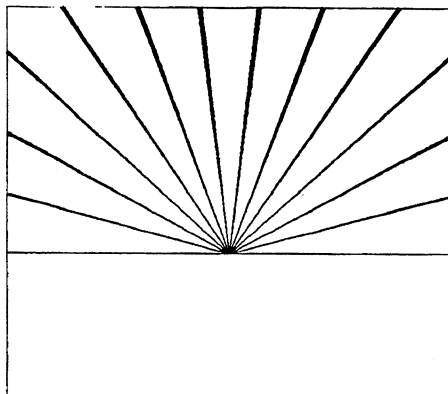


fig. 1.1

- **Textuur**  
Dit geeft diepte-informatie door dichtheid en gradiënt. Dichtheid houdt in dat de zichtbare textuur fijner wordt op verderweg gelegen oppervlakken, gradiënt betekent dat gelijkmatig verdeelde textuur-elementen een oppervlak volgen en daarmee de ruimtelijke vorm weergeven.

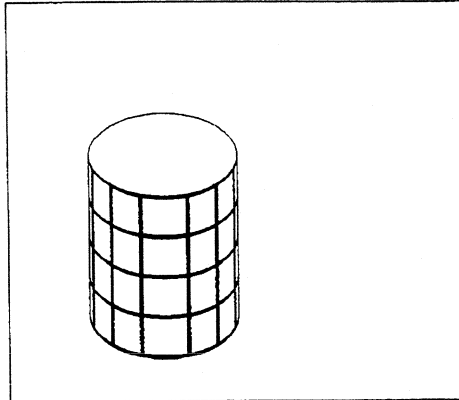


fig. 1.2

- **Belichting**  
Door toepassing van belichting worden oppervlakken lichter of donkerder weergegeven al naar gelang hun vorm en positie.

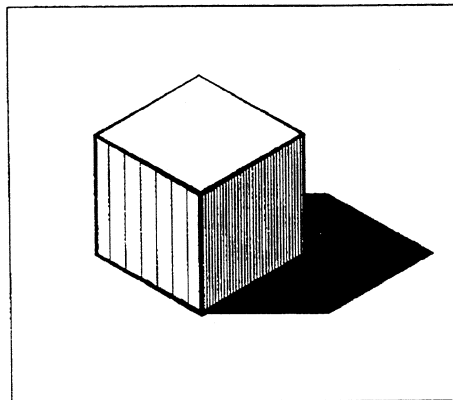


fig. 1.3

- **Luchtperspectief**  
Verderweg gelegen vormen worden ijler weergegeven, dichterbij gelegen vormen helderder en meer contrastrijk.

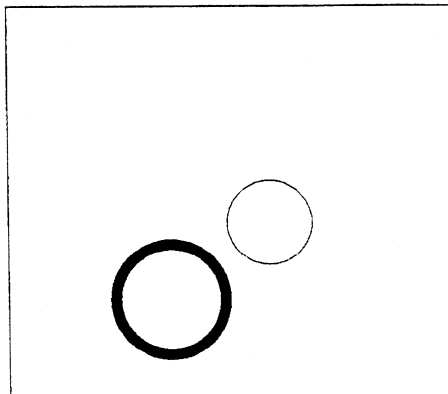


fig. 1.4

- **Relatieve grootte**  
Kleinere voorwerpen lijken verderweg.

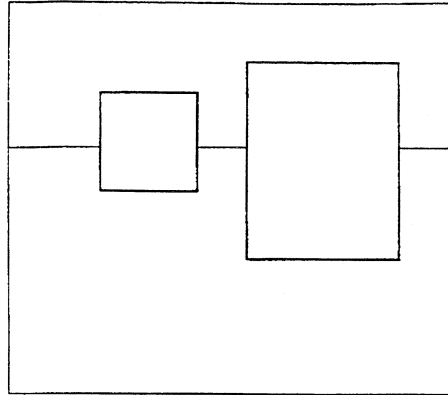


fig. 1.5

- **Hoogte in het blikveld**  
Voorwerpen die zich in de afbeelding dichterbij de horizon bevinden lijken verderweg.

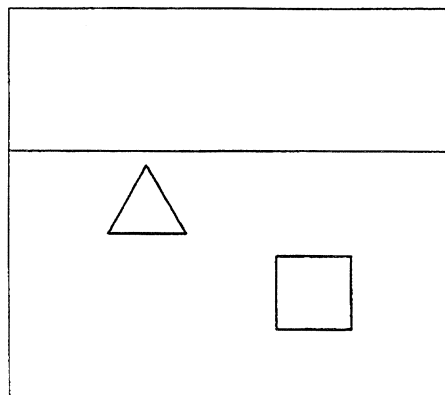


fig. 1.6

Een goed voorbeeld van een lokale indicatie is;

- **Overlap**  
Vormen die voor andere vormen liggen dekken deze af. Dit gaat op voor een combinatie van gehele voorwerpen als voor te onderscheiden delen van één voorwerp.

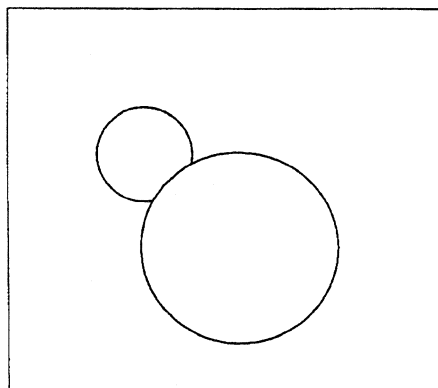


fig. 1.7



Als laatste noemen we hier een voorbeeld waarbij de indicatie door beweging ontstaat;

- **Bewegende beelden**  
Als de waarnemer ten opzichte van het voorwerp beweegt (of omgekeerd), veranderen de verschillende posities van voorwerpen op de afbeelding. Dit geeft diepte-informatie.

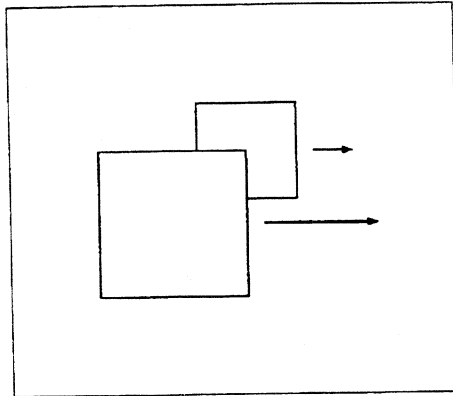


fig. 1.8

#### **Bronnen van fouten**

Om wat richting te kunnen geven aan de te doorlopen training is het noodzakelijk dat we meer afweten van het soort fouten dat gemaakt kan worden bij het weergeven en/of beoordelen van ruimtelijke objecten. In theorie zijn er een aantal te onderscheiden foutenbronnen aan te wijzen (Vos 1984). Hieronder worden een zestal soorten kort omschreven, waarbij zeker geen aanspraak wordt gemaakt op volledigheid;

- **Het verkeerd benoemen van gehelen of delen.**  
Omdat binnen de techniek de behoefte groot is aan eenduidige vastlegging, wordt gewerkt met een zeer nauwkeurige definitie van de vorm voorzien van een vaak sterk wiskundige achtergrond. Het verkeerd benoemen van grondvormen levert dan niet alleen snel fouten op in het eigen denkproces denken maar meer nog bij de communicatie met anderen.
- **Het incorrect gebruik maken van conventies.**  
Zoals later zal worden toegelicht zijn er verschillende manieren waarop objecten in het platte vlak kunnen worden afgebeeld. Bij deze verschillende vormen van afbeelden behoren zeer strikte regels c.q. conventies. Verkeerd gebruik hiervan geeft afbeeldingen die verwarrend overkomen en aldus een bron van fouten vormen.
- **Slordig gebruik van inductie.**  
Tijdens het vertalen van de twee-dimensionale afbeelding naar het drie-dimensionale object selecteert de waarnemer bepaalde kenmerken en trekt daaruit conclusies. Door een 'onhandige' keuze van deze kenmerken kunnen er onjuiste ideeën worden gevormd over het drie-dimensionale object.  
Een voorbeeld van een dergelijke slordigheid is het toekennen van diepte aan een tekening omdat er schuine, naar een punt lopende lijnen in aanwezig zijn. Deze schuine lijnen blijken bij nadere bestudering onderdeel uit te maken van het vormverloop en hebben dus niet direct iets met de afstand tot de waarnemer te maken.

- **Slordig gebruik van deductie.**

De ontwerper zal tijdens zijn werk steeds het hypothetische driedimensionale object dat hij in zijn hoofd heeft, toetsen aan het weergegeven twee-dimensionale beeld. Als dit niet voldoende nauwkeurig gebeurt ontstaan ongewenste slordigheden.

- **Het onjuist verdelen van vormen naar type of soort.**

Dit soort fouten komen met name voor binnen vakgebieden waar vormen onderverdeeld worden naar hoofdtypen. Een voorbeeld is de onderverdeling van moleculaire structuren. Het herkennen van een vorm als een variant van een hoofdtype en het signaleren van de relevante perceptuele constanten is dan noodzakelijk ter voorkoming van een foutieve interpretatie.

- **Het tussentijds veranderen van de vormhypothese.**

Dit kan vooral optreden bij het manipuleren van het voorwerp op het scherm. De nieuwe situatie kan een beeld opleveren dat de oude situatie domineert en de eerdere hypothese verdringt. Bijvoorbeeld het veronderstellen dat onderdelen in een vlak liggen door het erg suggestief doorlopen van lijnen terwijl in een eerder beeld toch een flauwe hoek te zien was.

Met name de eerste vier bronnen van fouten komen relatief vaak voor tijdens het ontwerpen. De oefeningen uit de cursus zullen zich dan ook in het bijzonder daar op gericht zijn.

### **Het voorkomen van fouten**

Een methode om beter met de drie-dimensionale ruimte te leren omgaan is gelegen in het terugdringen van het aantal interpretatiefouten. Dit terugdringen kan enerzijds gebeuren door het beheersen van de theorie van het projecteren en het kennen van de definities van enkelvoudige en samengestelde vormen. Anderzijds is veel te verbeteren door het veelvuldig oefenen van het omzetten van drie-dimensionale vormen naar hun twee-dimensionale afbeelding en omgekeerd.

Informatie over de projectie-theorie en de wijze van benoemen kan uit boeken worden gehaald. Het juist gebruiken van inductie en deductie kan alleen maar door veelvuldig oefenen worden aangeleerd.

Los van de hiervoor genoemde foutenbronnen wordt de ontwerper in de huidige tijd ook nog eens geconfronteerd met de kunstmatigheid van de drie-dimensionale computerruimte met zijn bijbehorende twee-dimensionale schermprojectie. In veel gevallen ontbreken de meeste diepte-indicatoren en verder ontbreekt het ook in de meeste gevallen aan een verder referentiekader.

Naast de reeds eerdere vermelde noodzaak tot inoefenen kunnen tevens eisen gesteld worden aan de wijze van weergave. Zowel de ruimte als de daarin zich bevindende vormen dienen drie-dimensionaal 'gezien' te kunnen worden. Dit houdt in dat zowel de positie als de oriëntatie van het voorwerp ten opzichte van zijn omgeving zichtbaar moeten zijn. Het gebruik van voldoende diepte-indicatoren helpt om de werkelijkheid hierbij dicht te benaderen. De in de ruimte aanwezige vormen moeten daarbij wel dezelfde diepte-indicaties toegewezen krijgen als de hulpelementen die nodig zijn voor het vastleggen van de ruimte. Conflicterende diepte-indicaties kunnen de afbeelding dubbelzinnig maken.

- Voorbeeld van conflicterende diepte-indicaties van kubussen en grondvlak

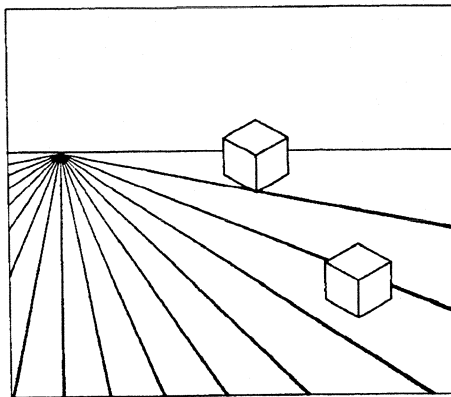


fig. 1.9



# Projecteren en produktiemethoden

## Inleiding

Een belangrijk deel van zijn tijd is een ontwerper bezig met communicatie. Communicatie met mede ontwerpers of andere betrokken personen en afdelingen, communicatie met machines en communicatie met zichzelf. Gezien het feit dat de ontwerper meestal bezig is met het realiseren van produkten van materiële aard is er bij deze communicatie een grote behoefte aan visualisering.

Verbale omschrijvingen mag dan wel onvoldoende zijn maar het maken van gedetailleerde drie-dimensionale modellen is zeer tijdrovend en daardoor erg duur. Los daarvan leveren modellen ook nog veel transportproblemen op en zijn ze erg kwetsbaar. Het is dan ook niet verwonderlijk dat al sinds mensenheugenis door ontwerpers voor het visualiseren van hun ideeën gebruik gemaakt wordt van tekeningen en schetsen.

Nu is een tekening in principe een afbeelding van een object op een plat vlak. Het is daarbij niet mogelijk de werkelijkheid in al zijn details op zo'n plat vlak af te beelden en dus kunnen we zelfs beter spreken van een afgebeelde impressie van de waarnemer. In principe zijn er ontelbare manieren om impressies op het platte vlak af te beelden. Iedere beeldende kunstenaar beschouwt het dan ook als zijn hoofdtaak om een eigen en unieke manier van weergeven te ontwikkelen. De aldus ontstane afbeelding zal hierdoor dan ook voor interpretatie vatbaar zijn en vaak is dit juist de bedoeling van de kunstenaar. Het bestaan van meerdere meningen over wat één en dezelfde afbeelding zou inhouden, wordt in die wereld dan ook volledig geaccepteerd. In de wereld van de produktontwikkeling zou een tekening die voor meerdere uitleg vatbaar is een voortdurende bron van fouten vormen. Een ontwerper ontwikkelt dan ook niet, zoals een kunstenaar dat doet, zijn eigen tekenmethode, maar kiest de door hem of haar te gebruiken methode uit een beperkt aantal goed omschreven en algemeen geaccepteerde methoden. Iedere methode is daarbij gebaseerd op een aantal duidelijke afspraken. Ieder van deze methoden gaat in principe uit van een aantal meetkundige basisconstructies. Over deze meetkundige basisconstructies ook wel projectiemethoden genoemd gaat nu dit hoofdstuk.

## Projecteren

Voor iedere vorm van projecteren zijn een drietal basiselementen noodzakelijk namelijk een vlak om op te projecteren, een richting van waaruit geprojecteerd wordt en iets om te projecteren. Meetkundig vertaald gaat dit er als volgt uit zien (fig. 2.1).

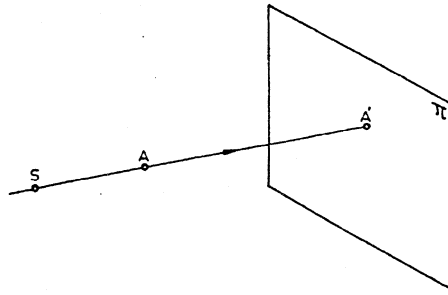


fig. 2.1: Projectie van een punt op een vlak

We kiezen in de ruimte een willekeurig punt (S), het zogenaamde 'centrum van de projectie'. Vervolgens een niet door dit punt gaande vlak ( $\pi$ ), het zogenaamde 'projectievlak'.

Om nu de projectie van een in dezelfde ruimte aanwezig punt (A) op het projectievlak ( $\pi$ ) te krijgen, trekken we een rechte lijn door S en A en snijden deze met het projectievlak in het snijpunt (A').

Dit snijpunt (A') heet de 'projectie' van punt A op vlak  $\pi$ . De lijn SA wordt de 'projecterende lijn' genoemd.

### Projectie methoden

Op basis van deze constructie zijn nu een aantal projectiemethoden ontwikkeld. Deze methoden zijn op te splitsen in twee hoofdgroepen namelijk de **parallele projectie** en de **centrale projectie**. Deze laatste wordt ook wel **polaire projectie** genoemd.

### Centrale projectie

Bij de centrale projectie gaan alle projecterende lijnen door een gegeven, eindig punt. We zeggen dan ook dat het centrum van projectie in het eindige ligt. Als we de parallele projectie als speciaal geval van de centrale projectie zouden beschouwen zouden we moeten zeggen dat het centrum van projectie voor de parallele projectie in het oneindige ligt.

De centrale projectie is onder te verdelen in de **gewone centrale projectie** en het **perspectief**.

### Gewone centrale projectie

In het geval van de gewone centrale projectie wordt het projectievlak meestal horizontaal gekozen en bevindt het te projecteren lichaam zich tussen het centrum van projectie en het projectievlak in (fig. 2.2). We kunnen dit vergelijken met aanstralen van een lichaam door een puntvormige lichtbron (bv. een bureaulamp).

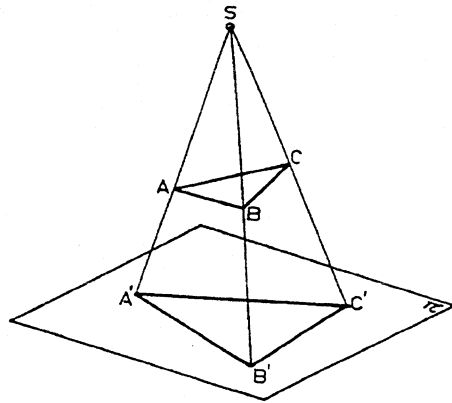


fig. 2.2: De gewone centrale projectie

Het projectievlak noemen we hierbij de **horizontaal**. Schaduwconstructies met een lichtbron in het eindige worden op deze wijze geconstrueerd.

### Perspectief

In het geval van het perspectief proberen we een afbeelding te bereiken die overeenkomt met dat wat een mens normaal met zijn ogen waarneemt. Het centrum van projectie wordt hierbij gewoonlijk 'oog' genoemd en het vlak van tekening aangeduid als 'tafereel'.

Het vlak van tekening ( ) bevindt zich verticaal en het te projecteren lichaam (ABC) bevindt zich achter het vlak van tekening, gezien vanuit het 'oog' (O) (fig. 2.3).

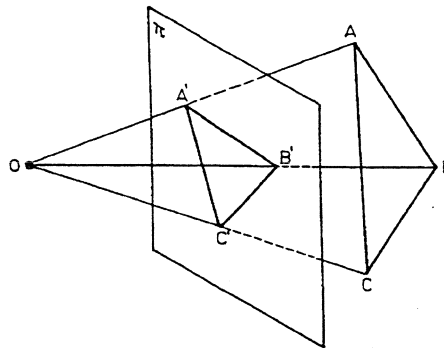


fig. 2.3: Het perspectief

### Parallelprojectie

Bij de parallelprojectie zijn alle projecterende lijnen evenwijdig. Het centrum van projectie staat als het ware oneindig ver weg. We kunnen deze vorm van projectie dan ook vergelijken met het aanstralen van een object met een evenwijdige lichtbron (b.v. de zon).

De parallelprojectie is, afhankelijk van de stand van projectievlak of te projecteren object, onder te verdelen in de **rechthoekige** of **orthogonale projectie**, de **scheve parallelprojectie** en de **axonometrie**.

## Rechthoekige of orthogonale projectie

Bij de rechthoekige of orthogonale projectie wordt gewerkt met een projectierichting die loodrecht staat op het projectievlak (fig. 2.4). In veel gevallen wordt ook niet met één maar met meerdere projectievlakken gewerkt, waarbij deze vlakken rond het object staan opgesteld. Bij het technisch tekenen wordt met een speciaal geval hiervan gewerkt, waarbij het object volledig met vlakken is omgeven. In het volgende hoofdstuk komen we hier nog nader op terug.

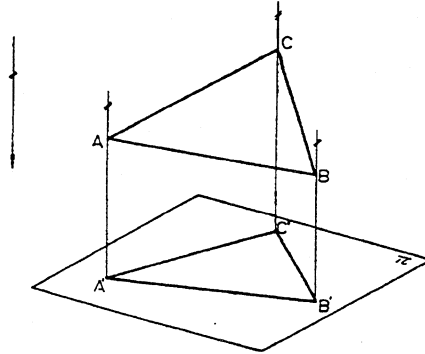


fig. 2.4: De rechthoekige of orthogonale projectie

## Scheve parallelprojectie

Bij de scheve parallelprojectie staat de projectierichting niet loodrecht op het projectievlak. Het projectievlak zelf wordt ook niet horizontaal maar verticaal gekozen en, net als bij het perspectief, 'tafereel' genoemd. De methode wordt in bijzondere gevallen gebruikt voor het maken van ingewikkelde ruimtelijke technische schetsen.

## Axonometrie

Als laatste vorm van projectie wordt hier de axonometrie behandeld. Axonometrie is een bijzondere vorm van de orthogonale projectie. Een vorm waarbij het object een scheve stand inneemt ten opzichte van het projectievlak (fig. 2.5).

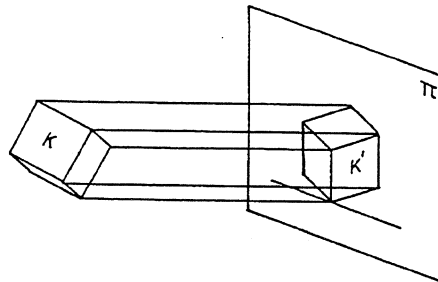


fig. 2.5: De axonometrie



### **Eisen te stellen aan een projectietekening**

Alhoewel door het kiezen uit een van voornoemde methoden al veel wordt vastgelegd, blijft er voor de tekenaar toch ook nog enige vrijheid over. Deze vrijheid wordt vooral gevonden in het kunnen kiezen van de stand van het object ten opzichte van de projectievlakken. Vakmanschap en inzicht van de tekenaar zijn hierbij bepalend voor het uiteindelijk resultaat. Vaak zal daarbij uitgegaan worden van een of meer van de volgende uitspraken;

- Een projectietekening dient **piktoraal** te zijn, dat wil zeggen dat de tekening een hulp moet zijn bij het in drie dimensies voorstellen van het object.
- Iedere tekening dient exact en eenduidig de vorm en de positie van het afgebeelde voorwerp te definiëren. Deze eigenschap wordt '**omkeerbaarheid**' genoemd en hierop wordt later nog teruggekomen.
- De afbeelding van het object dient geschikt te zijn voor het **aflezen** van afmetingen.
- De gebruikte constructie dient zo **eenvoudig** mogelijk te zijn.

Van de eerder genoemde projectievormen worden er een drietal het meest gebruikt binnen de techniek. Deze drie zijn respectievelijk de orthogonale projectie, het perspectief en de axonometrie. Aan de hand van hun belangrijkste voor- en nadelen wordt op deze drie in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.



# De drie meest gebruikte projectievormen

## De orthogonale projectie

De orthogonale projectie is een van de meest toegepaste vormen van parallelprojectie en wordt met name gebruikt als het communicatiemiddel van visuele aard binnen de industrie, in het bijzonder bij het aansturen van de produktie.

Het tekensysteem is oorspronkelijk ontwikkeld door Gaspard Mongé, een Frans wiskundige (1746-1818) en was bedoeld om een aantal problemen van militair architectonische aard van Napoleon op te lossen. In eerste instantie werd er niet veel gedaan met de ideeën van Mongé. Pas bij het doorzetten van de industriële revolutie bleek het nut van de door Mongé opgestelde uitgangspunten. Met name bij het oplossen van de veelheid van problemen die ontstonden tijdens het overschakelen van het oude, op vakmanschap gebaseerde, systeem naar de nieuw ontwikkelde serie- en massafabricage. Bij deze serie- en massafabricage werd gewerkt met machines in combinatie met vaak slechts beperkt geschoold personeel. Interpretatie van informatie moest dan ook tot het minimum worden beperkt. Een goed stelsel van afspraken was hierbij onontbeerlijk.

De projectiemethode kan het best worden omschreven als het projecteren met behulp van de parallelprojectie van een voorwerp op de wanden van een omhullende, transparante kubus. Na projectie kan de kubus worden 'opgeknijpt' en uitgevouwen in het platte vlak (fig. 3.1).

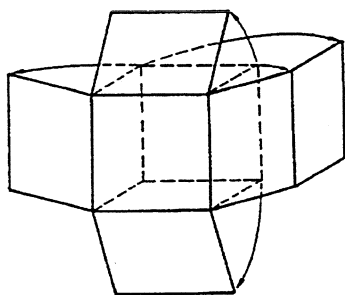


fig. 3.1: De uitklap kubus

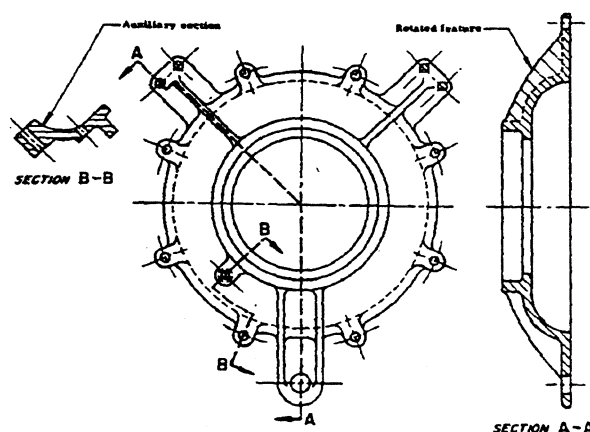


fig. 3.2: Orthogonale projectie bestaande uit vooraanzicht, zijaanzicht en hulpaanzicht (Earle)

De op deze wijze ontstane figuur wordt de **Amerikaans projectie** van het voorwerp genoemd. Het systeem is ideaal voor het vastleggen van afmetingen, specificaties en andere informatie die nodig is voor de constructie, fabricage en montage (fig. 3.2).

Een nadeel van het systeem is het feit dat, wil men de vastgelegde informatie volledig kunnen begrijpen, er een speciale training is vereist in het lezen van de tekeningen. Daarom zullen we in de praktijk meestal een samengaan zien van de orthogonale projectievorm en meer 'ruimtelijke' afbeeldingsvormen, bijvoorbeeld de axonometrie. Axonometrie zal dan met name gebruikt worden in situaties waarbij veel (montage-)handelingen moeten worden verricht door ongeschoold of beperkt geschoold personeel.

#### **Belangrijke voordelen van de orthogonale projectie**

- Indien het weer te geven voorwerp veel details in het zelfde vlak bezit, spaart de orthogonale methode zeer veel reken- en projectietijd in vergelijking met de meer 'ruimtelijke' technieken.
- Voor het vastleggen van ontwerpgegevens en om als werkgids voor de productie te dienen is de orthogonale projectie nog steeds een zeer goede methode. Met de komst van de numeriek bestuurd machines in combinatie met het ontwerpen met behulp van de computer is directe aansturing van de productie mogelijk en komt de tekening op zich meer op de achtergrond te staan.
- De orthogonale tekening is op eenvoudige wijze, zonder veel extra werk, in technische handboeken op te nemen.
- Bij gebruik van bepaalde materialen en technieken is de tekening direct op plaatmateriaal over te brengen voor bijvoorbeeld knip- en ponsbewerkingen.
- Op orthogonale wijze vastgelegde gegevens zijn eenvoudig in computer bewerkingen om te zetten.

#### **Belangrijke nadelen van de orthogonale projectie**

- De tekeningen zijn zonder speciale training moeilijk te maken of te lezen.
- Bij meer complexe constructies zijn, voor een volledige vastlegging van de informatie, veel doorsneden en aanzichten nodig.
- Voor montage- en installatiedoeleinden is de methode duidelijk inferieur aan de 'ruimtelijke' methoden als perspectief en axonometrie.
- aangezien voor het volledig vastleggen van een object meestal meer dan een aanzicht noodzakelijk is, betekent dit veel tekenwerk en gebruik van veel tekenoppervlak.

#### **Het perspectief**

Van de verschillende teken- en projectietechnieken geeft het perspectief het meest realistische beeld. Perspectief is gebaseerd op het verschijnsel dat evenwijdige lijnen convergeren als ze zich van de waarnemer af bewegen. Het menselijk oog accepteert dit principe en verwacht dan ook dat het is toegepast in tekeningen en foto's. Is dit niet het geval dan spreken we meestal van een onnatuurlijke afbeelding.

Werkend met convergerende lijnen lijkt het of deze lijnen samenkomen op één punt van de horizon. Ieder stelsel van lijnen zou zo zijn eigen punt van samenkomst kunnen hebben. Ter vereenvoudiging wordt meestal gewerkt met maar een zeer beperkt aantal punten van samenkomst, namelijk een, twee of drie. Op deze wijze ontstaan de drie basisvormen van perspectief, respectievelijk een-punts, twee-punts en drie-punts perspectief.

### Een-punts perspectief

Bij deze wijze van perspectief wordt een belangrijke zijde van het object evenwijdig aan het projectievlak geplaatst. De lijnen die hier in werkelijkheid loodrecht op staan zullen dan in de projectie samenkomen in één punt dat oneindig ver weg lijkt te liggen en **verdwijnpunt** wordt genoemd. Dit punt is geplaatst op een horizontale lijn in dat schijnbare oneindige welke lijn de **horizon** wordt genoemd (fig. 3.3).

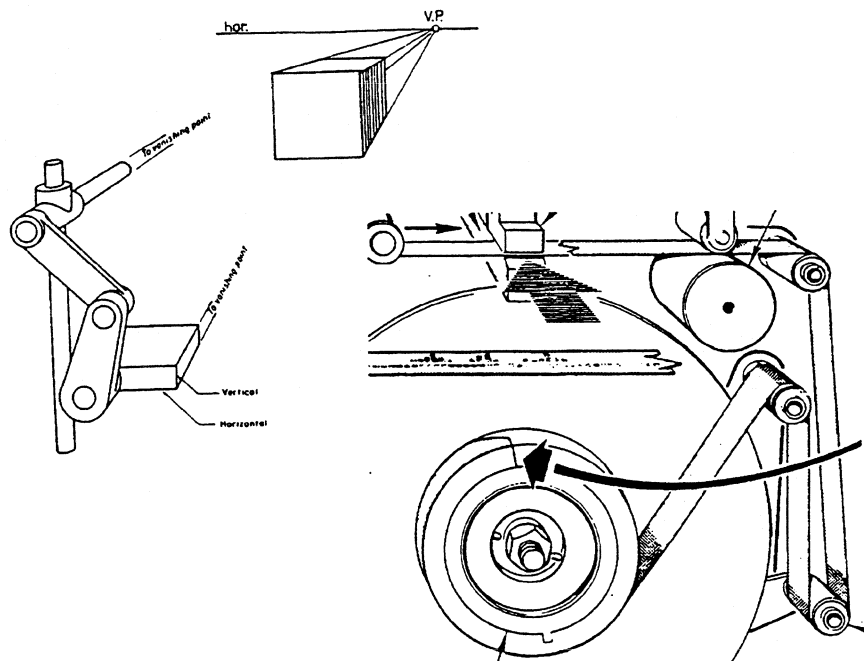


fig. 3.3: Met behulp van een-punts perspectief kan op eenvoudige wijze aan een orthogonale afbeelding een ruimtelijk karakter worden gegeven (Magnan).

### Twee-punts perspectief

Bij het twee-punts perspectief wordt, zoals de naam al aangeeft, gewerkt met twee verdwijnpunten. Hiertoe zullen twee onderling loodrechte vlakken binnen de figuur onder een hoek met het projectievlak worden gekozen. Alle evenwijdige lijnen die liggen binnen deze vlakken of in hieraan evenwijdige vlakken zullen convergeren naar het bij het vlak behorende verdwijnpunt. De verticale lijnen in de tekening worden in projectie nog wel evenwijdig gehouden.

Een en ander betekent dat alle niet in het projectievlak liggende lijnsegmenten en vlakdelen in verkorte dan wel vergrote vorm worden weergegeven (fig 3.4).

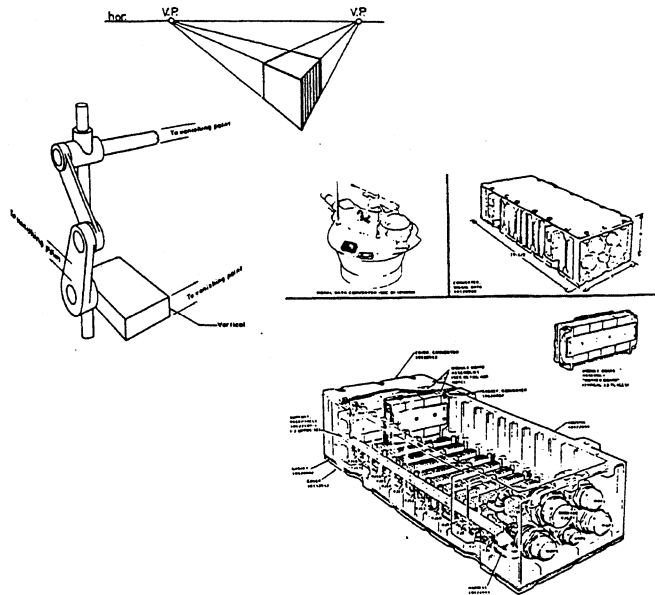


fig. 3.4: Gebruik van twee-punts perspectief ten behoeve van een onderhoudshandboek (Magnan).

### Drie-punts perspectief

Bij het drie-punts perspectief wordt met drie verdwijnpunten gewerkt. Dit houdt in dat alle onderling loodrechte hoofdlijnen na verlenging in een van deze drie punten zullen samenkomen.

De twee bij de 'horizontale' lijnen horende verdwijnpunten liggen ook nu op de horizon maar de verticale lijnen hebben een verdwijnpunt dat zich zowel boven als onder de horizon kan bevinden. Drie verdwijnpunten worden vooral toegepast bij het tekenen van objecten met grote afmetingen zoals gebouwen of grote installaties (fig. 3.5).

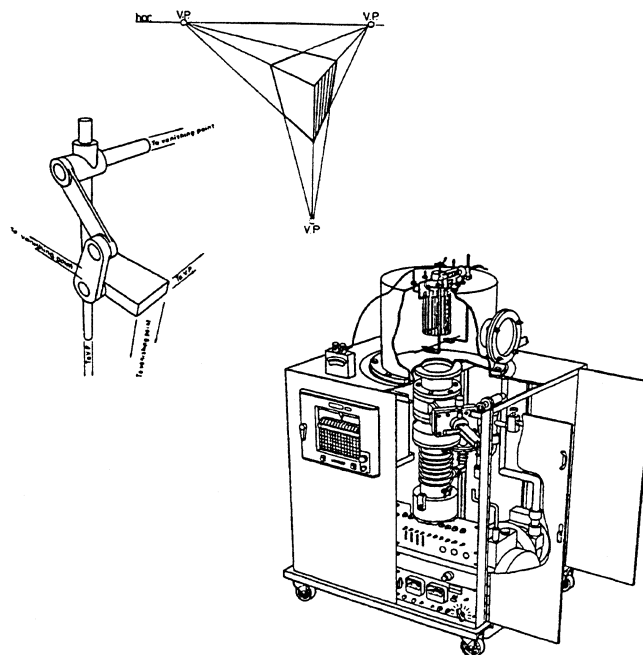


fig. 3.5: Driepuntsperspectief kan goed toegepast worden bij wat grotere onderwerpen en geeft dan een zeer natuurlijk beeld (Earle).

## De keuze van het observatiepunt

Het twee-punts perspectief is wel de meest gebruikte vorm van perspectief. Vooral bij deze vorm is de plaats van de waarnemer ten opzichte van de horizon van groot belang voor het resultaat van de uiteindelijke projectie. In principe kan de waarnemer iedere positie innemen. Toch wordt meestal gesproken van een drietal hoofdklassen, respectievelijk (fig. 3.6);

- **luchtperspectief**

Deze vorm wordt ook wel 'vogelperspectief' genoemd. Het waarnemingspunt ligt een flink stuk boven het horizontale vlak en daardoor zal de projectie onder de horizon komen te liggen.

- **grondperspectief**

Deze vorm wordt ook wel 'vis-' of 'kikvorsperspectief' genoemd. Het waarnemingspunt ligt op het horizontale vlak en daardoor zal de onderzijde van de projectie samenvallen met de horizon.

- **gewoon perspectief**

Hier wordt ook wel over 'algemeen-perspectief' gesproken. Het waarnemingspunt bevindt zich nu op 'ooghoogte' ten opzichte van het horizontale vlak. Hierdoor ontstaat een beeld zoals dit door een mens, staande op normaal en vlak terrein, zal worden waargenomen. De horizon zal zich ergens tussen boven- en onderkant van de projectie bevinden.

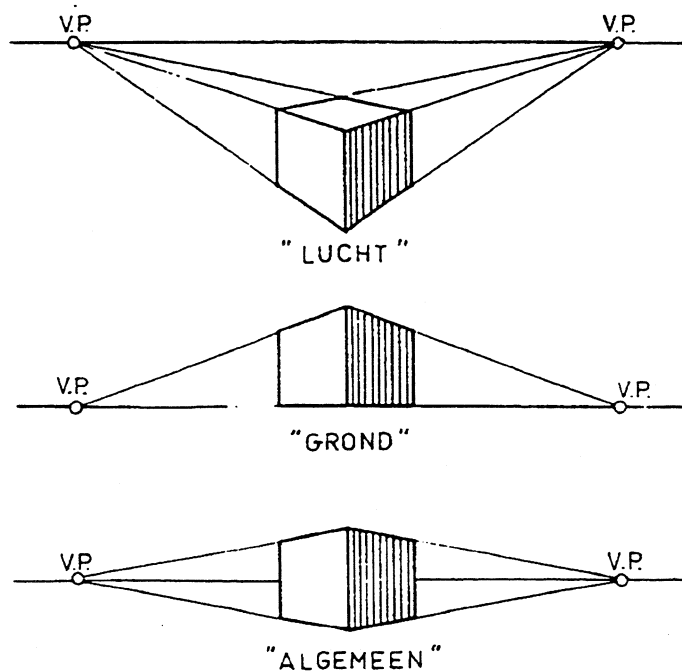


fig. 3.6: Keuze van observatiepunt

Afhankelijk van het door de tekenaar gewenste effect zal uit een van de bovenstaande varianten worden gekozen. Grootte van het object en doel van de tekening spelen hierbij een belangrijke rol.

### **Belangrijke voordelen van het perspectief**

- Er ontstaat een tekening die grote verwantschap vertoont met het beeld zoals het menselijk oog dit waarneemt of zoals dit op een fotografische afbeelding te zien is.
- Door met de verdwijnpunten te manipuleren en gericht de plaats van de waarnemer ten opzichte van de horizon te kiezen is de tekenaar in staat optische illusies aan te brengen (b.v. voor sales-promotion).
- Zeer grote objecten zullen buitenproportioneel lijken bij iedere ander techniek dan die welke gebruikt wordt bij het twee- en drie-punts perspectief.

### **Belangrijke nadelen van het perspectief**

- Ten opzichte van de axonometrische technieken is een aanzienlijke hoeveelheid tekentijd nodig.
- Technische details zullen, naarmate ze zich verder van de waarnemer af bevinden, steeds moeilijker te lezen zijn door de optredende convergentie.
- Iedere illustrator zal zijn eigen favoriete variant ontwikkelen. Plaats van verdwijnpunten en horizon zullen dan ook bij iedere latere wijziging van de tekening opnieuw moeten worden geconstrueerd.
- Door de sterke gebondenheid aan de stijl van de individuele illustrator zal het moeilijk zijn om in teamverband grotere werken aan te pakken met een en dezelfde stijl. De techniek leent zich hierdoor minder voor handboeken en gebruiksaanwijzingen.
- Door de grote variatiemogelijkheid is het moeilijk met mallen te werken. Dit geldt met name voor ellipsmallen voor cirkelprojecties.



## De axonometrie

Zoals eerder vermeld, is axonometrie een vorm van parallelprojectie. Dit houdt in dat de evenwijdigheid van lijnen in de projectie gehandhaafd blijft. Deze evenwijdigheid in de projectie doet geweld aan aan het verkortingsprincipe zoals dit door het menselijk oog wordt gehanteerd. Daarom lijken axonometrische tekening vaak wat misvormd. Ondanks dit nadeel zijn de voordelen wat betreft tijdsbesparing en eenvoudig door te voeren uniformiteit zo groot dat binnen het totale arsenaal van de technische afbeelding een ruime toepassing van deze techniek is aan te treffen.

Het woord 'axonometrie' betekent letterlijk 'het meten van hoeken'. De projectievorm ontstaat indien we een voorwerp met al zijn hoofdvlakken onder een van negentig graden verschillende hoek ten opzichte van de projectievlakken positioneren. Er is in dit opzicht een duidelijk verschil met de scheve parallelprojectie en het perspectief (fig 3.7).

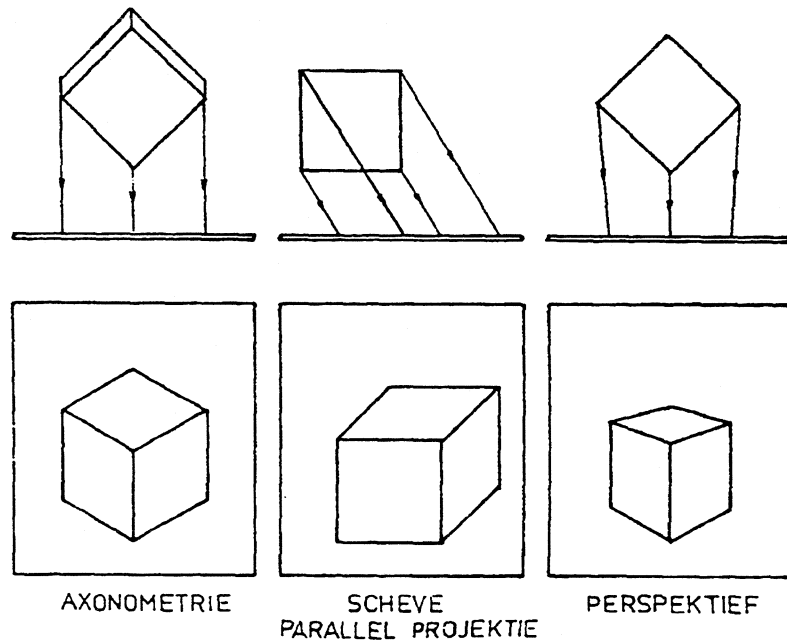


fig. 3.7: Verschillen in projectie tussen axonometrie, scheve parallel projectie en perspectief.

Door het dusdanig projecteren ontstaat nu langs de assen een verkorting. Afhankelijk van de gekozen hoeken tussen de assen en de gebruikte verkortingen langs de assen kunnen we de axonometrie in drie groepen indelen. Deze groepen worden aangeduid als **isometrie**, **dimetrie** en **trimetrie**.

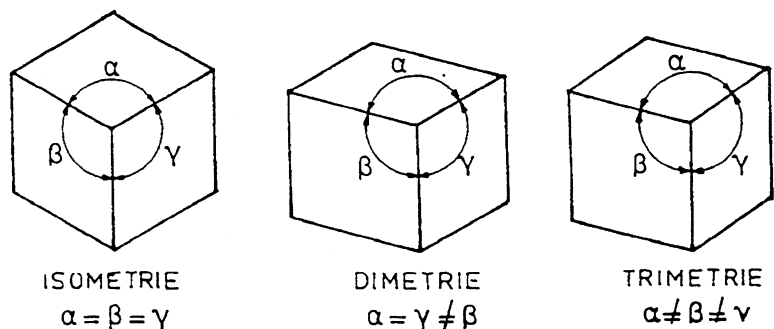


fig. 3.8: De verschillende vormen van axonometrie

## Isometrie

Van de drie projectievormen waarin de axonometrie wordt onderverdeeld is die der isometrie de meest eenvoudige. Bij de isometrie maken de assen onderling gelijke hoeken met elkaar en is de verkortingsverhouding langs de respectievelijke assen gelijk.

Uitgaande van de orthogonale projectie, d.w.z. van het voorwerp in aanzichten, is direct de isometrische projectie te construeren zonder dat verdere afspraken nodig zijn. Langs alle drie assen zal bij de keuze van de drie gelijke hoeken een verkorting ontstaan die inhoudt dat de lengtes langs de assen 82% van de werkelijke lengtes zullen bedragen.

Gezien het tijdverlies dat het werken met verkortingen met zich meebrengt in combinatie met het kleine verschil tussen 82% en 100% zal in praktijk vaak met een verkortingsfactor 1 dus zonder verkorting worden getekend. We zetten dan de ware lengtes langs de assen af. Om verwarring te voorkomen spreken we in zo'n geval niet van een 'isometrische projectie' maar van een 'isometrische tekening'. Deze isometrische tekening is dan 22% groter dan de isometrische projectie.

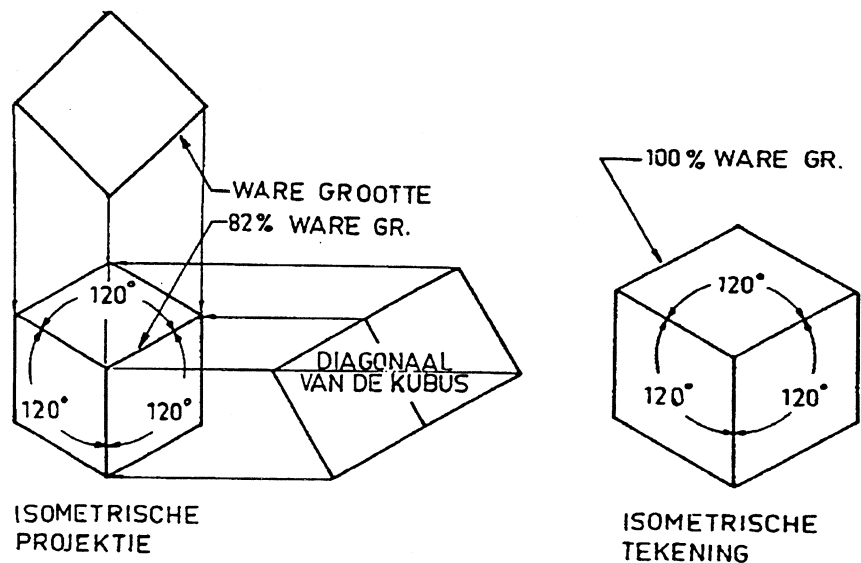


fig. 3.9: Isometrische projectie en isometrische tekening

Voor wat betreft enkele speciale constructiemethoden die bij de isometrie gebruikt worden zoals de 'blokmethode' en de 'coördinatenmethode' wordt naar bijlage IV verwezen. In deze bijlage zijn ook constructie en benaderingsvormen opgenomen van cirkel en cirkelboog.

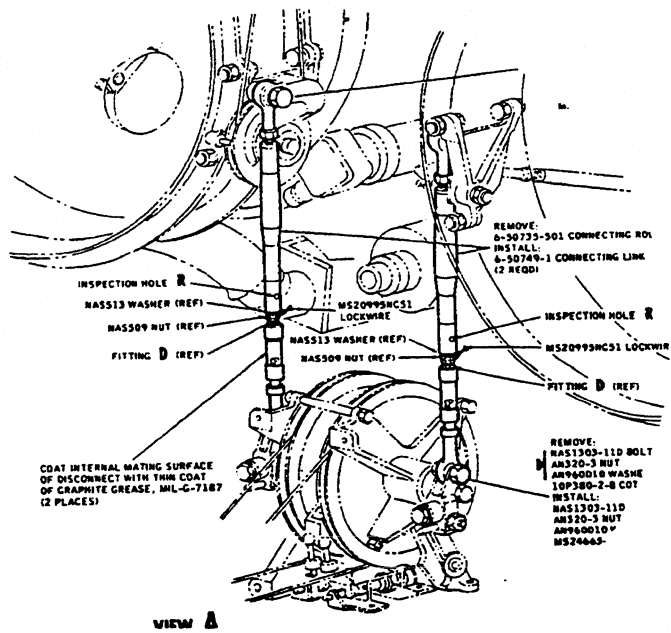


fig. 3.10: Deel van een besturingssysteem van een vliegtuig met behulp van isometrie. Let op de zwaardere lijn ter accentuering van een onderdeel.

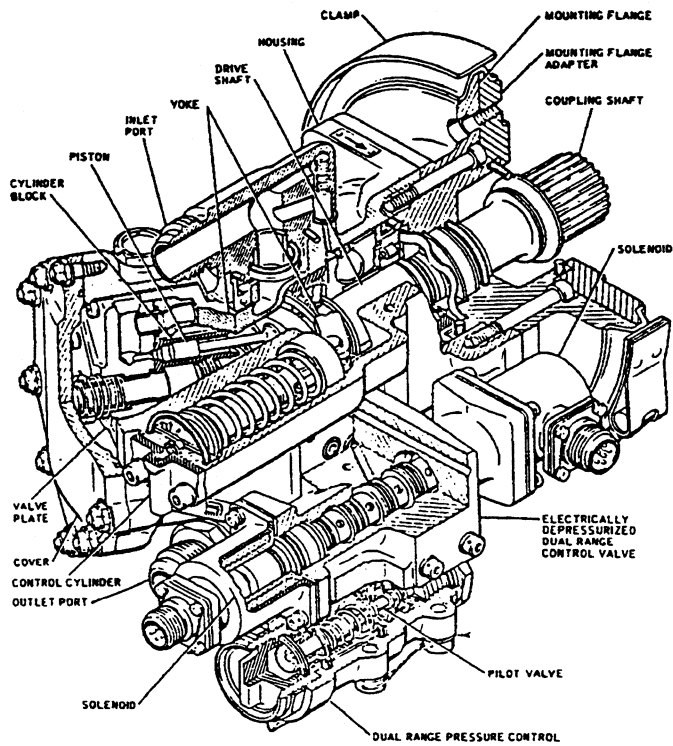


fig. 3.11: Voorbeeld van isometrie waarbij o.a. arcering is gebruikt om de figuur extra te verduidelijken.

## Dimetrie

Bij de dimetrische projectie is langs één van de drie assen een van de andere twee afwijkende verkortingsverhouding toegepast. De aldus ontstane tekening wordt dan ook als meer waarheidsgetrouw ervaren dan die via de isometrische projectie. Het feit dat nu dus ook een van de hoeken tussen de as-projecties ongelijk aan de twee andere zal zijn, brengt de noodzaak met zich mee om vooraf enkele afspraken te maken. In principe is er namelijk een praktisch onbegrensde combinatie van hoeken mogelijk.

Los hiervan is het, om dezelfde redenen als vermeld bij de isometrie, wenselijk om langs twee van de drie assen de werkelijke lengtes af te zetten. Een veel gebruikte methode is die waarbij de hoeken tussen twee van de assen en de horizontaal benaderd worden met  $7\frac{1}{2}$  graden en  $45$  graden en waarbij de verkortingsfactoren  $1$  en  $1/2$  worden gebruikt.

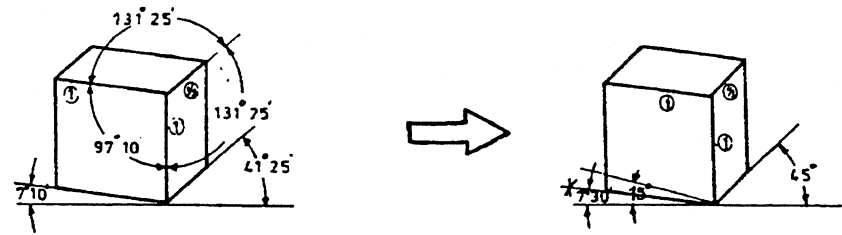


fig. 3.12: In de praktijk wordt bij dimetrie met afgeronde hoeken en verkortingsverhoudingen gewerkt

De gebruikelijke constructiewijzen zijn voor de rest vergelijkbaar met die zoals vermeld bij de isometrie en te vinden in bijlage IV. Hierin is ook informatie opgenomen over de constructie van de werkelijke dimetrische schaal.

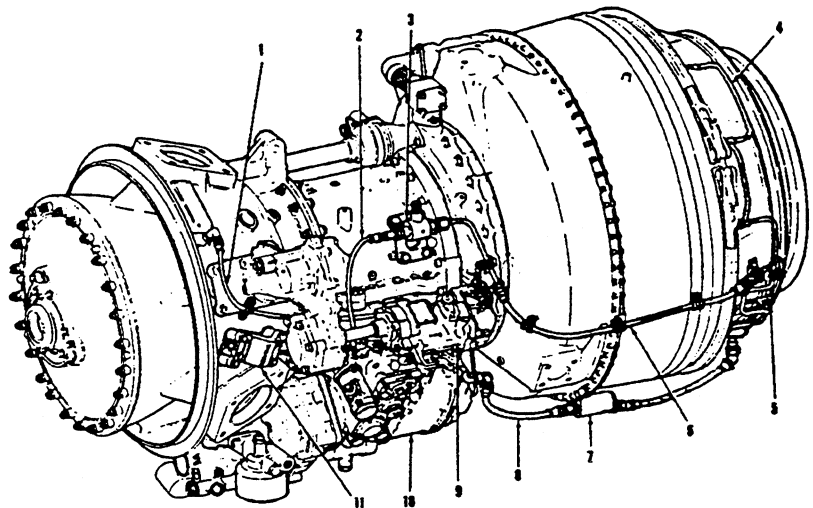


fig. 3.13: Dimetrische afbeelding van een vliegtuigmotor (Earle)

### Trimetrie

De trimetrie is de meest complexe vorm van de axonometrie. Alle drie de hoeken tussen de projecties van de assen zijn nu verschillend. Hetzelfde geldt voor de verkortingsverhoudingen langs deze assen. Naast een stuk complexer meet- en tekenwerk houdt het ook in dat bij gebruik van ellipsmallen, met drie verschillende soorten mallen gewerkt moet worden. Op deze wijze wordt het toch een zeer tijdrovend gebeuren. De methode wordt dan ook zelden gebruikt. Wel is in bijlage IV de constructiewijze van de trimetrische schaal opgenomen voor diegenen die de methode toch wensen te gebruiken.

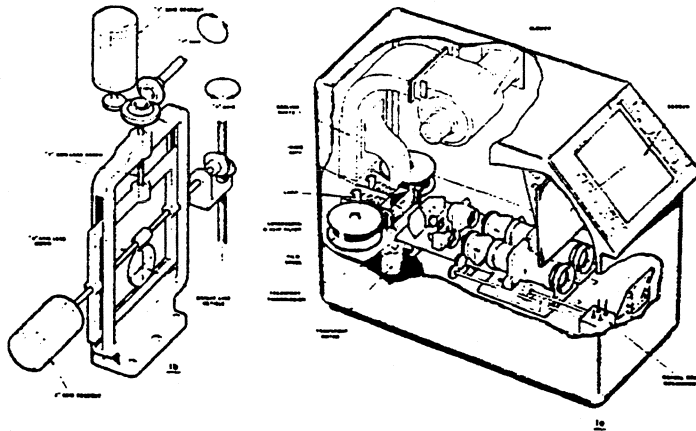


fig. 3.14: Trimetrische afbeelding van een optisch leesapparaat (Magnan)

### Belangrijke voordelen van de axonometrie

- Zeker bij gebruikmaking van de isometrie en de dimetrie kunnen tekeningen in een aanzienlijk kortere tijd worden vervaardigd dan met behulp van perspectief.
- Op eenvoudige wijze is een standaard te ontwikkelen zodat meerdere tekenaars onafhankelijk van elkaar vergelijkbare tekeningen kunnen produceren.
- Eventuele veranderingen zijn achteraf eenvoudig aan te brengen.
- Vooral wat betreft wat meer veraf gelegen details geeft de axonometrische tekening meer informatie dan de perspectivische tekening.
- Bij productie of montage is zonodig vervanging van de orthogonale tekening door een axonometrische tekening mogelijk. Ook zijn op een axonometrische tekening maten en andere informatie redelijk aan te geven.

### Belangrijke nadelen van de axonometrie

- Door de toch nog optredende visuele vervorming is toepassing van de axonometrische tekening voor promotiedoeleinden in de meeste gevallen niet gewenst.
- Met name de trimetrie is dusdanig complex dat er nauwelijks meer sprake is van enig tijdsvoordeel ten opzichte van het perspectief.



# Omgaan met elementaire figuren in de ruimte

## Inleiding

Indien we een voorwerp in de ruimte willen positioneren dan is een eerste voorwaarde dat het begrip ruimte zodanig wordt gekozen dat de relatie tussen voorwerp en ruimte beschrijfbaar is.

Als we er van uit gaan dat een-dimensionaal-redeneren slechts beweging langs een lijn toestaat en het denken in twee dimensies de beweging in een plat vlak beschrijft, in principe dus de beweging ten opzichte van twee onderling loodrechte lijnen, dan zal het omgaan met drie dimensies de beweging ten opzichte van drie onderling loodrechte lijnen moeten toestaan. Zo'n stelsel van drie onderling loodrechte lijnen wordt een ruimtelijk assenstelsel genoemd. Het snijpunt van de assen is dan de oorsprong of het nulpunt ten opzichte waarvan positie en beweging kunnen worden gerelateerd.

We kunnen ook uitgaan van referentievlakken ten opzichte waarvan een voorwerp of een beweging wordt gedefinieerd. Het minimaal aantal hiervoor benodigde vlakken bedraagt drie en een onderling loodrechte stand van deze vlakken levert het meest eenduidige beeld op (fig. 4.1).

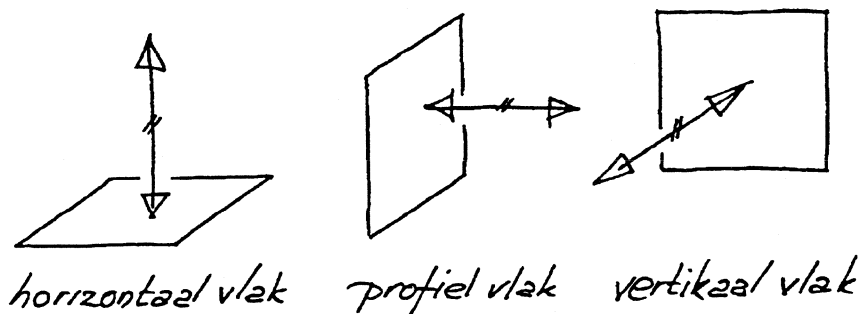


fig. 4.1: Referentievlakken

De onderlinge snijlijnen van deze drie referentievlakken zijn identiek aan de eerder genoemde assen en worden **X**-, **Y**-, en **Z**-as genoemd. De vlakken worden aangeduid als **horizontaal vlak**, **verticaal vlak** en **profielvlak**. De **x**-as is de snijlijn tussen het horizontale en het verticale vlak en wordt naar rechts positief gerekend. De **y**-as de snijlijn tussen horizontale vlak en profielvlak en positief naar voren, dus naar de waarnemer toe. De **z**-as tenslotte is de snijlijn tussen verticale vlak en profielvlak en wordt naar boven positief gerekend.

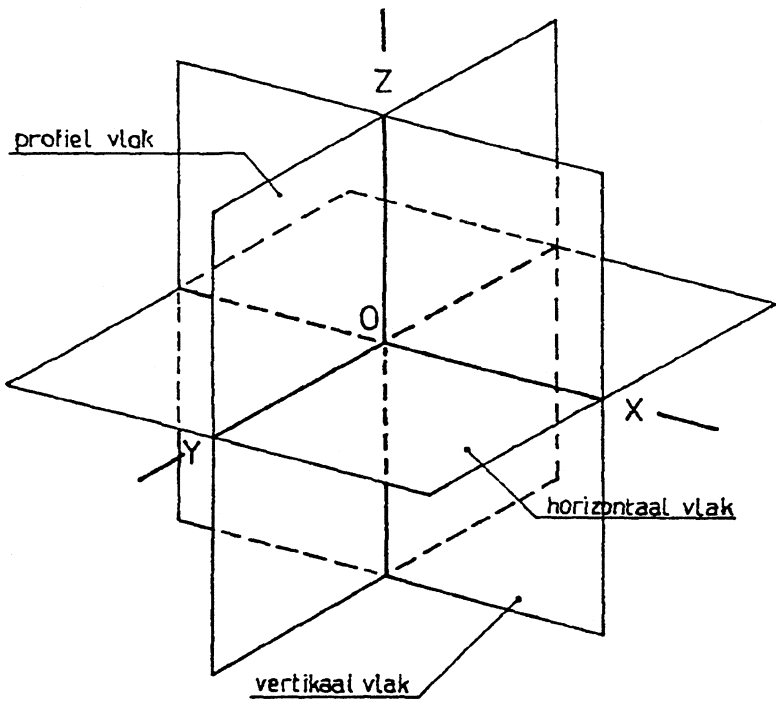
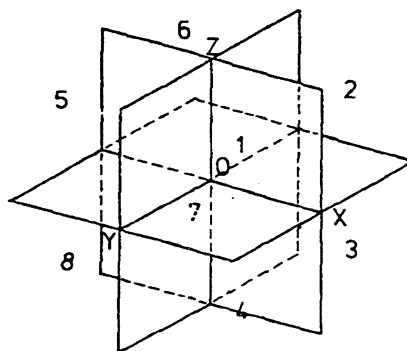


fig. 4.2: De ruimtedefinitie

### Octanten

Bij het definiëren van de ruimte m.b.v. drie onderling loodrechte vlakken wordt deze als het ware in acht deelruimten opgesplitst. Deze deelruimten worden **octanten** genoemd (fig. 4.3).

Door veel gebruikers van de meetkunde worden deze ruimten genummerd met de cijfers 1 tot en met 8. Deze nummering ontstaat door de waarnemer ergens op de positieve y-as te plaatsen, het met cijfer '1' aanduiden van de ruimte die zich rechtsboven aan de voorzijde bevindt en het met de klok mee rond de x-as spiralen in de richting van de negatieve x-as.



oktant	teken coördinaten		
	X	Y	Z
I	+	+	+
II	+	-	+
III	+	-	-
IV	+	+	-
V	-	+	+
VI	-	-	+
VII	-	-	-
VIII	-	+	-

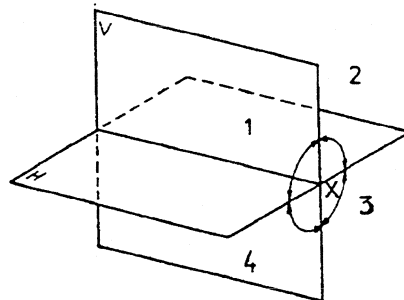
fig. 4.3: Octanten



## Kwadranten

In de praktijk wordt in de meeste gevallen alleen met het horizontale en het verticale vlak gewerkt, waarbij dan wel ergens op de x-as een oorsprong gekozen wordt. De ruimte valt dan uiteen in vier delen en deze vier delen worden met de naam **kwadranten** aangeduid (fig. 4.4).

Ook nu wordt op een vergelijkbare manier als bij de octanten voor de nummering gezorgd.



kwadr.	teken koör.	
	Y	Z
I	+	+
II	-	+
III	-	-
IV	+	-

fig. 4.4: Kwadranten

## Van 3D naar 2D

Bij het ontwerpen zullen we meestal niet werken met echte driedimensionale voorwerpen maar met afbeeldingen op de drie referentievlakken, de zogenaamde **projecties**.

Zoals al in een eerder hoofdstuk werd vermeld, valt op meerdere manieren te projecteren. Binnen de techniek wordt daarbij in de meeste gevallen uitgegaan van de orthogonale projectie. Het voorwerp zal dus worden geprojecteerd door het neerlaten van loodlijnen vanuit essentiële punten van het voorwerp op respectievelijk het horizontale, het verticale en het profielvlak. We spreken dan van **drievlaksprojectie**. Maken we alleen gebruik van het horizontale en het verticale vlak dan spreken we van **tweevlaksprojectie**.

Willen we alle projecties in een en dezelfde figuur kwijt dan bereiken we dit door de verschillende projectievlakken om de assen zo te wentelen dat ze uiteindelijk samenvallen. Zo is het mogelijk in een figuur drie onderling loodrechte projecties van het voorwerp weer te geven (fig. 4.5).

Maken we alleen gebruik van het eerste octant dan kunnen we deze vorm ook voorstellen als het in de lengte doorknippen van de y-as en het hierna uitvouwen van verticaal- en profielvlak

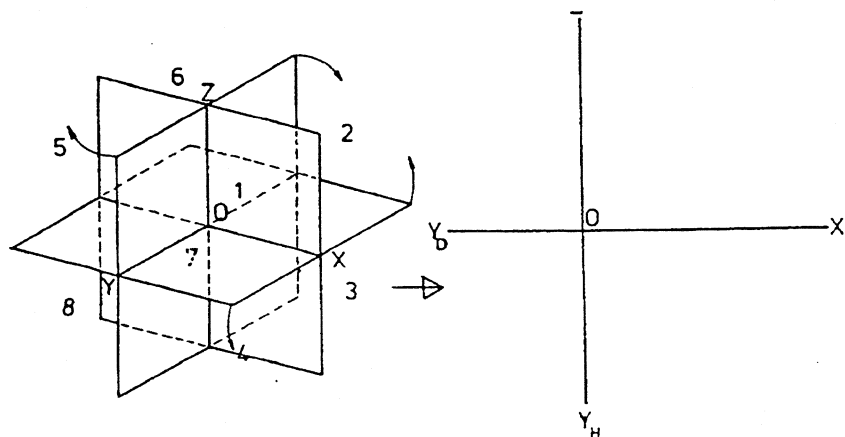


fig. 4.5: Het neerslaan van de projectievlakken

Bij het technisch tekenen projecteren we het voorwerp op een omhullende transparante kubus. Door het uitslaan van deze kubus ontstaat zo een mogelijkheid om maximaal zes onderling loodrechte danwel evenwijdige projecties te verkrijgen. Dit biedt bij complexe voorwerpen met veel informatie voordelen en is daarom de meest gebruikte projectievorm binnen de techniek.

### 3-D Grid

In plaats van de ruimte te verdelen met behulp van drie vlakken, zouden we het ook kunnen doen d.m.v. drie families van vlakken. Iedere familie moet hierbij bestaan uit een verzameling evenwijdige vlakken met gelijke tussenafstand. Op deze wijze wordt de totale ruimte opgedeeld in een groot aantal kleine 'doosjes' (kubusjes) en zullen de ribben van al deze 'doosjes,' of anders gezegd de snijlijnen van al die vlakken, een dicht netwerk vormen. Dat netwerk is ruimtelijk goed zichtbaar te maken. Een dergelijk netwerk kunnen we aanduiden als een drie-dimensionaal grid of ruimtegrid (fig. 4.6).

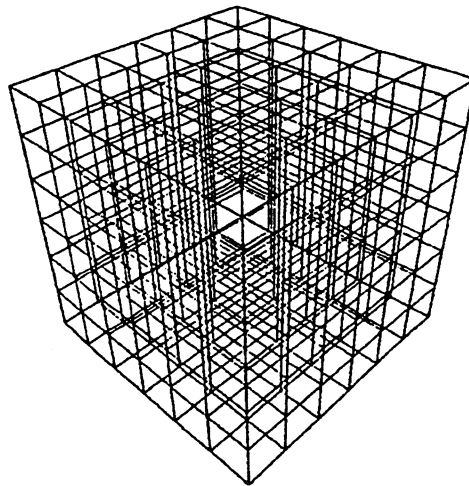


fig. 4.6: Een driedimensionaal of ruimtegrid

### Manipulatie technieken

Binnen een ruimtegrid zijn nu eenvoudig objecten te positioneren. Dit kan door een essentieel punt van het object aan het grid vast te hangen en de stand van dit object t.o.v. het grid te definiëren.

Is het object of zijn de objecten t.o.v. het grid gepositioneerd dan kunnen we vervolgens met het object of de objecten gaan manipuleren. Vormen van manipulatie zijn **verplaatsen** en **roteren**.

**Verplaatsen** houdt in dat we het object 'actief' maken, met behulp van b.v. de cursor 'beetpakken', en vervolgens naar zijn nieuwe positie 'slepen' (fig. 4.7).

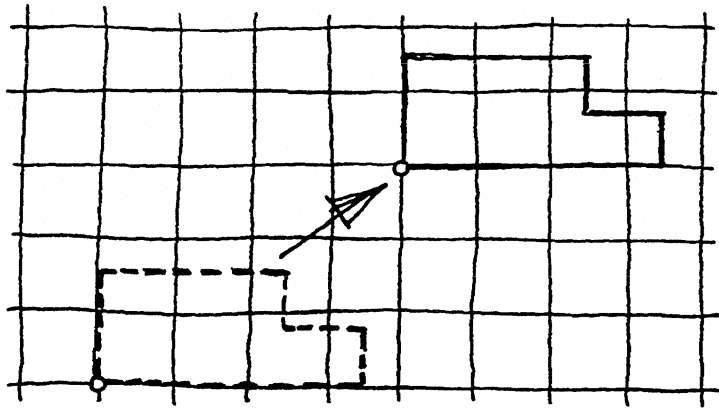


fig.4.7: Verplaatsing in 2-D

**Roteren** houdt in dat we een punt aangeven ten opzichte waarvan gerooteerd moet worden en informatie verstrekken over de omvang van de rotatie, meestal door de rotatiehoek op te geven (fig. 4.8).

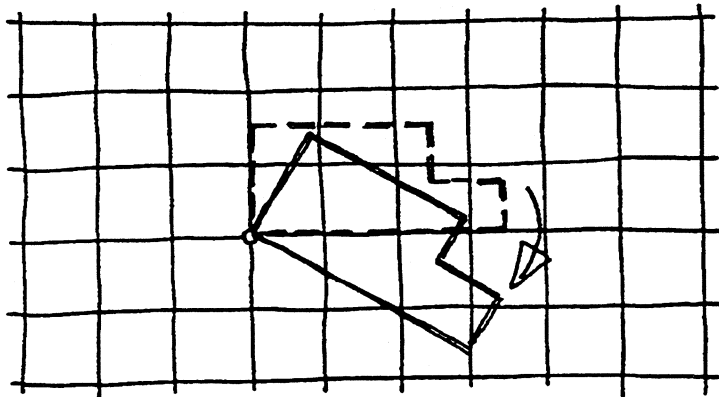


fig. 4.8: Rotatie in 2-D

Willen we de manipulatie in de drie dimensionale 'scherm-ruimte' uitvoeren dan kunnen er problemen ontstaan als het grid in een willekeurige stand t.o.v. het vlak van het scherm staat. Deze problemen zijn te vergelijken met de problemen die iemand heeft die geen 'diepte' ziet. Je kunt het zelf simuleren door een oog af te dekken. Het is dan erg moeilijk om de juiste positie van een voorwerp te schatten. Het kan alleen als de omgeving uit bekende objecten bestaat waarvan we de onderlinge verhouding kennen. Dit omdat de onderlinge verhouding in die situatie de enige informatiebron is die helpt bij het schatten van de afstand tussen de waarnemer en het voorwerp. Op een scherm werken we met een niet vertrouwd en nauwelijks ingevulde omgeving en is de kans op fouten dan ook maximaal. Om die reden zoeken we dan ook naar aanzichten die de onderlinge positie, of beter gezegd enkele aspecten ervan, wel goed tonen. De **projektleer** is gebaseerd op het tonen van deze aanzichten en hun onderlinge relatie.

Een manipulatie in drie dimensies is meestal te ontleden in deelbewegingen met een twee-dimensionaal karakter. Bijvoorbeeld een beweging die ons brengt van een punt A naar een punt B, dat er schuin rechts in de hoogte achter ligt, kan vertaald worden als; zoveel stappen naar rechts, zoveel stappen naar achter en zoveel treden naar boven (fig. 4.9).

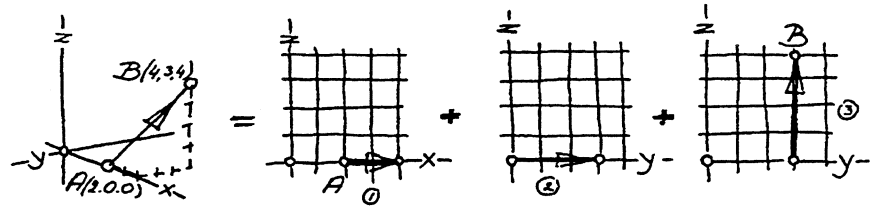


fig. 4.9: Drie-dimensionale beweging opgesplitst in meerdere twee-dimensionale bewegingen

We kiezen daarbij het vlak waarin we de deelbeweging laten uitvoeren zodanig dat we met ware maten kunnen werken. Het meest eenvoudig is het om hierbij met drie onderling onder negentig graden staande hoofdrichtingen te werken. Dit brengt ons terug bij de orthogonale projectie en de daarbij behorende hoofdaanzichten.

### Amerikaanse projectie

Bij het technisch tekenen wordt gewerkt met de zgn. **Amerikaanse projectie**. Dit is een onderling afgesproken wijze van projecteren volgens de orthogonale projectie die in veel landen in Europa tot norm is verheven. In Nederland is dit vastgelegd in de NEN-normen (zie ook NEN-bundel 1). Het principe is gebaseerd op het projecteren van het object volgens de orthogonale projectie op een omhullende transparante kubus en het daarna losknippen en uitvouwen van deze kubus op een zodanige wijze dat het vooraanzicht centraal staat, het bovenaanzicht boven, het onderaanzicht onder, het linkeraanzicht links en het rechteraanzicht rechts en het achteraanzicht naar believen links of rechts van linker- of rechterzijaanzicht (fig. 4.10).

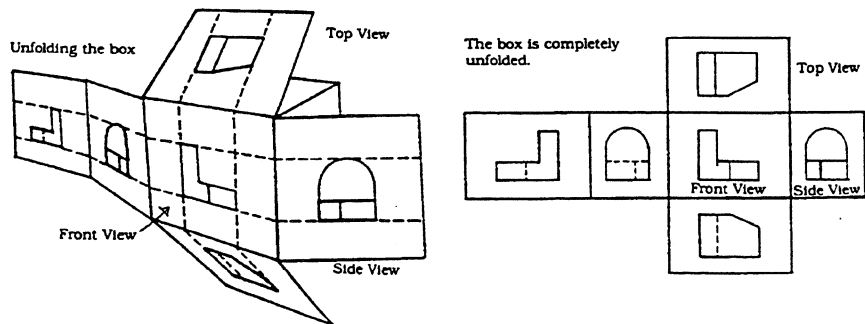


fig. 4.10: Het uitvouwen van de kubus en het uitgevouwen resultaat

# Basis-elementen en grondvormen

## Inleiding

Bekijken we een object dan kunnen we dit object beschouwen als een samenstel van grafische cq mathematische elementen. Deze elementen duiden we aan met de naam **basis-elementen**. Er zijn er een drietal van n.l.; de **punt**, de **lijn** en het **vlak** (fig. 5.1). In principe kunnen alle objecten worden weergegeven door gebruik te maken van deze drie basis-elementen. Het manipuleren met punten, lijnen en vlakken in de ruimte is dan ook een wezenlijk aspect van het werk van de ontwerper of constructeur. Enige informatie over deze basis-elementen en de mogelijke onderlinge relaties is opgenomen in bijlage I. Enkele veelgebruikte meetkundige basisconstructies zijn terug te vinden in bijlage II.

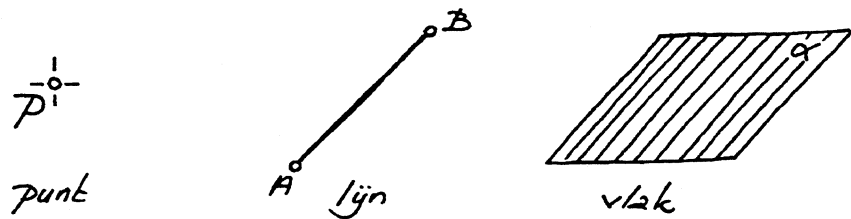


fig. 5.1: De basiselementen; punt, lijn en vlak

Hoe prettig deze basiselementen ook zijn te manipuleren en hoe eenvoudig objecten er mee kunnen worden weergegeven, ze missen toch een belangrijke eigenschap namelijk **inhoud**. Met name ontwerpers en constructeurs stellen zich hun ontwerpen en constructies graag gematerialiseerd voor. Dat wil zeggen dat een punt een bolletje wordt, een lijn een staaf en een vlak een stuk plaat. Het verdient dan ook aanbeveling voor ontwerpers en constructeurs om met andere basisfiguren te werken die een meer driedimensionaal karakter hebben. Deze basisfiguren noemen we **grondvormen**. Grondvormen zijn hierbij te definiëren als de eenvoudigst denkbare driedimensionale vormen waaruit een produkt of constructie vormtechnisch kan worden samengesteld. De vier bekendste grondvormen zijn; de **kubus**, de **bol**, de **cilinder** en de **kegel** (fig. 5.2).

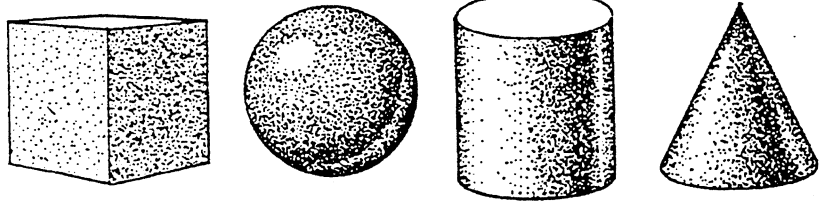


fig. 5.2: De grondvormen; kubus, bol, cilinder en kegel

Door optellen bij en aftrekken van elkaar van deze grondvormen zijn principeschetsen te maken van de fysieke ruimte die produkt of constructie inneemt met de daarbij behorende belangrijkste ruimtelijke kenmerken (fig. 5.3).

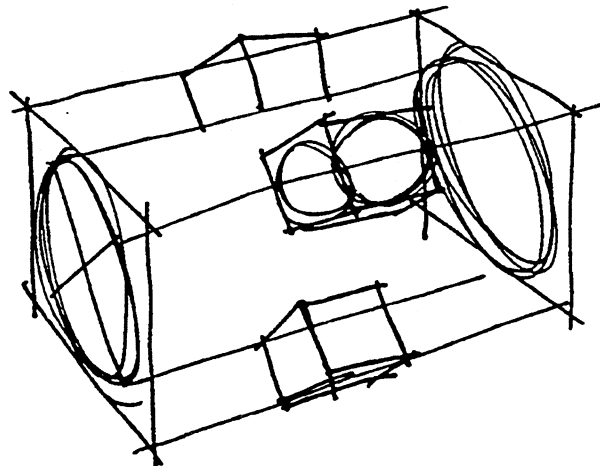


fig. 5.3: Objecten kunnen opgebouwd gedacht worden uit grondvormen

Op hun beurt kunnen deze grondvormen weer opgebouwd gedacht worden uit combinaties van de elementaire figuren of ontstaan door de ruimtelijke 'afdruk' van de beweging van zo'n elementaire figuur. We laten hierbij de punt even buiten beschouwing en concentreren ons op respectievelijk lijn en vlak.

- Grondvormen ontstaan door de **beweging van een lijn**:

We beschouwen de figuren dan als de meetkundige plaats van rechten (de zgn. **beschrijvenden**) die een gemeenschappelijke eigenschap hebben (bijvoorbeeld evenwijdig zijn of door een gemeenschappelijk punt gaan) en die een gegeven lijn (een zogenaamde **richtlijn**) snijden.

= Beweging van een lijn langs een richtlijn evenwijdig aan een gegeven as. De aldus ontstane figuren behoren tot de prismatische en cilindrische lichamen (fig. 5.4).

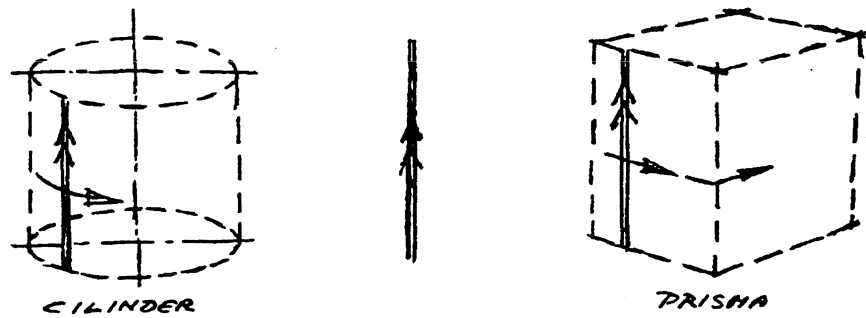


fig. 5.4: Cilindrische en prismatische lichamen

= Beweging van een lijn ten opzichte van een richtlijn waarbij de lijn steeds door een bepaald punt op een as gaat (de top). De aldus ontstane figuren behoren tot de piramides en de kegels (fig. 5.5).

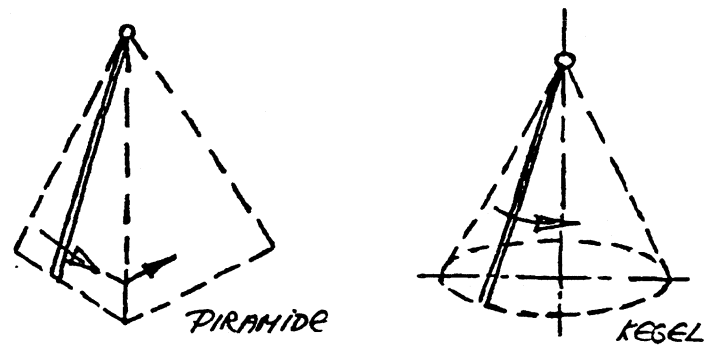


fig. 5.5: Piramides en kegels

= Beweging van een lijn langs twee andere lijnen met een bepaalde relatie t.a.v. een ander basiselement (b.v. evenwijdigheid). In principe is het dus de beweging van een lijn ten opzichte van een tweetal richtlijnen. Aldus ontstane figuren kunnen we aanduiden met de naam **regelvlakken** (fig. 5.6).

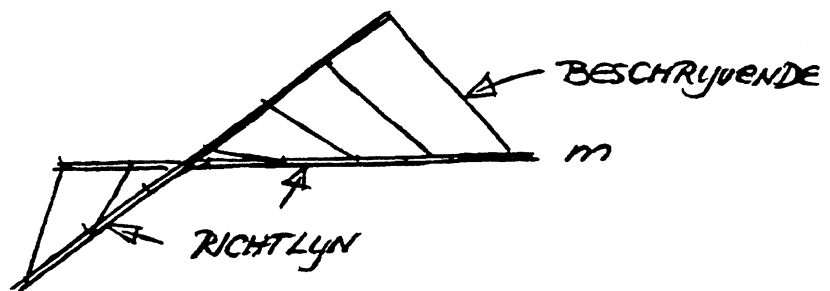


fig. 5.6: Regelvlakken

- Grondvormen ontstaan door de **beweging van een vlak**.

= De figuur ontstaat door het laten **roteren** van vlakken om een as. Bol, cilinder en kegel kunnen zo worden gemaakt (fig. 5.7).

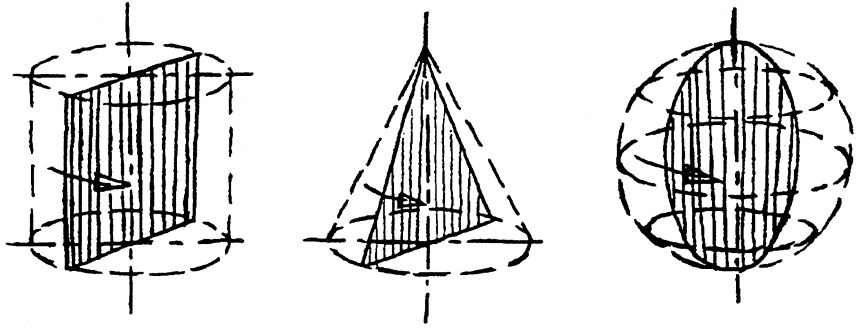


fig. 5.7: Objecten ontstaan door rotatie van een vlak

- De figuur kan ontstaan door **translatie** van een vlak. Afhankelijk van de vorm van het te transleren vlak ontstaan zo de prismatische en cilindrische lichamen (fig. 5.8).

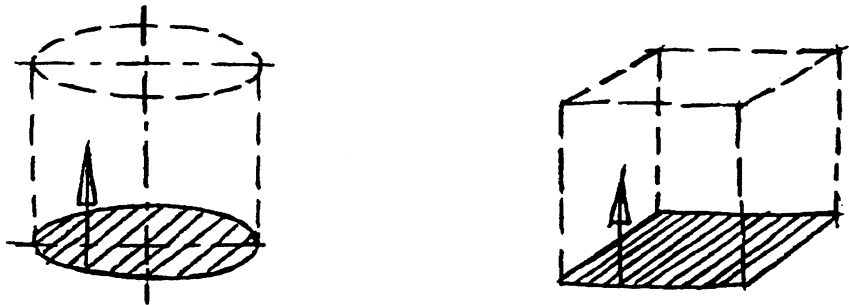


fig. 5.8: Objecten ontstaan door translatie van een vlak

= Grondvormen kunnen ook ontstaan door het **combineren** van vlakken. Op deze wijze ontstaan **veelvlakken** (fig. 5.9).

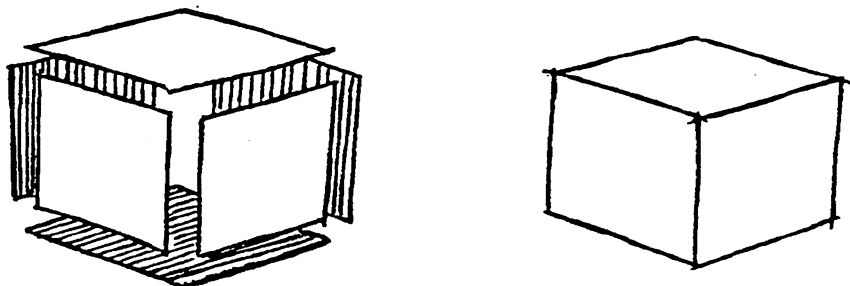


fig. 5.9: Veelvlak



# Veelvlakken

## Inleiding

De naam veelvlak geeft al aan dat dit een figuur is die uit vlakken is opgebouwd en dus geen gekromde delen kent. Door hun eenvoud, zowel wat betreft vorm als fabricage, maar ook voor toepassing bij berekeningen, worden ze zeer intensief binnen de techniek gebruikt.

### Definitie:

We kunnen ze definiëren als verzamelingen van vlakke veelhoeken die op een zodanige wijze zijn gerangschikt dat iedere zijde van de veelhoek tevens de zijde vormt van een andere veelhoek uit de verzameling, maar slechts van één andere.

In de stereometrie kunnen bepaalde veelvlakken ook worden gedefinieerd als meetkundige plaatsen van rechten, met een gemeenschappelijke eigenschap, die een bepaalde andere lijn snijden. Deze definitie zullen we in het navolgende gebruiken.

Vaak worden de veelvlakken verdeeld in een drietal groepen of families n.l.;

- de prisma's
- de piramides
- de regelmatige veelvlakken

## Prisma

Een prisma kan beschouwd worden als een verzameling van rechten die allen evenwijdig zijn aan een zekere lijn en die een andere, gesegmenteerde lijn snijden, waarbij de segmenten van deze lijn in een vlak liggen en onderling hoeken vormen.

Afhankelijk van de vorm en geslotenheid van de gesegmenteerde lijn spreken we bijvoorbeeld van een rechthoekig of een vijfzijdig prisma.

Afhankelijk van de hoek die de rechten maken met de gesegmenteerde lijn spreken we van een **recht prisma** danwel **scheef prisma** (fig 6.1).

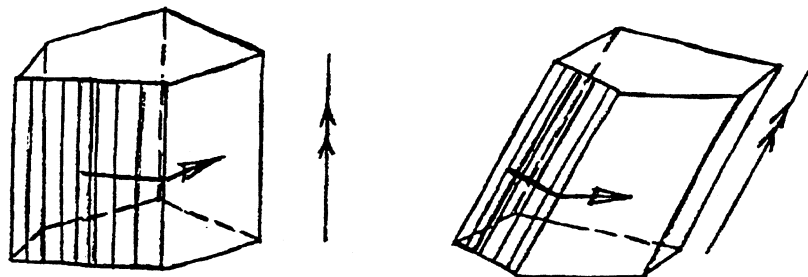


fig. 6.1: Recht prisma en scheef prisma

## Piramide

Een piramide kan beschouwd worden als een verzameling rechten die een punt gemeenschappelijk hebben en allen een gesegmenteerde lijn snijden. Afhankelijk van de vorm en geslotenheid van de gesegmenteerde lijn spreken we bijvoorbeeld van een vierzijdige of zevenzijdige piramide. Daarnaast is de regelmaat van de piramide ook afhankelijk van de plaats van de projectie uit de top op het grondvlak. Ligt deze projectie centraal dan spreken we van een **rechte piramide**, anders van een **scheve piramide** (fig 6.2).

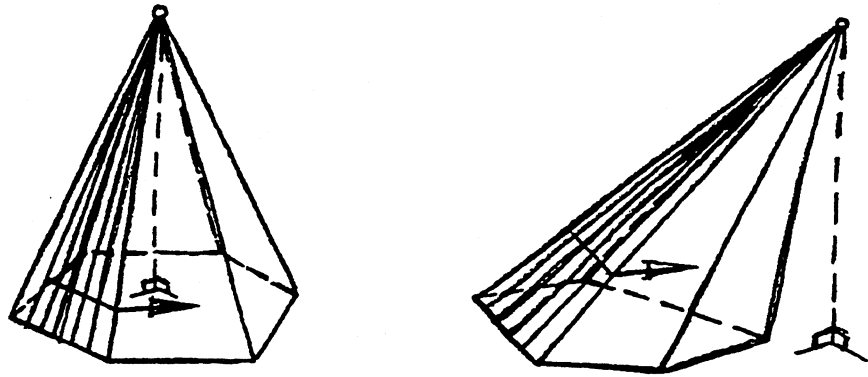
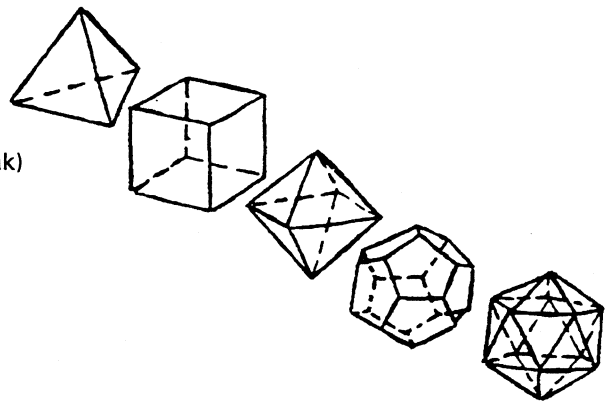


fig. 6.2: Rechte piramide en scheve piramide

## Regelmatig veelvlak

Als laatste categorie komen de regelmatige veelvlakken aan bod. Deze veelvlakken zijn steeds opgebouwd uit slechts een soort vlak en de contour van dit vlak is een regelmatige veelhoek. Als regelmatige veelhoek worden enkel de gelijkzijdige driehoek, het vierkant en de regelmatige vijfhoek gebruikt. Van deze veelvlakken zijn er een vijftal:

- **tetraëder** (viervlak)
- **hexaëder** of **kubus** (zesvlak)
- **octaëder** (achtvlak)
- **dodecaëder** (twaalfvlak)
- **icosaëder** (twintigvlak)



Vaak worden ze binnen techniek en kunst in mengvorm gebruikt. In bijlage V wordt nader op deze regelmatige veelvlakken ingegaan.

# Gebogen lijnen

## Inleiding

Steeds vaker maken ontwerpers en constructeurs gebruik van gekromde lijnen en gekromde oppervlakken. Dit veroorzaakt extra problemen bij de fabricage en stelt ook hoge eisen aan de bij het ontwerpen te gebruiken hulpapparatuur. Met de komst van het modelleren van oppervlakken en massieven met behulp van de computer wordt de ontwerper echter een hulpmiddel geboden dat zijn vormvrijheid sterk vergroot. Wel is het zo dat de communicatie met de computer een strakke gediciplineerdheid in het denken vereist en een gedegen kennis van wiskundig beschrijfbaar lijnen en vormen benevens hun eigenschappen.

## Definitievormen

In een vorig hoofdstuk zijn de elementaire figuren, punt, lijn en vlak ten tonele gevoerd en is gesteld dat met behulp van deze figuren alle andere figuren te definiëren zijn. Dit dus met inbegrip van gebogen figuren en gebogen lijnen.

We kunnen dan ook op een drietal manieren een gebogen lijn definiëren:

- Uitgaande van een punt zou de lijn gedefinieerd kunnen worden als; **de meetkundige plaats van punten die een gemeenschappelijke eigenschap bezitten**. De lijn kan door een functie beschreven worden (fig. 7.1a).
- Uitgaande van een lijn zou de definitie kunnen luiden; **de omhullende of ingeschrevene van een verzameling van rechte lijnen** (fig. 7.1b).
- Een derde mogelijkheid is het beschouwen van een gebogen lijn als; **de verzameling van posities die een punt in het verloop van de tijd inneemt**. De lijn is dan gegeven door een wetmatigheid met een tijdsvariabele;  
 $f_1(t) = x, f_2(t) = y, f_3(t) = z$  (fig. 7.1c).

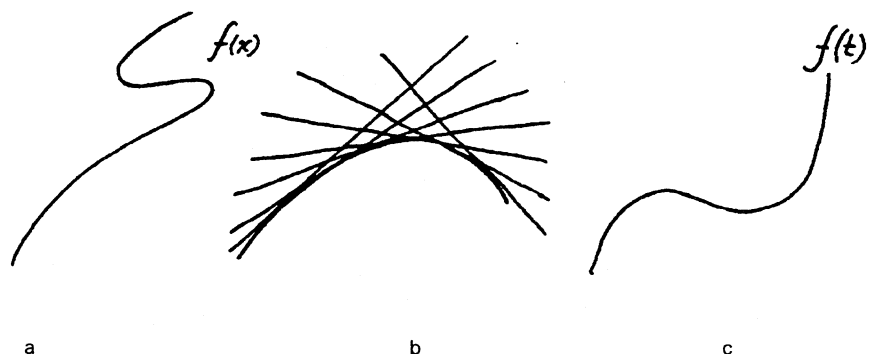


fig. 7.1: Definities van een gebogen lijn

Vaak worden lijnen ingedeeld op basis van het wel of niet in een vlak liggen. Met name als we niet met de lijnen zelf maar met hun projecties werken kan dit van groot belang zijn. We kunnen lijnen op deze wijze een twee- danwel driedimensionaal karakter toekennen.

In het eerste geval, dus liggende in een vlak, noemen we de lijn **enkelvoudig gekromd**. In het tweede geval, niet liggend in een vlak, wordt de lijn **dubbelgekromd** genoemd.

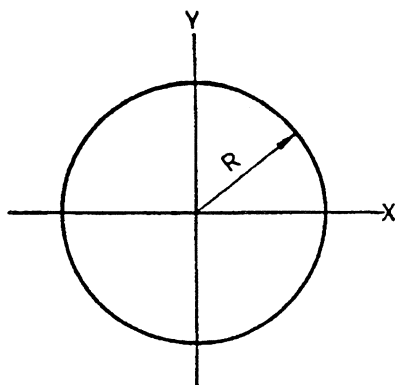
### Enkelvoudig gekromde lijnen

De hieronder vallende lijnen hebben, zoals reeds vermeld, alle punten in een vlak liggen. Ze zijn daarnaast op te delen in lijnen die bestaan uit punten met een vaste relatie tot andere punten of lijnen en lijnen die ontstaan door een punt een gecontroleerde beweging in de tijd te laten uitvoeren.

#### - lijnen met een vaste relatie tot een punt of een lijn

Tot deze verzameling behoren de **cirkel**, de **ellips**, de **hyperbool** en de **parabool**. Bekijken we ze vanuit het standpunt van de analytische meetkunde dan beschouwen we ze als meetkundige plaatsen van punten met de daarbij behorende vergelijkingen.

= **cirkel**

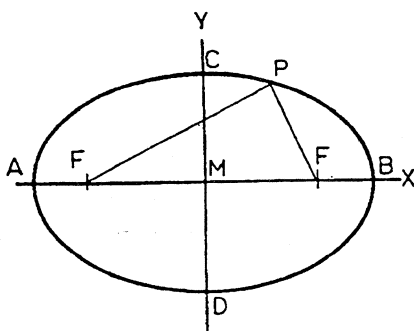


De cirkel is de meetkundige plaats van alle punten van een vlak, waarvoor de afstand tot een in dit vlak gelegen punt een vaste waarde **R** heeft (fig. 7.2). De vergelijking luidt dan;

$$x^2 + y^2 = R^2$$

fig. 7.2

= **ellips**



Een ellips is de meetkundige plaats van de punten die in een plat vlak liggen en waarvan de som van de afstanden tot twee vaste punten (de brandpunten) constant is (fig. 7.3).

We onderscheiden de **lange as** met de lengte  $2a$  en de **korte as** met de lengte  $2b$ . Vallen deze assen samen met respectievelijk de x-as en y-as dan luidt de formule;

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

fig. 7.3

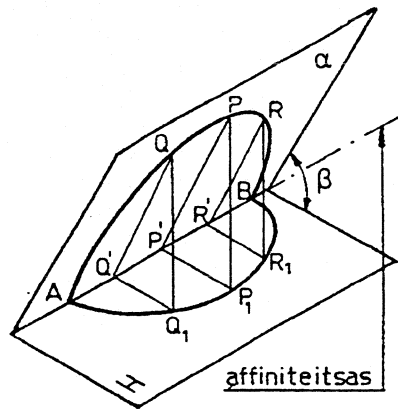


fig. 7.4

$F_1 F_2$  is de brandpuntsafstand.

$PF_1$  en  $PF_2$  worden de voerstralen van punt  $P$  genoemd.

Een ellips ontstaat wanneer we een cirkel scheef projecteren op een plat vlak (fig. 7.4). De lange as van de op deze wijze ontstane halve ellips is gelijk aan de middellijn van de cirkel. De lengte van de korte as wordt bepaald door de hoek tussen de twee vlakken.

= parabool

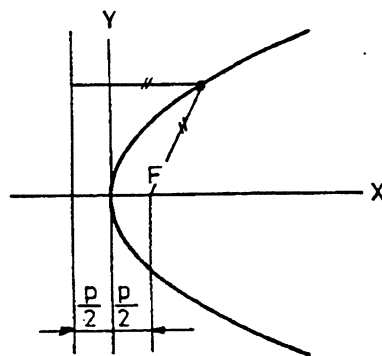


fig. 7.5

De parabool is de meetkundige plaats van alle punten van een plat vlak waarvoor de afstanden tot een vast punt (het **brandpunt**) en een gegeven lijn in dit vlak (de **richtlijn**) gelijk zijn (fig.7.5) In formulevorm wordt dit;

$$y^2 = px$$

= hyperbool

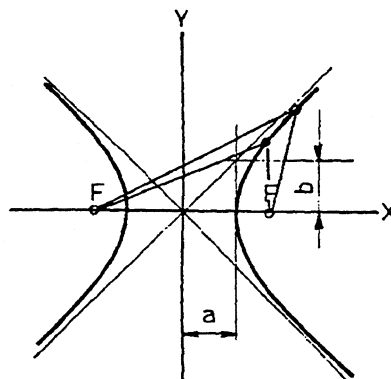


fig. 7.6

De hyperbool is de meetkundige plaats van alle punten van een plat vlak waarvoor het verschil van de afstanden tot twee in dit vlak liggende punten (de **brandpunten**) een vaste waarde heeft (fig 7.6). De formule luidt;

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Cirkel, ellips, parabool en hyperbool worden ook wel de kegelsneden genoemd omdat ze ontstaan gedacht kunnen worden door het snijden van een kegel met een vlak (fig. 7.7).

- = Staat het vlak loodrecht op de as van een kegel dan snijdt het vlak de kegel in de vorm van een **cirkel**. Het middelpunt van deze cirkel ligt op de as en de diameter van de cirkel is de diameter van de kegel in dat vlak.
- = Snijdt het vlak de kegel niet evenwijdig aan een van de beschrijvende lijnen van de kegel, dan wordt de doorsnijdingskromme **ellips** genoemd. De brandpunten zijn de raakpunten van de twee ingeschreven bollen die boven en onder het vlak in de kegel zijn aan te brengen.
- = Snijden we de rechte cirkelkegel met een vlak dat evenwijdig is aan slechts een beschrijvende dan ontstaat de **parabool**. Het brandpunt wordt dan gevormd door het raakpunt met de ingeschreven bol waarvan het middelpunt op de as ligt.
- = Loopt het vlak evenwijdig met twee beschrijvende lijnen dan noemen we de doorsnijdingsfiguur een **hyperbool**. Een speciaal geval hiervan ontstaat indien het vlak ook nog evenwijdig met de as van de kegel wordt gekozen.

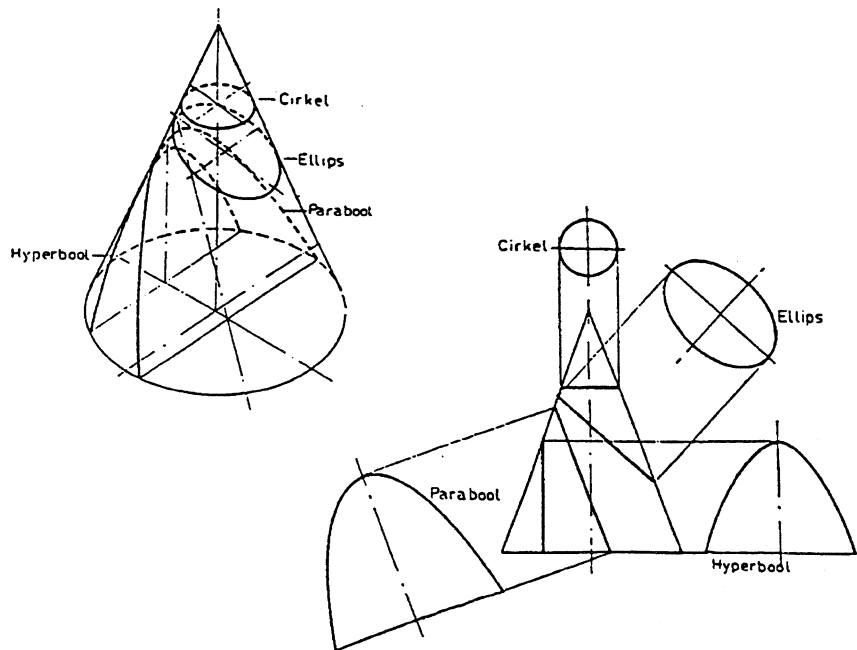


fig. 7.7: De kegelsneden

In principe zijn er oneindig veel tweedimensionale krommen, bepaald door een oneindig aantal vergelijkingen. Het lijkt dan ook zinvol om alleen in te gaan op die krommen die regelmatig binnen de techniek worden gebruikt. Naast de reeds behandelde kegelsneden worden daarbij de **trigoniometrische** krommen als **sinus**, **cosinus** en **tangens** als bekend beschouwd en deze zullen daarom hier niet verder worden behandeld.

Een steeds belangrijker wordende categorie van krommen wordt gevormd door de krommen die gebruikt worden bij het definiëren van oppervlakken met behulp van de computer. De meest gebruikte methode om in dat geval een kromme in de ruimte te spannen is de kromme te laten aansturen door punten. Hierbij kan geëist worden dat de kromme precies door de punten heen gaat (**interpolatie**), danwel de punten op een voorgeschreven manier benadert (**approximatie**) (fig. 7.8).

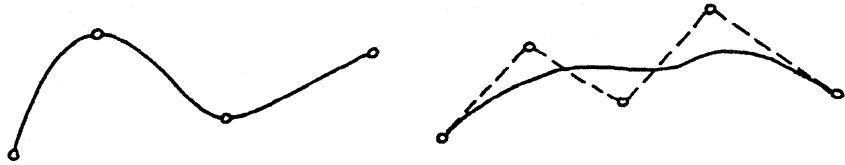


fig. 7.8: Interpolatie (links) en approximatie (rechts)

De belangrijkste representatievormen van deze krommen zijn:

- = **traditionele methoden**; Deze maken gebruik van een reeks wiskundige functies zoals bijvoorbeeld **Lagrange**-, **Hermite**- en **conventionele splinefuncties**. Tijdens het vak TPI-2, later in het curriculum, zal meer uitgebreid op deze krommen worden ingegaan. Daarnaast kan ook naar de literatuur worden verwezen (o.a. het CIAD-rapport 'Geometric Modelling')
- = **B-splinekrommen**; Hierbij wordt de kromme aangestuurd door middel van draagpunten. Door het wijzigen van de draagpunten (verplaatsen, toevoegen) is de kromme te veranderen in de richting van de gewenste vorm (fig. 7.9). Ook hier wordt voor meer informatie naar TPI-2 en de eerder vermelde literatuur verwezen.

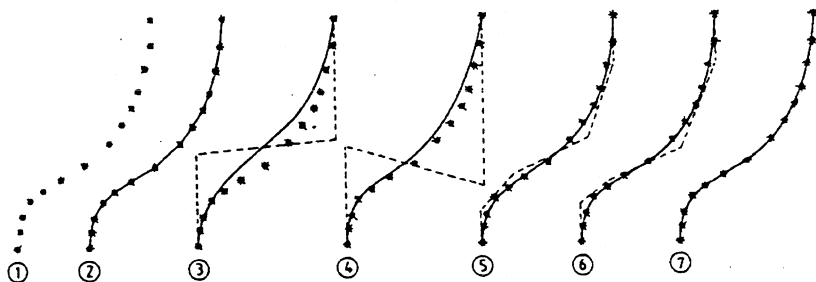


fig. 7.9: Modelleren met een B-splinekromme

- = **Bézierkromme**; Dit is in principe een bijzonder geval van de B-spline kromme. Ook nu wordt de kromme gestuurd door draagpunten. De Bézierkromme is een aproximerende kromme en zijn graad is één lager dan het aantal draagpunten (fig. 7.10). Zie ook hier de literatuur voor meer informatie.

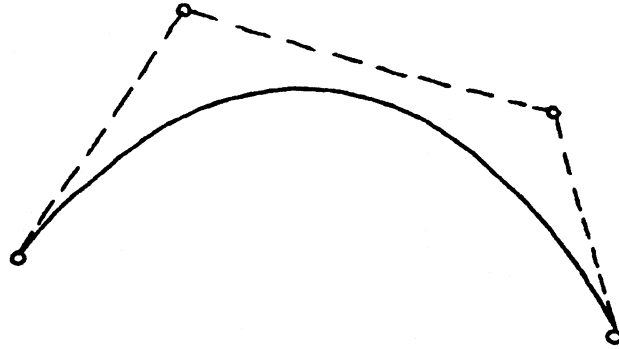


fig. 7.10: Bézierkromme van de derde graad

- = **Non-uniform rational B-spline (NURBS)**; De NURBS vindt gretig aftrek door zijn veelzijdigheid. De kromme representeert in één, zowel de non-rational B-spline en de Bézier-curve als verschillende vormen van analytische krommen en kan daarbij zowel via approximatie als interpolatie werken.

**- Lijnen die ontstaan door de beweging van een punt in de tijd**

Een volgende categorie krommen is die waarbij een punt in de loop van de tijd een bepaalde baan beschrijft. Hiertoe behoren onder andere de **cycloïde** en de **evolvente**.

- = **cycloïde**  
De cycloïde beschrijft de beweging (in absolute zin), die een punt op de omtrek van een cirkel uitvoert, indien we deze cirkel over een plat vlak laten rollen (fig. 7.11). Vergelijk dit maar met de beweging ten opzichte van de straat van het ventielnippeltje op het fietswiel tijdens het rijden. Gaan we uit van een gebold richtvlak dan noemen we de figuur een **epicycloïde** en laten we de beweging daarbij aan de onderkant van het vlak uitvoeren dan ontstaat de **hypocycloïde**.

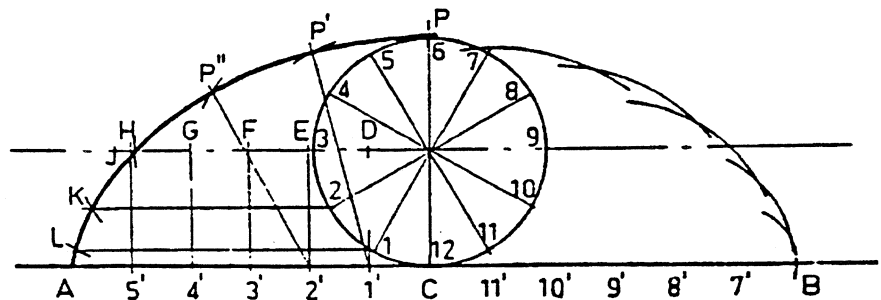


fig. 7.11: De cycloïde



= **evolvente**

We kunnen de evolvente het best beschrijven als de weg die een punt aan een koord bewandelt indien het koord zich ontwindt van een lijn, veelhoek of cirkel (fig. 7.12).

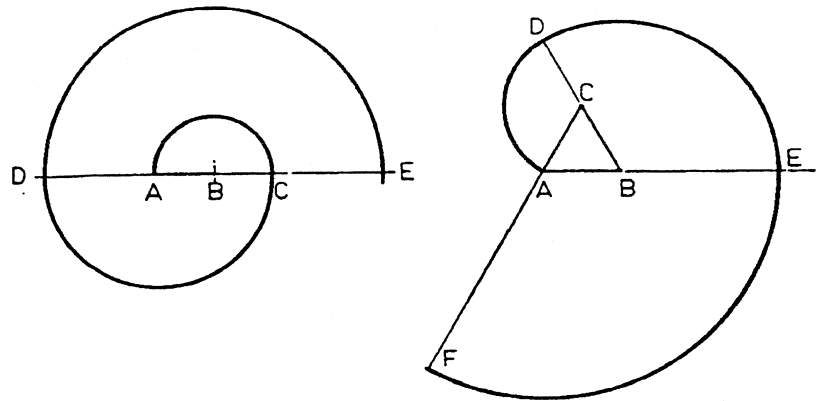


fig. 7.12: De evolvente

- **Constructievormen**

Een deel van de tot nu toe behandelde krommen is vaak op eenvoudige wijze te benaderen. Hiertoe zijn in bijlage III enkele veelgebruikte benaderingen opgenomen. Ook zijn in die bijlage wat meetkundige basisconstructies opgenomen die met deze figuren te maken hebben.

**Dubbelgekromde lijnen**

Net als bij de tweedimensionale krommen kan ook van de driedimensionale krommen gezegd worden dat hun aantal in principe oneindig is. We zullen ons dan ook bij deze 'ruimtelijnen' beperken tot de binnen de techniek veelgebruikte lijnsorten. We zullen ons verder ook nog beperken tot de meetkundig goed definieerbare en construeerbare krommen. Een belangrijk deel van de dubbelgekromde lijnen wordt namelijk experimenteel bepaald, bijvoorbeeld door proeven in een windtunnel of een sleeptank. Op deze wijze blijft hier ter behandeling enkel de **schroeflijn** of **helix** over. De Helix is opdeelbaar in **cilindrische helix** en **conische helix**.

= **Cilindrische helix**

Deze lijn kan voorgesteld worden als een lijn die ontstaat indien we een punt laten bewegen langs de beschrijvende lijn van een cilinder en tegelijkertijd deze cilinder met een bepaalde snelheid om zijn as laten draaien (fig. 7.13).

Afhankelijk van de draaingsrichting van de cilinder noemen we de aldus verkregen lijn linkshandig danwel rechtshandig.

= **conische helix**

Deze lijn ontstaat indien we een punt langs de beschrijvende van een kegel laten bewegen en tegelijkertijd deze kegel met een bepaalde snelheid om zijn rotatie-as laten draaien (fig. 7.14).

De horizontale projectie van deze lijn vormt de **spiraal van Archimedes**. Zie ook bijlage III voor eenvoudige constructievormen van onder andere deze spiraal.

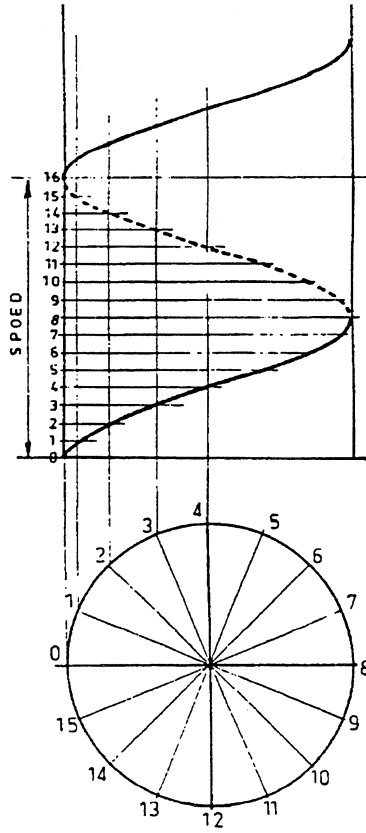


fig. 7.13: De cilindrische helix

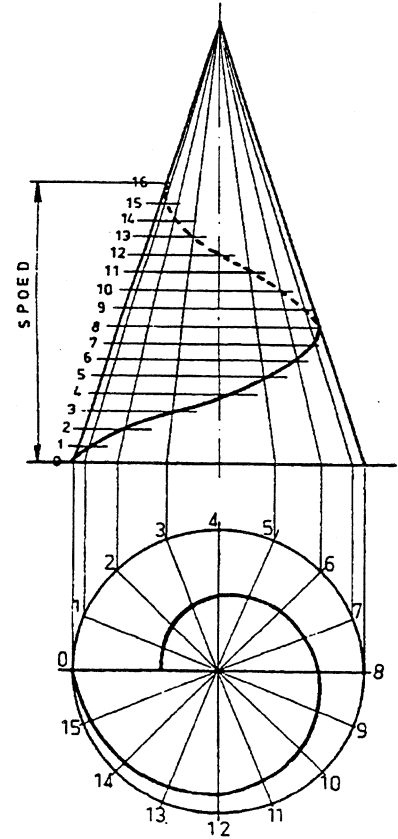


fig. 7.14: De conische helix

# Gekromde oppervlakken

## Inleiding

Oppervlakken en speciaal gekromde oppervlakken kunnen op veel verschillende wijzen worden gedefinieerd en gecategoriseerd.

Definiëren we volgens de theorieën van de analytische meetkunde dan kunnen we een oppervlak beschouwen als een verzameling van punten die voldoen aan een vergelijking met de vorm  $F(x,y,z) = 0$ .

Hebben we meer grafische bedoelingen met het oppervlak dan is het gebruikelijk om het oppervlak te beschrijven als een verzameling van lijnen die aan een bepaalde voorwaarde voldoen. Deze lijnen worden aangeduid als **beschrijvenden**. Bij het behandelen van de grondvormen is over deze beschrijvenden en hun functie reeds gesproken.

Kort samengevat komt het er op neer dat om een oppervlak te kunnen construeren, het nodig is om enerzijds zijn beschrijvende te kennen en anderzijds te weten hoe deze beschrijvende zich door de ruimte verplaatst, d.w.z. zijn bewegingsvergelijking te kennen.

We kunnen ook de beschrijvende gebruiken om de verschillende oppervlakken te categoriseren. Bij de grondvormen deden we dit door de beweging van de lijn te bekijken. We kunnen ons echter ook baseren op de vorm van de lijn.

Bij gebruik van een **rechte** beschrijvende ontstaan dan de **regelvlakken** (ruled surfaces). Bij het gebruik van **gekromde** beschrijvenden ontstaan de zogenaamde **dubbelgekromde vlakken** (double-curved surfaces).

Regelvlakken op hun beurt kunnen weer worden verdeeld in **wel afwikkelbaar** in het platte vlak (single-curved) en **niet afwikkelbaar** in het platte vlak (warped).

Dubbelgekromde vlakken zijn op te delen in **omwentelingsoppervlakken** (surfaces of revolution) en **onregelmatige oppervlakken** (irregular).

Met name bij het modelleren van massieven met behulp van de computer (solid modelling) zijn de dan gebruikte technieken vaak goed met bovenstaande methode te classificeren. Vandaar dat ook in dit hoofdstuk voor deze indelingsmethode wordt gekozen.

Voor een goed begrip zal nu eerst een overzicht worden gegeven van de gebruikte definities en zal een classificatieschema volgens Warner worden gepresenteerd.

## Definities die gebruikt worden bij gekromde oppervlakken

- Een **oppervlak** wordt gevormd door het pad van een bewegende lijn. (Een uitzondering hierop is het geval dat de lijn zich in zijn lengterichting beweegt).

- De **beschrijvende** is de lijn die beweegt en door deze beweging het oppervlak doet ontstaan.
- Een **element** wordt de beschrijvende genoemd op een willekeurig moment. Op deze wijze kunnen we een oppervlak beschouwen als ontstaan uit een oneindig aantal elementen, of anders gezegd; oneindig veel verschillende posities van de beschrijvende.
- Een **richtlijn** of **richtvlak** is een lijn of een vlak die of dat de beweging van de beschrijvende leidt of definieert. Er kunnen er een, twee of soms drie van gebruikt worden voor de definitie van een figuur.
- Een **regelvlak** is een vlak dat ontstaat bij een rechte beschrijvende. Het is bij een regelvlak mogelijk om een liniaal zo op het oppervlak te leggen dat hij langs de volledige lengte aanligt.
- Een **tweevoudig regelvlak** is een vlak waarbij het mogelijk is om door ieder punt twee snijdende rechte lijn-elementen aan te brengen.
- Een **enkelvoudig gekromd oppervlak** is een oppervlak dat kan worden afgewikkeld in een plat vlak.
- Een **'warped' oppervlak** is een niet-afwikkelbaar oppervlak (hier is tot nu toe nog geen goede nederlandse naam voor gevonden).
- Een **dubbelgekromd oppervlak** is een oppervlak dat ontstaat door de beweging van een gekromde lijn en dat geen rechte elementen kent.
- Een **omwentelingsoppervlak** wordt gevormd door het pad van een lijn wanneer deze wentelt om een rechte lijn als as. Wanneer een rechte lijn wentelt ontstaat een enkelvoudig en afwikkelbaar oppervlak indien de lijn evenwijdig is aan de as danwel deze as snijdt. Kruist de lijn echter zijn omwentelingsas dan ontstaat een niet afwikkelbaar oppervlak net als in het geval dat een gebogen lijn wordt gewenteld.
- Een **rechte snede** van een omwentelingsoppervlak ontstaat door het snijden met een vlak dat loodrecht op de as staat. De doorsnijdingsfiguur is altijd een cirkel.

### Classificatie van gekromde oppervlakken

		naam	beschrijvende		afwijk- kelbaar of niet
			soort lijn	soort beweging	
regelvlak	enkelvoudig gekromd	cilinder	rechte	raakt enkelvoudig gekromde lijn; blijft evenwijdig aan de rechte richtlijn	ja
		omwentelings- cilinder	rechte	wentelt rond rechte richtlijn waaraan hij evenwijdig is	ja
		kegel	rechte	raakt enkelvoudig gekromde lijn; snijdt rechte richtlijn	ja
		omwentelings- kegel	rechte	wentelt om rechte richtlijn welke gesneden wordt	ja
		convolute	rechte	blijft raken aan een willekeurige kromme	ja
		helische convolute	rechte	blijft raken aan een helix	ja
	'warped'	helicoide	rechte	raakt helix en zijn as; maakt constante hoek met de as	nee
		hyperbolische paraboloide	rechte	raakt twee kruisende rechte lijnen; blijft evenwijdig aan vlak	nee
		conoide	rechte	raakt een rechte en gebogen lijn; blijft evenwijdig aan vlak	nee
		cilindroide	rechte	raakt twee gekromde lijnen; blijft evenwijdig aan vlak	nee
		eenschalige omwentelings- hyperboloide	rechte	wentelt kruisend om een as	nee
dubbel gekromd	omwentelings- oppervlak	bol	cirkel	wentelt om zijn diameter	nee
		torus	cirkel	wentelt om een rechte lijn die niet zijn diameter is	nee
		ellipsoide	ellips	kan zowel om de korte als om de lange as wentelen	nee
		paraboloide	parabool	wentelt om de symmetrie-as door het brandpunt	nee
		tweeschalige paraboloide	hyperbool	wentelt om de as door beide brandpunten	nee
	onregelmatig	onbenoemd	wille- keurige kromme	beweegt langs iedere willekeurige lijn	nee

- Oppervlakken met een rechte als beschrijvende

= cilinder

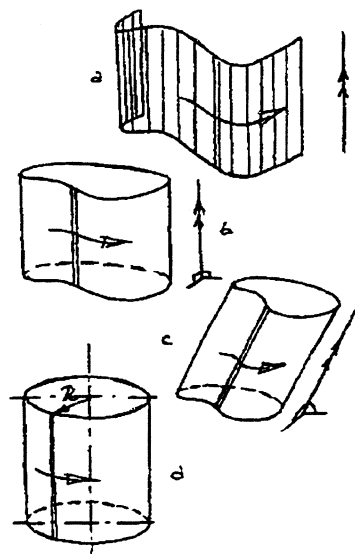


fig. 8.1

= kegel

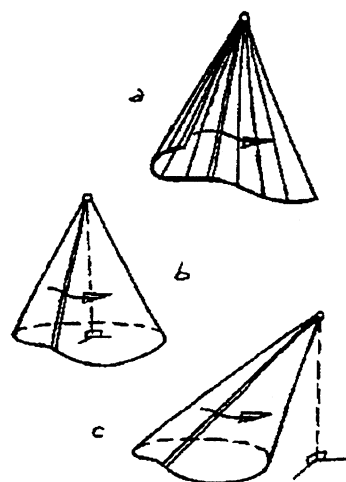


fig. 8.2 a, b, c

Een cilinder ontstaat doordat een rechte lijn beweegt ten opzichte van een andere rechte lijn en hier steeds evenwijdig aan blijft (fig. 8.1 a). In de meeste gevallen is het een gesloten oppervlak, wat betekent dat de beschrijvende lijn terugkomt op zijn uitgangspunt. De regelmaat van de cilinder wordt ook bepaald door de stand van de beschrijvende t.o.v. het grondvlak. Is deze stand loodrecht dan spreken we van een **rechte cilinder** (fig. 8.1b). In alle andere gevallen van een **scheve cilinder** (fig. 8.1c).

Een speciaal geval is de **omwentelings cilinder**. Hiertoe dient de beschrijvende op een vaste afstand rond de as te wentelen (fig. 8.1d).

Cilinders worden op ontelbare plaatsen binnen de techniek als grondvorm gebruikt.

Gedacht kan worden aan opslagvaten en buisconstructies uit de procesindustrie, maar ook aan assen of andere roterende lichamen.

Holle cilinders zijn eenvoudig afwikkelbaar en daarom goedkoop uit plaatmateriaal te vervaardigen.

Een kegel ontstaat bij het laten bewegen van een rechte lijn rond een andere rechte lijn die tevens gesneden wordt. De hoek tussen de twee lijnen bepaalt de scherpste van de kegel (fig. 8.2a).

De regelmaat van de kegel is ook afhankelijk van de plaats van de projectie uit de top op het grondvlak. Ligt deze projectie centraal dan spreken we van een **rechte kegel** (fig. 8.2b). In alle andere gevallen van een **scheve kegel** (fig. 8.2c)

Een **omwentelingskegel** ontstaat door de hoek tussen de twee lijnen constant te houden (fig. 8.2d).

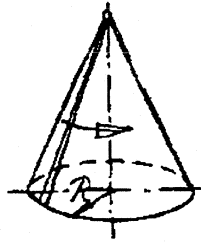


fig. 8.2d

= **convolute**

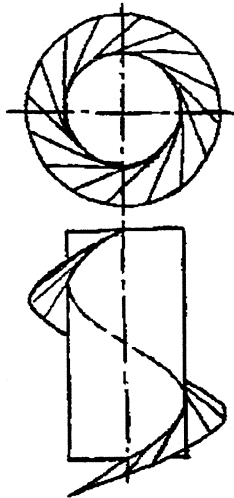


fig. 8.3

= **helicoïde**

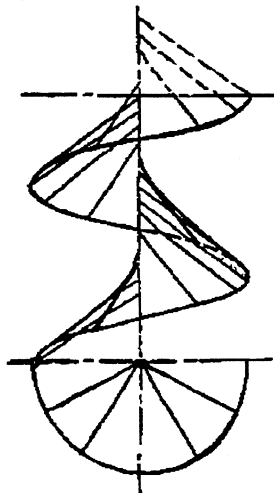


fig. 8.4

Omwentelingskegels tref je onder andere aan in kogellagers, in koppelingen en in de ruimtevaart (denk aan neuskegel). Andere kegels vindt je vaak bij uit plaatmateriaal vervaardigde overgangen tussen cilindrische lichamen met verschillende diameters. De afwikkelbaarheid is vergelijkbaar met die van de cilinder met dezelfde voordelen.

De convolute is een speciaal enkelvoudig gekromd lichaam dat ontstaat door een lijn zodanig langs een dubbelgekromde lijn te voeren dat deze lijn steeds de raaklijn van de dubbelgekromde lijn vormt. De **helische convolute** heeft een helix als dubbelgekromde richtlijn (fig.8.3). Deze laatste convolute vinden we terug in schroefspindels.

De helicoïde wordt in het nederlands ook wel aangeduid met **schroefvlak**. De figuur is feitelijk een omwentelingsfiguur en ontstaat indien we een lijn enerzijds een rotatie laten uitvoeren om een as of cilinder en anderzijds langs deze as of cilinder laten transleren. De beschrijvende kan hierbij loodrecht staan op as of cilinder maar ook een hoek hiermee maken (fig. 8.4). Raakt de beschrijvende aan de cilinder langs een schroeflijn dan zijn we weer terug bij de helische convolute. Ook helicoïde-vormen worden veel gebruikt in transportmiddelen.

= hyperbolische parabolöide

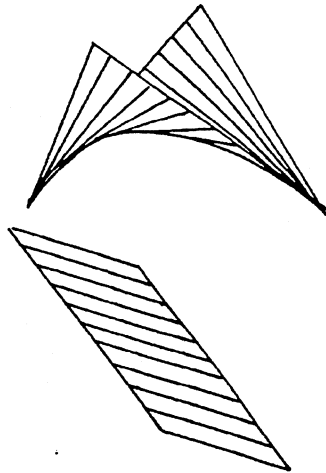


fig. 8.5

In het geval van de hyperbolische parabolöide heeft de beschrijvende twee kruisende rechte lijnen als richtlijnen en loopt evenwijdig aan een gegeven vlak (fig. 8.5).

Het oppervlak van de hyperbolische parabolöide bevat in principe twee families van elkaar snijdende beschrijvenden. In dit opzicht is de figuur te vergelijken met de eenschalige hyperbolöide. De figuur wordt onder andere toegepast bij de constructie van schaaldaken, bij de constructie van wegen en bij civieltechnische kunstwerken. Het grote voordeel van de figuur is dat een gekromd oppervlak met een grote stijfheid ontstaat waarbij toch gebruik kan worden gemaakt van een rechte wapening.

= conoïde

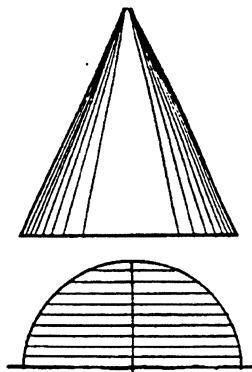


fig. 8.6

Ook bij deze figuur zijn de beschrijvenden evenwijdig aan een vlak en worden geleid langs twee richtlijnen.

De ene richtlijn is hierbij een rechte en de andere richtlijn een gebogen lijn (fig. 8.6).

De conoïde ziet men toegepast bij het construeren van schaaldaken met veel lichtkoepels. Maar ook bij gebouwingen wordt de figuur meermaals gebruikt.

= cilindroïde

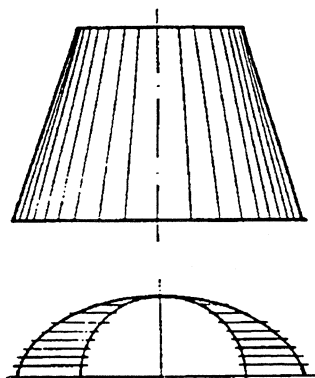


fig. 8.7

Bij deze figuur zijn beide richtlijnen gekromd en lopen de beschrijvenden, net als bij de vorige figuur, evenwijdig aan een vlak. Als richtvlak wordt meestal een vlak gekozen, loodrecht op de vlakken van de twee gebogen lijnen (fig 8.7).

Toepassingen vinden we vooral in de bouwkunst bij allerlei gewelven en bij afvoeropeningen



= eenschalige hyperboloïde

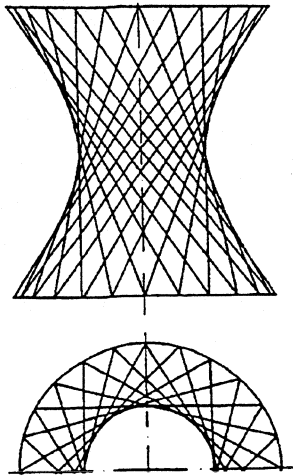


fig. 8.8

- Oppervlakken met een kegelsnede als beschrijvende

= bol

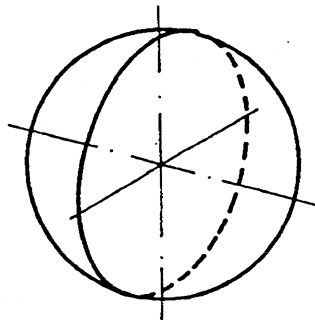


fig. 8.9

De eenschalige hyperboloïde kan in principe op twee manieren ontstaan. Een methode is het wentelen van een hyperbool om zijn dwarsas. De tweede, en hier bedoelde manier is door een rechte lijn te wentelen om een tweede, de eerste lijn kruisende, lijn.

In principe bevat de figuur twee verzamelingen van lijnen namelijk zowel die van de beschrijvende als die van zijn spiegelbeeld (fig. 8.8).

De vorm vindt zijn toepassing op die plaatsen waar hoge, vaak grote en soms zware constructies moeten worden vervaardigd uit gewapend beton of kunststof.

Bij de bol laten we een gebogen lijn, te weten een cirkel, wentelen om een omwentelingsas waarbij deze omwentelingsas door het middelpunt van de cirkel gaat (fig. 8.9).

Aangezien we op een bol leven, bal spelen uiterst populair zijn en alles binnen de natuur streeft naar de ideale bolvorm i.v.m. minimale oppervlaktespanning bij maximaal volume, behoeft deze figuur geen nadere introductie.

De bol is niet afwikkelbaar en daarom bij vervaardiging uit plaatmateriaal zonder extra vervorming enkel benaderbaar. Zie hierbij bijlage VI waarin deze benaderingen zijn opgenomen.

= **torus**

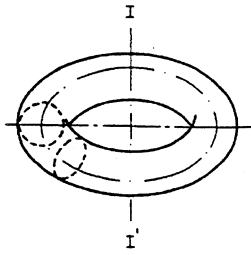


fig. 8.10

= **globoïde**

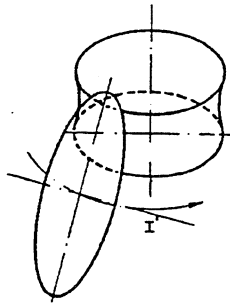


fig. 8.11

= **ellipsoïde**

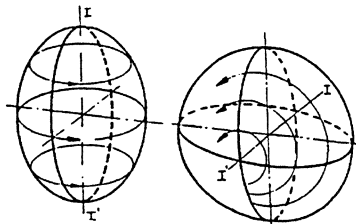


fig. 8.12

Ook de torus ontstaat door het wentelen van een cirkel om een as. Nu echter gaat deze as niet door het middelpunt. Omwentelingsas en cirkel dienen wel in een vlak te liggen (fig. 8.10).

De torus is een veelgebruikte figuur binnen de techniek en hierbij kan gedacht worden van ooring tot autoband.

De figuur is niet afwikkelbaar.

Een direct met de torus samenhangende figuur is de **globoïde**. Ook bij de globoïde wentelen we een cirkel op een zekere afstand om een as. Nu zijn we echter enkel geïnteresseerd in het door de torus omsloten deel van de ruimte (fig. 8.11).

Toepassingen van de globoïde vinden we onder andere bij tandwielen en wormwielen.

Laten we een ellips om zijn as wentelen dan ontstaat de ellipsoïde. Dit wentelen kan zowel om de lange as als om de korte as gebeuren. We kunnen dus met dezelfde beschrijvende twee verschillende figuren verkrijgen (fig. 8.12).

We hebben hiervoor de aarde wel tot bol verklaard maar in werkelijkheid komt de vorm meer in de buurt van een ietwat uitgezakte ellipsoïde. Binnen de techniek wordt de figuur niet bijzonder veel toegepast.

= paraboloid

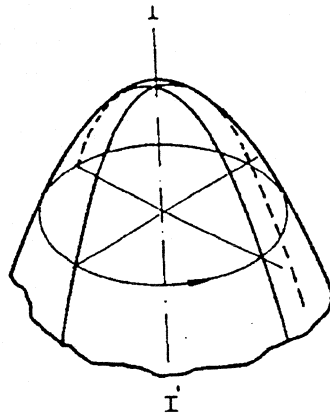


fig. 8.13

De paraboloid ontstaat door een parabool om zijn symmetrie-as te laten wentelen (fig. 8.13).

De figuur is bijzonder waardevol door zijn eigenschap om er op vallende evenwijdige straling in zijn brandpunt te concentreren en omgekeerd straling van een in het brandpunt van de paraboloid geplaatste stralingsbron, evenwijdig uit te zenden.

Toepassingen vinden we dan ook bij reflectoren voor licht, geluidsdetectoren, radiotelescopen, radar-antennes, enzovoort.

Ook deze figuur is niet afwikkelaar.

= tweeschalige hyperboloid

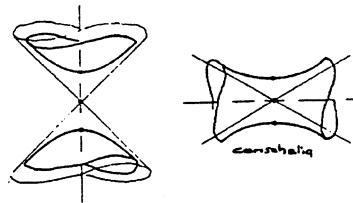


fig. 8.14

De tweeschalige hyperboloid ontstaat door het wentelen van een hyperbool om de as door zijn brandpunten.

In principe kunnen we de reeds eerder behandelde eenschalige hyperboloid ook laten ontstaan door het wentelen van een hyperbool maar dan door het wentelen om de dwarsas (fig. 8.14).

- onregelmatige oppervlakken

In principe heeft iedere indeling een restcategorie waarin alles wordt ondergebracht wat nog niet is genoemd maar nog wel moet worden ingedeeld. Naast de veelheid van experimenteel of toevallig bepaalde oppervlakken plaatsen we hieronder ook enkele speciale oppervlakken die bij voorkeur met de computer kunnen worden gegenereerd. In het volgend hoofdstuk over geometric modelling wordt er nog op teruggekomen en voor nog meer informatie wordt naar het later in het curriculum komende vak TPI-2 en naar de literatuur verwezen (Geometric modelling). Hier wordt enkel volstaan met een globale indeling.

= = oppervlakken die ontstaan door het opbouwen van een figuur uit primitieven

Over deze methode is in het hoofdstuk over grondvormen al het een en ander verteld.

= = oppervlakken gebaseerd op punten

In de ruimte wordt een rooster van punten geplaatst waar een oppervlak over wordt gespannen.

= = oppervlakken gebaseerd op krommen

De oppervlakken worden gegenereerd door krommen volgens bepaalde afspraken door de ruimte te bewegen.

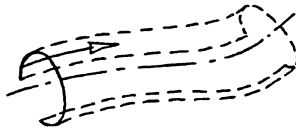


fig. 8.15

**Algemene sweep:** Hierbij wordt een willekeurig profiel langs een willekeurige en vaak sterk driedimensionale kromme bewogen (fig. 8.15).

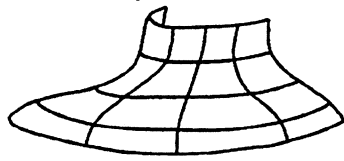


fig. 8.16

**Lofting:** Bij lofting worden twee of meer achtereenvolgende dwarsdoorsneden of richtlijnen verbonden met (interpolerende) krommen die dus onderling steeds kunnen verschillen (fig. 8.16).

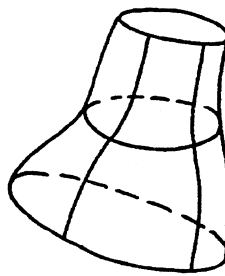


fig. 8.17

Werken we aan het genereren van massieven dan worden ook op lofting gebaseerde technieken gebruikt. Wel werken we dan met gesloten dwarsprofielen die we combineren met een of meer langspromen (fig. 8.17).

**= = oppervlakken gebaseerd op deelopervlakjes**

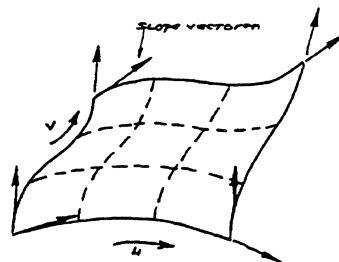
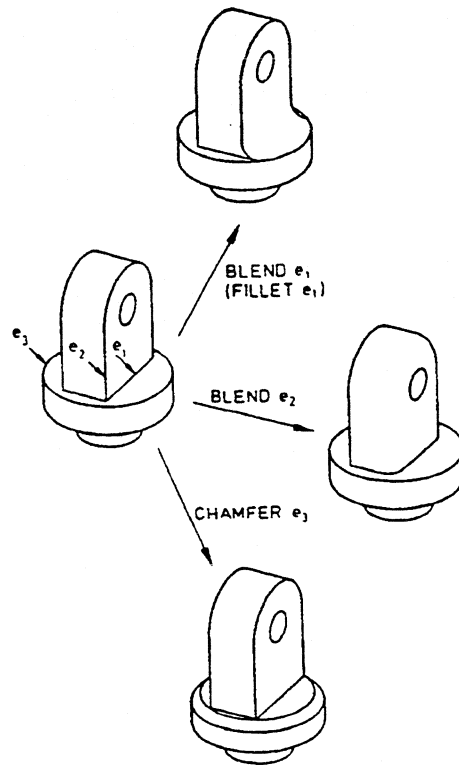


fig. 8.18

**patches:** Het is ook mogelijk om een oppervlak opgebouwd te denken uit kleine deelopervlakken of patches (fig. 8.18). Een patch kan daarbij bijvoorbeeld worden gedefinieerd door de randkrommen met wat aanvullende informatie. Bekend zijn onder andere de **coons patches**. Voor de voor de constructie van de patch gebruikte krommen wordt naar hoofdstuk 7 verwezen.



**Chamfering en blanding:**  
We kunnen van een ontwerp de scherpe kantjes afhalen door afschuiven (**chamfering**), of door materiaal zodanig weg te halen of toe te voegen dat er een vloeiende overgang wordt bereikt (**blanding**) (fig. 8.19).

fig. 8.19



# Geometric modelling

## Produktmodellen

Zowel de manipulatie technieken als de grondvormen en lijnen die we in voorafgaande hoofdstukken hebben behandeld worden gebruikt bij het maken van driedimensionale modellen met behulp van geavanceerde computerapparatuur. We hanteren vaak de Engelse term 'geometric modelling' om het totale gebied van het omgaan met drie-dimensionale produktmodellen aan te duiden.

In principe zijn er verschillende vormen van 3-D computermodellen mogelijk n.l.;

- **geometrische modellen;** Hierin zijn de gegevens over de fysieke afmetingen en onderlinge posities van delen vastgelegd.
- **parametrische en variationele modellen;** Een vorm van vastleggen met een grotere mate van flexibiliteit. Het model is gespecificeerd door middel van een basisvorm met parameters die de afmetingen en verhoudingen beschrijven. De ontwerper kan deze parameters veranderen waarna de computer automatisch het nieuwe model berekent. Bij gebruik van een groot aantal parameters kan de computer ook betrokken worden bij het zoeken naar oplossingen, natuurlijk wel in overleg met de ontwerper. In dat geval spreken we van variationele modellen.
- **feature modellen;** Het kan handig zijn om een aantal modelementen als een samenhangend geheel te beschouwen en hier eventueel extra gegevens aan toe te voegen. We noemen zo'n gecombineerde brok informatie een feature. De ontwerper kan het model eenvoudig specificeren met behulp van deze features en het zo nodig aan de computer overlaten om de rest uit te rekenen.

In het vak TPI-2, dat in een later jaar in het curriculum is opgenomen, zal uitgebreid ingegaan worden op de achtergronden en principes van het geometrisch modelleren. Op dit moment is het wel noodzakelijk om enkele veel voorkomende begrippen reeds te kennen. We zullen ons beperken tot de begrippen die voorkomen in de aangeboden manuals en tijdens de oefeningen. Ze hebben met name te maken met het beschrijven en tonen van de geometrie, het daarbij gehanteerde streven naar volledigheid van de informatie en tenslotte met de wijze van vastleggen in het geheugen.

## Geometrische modellen

Drie-dimensionale computermodellen worden sinds de zestiger jaren toegepast. Het is daarbij gebruikelijk om ze in drie categorieën in te delen. De indeling geschiedt naar opklimmende mate van compleetheid van informatie en de respectievelijke categorieën hebben de namen; **wireframe** (draadmodel), **surface** (oppervlaktemodel) en **solid** (massief model). Zie hierbij de navolgende figuur.

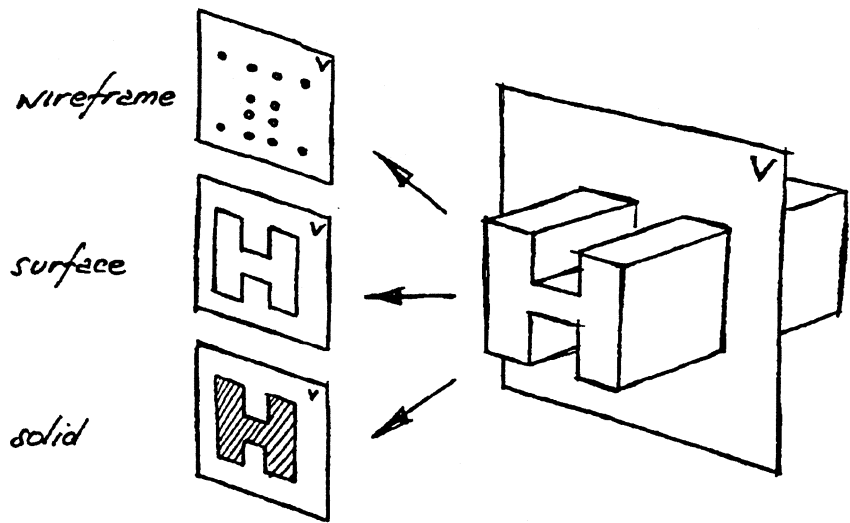


fig.9.1: Vormen van 3D-computermodellen

- **wireframes**; het model is maar beperkt gedefinieerd. Hoekpunten en ribben zijn bekend maar voor de rest is geen informatie beschikbaar. De machine accepteert in wireframe dan ook geometrisch 'onmogelijke' figuren (fig.9.2).

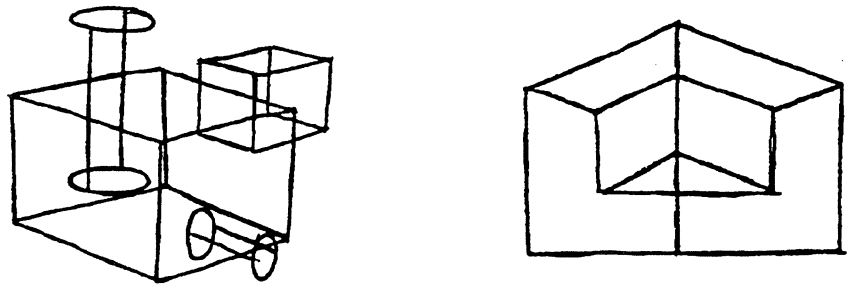


fig.9.2: Wireframe en 'onmogelijke figuur' in wireframe

- **surfaces**; hierbij kent de machine het oppervlak van de figuur maar heeft nog geen weet van binnen en buiten. Weet dus niet waar materie zit en waar niet. Met behulp van surface modellering zijn zeer goed dubbelgekromde vlakken te definiëren (fig.9.3).

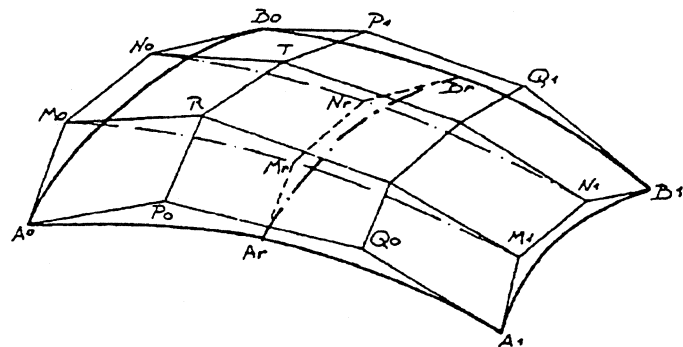


fig.9.3: Surface met ophangpunten



- **solids**; dit geeft de meest complete modeldefinitie. De machine weet zowel van punten, lijnen, vlakken als inhoud (fig.9.4). Voor veel analyse werk is het noodzakelijk dat bijvoorbeeld het gewicht en het zwaartepunt van een model bekend zijn en daarbij is het gebruik van solids haast onvermijdelijk.

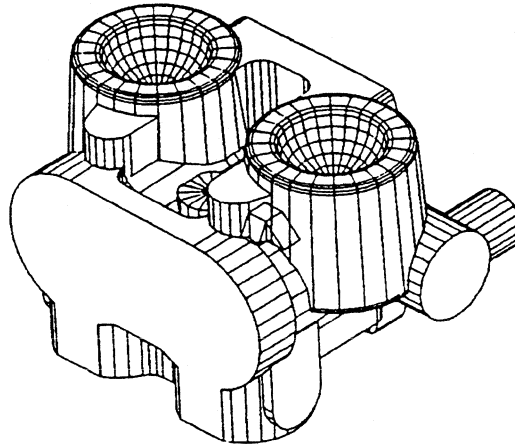


fig.9.4: Solid

Vaak zullen we zien dat op het scherm een wireframe figuur zichtbaar is terwijl het pakket toch als een surface modeller of een solid modeller bekend staat. Dit komt omdat iedere meer complete beschrijving natuurlijk wel in een minder complexe vorm kan worden gerepresenteerd en dat hier uit oogpunt van responsnelheid vaak gebruik van wordt gemaakt. Hou er dus rekening mee dat er steeds onderscheid is tussen dat wat op het scherm getoond wordt en dat wat in het computergeheugen is opgeslagen.

De opleiding Industrieel Ontwerpen is gericht op produkten die in grote aantallen voor (anonieme) derden worden vervaardigd. Deze produkten zijn meestal driedimensionaal van aard en de ontwerper van deze produkten start dan ook vaak met een globaal driedimensionaal beeld voor ogen. Tijdens het eerste deel van de cursus TPI wordt om die reden dan ook direct gestart met het werken in drie dimensies. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een pakket dat met name gebaseerd is op zgn. parametrische solids en ook het werken met features toestaat. Voor een beter inzicht volgt hierna een beknopte beschrijving van enkele hierbij gehanteerde begrippen.

### Solid modelling

#### Definitie en opslag

Definitie methoden binnen de solid modelling zijn vaak gebaseerd op **de wijze waarop de informatie over het model is vastgelegd**. Twee hierbij veel gebruikte methoden zijn;

- **Constructive solid geometry (CSG)**: Dit houdt in dat het model beschreven is als een verzameling van primitieven of grondvormen. Er is een soort 'informatieboom' aanwezig waarin de wijze waarop het model uit de primitieven is samengesteld is vastgelegd.

- **Boundary representation (B-rep):** Dit betekent dat de omsluitende vlakken of 'boundaries' zijn vastgelegd. De computer weet dan over punten, lijnen, vlakken en ook over binnen en buiten maar niets over de geschiedenis van het model. Uitgaande van een B-rep model is wel aansturing van de fabricage mogelijk en het model kan ook goed als basis dienen voor simulatie en analyse.

Huidige modellers zijn vaak hybride van aard, d.w.z. ze gebruiken mengvormen van voornoemde methoden bij de opslag van informatie. Ook het bij de cursus gebruikte pakket is hybride. De gegevens waarmee wordt gewerkt worden opgeslagen als CSG-informatie in de 'design file'. Aangezien deze CSG-file niet kan worden gebruikt voor het doorgeven van informatie, naar de fabricage bijvoorbeeld of ten behoeve van analyse, wordt tevens B-rep informatie bijgehouden in een externe file.

### Manipulatie en bouw

Uitgaande van de gebruiker kunnen we ook kijken naar de **manipulaties** die de gebruiker moet uitvoeren om het gewenste object te definiëren, b.v.:

- **Opbouwen van de vorm m.b.v. primitieven**  
Hierbij zijn in het geheugen van de computer een aantal grondvormen aanwezig die na oproep en het gegeven hebben van informatie over schaal en stand, op het scherm komen. Door het combineren van deze primitieven ontstaat het gewenste object. We werken hierbij dus met de handelingsvolgorde die uitgaat van de opslagmethode volgens het CSG-principe (fig.9.5).  
Veelgebruikte primitieven zijn: plaat (eng.; slab), bol (eng.; sphere), cilinder (eng.; cylinder), kegel (eng.; cone), torus (eng.; torus) en wig (eng.; wedge)

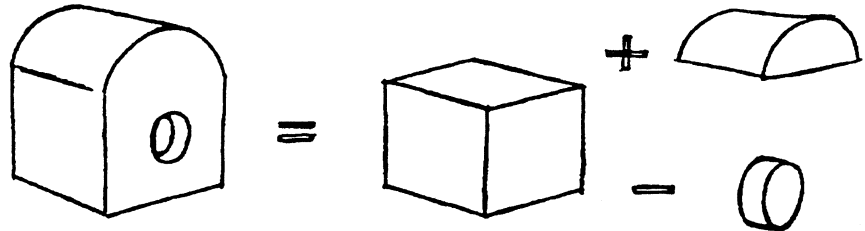


fig.9.5: Constructive Solid Geometry

- **Vorm laten ontstaan door het vastleggen van de beweging van een rechte lijn, contour of een primitief**  
Vaak gaan we uit van een contour en een pad welke we de contour willen laten doorlopen. De methode wordt aangeduid met de term; **sweeping**. Soms is het aan te raden om in plaats van een contour een primitief een pad te laten doorlopen. Stel bijvoorbeeld dat het primitief een bol is dan bewegen we deze bol langs een baan, zondig met tussentijdse verandering van grootte, en leggen alle punten die de bol doorloopt vast. We noemen dit dan een **bol-sweep**.  
Maken we als pad gebruik van een recht lijnstukje dan wordt meestal over **extrusie** of **translatie** gesproken. We kunnen de primitief of de contour natuurlijk ook om een vaste as laten wentelen en spreken dan van **rotatie-sweep** of **swing** (fig.9.6). In de vorige hoofdstukken, bij het bespreken van de definitie van vormen, is over **extrusie** (translatie) en **revolutie** (rotatie) al veel informatie gegeven.

Ook voor het laten ontstaan van een vlak of massief door het bewegen van een lijn, de regelvlakken (**ruled-surfaces**), wordt naar eerdere hoofdstukken verwezen.

Een speciaal geval ontstaat als we gebruik maken van een contour die van vorm verandert tijdens de beweging. We kunnen dit ons voorstellen als een aantal verschillende doorsneden die achter elkaar zijn geplaatst en waarover een huid wordt getrokken. Zijn de doorsneden gesloten dan kan een massief ontstaan, zijn de doorsneden open dan ontstaat een oppervlak. De techniek wordt aangeduid met **lofting** of **skinning**. Het gemiddelde moderne pakket is meestal voorzien van de functies 'extrusie', 'rotatie', 'sweep' en 'skinning'.

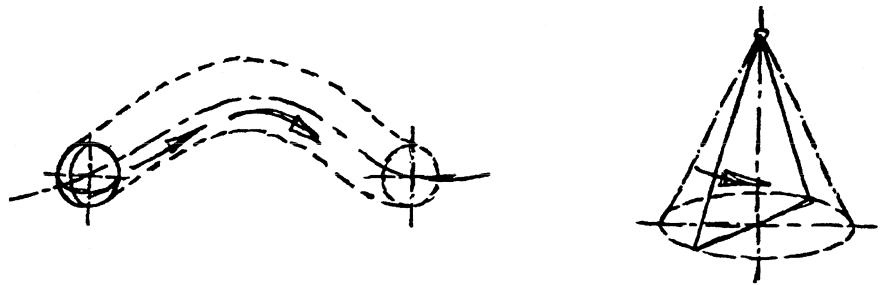


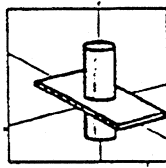
fig.9.6: Bol-sweep en Rotatie-sweep

#### - **Booleaanse operaties**

Als we met behulp van de vorige technieken objecten hebben gedefinieerd en door combineren van deze objecten het gewenste produkt hebben trachten te doen ontstaan dan zal blijken dat er problemen rijzen om tot een eenduidig model te komen. Na samenstelling kan het voorkomen dat deelobjecten gedeeltelijk in elkaar steken en zo de beschikbare ruimte dubbel innemen. Andere objecten zullen in een negatieve vorm gebruikt moeten worden om een gat of opening aan te geven.

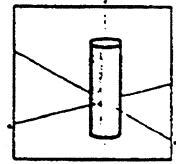
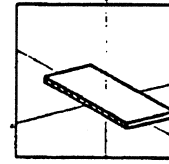
Een traditionele manier om dit op te lossen is het gebruiken van de zgn. booleaanse operaties. In principe zijn er drie booleaanse operaties (fig.9.7):

= **verenigen;**  
 twee objecten worden samengevoegd tot een geheel waarbij  
 gemeenschappelijke ruimte steeds eenmalig wordt ingenomen.



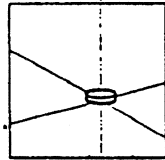
*Optellen: 1+2*

= **doorsnijden;**  
 alleen het gemeenschappelijke  
 deel van twee objecten resteert.



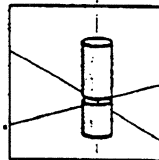
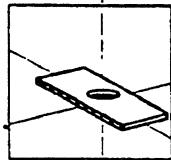
*Primitieve 1*

*Primitieve 2*



*Doorsnede: 1&2*

= **af trekken;**  
 een van de objecten wordt afgetrokken van de andere en laat in deze  
 andere een holte of gat achter.



*Af trekken: 1-2*

*Af trekken: 2-1*

fig.9.7: De booleaanse operaties

Door nu eerst grondvormen op te roepen of vormdelen aan te maken en deze vervolgens, via de acties verschuiven en roteren, in de juiste positie ten opzichte van elkaar te brengen, is het mogelijk om met behulp van de booleaanse operaties zeer complexe producten eenduidig gedefinieerd te krijgen (fig.9.8).

Een van de nadelen is het niet omkeerbaar zijn van de booleaanse operaties. In principe 'vergeet' de machine bij de booleaanse operatie de informatie over de gebruikte basisvormen. Het verdient dan ook aanbeveling om de individuele vormdelen van voor de booleaanse operatie en hun onderlinge positie in de ruimte in het geheugen van de computer vast te leggen. Hier kan zondig op teruggegrepen worden. Slaan we informatie op volgens het CSG-principe dan gebeurt dit min of meer automatisch en zal dus ook na de booleaanse operatie nog wel manipulatie mogelijk zijn van de individuele objecten waaruit de vorm is opgebouwd. Hebben we te maken met een opslag volgens het B-rep principe dan is na een booleaanse operatie de geschiedenis van de wijze van samenstelling niet meer aanwezig.

Voorafgaand aan de booleaanse operatie dienen de losse componenten eerst in de juiste positie ten opzichte van elkaar te worden gebracht. Ten behoeve van dit manipuleren van losse onderdelen zijn er een aantal functies aanwezig. De meest gebruikte zijn; **move**, **copy**, **rotate** en **mirror**.

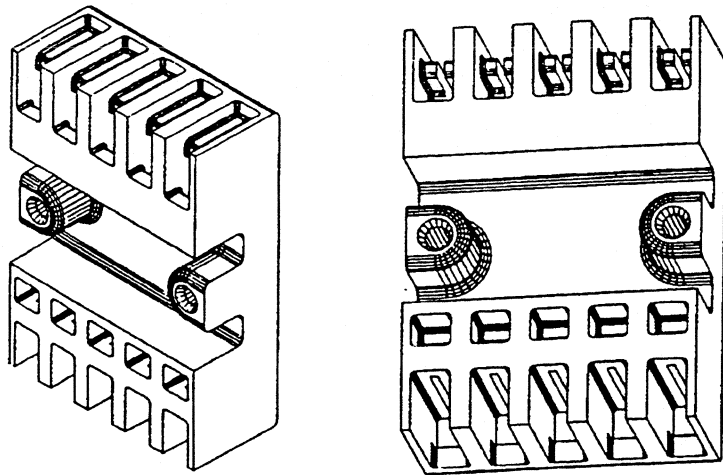


fig.9.8: Complexe figuur m.b.v. booleaanse operaties

### Het gebruik van features

Juist het gebrek aan flexibiliteit werd als een belangrijk nadeel van de traditionele modellers beschouwd. Laten we als voorbeeld een blok nemen waarin een gat is geboord. Dit kan worden bereikt door een cilinder van het blok af te trekken. Ontwerptechnisch kan het daarna zinvol zijn om de positie van dit gat te wijzigen. In principe zou in dat geval teruggegaan moeten worden naar de fase waarin blok en cilinder nog niet waren gecombineerd en zou, na de cilinder geherpositioneerd te hebben, opnieuw een booleaanse operatie moeten volgen. Maken we gebruik van een CSG-boom dan is dit mogelijk maar wel tijdrovend, zeker bij een complex produkt. Bij een B-rep notatie is verplaatsing van het gat zelfs niet meer mogelijk.

Het zou veel aangenamer zijn als het systeem het gat als zodanig zouden herkennen en een verplaatsing ervan zou toestaan zonder de noodzaak om het gehele model opnieuw te moeten berekenen. Dit nu wordt mogelijk gemaakt door het invoeren van nieuwe methoden waarbij de geometrische gegevens in meer geclusterde vorm beschikbaar is. We noemen zo'n informatiecluster een 'feature'. Een feature kan beschreven worden als; een 'intelligente' geometrische constructie die toegevoegd kan worden aan het model.

Een blok met een gat erin zou in dat geval kunnen ontstaan door aan de geometrie van het blok een feature toe te voegen met de naam 'gat' en deze feature te voorzien van gegevens als bijvoorbeeld de diameter van het gat, de diepte van het gat en de positie van het gat ten opzichte van het blok. Ook aanvullende informatie zou er aan vast kunnen worden gehangen, zoals bijvoorbeeld gegevens over de te gebruiken boor .

Dit soort feature kan als een typische vormfeature worden beschouwd. Veel gebruikte voorbeelden ervan zijn; afrondingen (eng.; round edge), afschuiningen (eng.; chamfer), gaten (eng.; hole), cirkelvormige nokken (eng.; circular boss), sleuven (eng.; pocket), uitstulpingen (eng.; protusion) en ribben (eng.; rib).

Via de bekende manipulatie functies zijn deze features te positioneren en hun geometrische opbouw is natuurlijk parametrisch van aard.

Vaak zijn overzichten (feature managers) mogelijk die veel verwantschap hebben met de CSG-boom. In deze overzichten is in schematische vorm de opbouw van het model en de gebruikte features zichtbaar gemaakt en kunnen, indien gewenst, veranderingen worden aangebracht.

Combineren we dit werken met features met het schetsmatig kunnen invoeren van lijnen en zorgen we tegelijkertijd voor een degelijke koppeling met de omgeving, dan kunnen we spreken van een aantrekkelijk stuk gereedschap voor ontwerpers en constructeurs.

# Literatuur

- Beveren, J.van en Molenaar: Beschrijvende Meetkunde.  
Technische Uitgeverij Stam B.V., Culemborg, 1972. (Bibl. 515 BEV)
- Earle, J.H.: Engineering design graphics.  
Addison Wesley Publishing Company, Menlo Park, California, 1973.  
(Bibl. 714/744 EAR)
- French, Th.E. en Vierck: Engineering drawing & Graphic technology.  
Mc.Graw-Hill Book Company, 12th ed., New York. (Bibl. 741/744 FRE)
- Geometric modelling; eindrapport CIAD-projectgroep.  
CIAD, Zoetermeer, 1985.
- Giesecke, F.E. e.a.: Engineering graphics.  
Mc.Millan Publishing Co. Inc., New York, 1975. (Bibl. 741/744 ENG)
- Giachino, J.W. en Beukema, H.J.: Engineering Technical Drafting.  
American Technical Society, Chicago, 1978.
- Hawkes, B.: The CAD/CAM process.  
Pitman Publishing, London, 1988.
- Krylov, N., Lobandievsky, M. en Men: Descriptive Geometry.  
Mir publishers, Moscow, 1968 (Bibl. 515 KRY)
- Luzadder, W.J.: Fundamentals of Engineering Drawing.  
Prentice-Hall, New York, 1977 (Bibl. 741/744 LUZ)
- Magnan: Using Technical Art.  
Wiley interscience, New York, 1970. (Bibl. 741/744 MAG)
- McMahon and Browne: CAD/CAM, from principles to practise, Addison  
Wesley Publishing comp., Workingham, England, 1993.
- MicroStation Modeller User's Guide. Bentley Systems Inc., 1996
- Pol, I.: Descriptive Geometry with three dimensional figures.  
Hungarian Technical Publishers, Budapest, 1962.
- Rooney, J. and Stadman, P.: Principles of Computer-aided Design.  
Pitman Publishing, london, 1987.
- Vos, P en Zuur, A.P.: Herkennen van ruimtelijke vormen in  
schematische tekeningen.  
Rapport nr. 32/ bureau van onderzoek van onderwijs, Leiden, 1984.

- Warner, F.M.: Applied descriptive geometry with drafting-room problems  
McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1938
- Zandi, M.: Computer-Aided Design and Drafting  
Delmar Publishers Inc., New York, 1985. (C.Bibl. 2157 5226)



bijlage

# Bijlage I t/m VI

bijlage 3D.1



# Basiselementen en hun relaties

## Inleiding.

Als opfrissing van de in het V.W.O. verstrekte kennis op meetkundig en stereometrisch gebied, volgen hierna enige notatievormen, basisaxioma's en stellingen.

## Notaties.

Punt:	$A, P, 1, \dots$
Rechte, gebogen lijn	$g, a, k, \dots$
Vlakken	$\pi, \epsilon, \gamma, \dots$ soms $P, Q, \dots$
Gekromde oppervlakken	$\theta, \Sigma, \Gamma, \dots$
Afstanden, lengten	$\overline{AB}, \overline{PE}, \dots$
Hoeken	$\alpha, \beta, \sphericalangle(a,b).$ $\sphericalangle(\pi, \gamma), \sphericalangle(ABC) \dots$
Verbindingslijnstukken	$g = AB,$
Verbindingsvlakken	$\epsilon = ABC, \epsilon = A.g$
Evenwijdigheid	$\parallel$ (in figuur <del>XX</del> )
Niet evenwijdigheid	$\nparallel$
Loodrechttheid	$\perp$ (in figuren <del>a</del> $\perp$ of $\perp b$ )
Niet loodrechttheid	$\nperp$

## Basisaxioma's.

(een axioma is een onbewezen, maar als grondslag aanvaardde stelling of een onomstotelijke waarheid).

Een basisfiguur is meestal bepaald door een relatie tussen de andere basisfiguren.

Zo zijn respectievelijk punt, lijn en vlak bepaald door:

### punt:

• twee snijdende lijnen	$(1,m) = P$
• een lijn, die een vlak snijdt (waarbij de lijn niet in het vlak ligt)	$(\alpha, 1) = P$
• drie snijdende vlakken (die geen rechte lijn gemeenschappelijk hebben)	$(\alpha, \beta, \gamma) = P$

### lijn:

• twee snijdende vlakken	$ \alpha, \beta  = 1$
• twee punten	$ A, B  = 1$

### vlak:

• twee snijdende of twee evenwijdige lijnen	$ 1, m  = \alpha$
• een lijn en een punt buiten die lijn	$ 1, P  = \alpha$
• drie punten	$ A, B, C  = \alpha$

## Relaties tussen basiselementen.

### Evenwijdigheid.

#### punt-lijn

Een gegeven punt kan al dan niet op een gegeven rechte liggen en een gegeven rechte gaat al dan niet door een gegeven punt.

#### punt-vlak

Een punt en een vlak geven een vergelijkbare situatie.

#### lijn-lijn

Deze relatievorm kan als volgt worden ingedeeld:

- snijdende lijnen, beide lijnen hebben slechts één punt gemeenschappelijk;
- evenwijdige lijnen, beide lijnen hebben geen punt gemeenschappelijk of anders gezegd: het gemeenschappelijke punt ligt in het oneindige;
- kruisende lijnen, beide lijnen hebben geen gemeenschappelijk snijpunt en lopen niet evenwijdig.

#### vlak-rechte

Deze relatie is als volgt onderverdeeld:

- de rechte ligt in het vlak; dit is bewezen als twee punten van de rechte in het vlak liggen;
- de rechte is evenwijdig aan het vlak; hiertoe moet iedere lijn van het vlak ofwel evenwijdig zijn met de gegeven rechte, ofwel deze kruisen;
- de rechte snijdt het vlak; de rechte en vlak hebben slechts één punt gemeenschappelijk.

#### vlak-vlak

twee vlakken kunnen als relatie hebben:

- vlak evenwijdig vlak; dit geldt indien twee snijdende lijnen in het ene vlak evenwijdig zijn aan twee snijdende lijnen in het andere vlak;
- vlak snijdt vlak; indien een vlak niet evenwijdig is aan het andere vlak of hiermee samenvalt, snijdt dit vlak het andere vlak volgens een rechte lijn.

### Loodrechtheid.

Loodrechtheid is de eigenschap van het maken van een rechte hoek met een gegeven lijn of vlak. Een hoek kan enkel worden gemeten tussen twee snijdende lijnen. Dus loodrechtheid dient altijd teruggenrecht te worden tot de loodrechtheid van snijdende lijnen.

#### lijn loodrecht vlak

Een lijn staat loodrecht op een vlak indien deze lijn loodrecht staat op iedere lijn van het vlak. Deze lijn wordt ook wel de "normaal" van het vlak genoemd.

#### lijn loodrecht lijn

Twee kruisende lijnen maken een rechte hoek met elkaar, indien iedere lijn evenwijdig is aan één van twee snijdende lijnen, die een hoek van  $90^{\circ}$  maken.

vlak loodrecht vlak

Indien een lijn loodrecht staat op een vlak, staat ieder vlak door deze lijn loodrecht op dat vlak.

De normalen van twee loodrechte vlakken vormen op hun beurt steeds een rechte hoek met elkaar.

Afstand.

punt-punt

De afstand tussen twee punten is de lengte van het door hen begrensde lijnsegment.

punt-lijn

De afstand van een punt en een rechte lijn is de kortste verbinding tussen het punt en de punten van genoemde lijn. Deze kortste afstand is de loodrechte verbinding van dit punt en deze lijn.

punt-vlak

De afstand van een punt tot een vlak is de lengte van de kortste verbindingslijn van dit punt en dit vlak en staat loodrecht op dit vlak.

lijn-lijn

Er bestaat slechts één lijn die twee kruisende rechten verbindt en tegelijkertijd een rechte hoek vormt met beide.

De afstand tussen de snijpunten van deze lijn met de kruisende lijnen is de kortste afstand.

lijn-vlak

De afstand tussen een vlak en een lijn evenwijdig aan dit vlak is de afstand van het vlak en ieder punt van deze lijn.

vlak-vlak

De afstand van twee evenwijdige vlakken is de afstand van één van deze vlakken en een willekeurig punt op het andere vlak.

Hoek.

De hoek tussen twee basiselementen wordt verkregen door het geheel te herleiden tot de hoek tussen twee snijdende lijnen. Enkel twee snijdende lijnen bepalen de hoek.

lijn-lijn

De hoek tussen twee kruisende lijnen is gelijk aan de hoek tussen twee snijdende lijnen, die ieder op hun beurt evenwijdig dienen te zijn met één van de kruisende lijnen.

lijn-vlak

De werkelijke hoek tussen een lijn en een vlak is de kleinste van de hoeken tussen de gegeven lijn en de lijnen van het vlak. De konstruktie is als volgt: breng door de lijn een vlak aan, loodrecht op het gegeven vlak. De hoek, die gevormd wordt door de oorspronkelijke lijn en de snijlijn van de twee vlakken is nu de gewenste hoek.

vlak-vlak

De hoek tussen twee snijdende vlakken wordt gevonden door het aanbrengen van een hulpvlak loodrecht op de snijlijn van de twee vlakken. Dit hulpvlak snijdt de twee vlakken volgens twee lijnen en de hoek tussen deze lijnen is de gezochte hoek.

De hoek tussen twee vlakken is tevens gelijk aan de hoek tussen hun twee normalen.

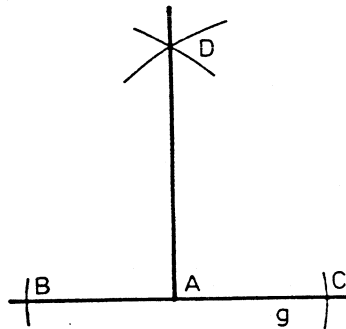


# Meetkundige grondconstructies

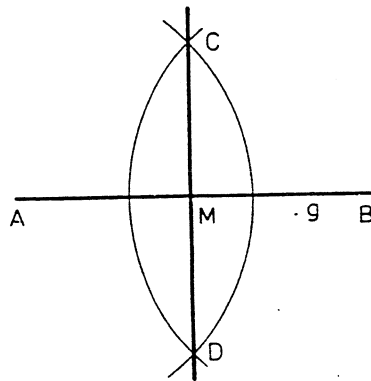
## Inleiding.

Bij het oplossen van vraagstukken zal veelvuldig gebruik moeten worden gemaakt van eenvoudige meetkundige basisconstructies. Deze basiskonstructies hebben meestal iets te maken met het konstrueren van loodlijnen, het opdelen van hoeken en lijnstukken, het konstrueren van evenwijdige lijnen en regelmatige veelvlakconstructies.

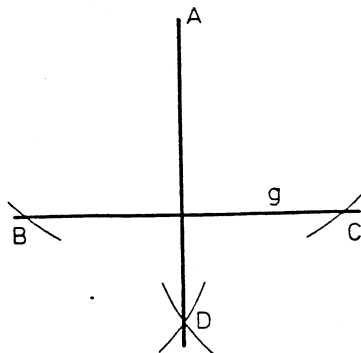
## Konstrueren van loodlijnen.



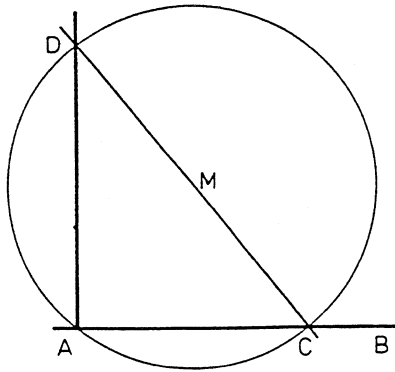
In punt A moet op recht g een loodlijn worden opgericht. Men neemt een geschikte passeropening en cirkelt vanuit A. Lijn g wordt in B en C gesneden. Vanuit B en C cirkelt men met wat grotere passeropening 2 cirkelbogen, die elkaar in D snijden. DA is de loodlijn in A op g.



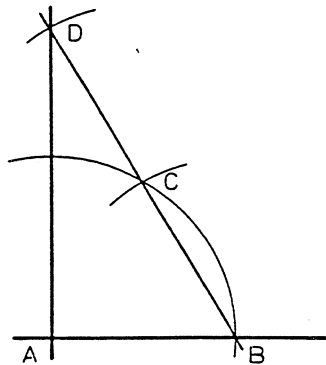
Op AB moet de middelloodlijn worden opgericht. Vanuit A en B worden met een passeropening groter dan de helft van AB twee bogen beschreven, die elkaar in C en D snijden. CD is nu de middelloodlijn.



Vanuit punt A moet op g een loodlijn worden neergelaten. Vanuit A beschrijft men met een geschikte passeropening een boog, die g in B en C snijdt. Vanuit B en C beschrijft men 2 bogen (met gelijke passeropening), die elkaar in D snijden. AD is nu de loodlijn uit A op BC.



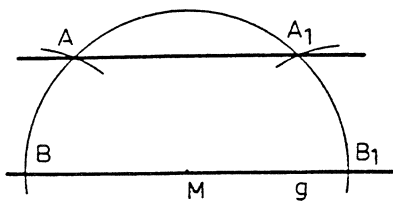
Het konstrueren van een loodlijn op punt A van lijnstuk AB.  
 Vanuit een willekeurig punt M beschrijft men een cirkel, die door A gaat en AB in C snijdt.  
 Het verlengde van CM snijdt de cirkel in D.  
 DA is de loodlijn op AB.



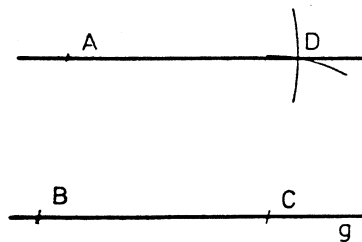
Men beschrijft vanuit A een willekeurige cirkelboog, die de horizontaal in B snijdt.  
 Vanuit B beschrijft men dezelfde cirkelboog, wat punt C oplevert. Men trekt een rechte door B en C. Vanuit C beschrijft men nogmaals dezelfde boog en verkrijgt punt D.  
 DA is de gevraagde loodlijn.

### Konstrueren van evenwijdige lijnen.

Het grondprobleem is meestal dat door een punt (A) een lijn gekonstrueerd moet worden, evenwijdig aan een gegeven lijn (g).  
 Achtereenvolgens zullen hiervoor drie mogelijkheden worden bekeken en het tekenen van twee evenwijdige gebogen lijnen.

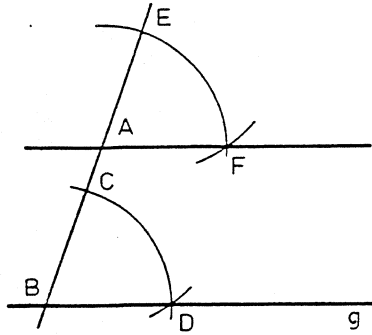


Op g kiest men willekeurig punt M.  
 Men beschrijft een cirkel met middelpunt M, die door punt A gaat. De cirkel snijdt g in B en  $B_1$ . Vanuit  $B_1$  beschrijft men een cirkel met straal BA. Deze cirkel snijdt de eerste cirkel in  $A_1$ .  
 $A-A_1$  is evenwijdig aan g.



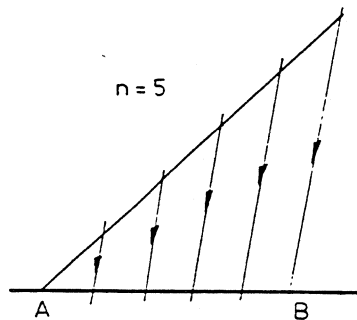
Men kiest willekeurig punten B en C.  
 De cirkel met middelpunt C en straal AB en de cirkel met middelpunt A en straal BC snijden elkaar in D.  
 $A-D$  is evenwijdig aan g.





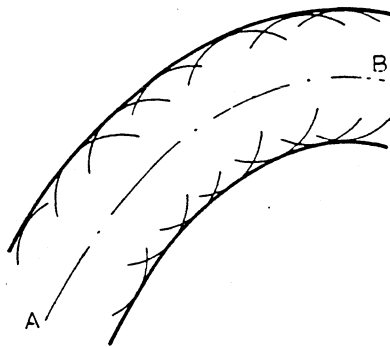
Door A trekt men een willekeurige rechte, die g in B snijdt.  
 Vanuit A en B beschrijft men twee cirkelbogen met gelijke stralen. Nu ontstaan snijpunten C, D en E.  
 Vanuit E beschrijft men een cirkelboog met straal CD en men krijgt snijpunt F.  
 AF is evenwijdig aan g.

Het verdelen van lijnstukken.

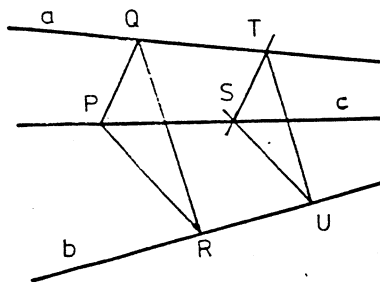


Een gegeven lijnstuk AB moet in n gelijke delen worden verdeeld.

Vanuit punt A wordt willekeurig een rechte getrokken waarop men n maal een willekeurig lijnstuk afzet.  
 We verbinden het laatste punt met punt B. Nu trekken we door de deelpunten lijnen evenwijdig aan laatstgenoemde.  
 Lijnstuk AB wordt nu verdeeld in n gelijke stukken.

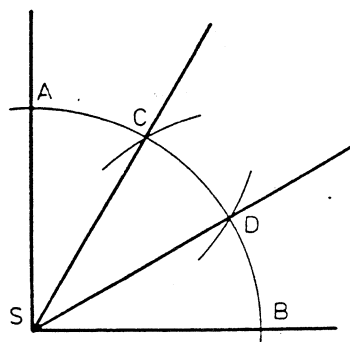
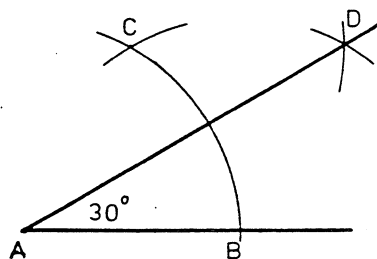
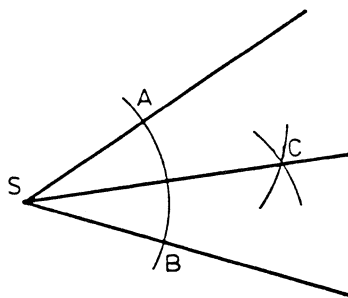
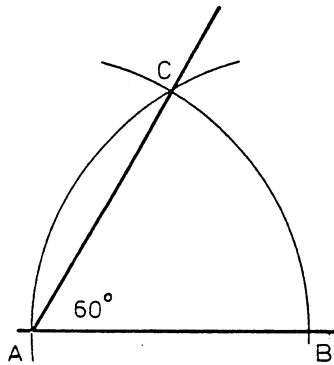
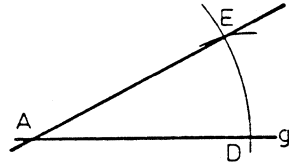
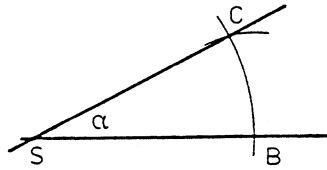


Het tekenen van evenwijdige lijnen, waarvan de middel-lijn gegeven is.  
 Teken hiertoe eerst een reeks cirkels, waarvan de middelpunten op de middel-lijn liggen.  
 Met gebruikmaking van een mal zijn nu de omschreven lijnen te tekenen, die evenwijdig zijn aan de middel-lijn.



Het tekenen van een lijn door een gegeven punt en het snijpunt van twee lijnen, waarbij dit snijpunt buiten de tekening valt.  
 Gegeven de lijnen KL en MN en het punt P.  
 Konstrueer een willekeurige driehoek PQR met Q en R op de lijnen. Teken nu nog een driehoek (STO), waarvan de zijden evenwijdig zijn aan die van de eerste driehoek en twee punten op de lijnen KL en MN.  
 De verbindingslijn van P en het derde hoekpunt is nu de gevraagde lijn.

## Het konstrueren en verdelen van hoeken.



Het overbrengen van een hoek.

Men beschrijft, met middelpunt S, een willekeurige cirkel, die de hoekbenen in C en B snijdt.

Vanuit A cirkelen we dezelfde straal om. Rechte g wordt gesneden in D.

Vanuit D cirkelen we om met straal BC, zodat we punt E verkrijgen.

Hoek EAD is gelijk aan hoek CSB.

Een hoek van  $60^\circ$  konstrueren.

Men beschrijft om de eindpunten van een willekeurig gekozen lijnstuk AB cirkels met straal AB.

Deze cirkels snijden elkaar in C.

Hoek CAB bedraagt  $60^\circ$ .

Een gegeven hoek in 2 gelijke delen verdelen.

Om het hoekpunt wordt een willekeurige cirkel beschreven. De cirkel snijdt de hoekbenen in A en B.

Om A en B beschrijft men gelijke cirkels, die elkaar in C snijden.

De verbindingslijn CS halveert de hoek ASB.

Een hoek van  $30^\circ$  konstrueren.

Beschrijf om punt A van een willekeurig gekozen lijnstuk AB een cirkel met straal AB.

Vanuit B cirkelen we met dezelfde straal om en vinden snijpunt C.

Vanuit C en B cirkelen we weer om en vinden snijpunt D.

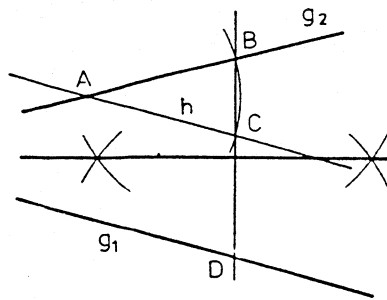
Hoek DAB is  $30^\circ$ .

Een rechte hoek verdelen in 3 gelijke hoeken.

Beschrijf een willekeurige cirkel met als middelpunt hoekpunt S.

De cirkel snijdt de hoekbenen in A en B.

Met dezelfde straal cirkelen we om vanuit A en B en vinden de snijpunten C en D. CS en DS verdelen de rechte hoek in 3 gelijke delen.



Halveren van een hoek, waarvan het hoekpunt buiten de tekening ligt.

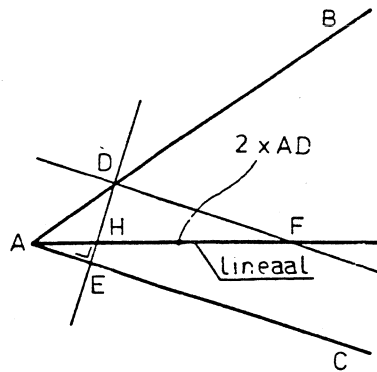
De hoekbenen zijn  $g_1$  en  $g_2$ .

Trek evenwijdig aan  $g_2$  een rechte  $h$ , die  $g_2$  in  $B$  snijdt.

Cirkel vanuit  $A$  met willekeurige straal en vindt  $B$  en  $C$ .

$BC$  wordt verlengd en snijdt  $g_1$  in  $D$ .

De middelloodlijn van  $BD$  verdeelt de hoek in gelijke delen.



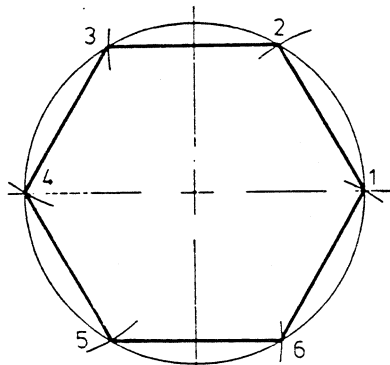
Het verdelen van een hoek in drieën.

Gegeven de hoek  $BAC$ . Leg langs het been  $AB$  een willekeurige lengte  $AD$ . Konstrueer vanuit  $D$  de lijn  $DE$  loodrecht op  $AC$  en de lijn  $DF$  evenwijdig aan  $AC$ .

Leg door  $A$  een liniaal en kies de hoek hiervan dusdanig dat  $HF$  tweemaal de afstand  $AD$  is.

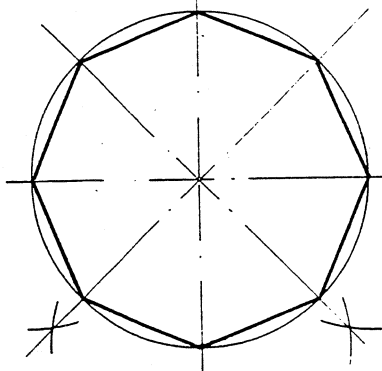
De hoek  $HAC$  is dan een derde van de hoek  $BAC$ .

### Het konstrueren van regelmatige veelhoeken.



Een cirkel verdelen in zes respektievelijk in drie delen.

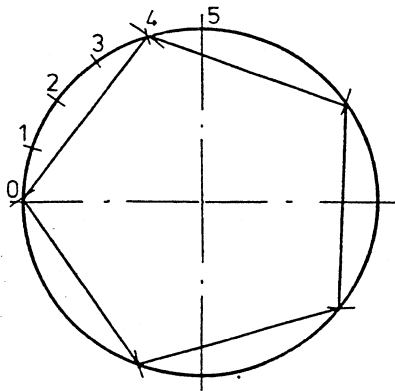
Met de cirkelstraal als passeropening worden vanaf punt (willekeurig) door steeds om te cirkelen de punten gevonden. Als men de punten verbindt, krijgt men een regelmatige zeshoek. Verbindt men de punten dan krijgt men een gelijkzijdige driehoek.



Een cirkel verdelen in 4 respektievelijk 8 delen.

De assen van een rechthoekig assenkruis verdelen de cirkel in 4 delen. De verbindingslijnen vormen een regelmatige vierhoek.

Halveert men de rechte hoeken van het assenkruis dan is de cirkel verdeeld in acht delen. Verbindingslijnen naar de snijpunten leveren een gelijkmatige achthoek.

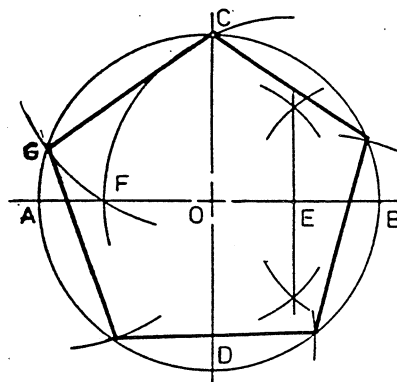


De cirkel verdelen in vijf respectievelijk 10 delen. Een kwart van de cirkelomtrek wordt verdeeld in vijf gelijke delen.

We nemen de afstand van punt 0 tot 4 in de passer en zetten dat langs de cirkelomtrek uit, beginnend in punt 4.

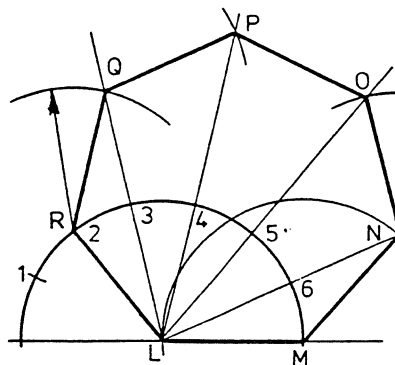
Zo krijgen we de hoekpunt van een regelmatige vijfhoek. Als de hoeken nu wederom gehalveerd worden dan levert dat nieuwe punten op aan de cirkelomtrek.

Dit zijn hoekpunten van een regelmatige tienhoek.



Het konstrueren van een regelmatige vijfhoek.

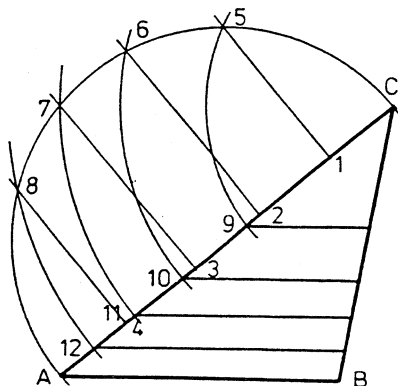
Gegeven de omgeschreven cirkel. Teken de assen AB en CD. Verdeel OB in tweeën en teken de cirkelboog EF met E als middelpunt en EC als straal. Teken vervolgens een cirkelboog met CF als straal en C als centrum. Dit levert ons punt G op en CG is één van de zijden van de vijfhoek.



Het konstrueren van een regelmatige n-hoek, waarbij een zijde (LM) gegeven is. Teken een cirkel met LM als straal. Verdeel deze cirkel in n delen. Trek de radiale lijnen door de punten 2, 3 .... n.

Door omcirkelen vanuit M, 2 n etc. van de straal R ontstaat de veelhoek.

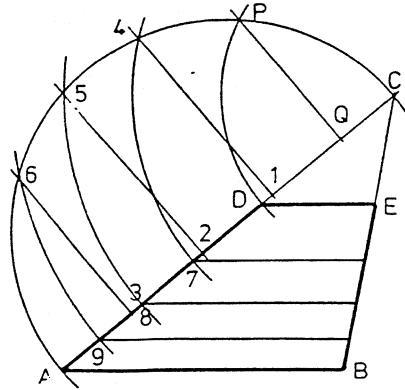
Oppervlakken.



Het verdelen van het oppervlak van een driehoek (ABC) in delen met een gelijk oppervlak.

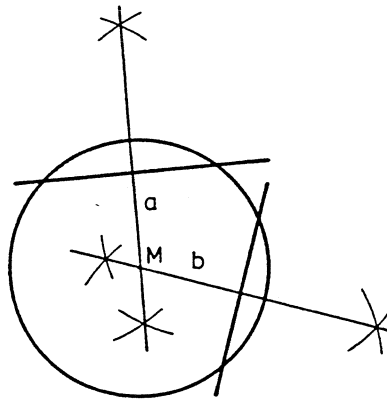
Deel hiertoe AC in het gewenste aantal gelijke delen en trek de halve cirkel met AC als middellijn.

Richt in de punten 1, 2 .. n loodlijnen op die deze halve cirkel snijden. Neem nu C als middelpunt en cirkel van hieruit om. Ter komplementering van de konstruktie worden nu nog de evenwijdige lijnen getrokken.



Het verdelen van een trapezium (ABDE) in delen met een gelijk oppervlak. De konstruktie is vergelijkbaar met die bij een driehoek.

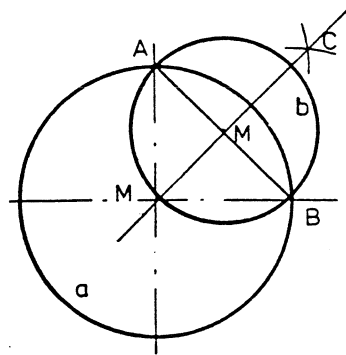
Maak van het trapezium eerst een driehoek door verlenging van de zijden. Teken weer de halve cirkel die AC als diameter heeft. Cirkel nu CD om en bepaal punt Q. Verdeel nu QA in het gewenste aantal delen en maak de konstruktie af, zoals bij de driehoek behandeld.



Konstruktie van het middelpunt van een willekeurige cirkel of cirkelboog.

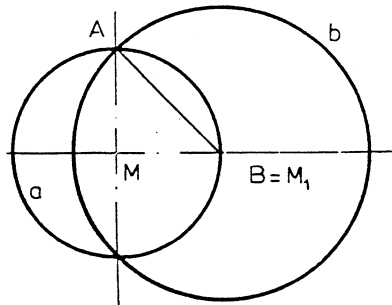
Twee willekeurige koorden, die niet evenwijdig zijn, worden door de stralen a en b gehalveerd.

Het snijpunt van deze stralen is het gezochte middelpunt M.



Konstrueer een cirkel (b), waarvan het oppervlak de helft is van dat van een gegeven cirkel (a).

In de gegeven cirkel a verbindt men de snijpunten A en B van de assen met de cirkelomtrek met elkaar. De aldus ontstane koorde wordt op bekende wijze gehalveerd door vanuit M een loodlijn er op neer te laten. Het snijpunt van deze loodlijn met de koorde is nu het middelpunt van de gezochte cirkel en de halve koorde is de straal.



Konstrueer een cirkel b, waarvan het oppervlak het dubbele bedraagt van dat van een gegeven cirkel a. In de gegeven cirkel a verbindt men de snijpunten A en B van de assen met de cirkelboog met elkaar. De aldus gevormde koorde is nu de straal van de gevraagde cirkel en A of B het middelpunt  $M_1$ .



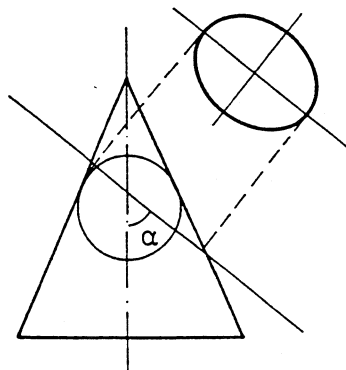
# Constructiewijzen voor kegelsneden, evolvente en spiraal

## Inleiding.

Indien binnen de techniek gebruik gemaakt wordt van gebogen lijnen worden deze vaak opgebouwd uit delen van meetkundig goed te definiëren krommen, de zogenaamde kegelsneden. Het zijn er een viertal, waarvan de cirkel het meest bekend is. De andere drie zijn ellips, parabool en hyperbool. Ze ontstaan door het snijden van een kegel met een vlak.

In deze bijlage zullen een aantal methoden behandeld worden met behulp waarvan deze figuren op eenvoudige wijze te tekenen zijn.

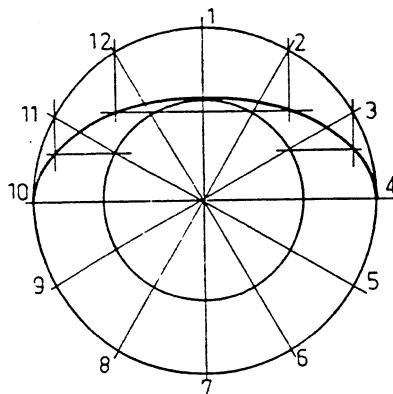
### De ellips.



De ellips ontstaat door het snijden van een kegel met een vlak dat een hoek maakt met de rotatie-as, maar waarbij die hoek groter is dan de halve tophoek van de kegel.

Naarmate deze hoek verandert, verandert de verhouding van de lange- en de korte as.

### Konstruktie-methoden.



#### Concentrische cirkelmethode.

Gegeven zijn hierbij de lange as en de korte as.

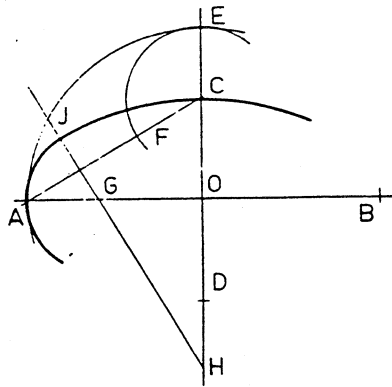
Straal grote cirkel: halve lange as.

Straal kleine cirkel: halve korte as.

Verdeel grote cirkel in aantal delen (gebruikelijk is 12). Verbind deze punten met het middelpunt. Trek vanuit de doorsnijdingen met kleine cirkel horizontale lijnen. Vanuit de korresponderende punten op de grote cirkel worden verticale lijnen getrokken. De snijpunten van deze lijnen vormen punten van de ellips.

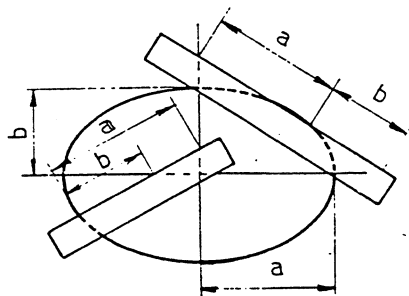
#### Benaderingsmethode door cirkelbogen.

Ook hierbij zijn twee assen gegeven. Teken deze assen (AB en CD), verbindt A met C en trek de cirkelboog met straal OA, die het verlengde van OC snijdt in E. Trek vervolgens een cirkelboog



met straal CE die AC snijdt in F. Richt de middelloodlijn van AF op. Deze snijdt de lange as in G en de korte as in H.

Cirkel vanuit H een boog met straal HC. Dit is het gedeelte CJ van de ellips. Cirkel tenslotte vanuit G een boog met straal GA tot aan J en het resultaat is een redelijke benadering van een ellips.



De stokpassermethode.

Dit is een goede methode om willekeurige punten te gebruiken voor het bepalen van moeilijke gedeelten van een ellips.

De stokpasser kan gemaakt worden van karton of een gevouwen stuk papier.

De helft van de lange as en de helft van de korte as worden op één van de twee aangegeven manieren uitgezet. Markeer de punten A, B en P.

Beweeg de stokpasser zó dat B langs de korte as beweegt, terwijl A langs de lange as beweegt. Het punt P doorloopt op die manier de ellips.

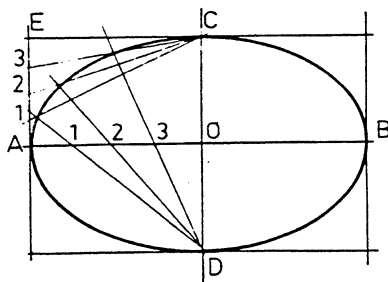
Twee punaises en een touwtje.

Verbindt twee punaises door een touwtje. Zet een potlood in dit touwtje, trek het strak en beweeg het potlood op deze wijze rond de punaises. De aldus ontstane figuur is een ellips.

Parallelogrammethode.

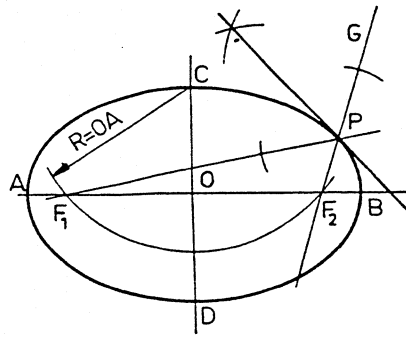
Stel dat de korte as en de lange as gegeven zijn, teken dan het vierkant wat om de ellips ligt.

Verdeel nu de lange as en de korte zijde in een gelijk aantal delen (bijvoorbeeld drie) en verbindt de aldus ontstane punten met het midden van de lange zijden van het vierkant. De aldus te vinden snijpunten worden nu met behulp van een mal verbonden en de ellips is gereed.

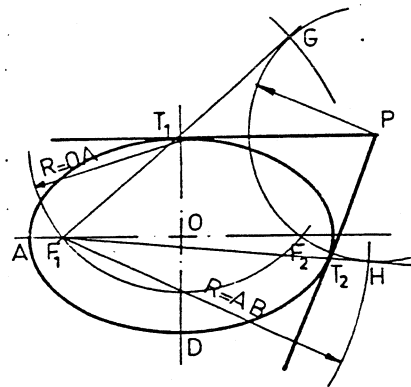




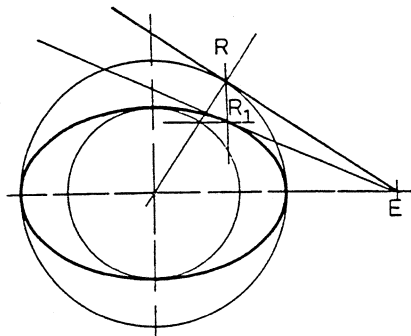
Raaklijnkonstrukties.



Raaklijn aan de ellips in een punt (P) op de omtrek van de ellips (ABCD). Gebruik punt C als middelpunt van een straal gelijk aan de lange as. Op deze wijze ontstaan de brandpunten  $F_1$  en  $F_2$ . Trek nu  $F_1P$  en  $F_2P$ . De bissectrice van de hoek  $F_1PG$  is nu de gevraagde raaklijn.

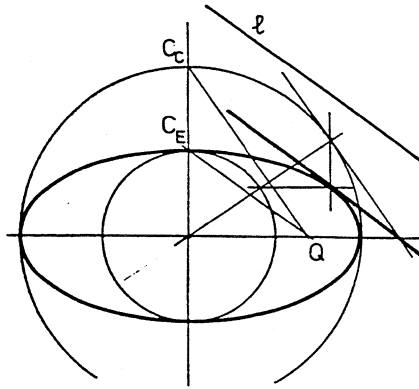


Raaklijn aan de ellips vanuit een willekeurig punt (P) buiten de ellips (ABCD). Konstrueer wederom de brandpunten  $F_1$  en  $F_2$ . Teken hierna een cirkel met P als middelpunt en  $PF_2$  als straal. Teken vervolgens met  $F_1$  als middelpunt AB als middelpunt ook een cirkel. Deze twee cirkels snijden elkaar in G en H. Trek nu de lijnen  $GF_1$  en  $HF_1$  waardoor de punten  $T_1$  en  $T_2$  gevonden worden. Kompleteer hierna de figuur.



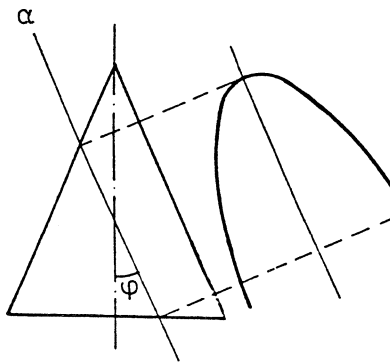
Raaklijn aan een ellips uit een punt op het verlengde van de lange as. In de figuur zijn de cirkels op de lange en korte as van een ellips getekend. Uit het punt E op het verlengde van de lange as konstrueren we eerst de raaklijn ER aan de grote cirkel en daarna op de bekende manier het punt  $R_1$  van de ellips.  $ER_1$  is dan de raaklijn uit E aan de ellips.

Raaklijn aan een ellips uit een punt op het verlengde van de korte as. Dit gebeurt op analoge wijze. Het verschil is dat men vanuit E (liggend op de korte as) een raaklijn konstrueert aan de kleine cirkel om vervolgens het daarbij behorende punt  $R_1$  van de ellips te konstrueren.



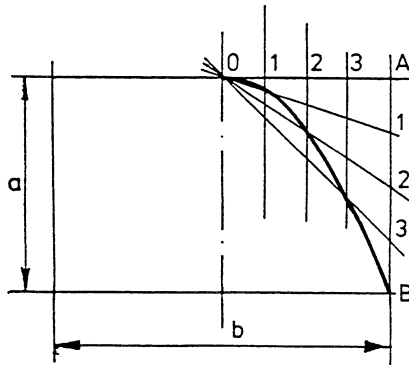
Raaklijnen aan een ellips evenwijdig aan een gegeven rechte. De lange as is voor de cirkel en de ellips de affiniteitsas. Moeten we evenwijdig aan  $l$  een raaklijn aan de ellips trekken dan tekenen we  $C_E Q // l$ . De rechte  $C_E Q$  correspondeert met de rechte  $C_C Q$ . Konstrueren we evenwijdig hieraan raaklijnen aan de grote cirkel, dan zullen de hiermee korresponderende lijnen de gevraagde raaklijnen aan de ellips zijn.

### De parabool.

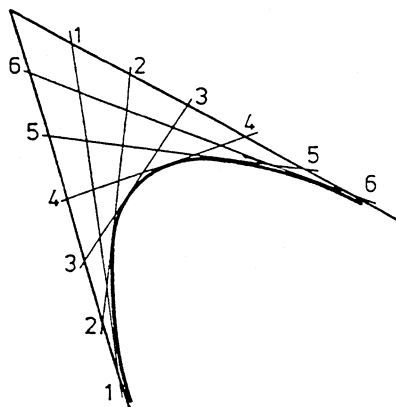


Een parabool kan men ontstaan denken door het snijden van een kegel met een vlak  $\alpha$ , wanneer dit vlak een hoek  $\varphi$  met de kegelas maakt, gelijk aan de halve tophoek van de kegel. De halve tophoek is de hoek die een beschrijvende van de kegel met de hartlijn of omwentelingsas van de kegel maakt.

### Konstruktie methoden.

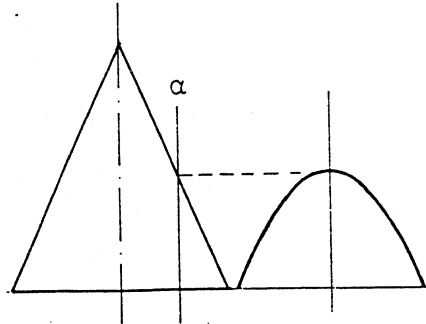


Konstruktie bij gegeven hoogte en breedte. Verdeel OA in een aantal gelijke delen. Richt deze verticale lijnen op in de punten 1, 2, 3 etc. Verdeel AB in hetzelfde aantal delen en nummer de punten 1', 2', 3' etc. Het snijpunt van 01' met de vertikaal in 1 levert een punt van de parabool. Op overeenkomstige wijze worden de andere punten gevonden.

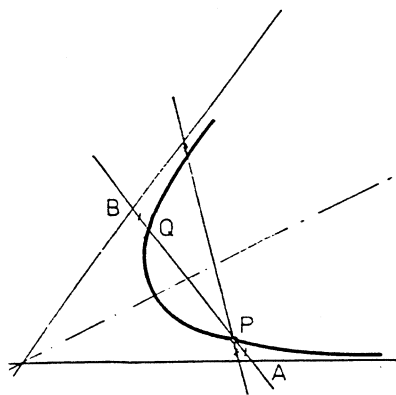
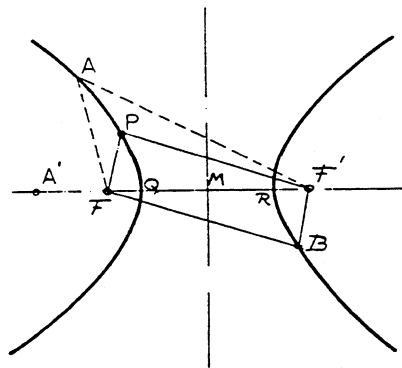


Konstruktie bij twee gegeven raaklijnen. Teken de twee raaklijnen en de twee raakpunten. Verdeel AC en AB in een gelijk aantal delen. Nummer AC van C naar A en AB van A naar B. Verbind de punten met hetzelfde nummer. Op deze manier ontstaat een aantal toegevoegde raaklijnen. Strook de parabool langs de ontstane raaklijnen.

## De hyperbool.



### Konstruktie methoden.



Ook de hyperbool ontstaat door het snijden van een kegel met een vlak.

Het doorsnijdingsvlak loopt hierbij evenwijdig aan de omwentelingsas.

Denken we ons een tweede kegel met dezelfde omwentelingsas en top, maar omgekeerd, dan ontstaat de tweesbladige hyperbool.

Konstruktie bij gegeven brandpunten.

De verbindingslijn van de brandpunten is een symmetrielijns van de hyperbool.

In de figuur is dus  $AF' - AF = PF' - PF = QF' - QF = RF' - RF = BF' - BF$ .

Het blijkt dat dit verschil gelijk is aan de afstand van de toppen.

Punt A is als volgt gekonstrueerd.

Kies op de symmetrie-as punt A'.

$RA' - QA' = QR$ .

Cirkel RA' om uit F' en cirkel QA' uit F.

Het snijpunt van de cirkelbogen is A, een punt van de hyperbool.

Konstruktie methode van een hyperbool als gegeven zijn: de asymptoten en één enkel punt P van de hyperbool.

De konstruktie is gebaseerd op het feit dat  $BQ = PA$  op elke koorde van de hyperbool.

Meet PA en zet BQ uit gelijk aan PA.

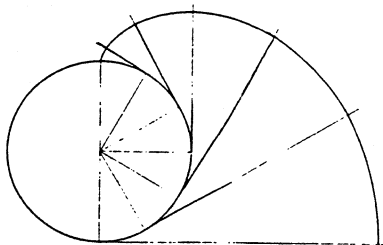
Teken een willekeurige koorde door de asymptoten en het punt P.

Trek nu meer koorde door P of Q en bepaal de korresponderende punten.

## Evolvente.

De evolvente ontstaat als we een koorde zich laten afwikkelen van een cirkel of veelhoek.

Als voorbeelden zijn de figuren genomen, die ontstaan bij een cirkel en een vijfhoek.

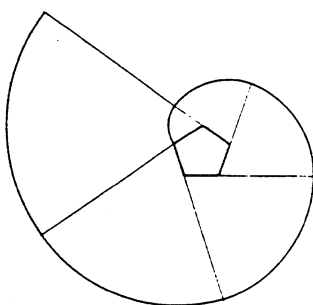


### Cirkel.

Verdeel de omtrek in een aantal gelijke delen.

Konstrueer raaklijnen in de aldus ontstane punten en leg langs deze raaklijn het cirkeldeel van het beginpunt tot het raakpunt.

De evolvente is de gestrookte kromme door de aldus ontstane punten.



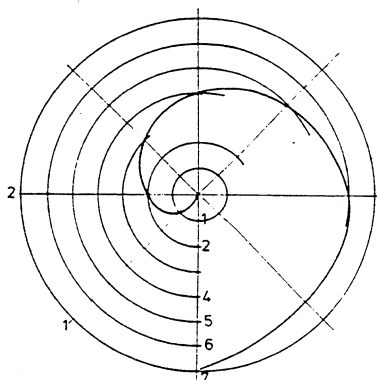
### Veelhoek.

Verleng hierbij de zijden van de veelhoek.

Kies een hoekpunt als beginpunt en zet per verlengde zijde de afstand af die ontstaat door het aantal zijden van het hoekpunt tot het aanvangshoekpunt achter elkaar te zetten.

De aldus ontstane afstand wordt omgecirkeld en zo ontstaat een cirkelboogkombinatie die spiraalvormig is.

## De Spiraal van Archimedes.



De spiraal van Archimedes is een vlakke curve die ontstaat door een punt eenparig rond een punt te laten wintelen en tegelijkertijd naar buiten te verplaatsen langs een lijn die dus met een vaste hoeksnelheid om het centrum roteert.

Om deze figuur te tekenen, wordt een pakket concentrische cirkels getekend.

De concentrische cirkels worden verdeeld in even veel punten als hun aantal.

De spiraal start in het centrum en gaat per part één concentratiecirkel verder.

# Axometrische constructies

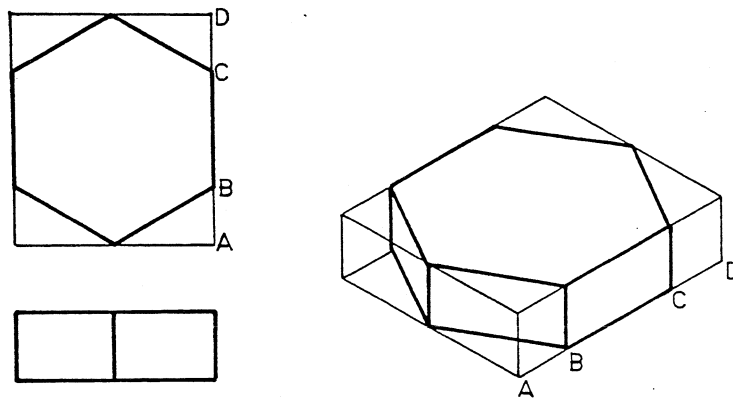
## Inleiding.

Zoals in het hoofdstuk over projekteren en projektie-methode reeds werd vermeld, is de axonometrie een veel gebruike tekentechniek voor het driedimensionaal weergeven van technische objekten. In deze bijlage worden enkele hulpmethoden behandeld voor het tekenen van complexe figuren en cirkels.

## De blokmethode.

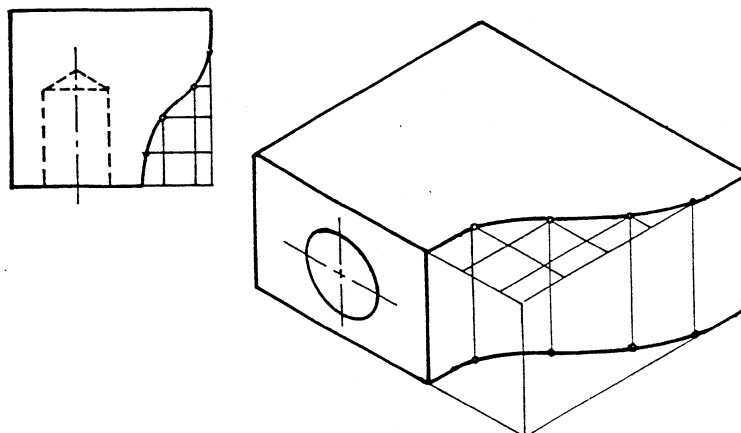
Als een voorwerp veel niet-isometrische lijnen bevat, kan het ook getekend worden volgens de zogenaamde "blokmethode".

Hierbij wordt het voorwerp in een rechthoekig blok, dat in rechthoekige projectie getekend is, opgesloten. Het blok wordt dan in isometrische projectie getekend. Het voorwerp wordt bepaald door de kontaktpunten met blok. Lijnen, die op het voorwerp evenwijdig lopen, doen dat ook in de isometrische projectie.



## De koördinatenmethode.

Vaak hebben we veel lijnen in de figuur die niet evenwijdig lopen met de isometrische assen. Willen we deze lijnen toch tekenen dan moeten we er m.b.v. koördinaatbepaling punten van zien te vinden. Bij een rechte lijn kan met twee punten volstaan worden, maar bij een gebogen lijn zijn er meer nodig.



## Cirkels en cirkelbogen.

We kunnen binnen de axonometrie cirkels benaderen door het plaatsen van een reeks punten dan wel door de figuur uit een aantal cirkelsegmenten op te bouwen.

### Plotmethode.

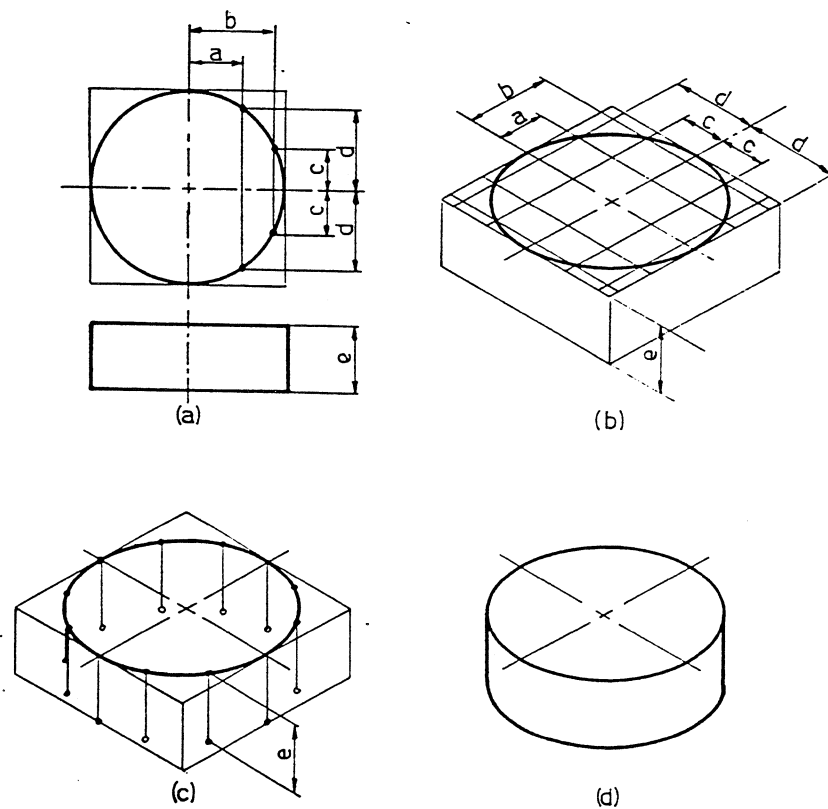
Hierbij wordt het punt bepaald door twee lijnen te snijden die evenwijdig lopen aan de isometrische assen. Als voorbeeld bekijken we een cilinder.

Allereerst blokken we de figuur in. De assen door het middelpunt van de cirkel snijden hierbij het blok in punten waar de zijden als raaklijn aan de ellips gaan functioneren (a).

Met behulp van de koördinatenmethode bepalen we enkele punten op de omtrek van de ellips.

De tweede ellips is nu te vinden door ieder punt van de bovenste ellips over een afstand gelijk aan de hoogte van de ellips te laten zakken.

De figuur wordt hierna met mal en liniaal gekompleteerd.



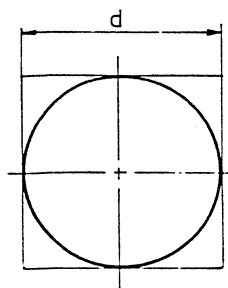
### De vier-middelpunten ellips.

Is het niet nodig om een werkelijke ellips te krijgen, maar is een globale benadering ook goed, dan kan gebruik gemaakt worden van de benadering van de ellips door vier cirkelsegmenten.

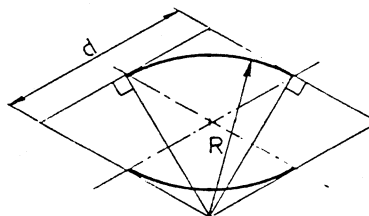
Net als bij de plotmethode konstrueren we eerst de isometrische ruit.

In het snijpunt van de assen met de ruit worden nu loodlijnen opgericht die paarsgewijs elkaar snijden en aldus de middelpunten vormen van de cirkelsegmenten.

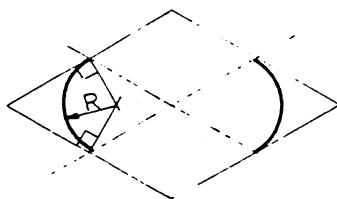
Hierna worden deze cirkels getekend en is de figuur compleet.



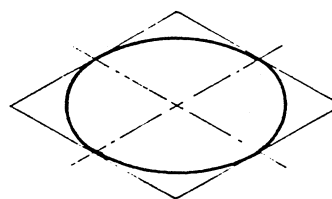
(a)



(b)



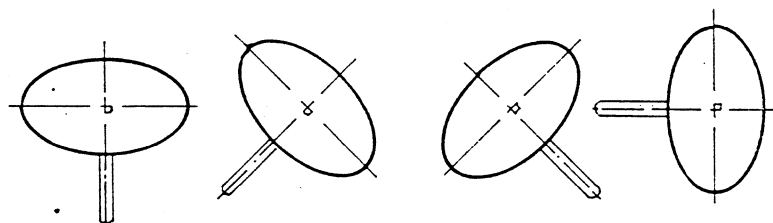
(c)



(d)

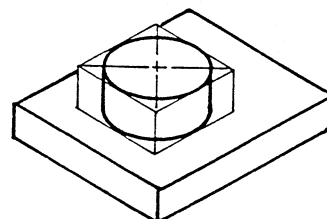
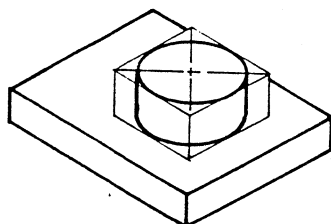
Belangrijke punten bij het schetsen.

Een cirkel in een ruimtelijke schets is een ellips waarvan de lange as altijd loodrecht staat op de rotatie-as. De korte as valt dus samen met de rotatie-as.



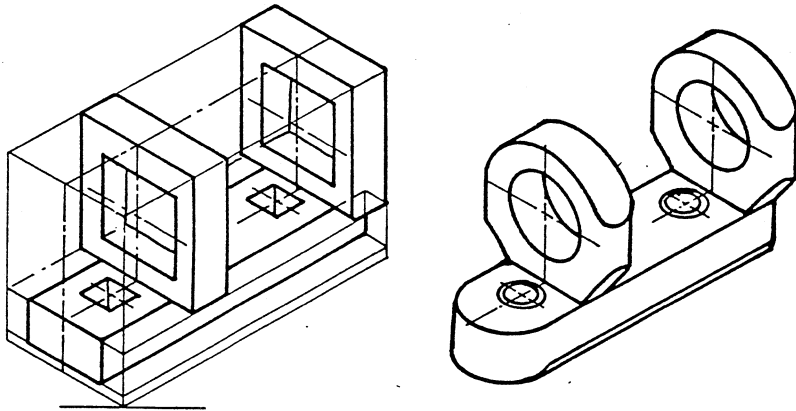
Hierop moet men vooral letten, als men te maken heeft met een voorwerp, dat voornamelijk opgebouwd is uit cilindrs, die om dezelfde as gegroepeerd zijn.

Hieruit volgt, dat alle cirkels in horizontale vlakken geschetst worden met de lange as horizontaal.



De meeste voorwerpen bestaan echter meestal uit combinaties van cirkelbogen en rechte lijnen. Men kan daarom het beste voor alle cirkelvormen het omgeschreven ruimtelijke vierkant schetsen.

De ellipsen moeten elkaar raken in het midden van de zijden van het omgeschreven vierkant. Het is raadzaam om daarom ook altijd de hartlijnen te schetsen.



#### Axonometrische schalen

In het hoofdstuk "projekteren en projectiemethoden" is bij de delen over dimetrie en trimetrie een aantal gevisualiseerde tips opgenomen over stand t.o.v. het projectievlak en verkortingsverhoudingen. Deze informatie is summier en geeft geen inzicht in het hoe en waarom. Om die reden wordt in dit deel van de bijlage wat verder ingegaan op de dimetrische en trimetrische projectie en de konstruktie van ellipsen hierin.

#### Dimetrische schaal

Het ontwerp dient in de ruimte gepositioneerd te worden dat in projectie twee van de drie hoeken die de assen maken gelijk zijn en groter dan  $90^\circ$ .

Is dit gebeurd dan moet de juiste verkortingsverhouding worden gekonstrueerd. Hiertoe snijden we het voorwerp met een vlak dat evenwijdig is aan het vlak van tekening. Lijnen in dit vlak zullen in ware grootte aanwezig zijn, dus ook de doorsnijdingslijnen.

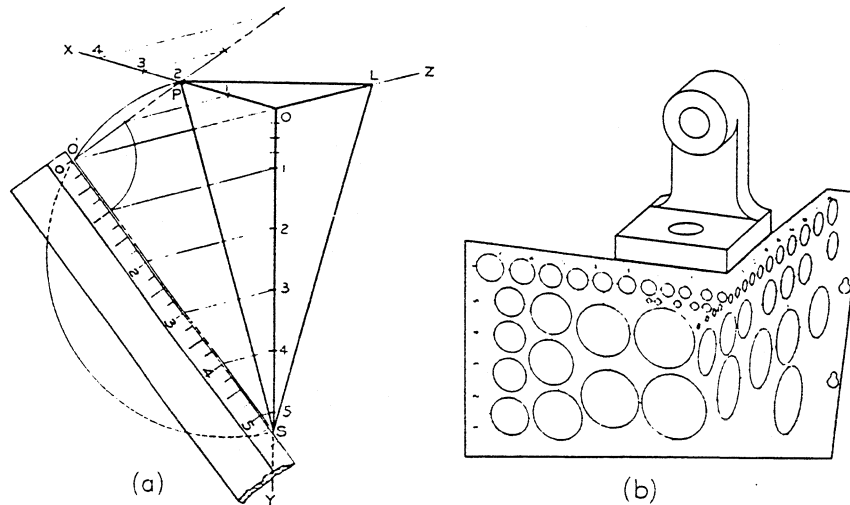
In het hoofdstuk "punt, lijn en vlak in de ruimte" is aangetoond dat indien twee lijnen elkaar loodrecht snijden of kruisen en één van deze lijnen in projectie in ware grootte aanwezig is, de loodrechte hoek ook als zodanig zichtbaar is. Nu staat iedere as loodrecht op het vlak dat gevormd wordt door beide andere assen. Dus loodrecht op alle lijnen in dit vlak. Van deze lijnenverzameling zijn nu die lijnen in ware grootte aanwezig die, in projectie, loodrecht staan op het verlengde van de projectie van de as.



Zijn op deze wijze de doorsnijdingslijnen van het vlak met de figuur gevonden, dan klappen we de aldus ontstane driehoeken in het vlak van tekening neer om zo de ware grootte van het van de assen afgemeten deel te vinden. Voor dit neerslaan maken we gebruik van het feit dat de assen onderling een loodrechte stand bezitten. Na neerslaan moet dan deze hoek in ware grootte te zien zijn.

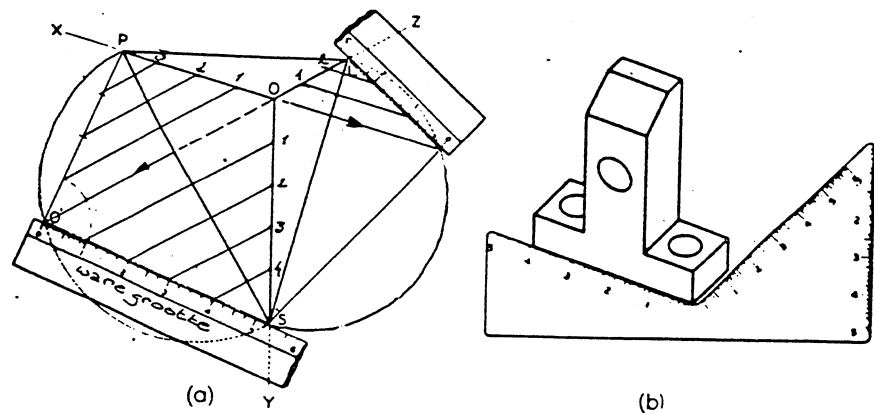
Een ander eigenschap is die, dat bij een halve cirkelboog hoeken van  $90^\circ$  ontstaan indien we een willekeurig punt op deze boog verbinden met de uiteinden van de middellijn.

Van de aldus ontstane driehoek worden nu de zijden met een lineaal van een maatverdeling voorzien. Gebruikmakend van de konstruktie om een gegeven lijnstuk te verdelen (bijlage II) brengen we deze maatverdeling over op de projektie van de as en hebben zo de verkorte maatverdeling en dus de verkortingsverhouding gevonden. Dit doen we nu voor alle drie de assen.



### Trimetrische schaal

De trimetrische schaal ontstaat op vergelijkbare wijze als de dimetrische schaal, met uitzondering van het feit dat nu de projekties van de hoeken die de assen met elkaar maken alle drie verschillend zijn en groter dan  $90^\circ$ .



Zowel voor de dimetrie als voor de trimetrie zijn uitstekende mallen aanwezig waarop de verkorte schalen staan, de hoeken tussen de assen en meestal nog enkele ellipsen in de verschillende vlakken. De verkortingsverhouding is dan natuurlijk wel bepaald door de stand die de mallenproducent gekozen heeft.

In de trimetrische schaal, zoals weergegeven in het hoofdstuk "projekteren en projektiemethoden", is de stand dusdanig gekozen dat voor de ellipsen in de respektievelijke vlakken, gebruik gemaakt kan worden van standaardellipsen. Hiertoe is een van de zijvlakken onder een hoek van  $30^{\circ}$  met het vlak van tekening geplaatst en het bovenvlak onder een hoek van  $34^{\circ}$ .

Bij het konstrueren van ellipsen moet gelet worden op de volgende punten (hierbij is de cirkel als doorsnede van een cilinder beschouwd):

- in de tekening staat de lange as altijd loodrecht op de hartlijn of as van de cilinder

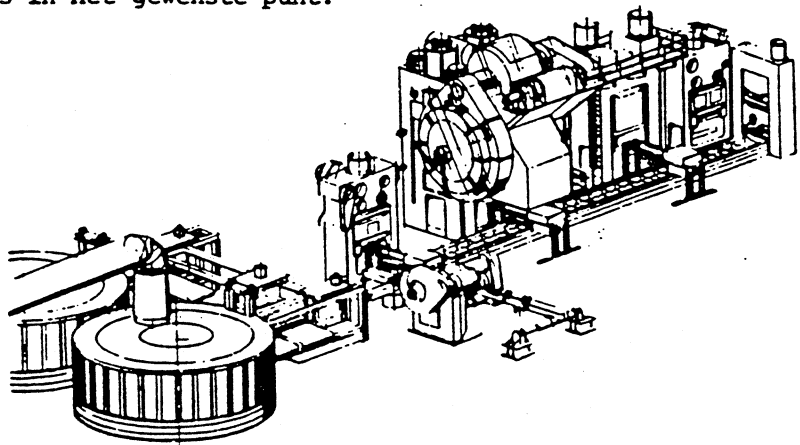
- de korte as staat loodrecht op de lange as, in tekening vlat hij dus samen met de cilinderas

- de lengte van de lange as is gelijk aan de werkelijke diameter van de cilinder.

Het probleem is dus teruggebracht tot het zoeken van de lengte van de korte as. Hiertoe wordt eerst de ruit getekend, waarin de ellips zich bevindt en in deze ruit de lange as getekend. De richting van de korte as is nu wel te vinden en dus ook het snijpunt van het verlengde van de korte as met de ruit.

Trek de verbindingslijn van de snijpunten van de assen en ruit.

Om de lengte van de korte as te vinden volstaat het nu om door één van de uiteinden van de lange as en evenwijdig aan de verbindingslijn van de snijpunten een hulplijn aan te brengen. Deze snijdt de werklijn van de korte as in het gewenste punt.



# Regelmatige veelvlakken

## Definitie.

De stereometrie geeft ons de definitie van een regelmatig veelvlak, namelijk:

Een regelmatig veelvlak is een lichaam, dat begrensd wordt door kongruente regelmatige veelhoeken, waarvan er in ieder punt evenveel samenkomen.

## Indeling.

Regelmatige veelvlakken zijn in de natuur voorkomende vormen (kristallen) en gedurende duizenden jaren hebben onderzoekers zich verwonderd over het feit dat er slechts vijf regelmatige veelvlakken bestaan.

Het bewijs wordt verderop gegeven.

Eerst zullen we in de vorm van een tabel de veelvlakken en hun eigenschappen behandelen.

De gebruikte notatievorm is respectievelijk:

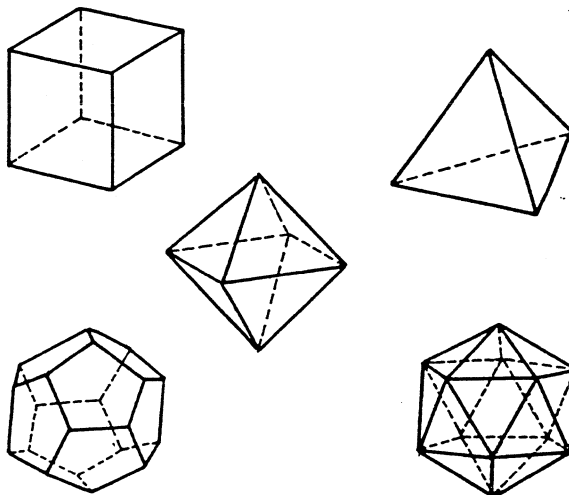
$n$  = aantal zijden van de gebruikte veelhoek

$m$  = aantal veelhoeken, die per hoekpunt samenkomen

$V$  = aantal hoekpunten

$E$  = aantal ribben

$F$  = aantal vlakken

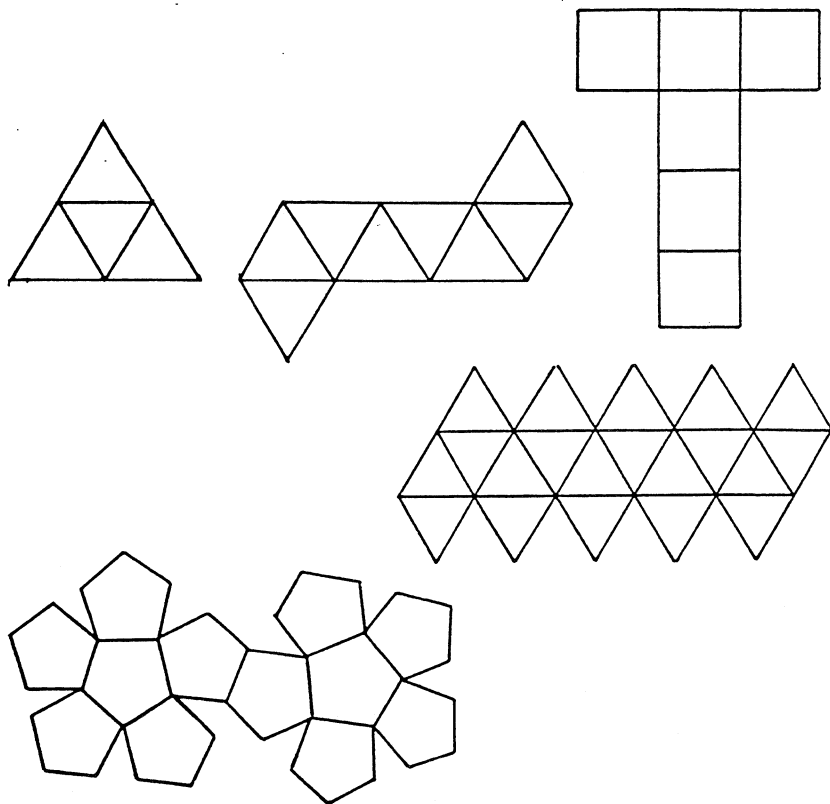


veelvlak	$n$	$m$	$V$	$E$	$F$
tetraëder	3	3	4	6	4
kubus (hexaëder)	4	3	8	12	6
octaëder	3	4	6	12	8
dodecaëder	5	3	20	30	12
icosaëder	3	5	12	30	20

In het Nederlands worden ze achtereenvolgens genoemd: regelmatig viervlak, regelmatig zesvlak, regelmatig achtevlak, regelmatig twaalfvlak en regelmatig twintigvlak.

Bekijken we van bovenstaande tabel de kolommen V, E en F dan zullen we daar een wetmatigheid in ontdekken, namelijk:  $V - E + F = 2$ . Gebruikmakend van deze formule van Euler kan via een bewijs uit het ongerijmde worden aangetoond, dat regelmatige veelvlakken enkel kunnen zijn opgebouwd uit driehoeken, vierkanten of vijfhoeken en hiervan zijn slechts vijf mogelijk.

In onderstaande figuur wordt vooruitlopend op een later hoofdstuk, een afbeelding gegeven van de regelmatige veelvlakken na neerslaan in het platte vlak.



# Uitslagen

## Inleiding.

In hoofdstuk 9 zijn figuren opgedeeld in afwikkelbaar en niet-afwikkelbaar.

Een afwikkelbaar oppervlak wordt hierbij gedefinieerd als een oppervlak, dat in het platte vlak is uit te slaan dan wel uit te rollen.

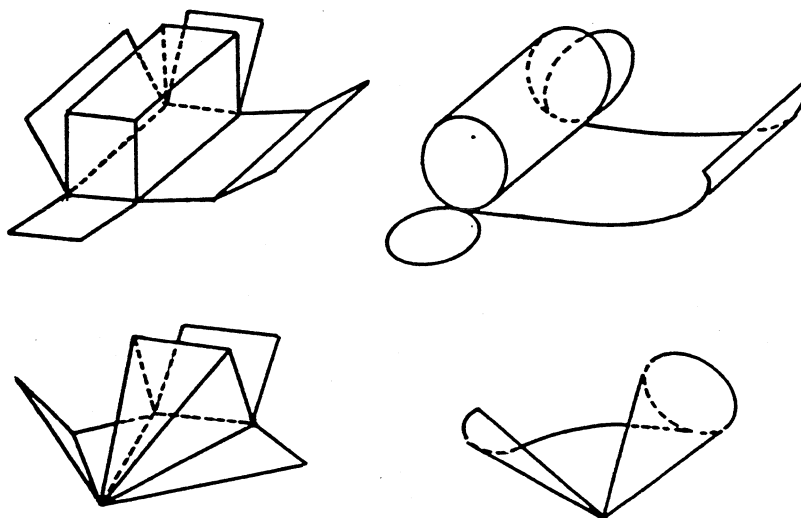
Zoals in de figuur wordt geïllustreerd, kunnen veelvlakken en enkelvoudige gekromde figuren op eenvoudige wijze worden uitgeslagen.

Dubbelgekromde oppervlakken of de zogenaamde "warped surfaces" kunnen echter alleen bij benadering worden neergeslagen. Hiertoe wordt de figuur opgedeeld in sekties en wordt iedere sektie vervangen door een afwikkelbaar oppervlak.

Is het materiaal echter voldoende rekbaar dan kan door het persen etc. de gewenste vorm tot stand komen.

Bij het toepassen van metaalplaat zal wel extra materiaal moeten worden gereserveerd voor het onderling bevestigen door felzen, solderen etc.

Bij het gebruik van dikke plaat zal daarnaast een buigtoeslag moeten worden gegeven.



Het afwikkelen van veelvlakken houdt in dat alle vlakken van het veelvlak in hetzelfde vlak worden neergeslagen. Van de veelvlakken zullen nu als voorbeeld de uitslagen van een prisma en een piramide worden behandeld. Van de enkelvoudige gekromde figuren de cilinder en de kegel. Voor de uitslagen van regelmatige veelvlakken wordt terug verwezen naar het betreffende hoofdstuk.

### Prisma.

Prisma's kunnen zich loodrecht op het projectievlak bevinden dan wel een willekeurige stand t.o.v. het projectiestelsel innemen. Ze worden dan aangeduid met "scheef of willekeurig prisma" en in het eerste geval met "rechtprisma".



Voor het bepalen van de volledige uitslag zullen we uitgaan van een willekeurig prisma ABC-EFG.

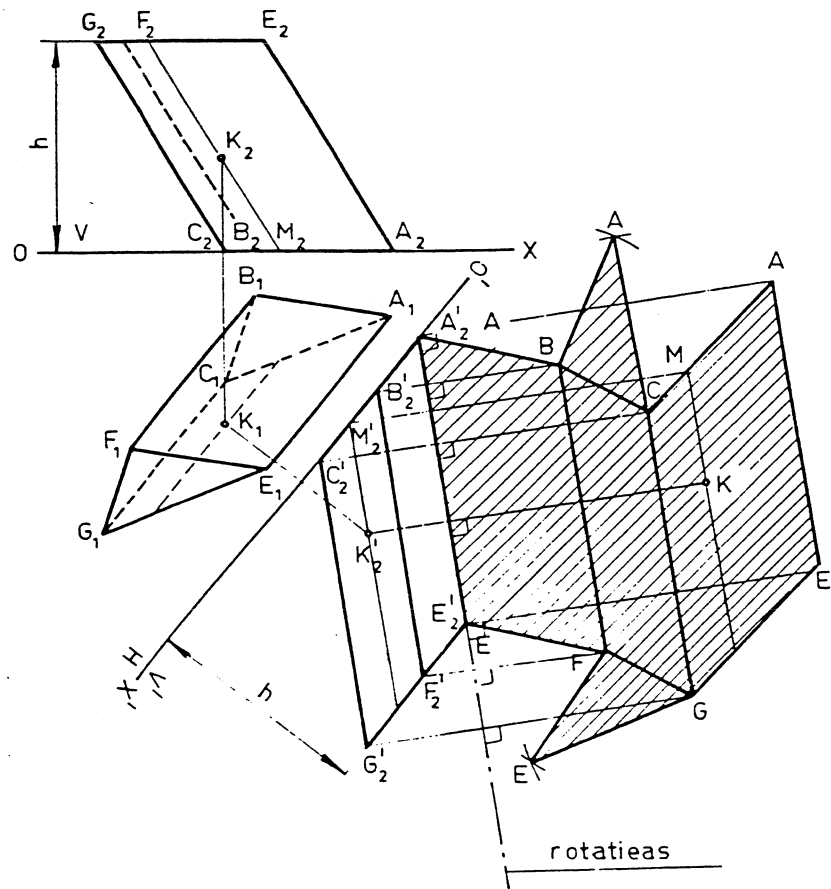
Alleereerst voeren we transformatie uit, zodat de ribben van de figuur evenwijdig aan een projectievlak komen te liggen (V'H).

Met behulp van de in het voorafgaande reeds behandelde methode bepalen we nu de uitslag van vlak ABFE.

Daarna roteren we het volgende vlak, BCGF, om ribbe BF.

Op de loodrechte lijnen ( $\perp$  op de rotatie-as AE) waarlangs de punten C en G zich bewegen, vinden we nu deze punten door vanuit B en F,  $B_1C_1$  en  $F_1G_1$  om te cirkelen tot ze de loodrechte lijnen snijden.

Deze procedure wordt nu even vaak herhaald als er vlakken zijn.



Ook nu kan een punt op het prisma (punt K) in de constructie worden meegenomen. Maak hierbij gebruik van een hulplijn  $KM \parallel AE$ .

Bij het snijden van een prisma met bijvoorbeeld een ander prisma zal de doorsnijdingsfiguur worden bepaald, zoals in het hoofdstuk over veelvlakken is aangegeven. Neem hierna, op de wijze waarop punt K is meegenomen, voldoende punten mee om de uitslag te completeren.

Kies de punten bij voorkeur op de ribben.

## Cilinder.

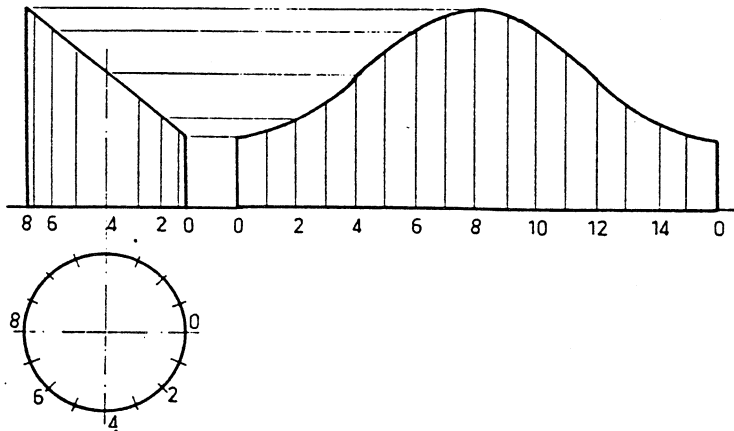
### Rechte cirkelcilinder.

Om de uitslag van een rechte cirkelcilinder te bepalen ( $\perp H$ ) verdelen we de horizontale projectie van de cilinder in een groot aantal gelijke delen (in ons geval 16). We brengen deze beschrijvende over naar de verticale projectie waar ze hun ware grootte bezitten.

Op het verlengde van de x-as zetten we nu de omtrek van de grondcirkel af. Dit kan gebeuren door de afstand tussen twee punten tussen de passer te nemen en deze 16 maal af te passen, maar een meer nauwkeurige methode is het berekenen van de omtrek ( $\pi D$ ) en deze lengte af te zetten.

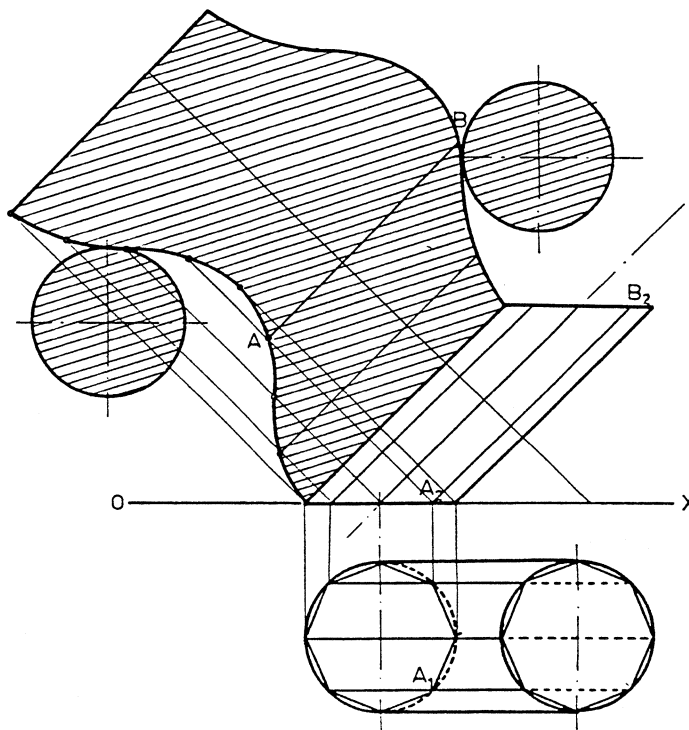
Deze omtrek wordt nu in een zelfde aantal delen verdeeld en in ieder punt wordt een loodlijn opgericht. Door vanuit de verticale projectie evenwijdig aan de x-as naar rechts te gaan, vinden we de gewenste punten.

Met behulp van een mal is nu de uitslag te completeren.



### Willekeurige cilinder.

Bij het bepalen van de uitslag van een willekeurige cilinder wordt meestal voor een benadering gekozen. Deze ontstaat door het verdelen van de grondcirkel in een aantal segmenten (6 of meer) en het konstrueren van de uitslag van het aldus ontstane prisma. Verbinden we de hoekpunten daarna door een vloeiende lijn, dan ontstaat een goede benadering van de gewenste uitslag.



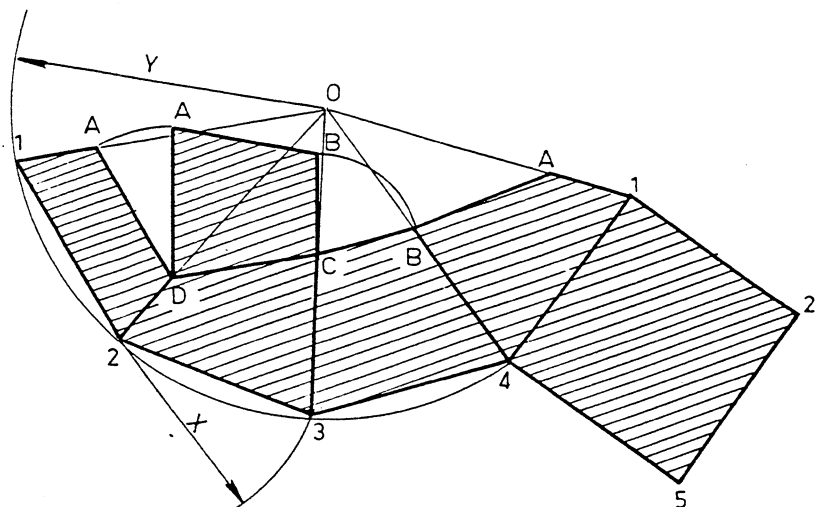
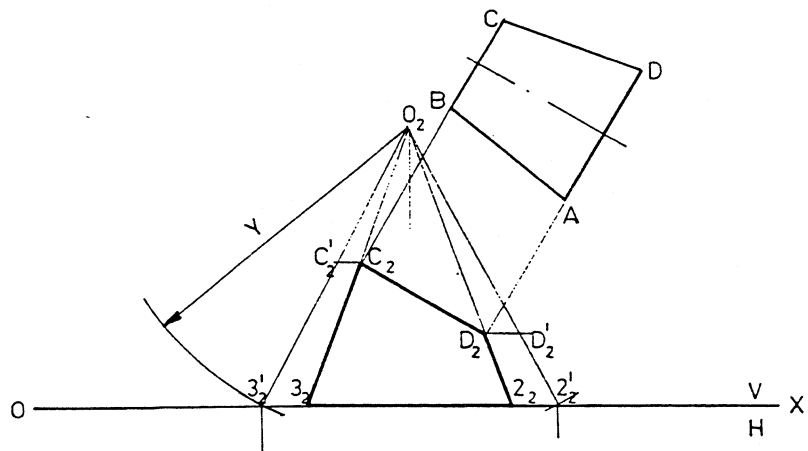


## Piramide.

### Rechte piramide.

In het geval van een rechte piramide zijn de ribben allen van gelijke lengte. Van deze eigenschap is gebruik te maken ter vereenvoudiging van de konstruktie.

Bepaal eerst de ware lengte van een ribbe. Neem een middelpunt (O) aan, wat als top van de piramide uitslag moet dienen. Teken vanuit deze top een cirkelsegment met de lengte van de ribbe als straal. Kies op dit cirkelsegment een beginpunt en pas vanuit dit beginpunt afstanden af die gelijk zijn aan de zijden van het grondvlak. Bij een gesloten piramide kan het grondvlak aan de uitslag van de zijden worden gehangen en de totaal uitslag is klaar. Hebben we te maken met een afgeknotte piramide dan bepalen we de plaats van punten van deze afknotting (bijvoorbeeld D en B) op ware grootte konstrukties en zetten de aldus ontstane lijnsegmenten af op de uitslag.



Willekeurige piramide.

De staande vlakken van een piramide zijn driehoeken, wat inhoudt dat we voor de uitslagkonstruktie enkel de ware lengte van hun zijden dienen te bepalen.

In onderstaande figuur zien we een piramide met het grondvlak samenvallend met het horizontale vlak. Het is daarom voldoende om de ware lengte van de ribben te bepalen. Dit kan gebeuren met de omwentelingsmethode.

De werkelijke lengten van de opstaande ribben worden aangeduid door  $l_{SA}$ ,  $l_{SB}$  en  $l_{SC}$ .

Een driehoek is bepaald door drie zijden en op deze wijze is het eerste vlak te konstrueren, vervolgens het tweede etc.

De konstruktie wordt gekomplementeerd door aan één van de zijvlakken het grondvlak van de piramide te konstrueren.

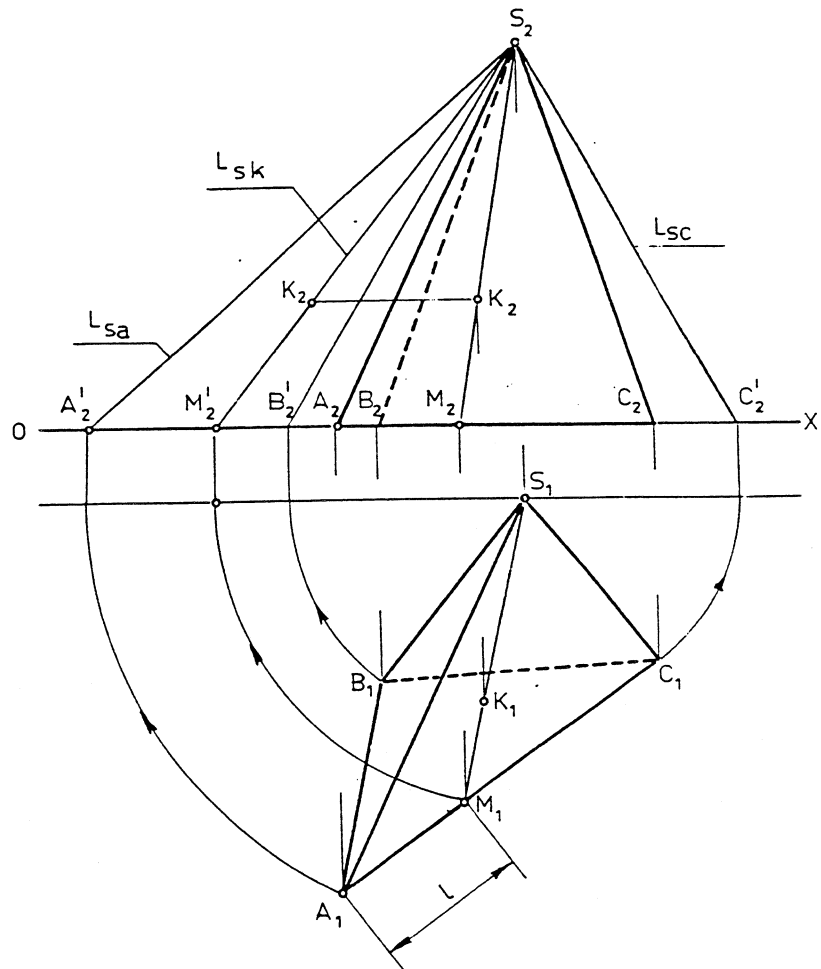
Soms is het noodzakelijk om, zich op het oppervlak bevindende punten en lijnen, in de konstruktie mee te nemen. Dit doet zich voor bij het afwickelen van veelvlakken, welke gesneden zijn door lijnen of vlakken.

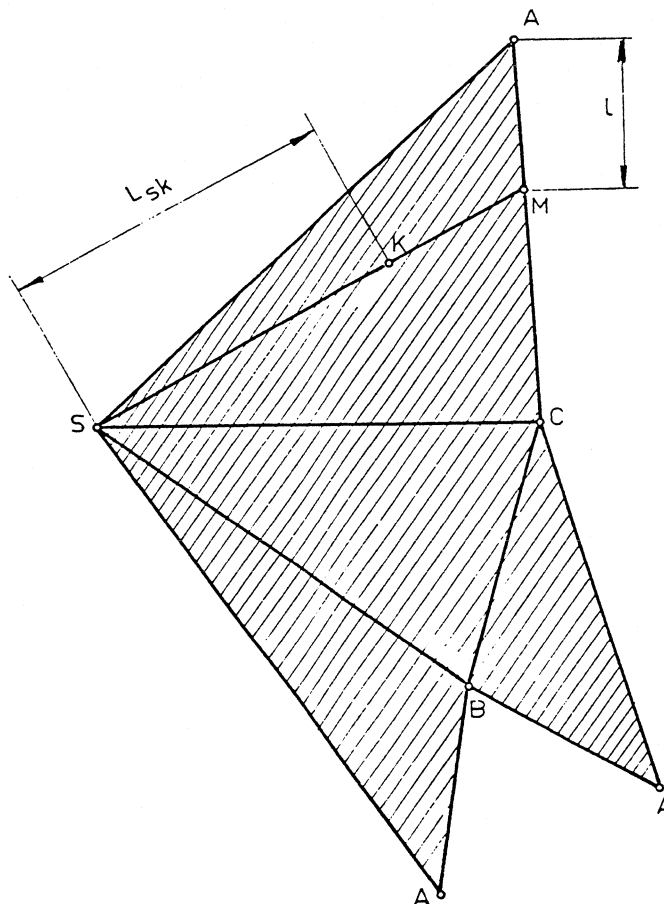
Als voorbeeld nemen we een punt K op vlak SAC.

Voor de afwikkeling brengen we een lijn aan door K en de top S. Om deze lijn op de uitslag aan te brengen, dienen we de positie van twee punten van deze lijn te weten.

Als ene punt kiezen we punt S en als andere punt, het punt dat ontstaat bij het snijden van SM met AC, namelijk punt M.

Punt M vinden we door het lijnsegment l vanuit A af te zetten op AC.





## Kegel.

Rechte cirkelkegel.

Verdeel ook nu de grondcirkel in een groot aantal gelijke delen (bijvoorbeeld 16) en breng de beschrijvenden over op de verticale projectie.

De uitslag zal bestaan uit een cirkelsegment met als straal de lengte van een beschrijvende van de kegel ( $s$ ). De lengte van de cirkelboog is gelijk aan de omtrek van de grondcirkel.

Het eenvoudigste is om de tophoek  $\theta$  te berekenen:

omtrek  $2 \pi r$

tophoek  $\theta$

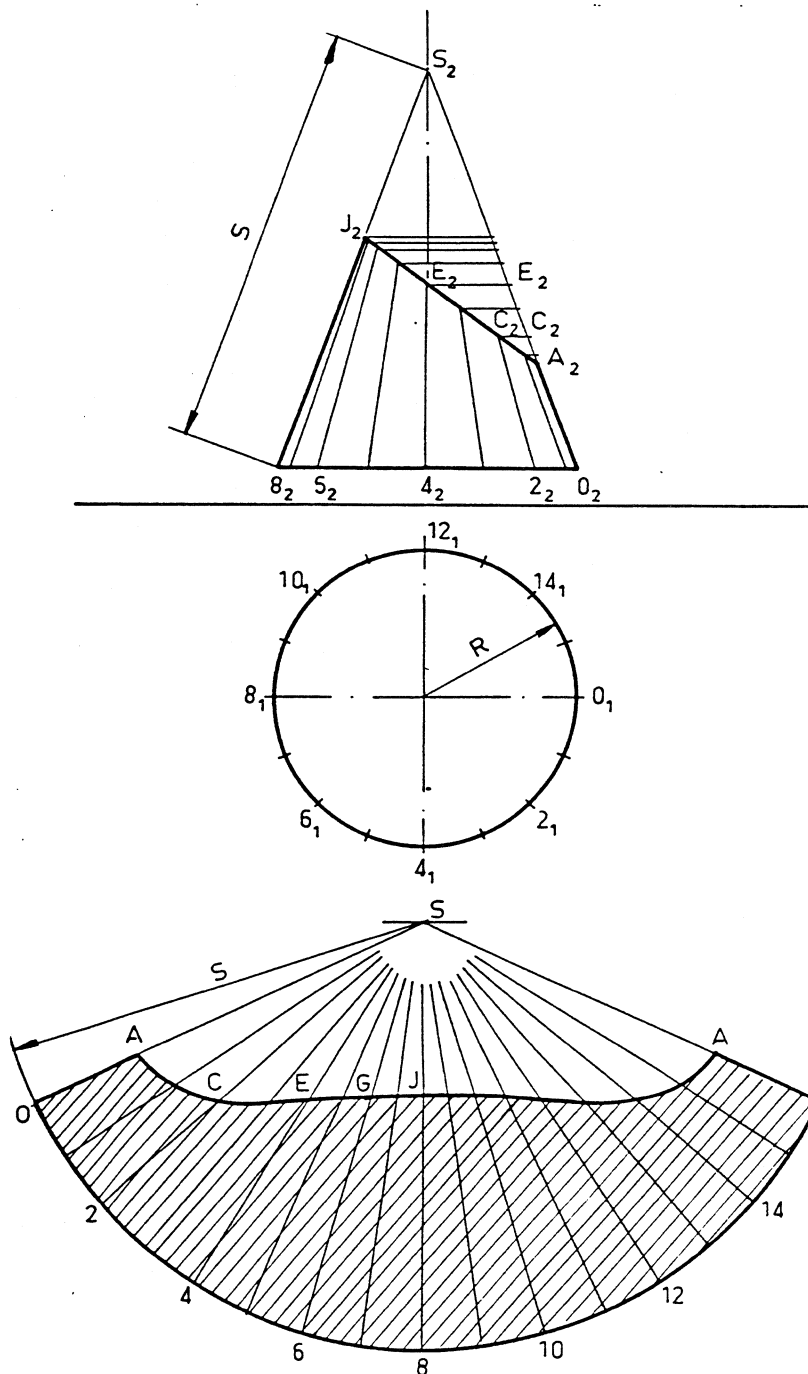
lengte segment  $\frac{\theta}{360^\circ} \times 2 \pi s$

dus  $2 \pi r = \frac{\theta}{360^\circ} \times 2 \pi s$

of  $\theta = \frac{r}{s} \times 360^\circ$

De tekenkonstruktie kan vereenvoudigd worden door een geschikte verhouding tussen  $r$  en  $s$  te kiezen (bijvoorbeeld in ons geval 12/36).

Ook nu levert de verticale projectie op eenvoudige wijze de ware grootte van de verschillende lijnstukken ( $SA$ ,  $SC'$ ,  $SE'$ , etc.).



Willekeurige kegel.

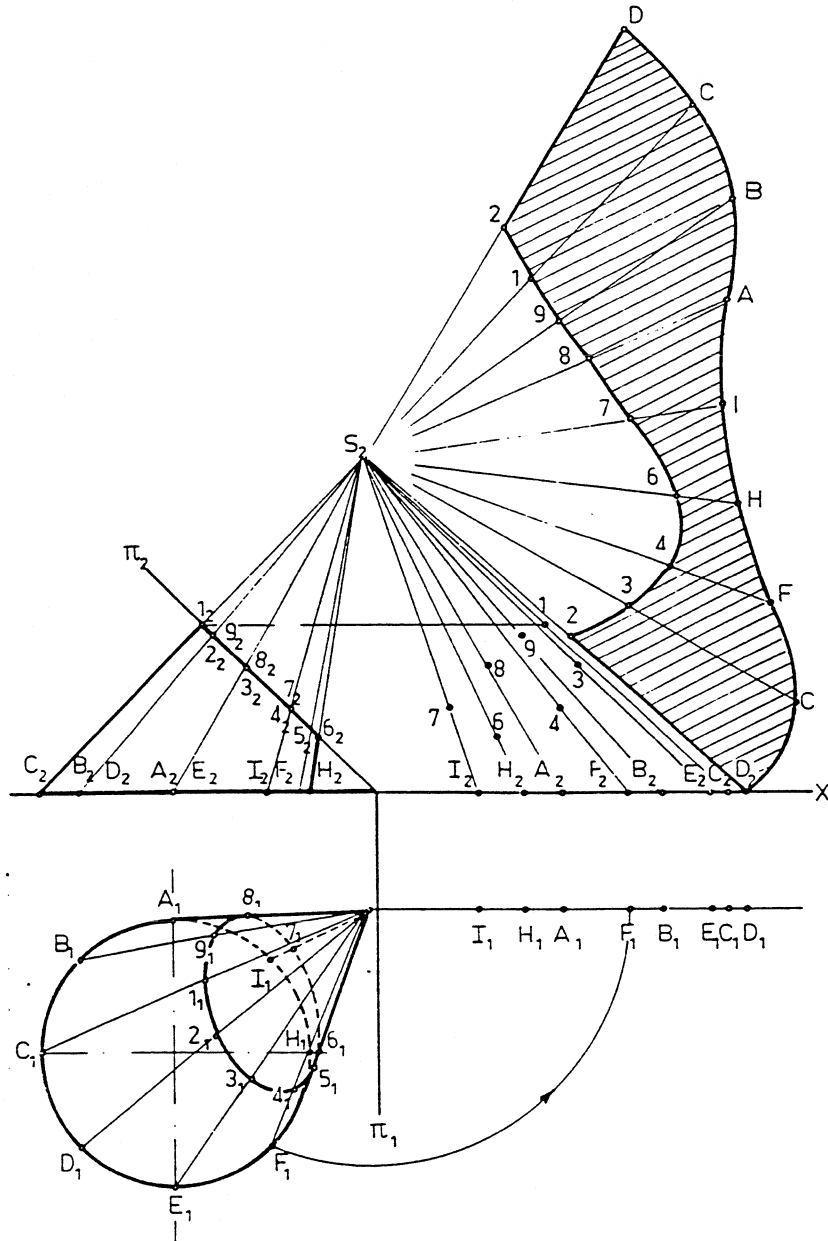
De uitslagen van scheve en rechte (maar niet cirkelvormige) kegels en cilinders wordt in beide gevallen op dezelfde wijze gekonstrueerd.

Teken een ingeschreven piramide of prisma in de gegeven kegel of cilinder. Het aantal zijvlakken is vrij, maar mag niet kleiner zijn dan 6.

Bepaal de uitslag van deze piramide of dit prisma volgens de eerder in dit hoofdstuk behandelde methode.

Verbindt de hoekpunten door vloeiende krommen.

De aldus ontstane uitslag is niet de werkelijke mantel, maar wel een goede benadering van deze mantel. Vooral bij overgangen en verbindingstukken wordt veel gebruik gemaakt van dit soort uitslagen.



Bol.

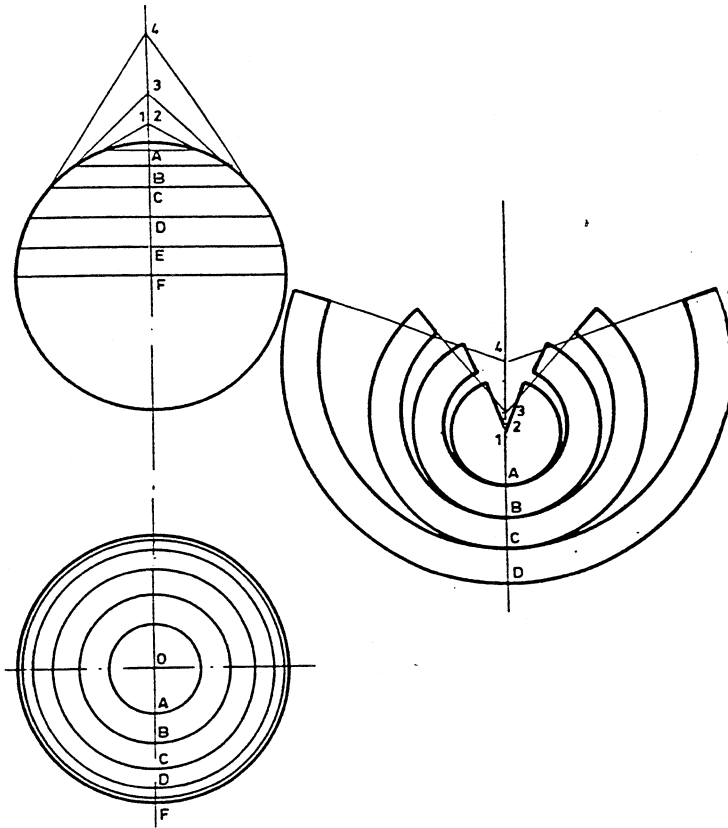
De bol is als figuur niet afwikkelbaar in het platte vlak. Toch is het vaak noodzakelijk om een redelijke benadering van een bol in uitslagvorm te vinden, bijvoorbeeld voor landkaarten, opslagtanks etc. Hiertoe zijn de onderstaande twee methoden zeer geëigend.

Polykonische methode.

De bol wordt verdeeld door een reeks van evenwijdige, horizontale vlakken, meestal op gelijke afstand. Iedere aldus ontstane zône wordt benaderd door een schijf uit een rechte cirkelkegel.

Op deze wijze is het afwikkelen teruggebracht tot het afwikkelen van een reeks kegeldelen.

De elementen kunnen ingeschreven zijn, aan de buitenkant raken of hier tussen middelen.

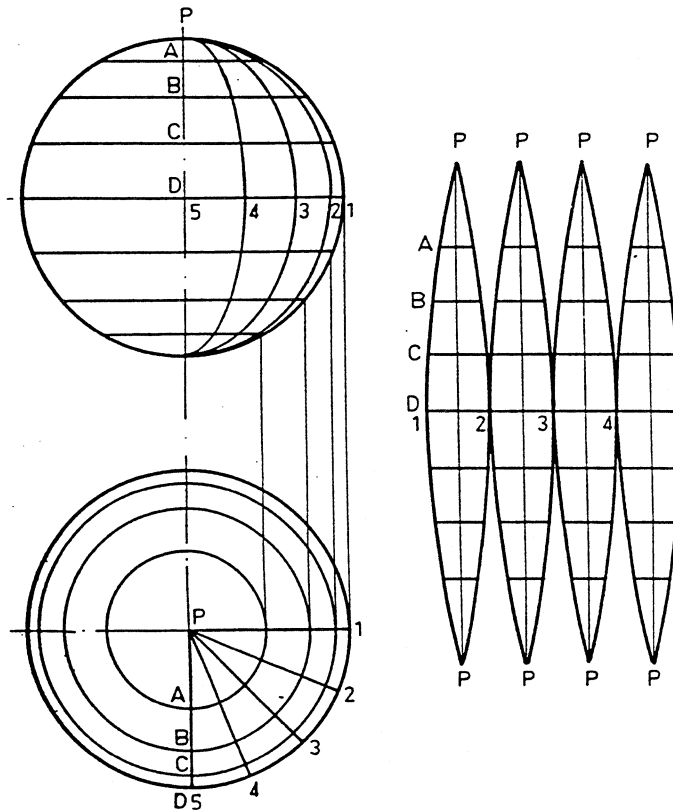


Polycilindrische methode.

In dit geval verdelen we de bol door een groot aantal meridiaanvlakken.

Ieder aldus ontstaan bolsegment wordt benaderd met een vergelijkbaar cilindrisch segment.

Deze segmenten kunnen ingeschreven zijn, aan de buitenkant van de bol raken of hier tussen middelen, afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid en het gebruiksdoel.



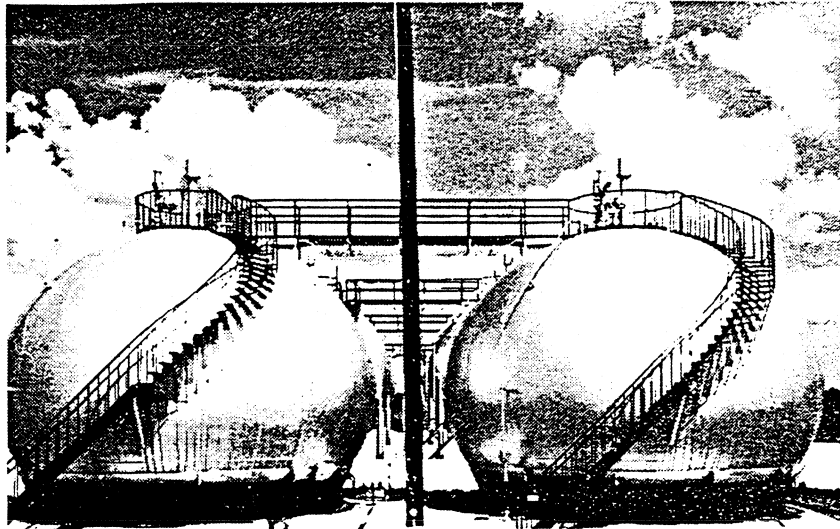


Fig.: Deze bolvormige tanks zijn opgebouwd uit uitslagen waarbij de bolvorm benaderd is met de "gore" methode (Lit. Earle).

#### Driehoeksmethode.

Als afsluiting van het hoofdstuk wordt nog een methode behandeld waarmee op eenvoudige wijze de uitslag van moeilijk of slechts bij benadering afwikkelbare figuren toch goed benaderd kan worden. Het is een methode, waarbij het af te wikkelen oppervlak wordt verdeeld in een aantal driehoeken.

De methode herbergt, zoals gezegd, een zekere onnauwkeurigheid in zich, omdat bijvoorbeeld gekromde lijnen als rechte stukken worden opgevat. Daarom is het nodig veel delen (driehoeken) te gebruiken. De deelpunten tussen de begrensde vlakken worden door een zig-zaglijn verbonden. Door deze zig-zaglijn wordt de mantel in driehoeken verdeeld. De ware groottes van de lange zijden der driehoeken worden uit hulpdriehoeken overgenomen.

De figuur toont ons een eenvoudig lichaam met scheve gekromde vlakken, een kegelvormig overgangslichaam. De eenvoud ligt in de vlakke begrenzingen. Deze begrenzingsvlakken zijn cirkels.

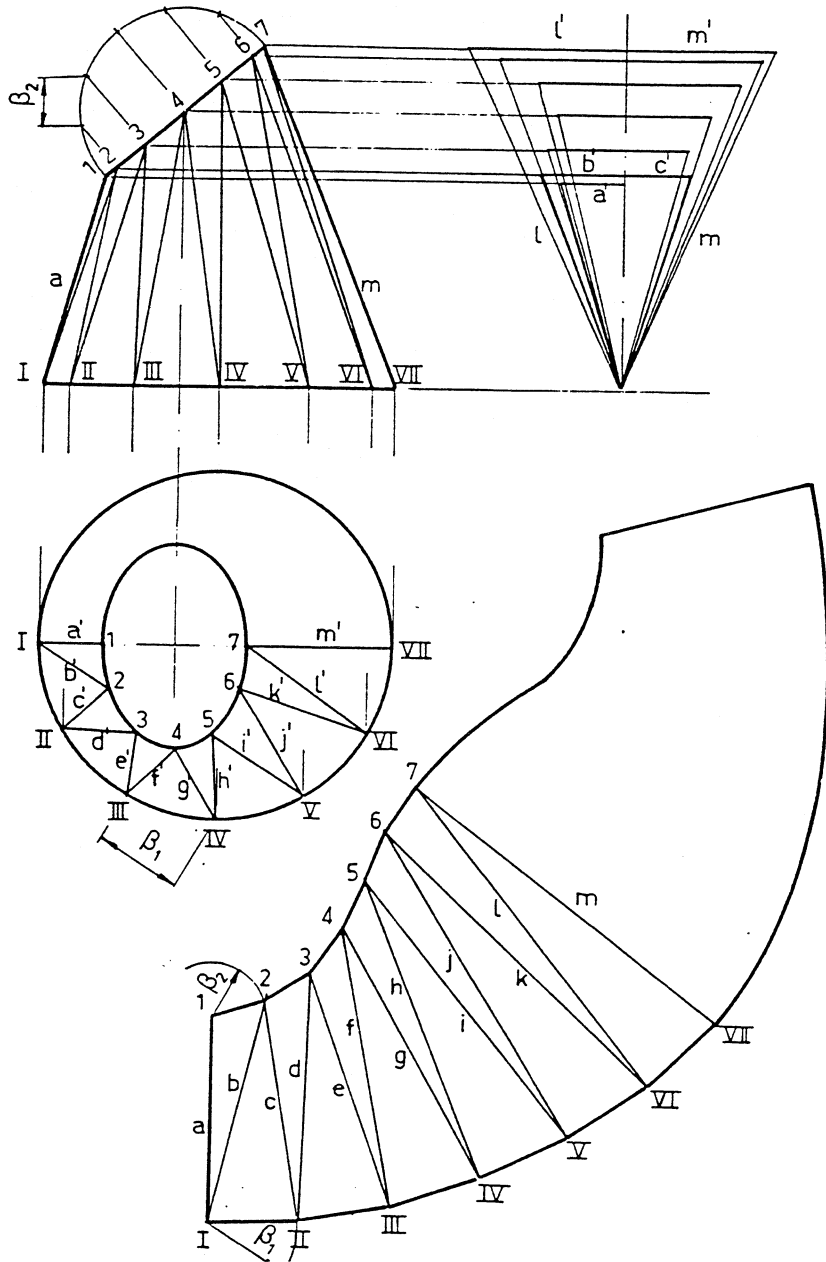
Beide cirkels worden verdeeld in 12 stukken. Voor de helft van de bovenste cirkel krijgen we de punten 1--7 en analoog voor de onderste cirkel I--VII.

Deze punten worden nu onderling verbonden met een zig-zaglijn. Door combinatie van de horizontale en de verticale projectie wordt de ware grootte van de respektievelijke zig-zagdelen gevonden. Hierna kunnen we de uitslag bepalen.

Eerst zetten we de lijn I-1 uit. Vanuit de punten I en 1 cirkelen we  $B_1$  en  $B_2$  om. Voor de driehoekszijde  $b$  nemen

we de ware lengte uit de hulpdriehoek over en cirkelen deze om vanuit I. Zo vinden we punt z.

Achtereenvolgens zijn op deze wijze de punten 1 t/m 7 en I t/m VII te konstrueren en na verbinding van deze punten met een vloeiende lijn, de uitslag.



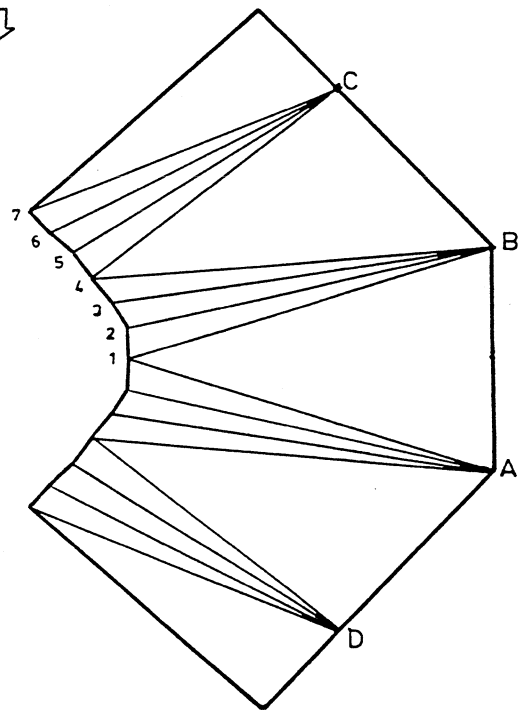
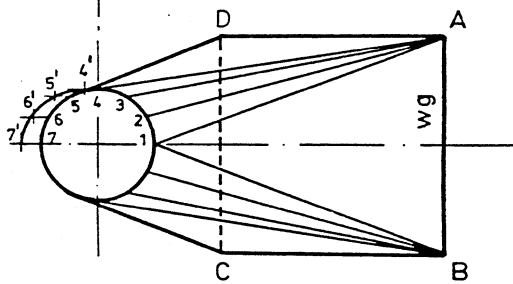
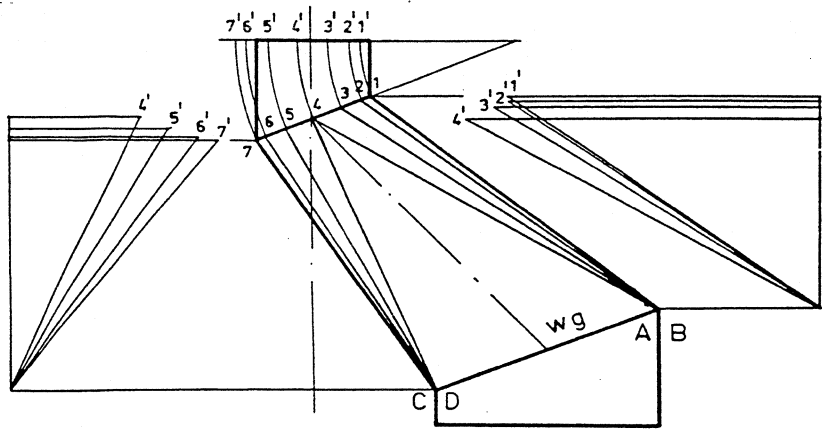
### Vierkant - rond.

De driehoeksmethode wordt ook gebruikt bij het oplossen van een van de lastigere problemen bij overgangen, namelijk de overgang van vierkant naar rond.

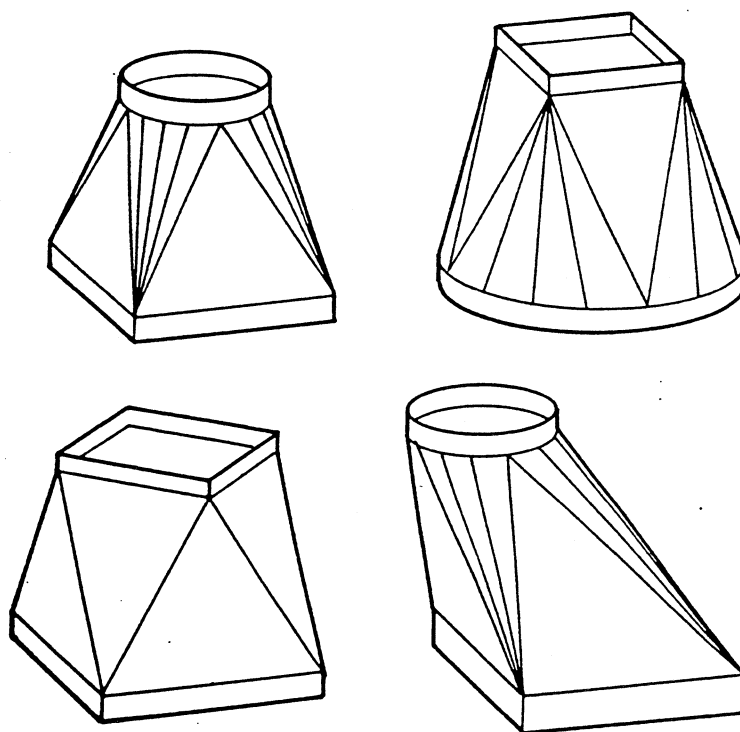
Hierbij wordt de cirkelvormige aansluiting in een aantal delen verdeeld (bijvoorbeeld 12) en worden de aldus gevonden punten verbonden met de hoekpunten van het vierkant of de rechthoek. Aldus ontstaan de driehoeken.

Hierna worden op bekende wijze de ware lengten van de driehoekszijden bepaald. Nadat een gunstig beginpunt gekozen is, kan de uitslag worden gekonstrueerd.





Ter illustratie met welk genre overgangen men te maken kan hebben, is hieronder nog een aantal driedimensionale afbeeldingen weergegeven.



# Oefenopgaven 3D

## Opgaven

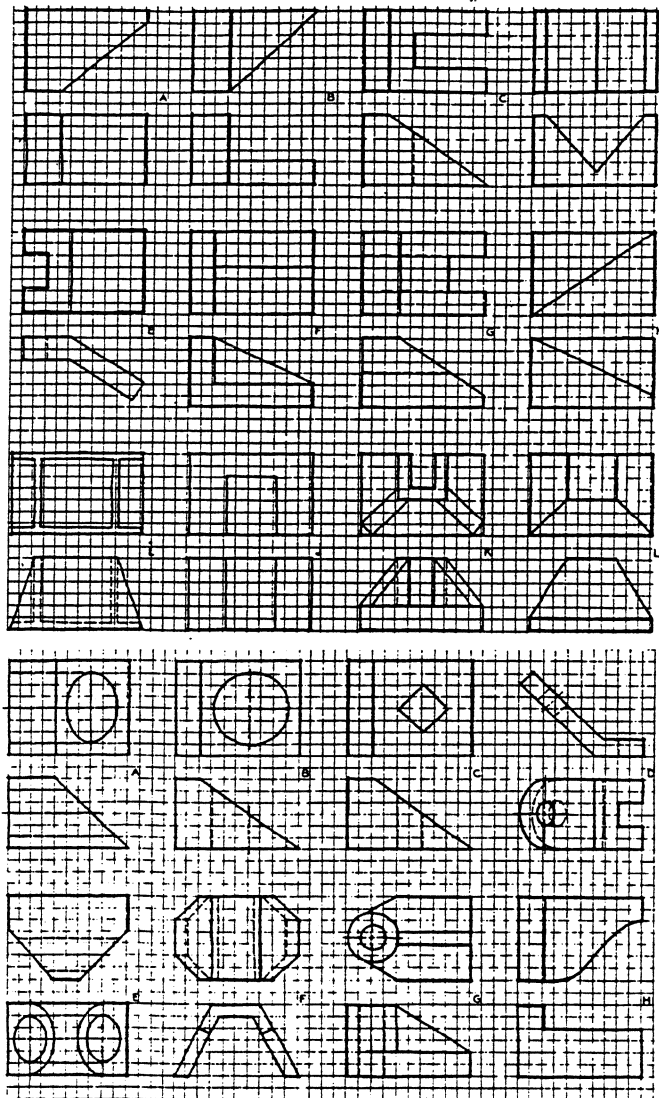
### Algemeen

Gebruik voor de tekeningen wit of transparant A4-papier en een potlood met minimaal HB als hardheid of een busjespen.

1.

Van een aantal voorbeelden zijn in onderstaande tekening steeds twee aanzichten in orthogonale projectie gegeven.

Maak van deze voorwerpen isometrische schetsen, waarbij de maten uit de tekening mogen worden gehaald (natuurlijk rekening houdend met de schaalverkleining). Ieder hokje staat voor 1 bij 1 cm.



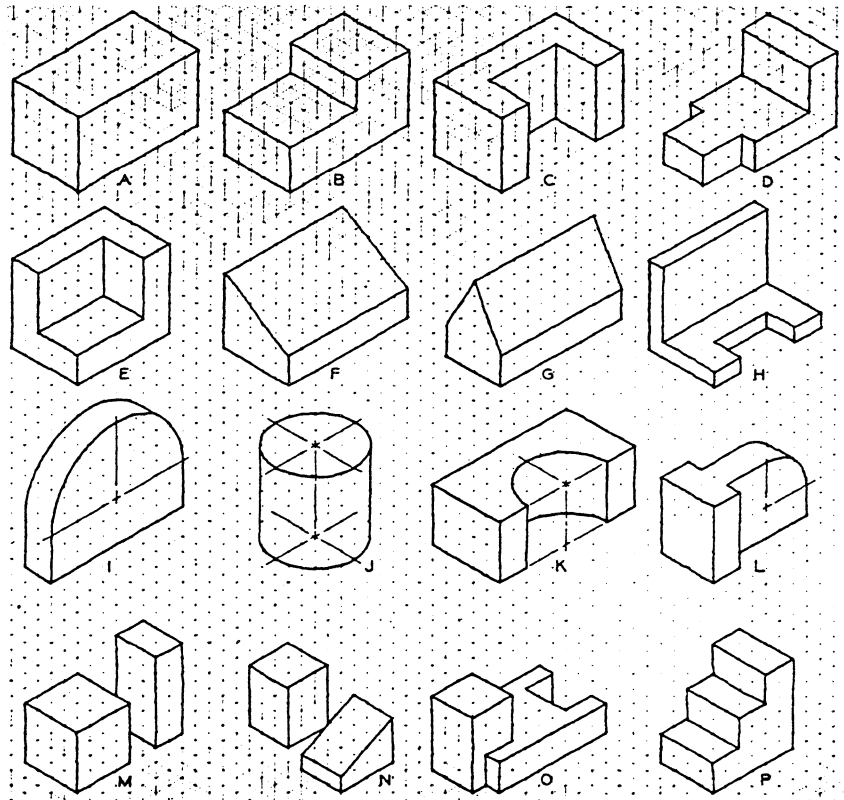
2.

Herhaal opgave 1 maar pas nu dimetrie en trimetrie toe.

3.

Ook bij deze opgave zijn figuren opgenomen maar in dit geval getekend in een isometrisch grid.

Geef deze voorwerpen weer in een-punts perspectief, waarbij de maten uit de tekening kunnen worden gehaald en met een factor 5 of 10 vermenigvuldigd.



4.

Herhaal opgave drie maar nu met twee- en drie-punts perspectief.

5.

Zoek in de directe omgeving (kamer, huis, etc.) een eenvoudig voorwerp waarbij als criteria gelden dat het driedimensionaal moet zijn, niet te groot en voorzien van cilindrische elementen danwel cirkelvormige vlakken.

Neem drie vellen wit A4-papier en maak schetsen van het voorwerp waarbij achtereenvolgens de verschillende vormen van de axonometrie worden toegepast. Kies hierbij een zodanige schaal dat het tekenvel goed gevuld is. Vergelijk nu de drie tekeningen en signaleer voor jezelf de voor- en nadelen van de verschillende methoden.

6.

Kies nu een iets groter voorwerp dan bij opgave 5. Maak wel gebruik van vergelijkbare criteria.

Neem drie vellen wit A4-papier en maak ook nu schetsen van het voorwerp, maar dit keer gebruikmakend van de verschillende vormen van perspectief. Vergelijk de drie tekeningen en signaleer voor- en nadelen van de verschillende methoden. Vergelijk ook de resultaten van opgave 6 met die van opgave 5.

**7.**

Knip de uitknipkubus op pagina .111 uit en plak hem in elkaar. Zoek wat eenvoudige voorwerpen uit de directe omgeving en teken hiervan de aanzichten in Amerikaanse projectie.

**8.**

Neem nu wat meer complexe voorwerpen en bekijk deze nauwkeurig. Bepaal welk aanzicht het meeste informatie bevat en neem dat aanzicht als hoofdaanzicht. Ga na hoeveel aanzichten er verder nog minimaal nodig zijn om alle informatie over het voorwerp vast te kunnen leggen.

**9.**

Neem een aantal afbeeldingen van produkten uit de consumentensfeer. Maak nu isometrische of perspectivische schetsen van deze produkten waarbij enkel van grondvormen gebruik gemaakt mag worden. Dit houdt in dat afrondingen en details weggelaten mogen worden. Ga na in hoeverre de herkenbaarheid van het produkt is aangetast door deze vereenvoudiging.

**10.**

Neem opnieuw afbeeldingen van produkten en maak schetsen waarbij het produkt uit grondvormen wordt opgebouwd. Maak nu varianten op deze produkten waarbij enkel gebruik gemaakt mag worden van het verplaatsen en/of verscalen van de grondvormen. Beoordeel steeds de gevolgen van de ingreep.

**11.**

Neem een aantal afbeeldingen van produkten uit de consumentensfeer. Maak nu isometrische of perspectivische schetsen van deze produkten waarbij enkel van grondvormen gebruik gemaakt mag worden. Dit houdt in dat afrondingen en details weggelaten mogen worden. Ga na in hoeverre de herkenbaarheid van het produkt is aangetast door deze vereenvoudiging.

**12.**

Neem opnieuw afbeeldingen van produkten en maak schetsen waarbij het produkt uit grondvormen wordt opgebouwd. Maak nu varianten op deze produkten waarbij enkel gebruik gemaakt mag worden van het verplaatsen en/of verscalen van de grondvormen. Beoordeel steeds de gevolgen van de ingreep.

**13.**

Neem enkele afbeeldingen van wat complexe produkten met veel gebogen vlakken en lijnen. Maak isometrische danwel perspectivische schetsen van deze objecten waarbij enkel van veelvlakken als grondvorm mag worden uitgegaan. Zoek een optimum tussen enerzijds de herkenbaarheid van het produkt en anderzijds het gebruikte aantal vlakken, d.w.z. de complexiteit van de grondvormen.

**14.**

Benader een bol door enkel gebruik te maken van de vlakelementen; gelijkzijdige driehoek, vierkant en regelmatige vijfhoek. Maak hier een model van uit dun ivoorkarton.

### **Algemeen**

Een belangrijk deel van de voor de opgaven noodzakelijke technieken zijn terug te vinden in bijlage III.

#### **15.**

Van een ellips zijn de halve lange as AM en de halve korte as CM gegeven met de punten A(3, 2, 0), C(7, 0, 0) en M(7, 2, 0).

Construeer deze ellips met behulp van:

a

Concentrische cirkels

b

Cirkelbogen

Vergelijk daarna het verkregen resultaat.

#### **16.**

Construeer een parabool indien gegeven is dat de parabool zich bevindt binnen een rechthoek met een breedte van 12 cm en een hoogte van 6 cm.

#### **17.**

Construeer een parabool waarbij van de raaklijnen gegeven is dat ze een onderlinge hoek van dertig graden maken.

#### **18.**

Construeer een hyperbool als gegeven is dat de brandpunten op 8 cm van elkaar liggen en de toppen op 4 cm.

#### **19.**

Construeer een hyperbool waarvan de asymptoten een hoek van vijfenveertig graden maken.

Verder is gegeven dat een asymptoot de horizontale x-as is, de asymptoten door het punt O gaan en punt P(6, 0, 1) op de hyperbool ligt.

#### **20.**

Neem afbeeldingen van een aantal sterk gekromde voorwerpen.

Maak isometrische of perspectivische schetsen van deze voorwerpen waarbij enkel gebruik mag worden gemaakt van de grondvormen; cilinder, kegel en bol.

Beoordeelbaar de herkenbaarheid van de uiteindelijke schetsen.

#### **21.**

Neem dezelfde afbeeldingen als bij opgave 1.

Maak ook nu schetsen maar gebruik hierbij alle in dit hoofdstuk behandelde grondvormen met uitzondering van de onregelmatige oppervlakken.

Vergelijk de resultaten met de resultaten uit opgave 1.

#### **22.**

Ga uit van de schetsen uit de opgave 1. en 2..

maak nu varianten van de produkten waarbij het resultaat enkel maar bereikbaar mag zijn door het verschuiven en verscalen van de gebruikte grondvormen.

Beoordeel het resultaat.

#### **23.**

Neem enkele afbeeldingen van hedendaagse industriële produkten.

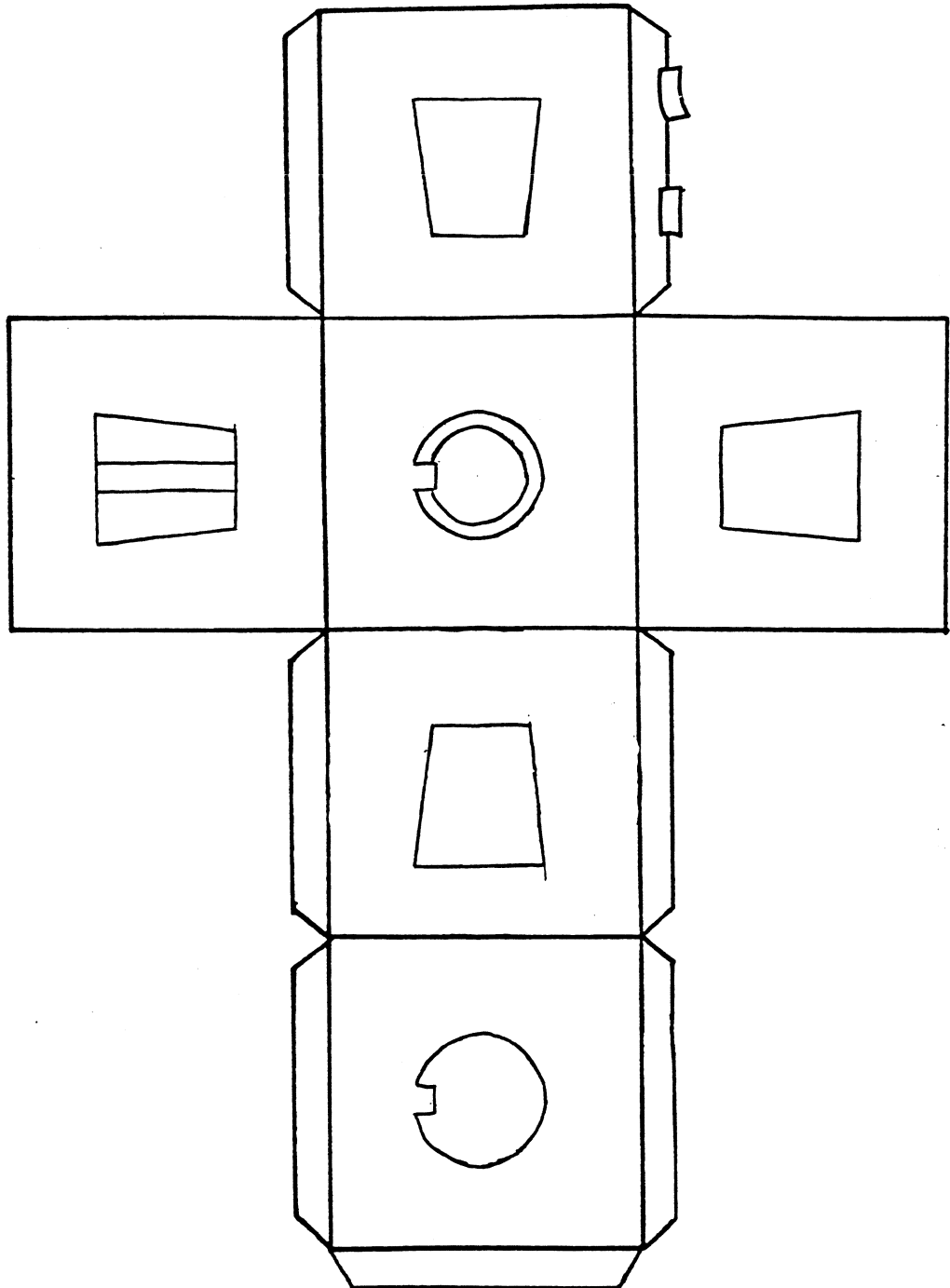
Tracht er de grondvormen in te herkennen waaruit ze opgebouwd zijn.

Maak gebruik van zowel positieve als negatieve vormen. Maak een schets van het produkt als een samenstel van hoofdvormen.

**24.**

Zoek wat afbeeldingen van een klein espresso-apparaat.  
Ontwerp, uitgaande van deze afbeeldingen, de uiterlijke vorm van een 'eigen' espresso-apparaat, opgebouwd gedacht uit hoofdvormen.  
Maak gebruik van deze schets bij de laatste opgave van het practicum.

Ter verbetering van het voorstellingsvermogen kan het handig zijn om een kubus uit papier samen te stellen en met behulp van deze kubus de mogelijke standen nader te bekijken. Hiertoe is hieronder een **uitknipkubus** weergegeven.



Uitknipkubus

Algemeen.

Voor de uitvoering kan gekozen worden voor A3 en buisjespen.

Opgave 6 heeft als afwijking ivoorkarton 300.

25.

Een willekeurige vijfzijdige piramide T ABCDE wordt gesneden door een vlak  $\alpha$  dat de x-as in (9, 0, 0) loodrecht snijdt.

De piramide wordt gevormd door de punt T(12, 3, 6), A(3, 2, 0), B(4, 4 $\frac{1}{2}$ , 0 $\frac{1}{2}$ ), C(7, 5,  $\frac{3}{4}$ ), D(8, 3, 0) en E(6, 1, 0).

Konstrueer de horizontale en de verticale projectie en vervolgens de uitslag van de piramide.

Teken hierna in deze uitslag de lijn volgens welke het vlak  $\alpha$  de piramide snijdt.

26.

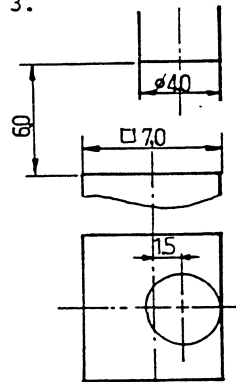
Gegeven: M(5, 4, 0) : T(10 $\frac{1}{2}$ , 4, 6). M is het middelpunt van een cirkel in H (straal is 2 cm). Deze cirkel is het grondvlak van een gegeven cirkelkegel, waarvan de top T is.

Vlak  $\alpha(9, -90^\circ, +130^\circ)$  snijdt deze kegel.

Konstrueer de horizontale en de verticale projectie en vervolgens de uitslag van deze kegel.

Teken hierna in deze uitslag de lijn volgens welke het vlak  $\alpha$  de kegel snijdt.

3.

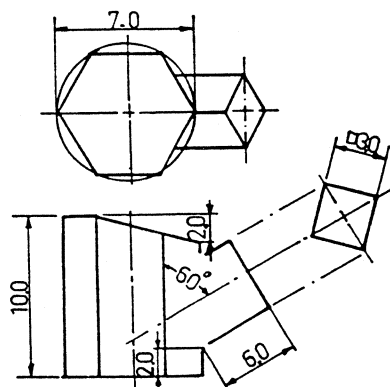


Een vierkant prisma met zijden van 70 mm en een cilinder met een diameter van 40 mm, zijn t.o.v. elkaar gepositioneerd volgens nevenstaande tekening (maten in mm).

Konstrueer eerst de horizontale en de verticale projectie.

Teken vervolgens de uitslag van het overgangsstuk.

4.

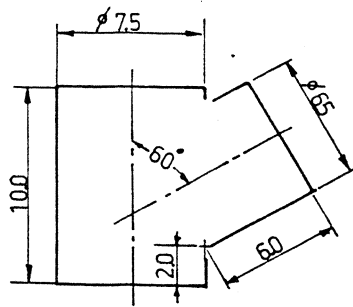


Een zeszijdig prisma met een omgeschreven cirkel met een diameter van 70 mm wordt gesneden door een vierzijdig prisma met zijden van 30 mm. Beide prisma's vormen een hoek van  $60^\circ$ . Verdere gegevens zijn uit de figuur links af te lezen.

Konstrueer eerst de horizontale en verticale projectie en daarna de uitslagen.



27.



Van twee cilinders met diameters van respectievelijk 75 en 65 mm, snijden de omwentelingsassen elkaar onder een hoek van  $60^\circ$ .

Konstrueer eerst de horizontale en daarna de verticale en de profielprojectie.

Teken vervolgens de uitslagen van beide cilindermantels.

28.

Ontwerp een, minimaal uit drie afzonderlijke, afwikelbare oppervlakken opgebouwde figuur.

Bij deze afzonderlijke delen dient gebruik gemaakt te worden van minstens een prisma en minstens een kegel. Deze kegel kan zowel recht als scheef gekozen worden.

Konstrueer van de aldus ontstane figuur alle uitslagen op ivoorkarton (i.k. 300).

Voorzie de uitslagen van een plaklip, snij ze vervolgens uit en stel hierna de driedimensionale figuur samen.



# Oefeningen 3D

## Inhoud

Inleiding oefeningen 3D

Leefregels 3D

Programma 3D

Beoordeling en vrijstelling 3D

Oefeningen 3D

## Samenstelling

Aad Bremer  
Nico Daams

Delft augustus 1997



# Inleiding oefeningen 3D

Iets waarin ontwerpers en constructeurs zich onderscheiden van nogal wat andere beroepsgroepen heeft te maken met hun vermogen zich ruimtelijke objecten zeer levensecht voor te kunnen stellen. Deze vaardigheid wordt ook wel 'ruimtelijk inzicht' genoemd. Hoofdstuk 1 van het diktaatdeel 3D gaat meer uitgebreid in op dit ruimtelijk inzicht. Tevens wordt in dit hoofdstuk toegelicht op welke wijze er toch problemen kunnen ontstaan en worden wat mogelijkheden aangegeven hoe dit te voorkomen.

Met name het op onzorgvuldige wijze vastleggen van ideeën en het slordig interpreteren van door anderen vastgelegde ideeën zijn beruchte foutenbronnen. Om die reden start het vak TPI dan ook in het tweede blok met een training die moet leiden tot een beter omgaan met juist deze elementen van het ruimtelijk inzicht. Tijdens deze training wordt gebruik gemaakt van een combinatie van grafische werkstations en geavanceerde modelleer software. Een bijkomend voordeel hiervan is dat je op deze wijze al in een vroeg stadium van de studie vertrouwd raakt met de basisbeginselen van het driedimensionaal modelleren van producten.

## Solid modelling

Het pakket dat tijdens de eerste reeks oefeningen wordt gebruikt, draagt de naam 'Microstation-modeller'. Het is een zogenaamde 'solid modeller'. Dit betekent dat het model gedacht wordt te zijn opgebouwd uit massieve onderdelen. Er zijn in de praktijk ook methoden beschikbaar om een figuur te beschrijven door alleen de ribben en de hoekpunten vast te leggen (wire frame modelling) of, iets meer complex, door het omhullende oppervlak te beschrijven (surface modelling). Voor de oefeningen van TPI-1 zijn deze technieken wat minder geschikt. Wij zullen ons dus voorlopig beperken tot de solid modelling.

De meeste solid modellers hebben een vergelijkbare wijze van modelopbouw. Allereerst worden de respectievelijke onderdelen als grondvorm aangemaakt dan wel opgeroepen vanuit het achtergrondgeheugen. Vervolgens worden deze grondvormen via schuiven en draaien in een gewenste positie ten opzichte van elkaar gebracht. Aansluitend is het mogelijk om de grondvormen te combineren tot grotere geheelen.

## Booleaanse operatie

Dit combineren wordt meestal aangeduid met het begrip 'booleaanse operatie' (lees hierbij ook de tekst van hoofdstuk 9 uit het diktaatdeel 3D).

Er zijn een drietal booleaanse operaties nl.:

- verenigen;  
Hierbij worden de delen als het ware aan elkaar vast geplakt en vormen aldus een geheel.
- aftrekken;  
In dit geval wordt een van de delen als een soort negatieve ruimte beschouwd om aldus een gat of holte te vormen in het andere deel.
- doorsnijden;  
Alleen dat deel van de ruimte wordt als massief beschouwd dat gemeenschappelijk door de delen wordt ingenomen.

# Leefregels 3D

Bij naleving van deze leefregels en een zekere mate van zelfdiscipline kan de student(e) het practicum Deel 1 Technische Produktinformatie 1 zeker met een voldoende afronden.

**- Lees de te besturen stof voor elke oefening door**

Laat je werk zie, ook als je nog niet klaar bent.

**Practicumeenheid**

ochtend 8.45 - 12.30h  
middag 13.30 - 17.15h

**- Kom op tijd en gebruik de beschikbare uren volledig**

Het binnen een zekere tijd leren werken is onder andere een onderwijsdoel van deze cursus. In het begin kan dit betekenen dat je niet alles af hebt. Dit wordt wel in de beoordeling betrokken, maar heeft meestal geen zware gevolgen.

**Groepsindeling**

Van de door de faculteit bepaalde indeling in groepen kan om praktische redenen niet worden afgeweken, o.a. in verband met beperkt aantal computers.

Aan het begin van de eerste dagdeel worden groepen van steeds twee studenten gevormd op volgorde van de groepslijsten. Persoonlijker voorkeuren dienen opzij te worden gezet; tijdens je studie en ook in de praktijk zal je de leden van een team ook niet altijd kunnen kiezen.

**Gemiste oefeningen**

Gemiste oefeningen, mits gemeld (ook telefonisch) én als er naar het oordeel van de staf gegronde redenen voor zijn (ziekte of andere dwingende persoonlijke omstandigheden), worden ingehaald.

Telefonische meldingen alleen aan de staf (bureau onderwijzaken of studie adviseur geven meldingen meestal niet door aan alle onderwijsstaven). Aller meldingen worden door de staf schriftelijk vastgelegd.

**Staf**

Aad Bremer (docent), telefoon(015-278)3270  
Marco Bolleboom (015-278)2864  
Rinus Grabijn (coördinator) (015-278)3176  
Lau Langeveld (015-278)6366  
Jan Witte (015-278)1802

# Programma 3D

Indeling	Het practicum MicroStation bestaat uit 3 oefeningen. Deze zijn over 3 dagdelen van ieder 4 uur verdeeld. Het eerste dagdeel begint met een aparte ruimtelijk inzicht-test. Voor het met succes kunnen maken van de oefeningen is het noodzakelijk de opgegeven delen uit diktaat ide141, Diktaat 3D vooraf te bestuderen.
Zelfstudie	De in Handleiding MicroStation nader toegelichte helpfunctie van MicroStation kan worden gebruikt voor een nadere kennismaking met en verdere zelfstudie van het pakket.

Programma	dagdeel	diktaat 3D hoofdstuk	oefening
	1	- 3,4,5	ruimtelijk inzicht-test 1. Inleiding MicroStation
	2	4	2. Manipulatie van objecten
	3	8, 9	3. Eindopdracht

## **NEEM A L T I J D DE MAP ide 141 - TPI 1 MEE NAAR DE OEFENINGEN**

Aanwijzing	zorg ook voor schrijfgerei
Inhalen	Het telefoonnummer van de practicumruimte is (015-278)5130 Inhalen van gemiste oefeningen kan alleen geschieden in de inhaalweken in hetzelfde blok, maar <b>altijd</b> in overleg met de staf.
LET OP	Gemaakte afspraken daarover <b>MOETEN</b> op de afsprakenlijst worden genoteerd!

# Beoordeling en vrijstelling 3D

## Beoordeling

De losse oefeningen worden beoordeeld met een O of een V.  
Een O geeft aan dat het beoogde onderwijsdoel niet is bereikt en dat de student hier extra aandacht aan dient te schenken.  
Een V houdt in, dat het beoogde onderwijsdoel in die mate is bereikt, dat bij toetsing tijdens het tentamen een voldoende resultaat te verwachten is.

Voor beoordeling dient het werk aan het eind van iedere oefening aan de begeleiders te worden aangeboden ter controle.

In de laatste week van blok 2 wordt een tentamen afgenomen. Aan dit tentamen mag worden deelgenomen indien het aantal met een V afgesloten oefeningen meer dan tweederde van het totaal te behalen V's bedraagt. De stof voor het tentamen bestaat uit het Diktaat 3D met uitzondering van de bijlagen. De tijdens de oefeningen opgedane ervaring zal eveneens tijdens dit tentamen worden getoetst.

## Vrijstelling

In principe wordt voor deze oefeningen en het tentamen geen vrijstelling gegeven. Een uitzondering voor deze regel kan worden gemaakt voor diegenen die de oefeningen reeds eerder met goed gevolg hebben doorlopen.

## Tentamenherkansing

Na afloop van de gehele cursus en dus nadat ook deel 2 is beoordeeld, zal op een nader te bepalen tijdstip in blok 6 de mogelijkheid worden geboden het tentamen nogmaals af te leggen.



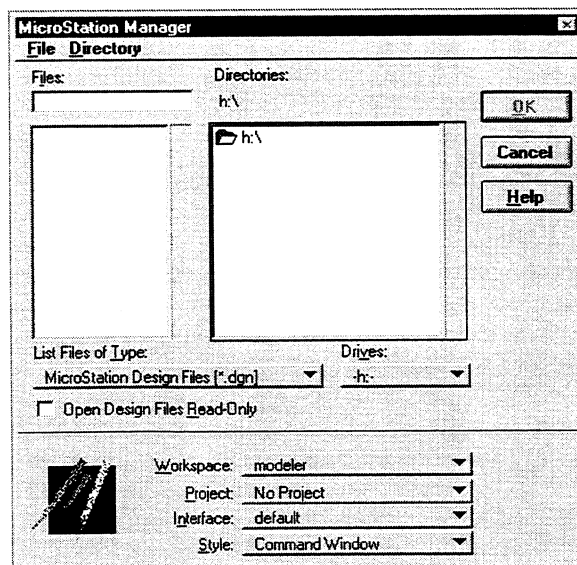
# Oefening 1

## Inleiding MicroStation

In deze oefening wordt er aan de hand van het modelleren van een eenvoudig object kennis gemaakt met het bij de eerstvolgende oefeningen gebruikte programma genaamd *MicroStation*.

Doel van de oefening	Kennis maken en leren werken met een solid modelingpakket. Het kunnen genereren van verschillende grondvormen die voortkomen uit het toekennen van dimensies aan de primitieven en het kunnen uitvoeren van de zgn. Booleaanse operaties op objecten.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit 3 delen; totale duur ca. 3h 30min.
Deel 1	In dit deel lopen we in het kort langs de onderdelen van de modelleeromgeving van <i>MicroStation</i> . Voordat je met het programma kunt werken moet je inloggen.

Kies in *Windows* [Start|Programs|MicroStation95|MicroStation Modeler] uit de werkbalk onderaan het beeldscherm. Wacht tot het volgende scherm in beeld komt:



Figuur 1: het dialoogvenster MicroStation Manager

We moeten eerst de file voor deze oefening aanmaken voordat we doorgaan. Deze file heet 'oef1.dgn'.

Nieuwe file aanmaken	Klik aan [File New]. Er verschijnt een nieuw dialoogvenster <i>Create Design File</i> . Hierin kunnen we de nieuwe file aanmaken.
----------------------	---

Zorg dat je file komt te staan in je eigen directory: 'h:'.  
Vul bij *Files:* de naam van de file in.

Hoe? Klik het hokje onder *Files:* aan met de muis. Er verschijnt een vertikaal streepje. Dit betekent dat het hokje voor gebruik gereed is.  
Geef door middel van het toetsenbord de naam van de nieuwe file op. Voor deze oefening is dit: oef1.dgn

Klik op *OK*.

Terug in het vorige dialoogscherm, zie je nu de file tussen je andere files staan.

Kijk of onderaan bij *Style: Command Window* staat. Is dit niet het geval, klik dan op *Status Bar* en daarna op *Command Window*.

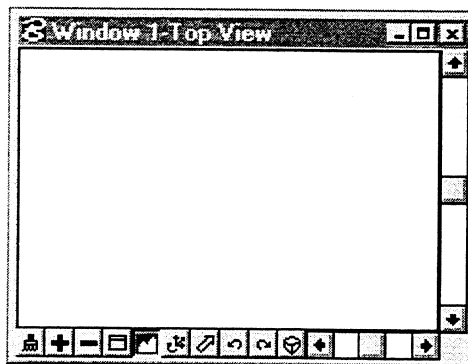
Klik op *OK* om het programma *MicroStation* op te starten. Het duurt eventjes voordat het werkvlak van *MicroStation* verschijnt. Wacht tot het volledige scherm is opgestart.

Het werkvlak dat nu voor je staat is onderverdeeld verschillende gedeelten:

- de view windows
- de commandobalk
- een aantal symboolblokken

#### View Windows

De View Windows zijn de vier aanzichtschermen die op het werkvlak van *MicroStation* te vinden zijn (zie *Figuur 2*).



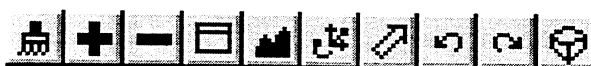
*Figuur 2: een van de View Windows*

In de View Windows is het object dat gemodelleerd is in verschillende aanzichten afgebeeld. Zo kan het object tegelijk van verschillende kanten worden bekeken: het zijn een soort 'vensters' waardoor de gebruiker de 3D ruimte 'in' kijkt.

*MicroStation* laat voortdurend een x,y,z-assenkruis zien, zodat je snel kunt zien hoe de modellen zijn georiënteerd.

#### Viewing iconen

Het aanzicht in de View Windows kan door middel van kleine icoontjes worden gemanipuleerd. Deze iconen bevinden zich in de onderrand van elk View Window:

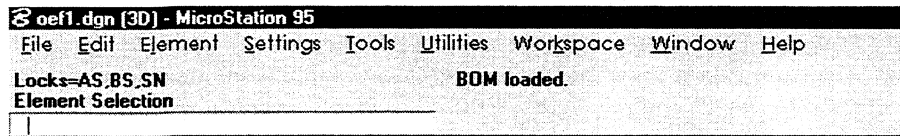


*Figuur 3: de viewing iconen*

De bijbehorende betekenissen worden in een geel rechthoekje afgebeeld als je de cursor op het icoon laat rusten.

## Commandobalk

Dit is het informatieblok (zie Figuur 4) dat in de linkerbovenhoek van het werkvlak is geplaatst.



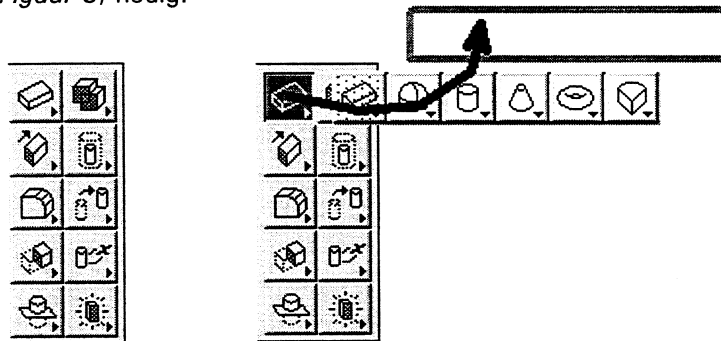
Figuur 4: de Commandobalk

In het bovenste gedeelte van de commandobalk zijn de rolmenu's ondergebracht. De regel daaronder zijn een aantal gegevens te zien over de instellingen van het programma - deze zijn nu niet interessant. Direct daaronder staan de achtereenvolgende acties die het programma van jou verwacht tijdens het uitvoeren van een commando.

Om een soepele dialoog met het programma te krijgen, is het belangrijk om de aanwijzingen in de commandobalk goed in de gaten te houden. Deze aanwijzingen commandobalk worden ondersteund met een in de opdracht-dialoogvenster dat met het uitvoeren van een opdracht verschijnt. Hierin kun je de verschillende instellingen die bij een opdracht horen invoeren.

Om te wennen aan de dialoog met het programma zullen we een aantal objecten gaan maken.

Voor het modelleren van objecten heb je het iconenblok *Modeler* (zie Figuur 5) nodig.

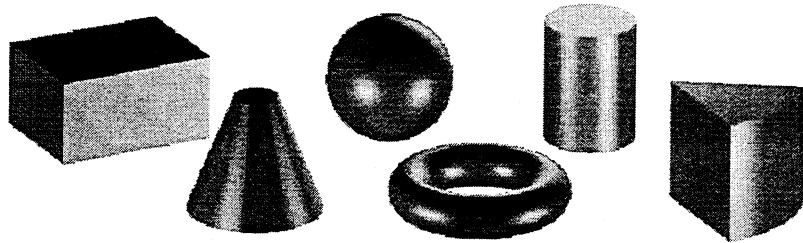
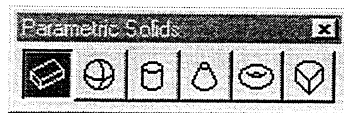


Figuur 5: links- het iconenblok *Modeler*; rechts- het verslepen van een sub-blok naar het werkvlak.

Onder elk icoon bevindt zich een sub-blok, dat je apart naar je werkvlak kunt verslepen (zie Figuur 5).

**Verslepen?** Klik met je linker muisknop op het icoon en beweeg je muis over het scherm volgens de pijl (zie Figuur 5). Hierbij houd je de muisknop ingedrukt. Laat (midden) op het werkvlak pas je muisknop los.

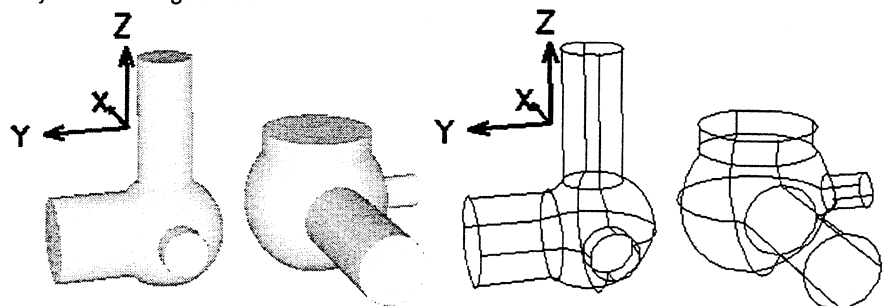
Onder het icoon *Place Slab* bevindt zich het sub-blok *Parametric Solids*. Hiermee zijn de basisvormen te construeren:



Figuur 6: iconenblok Parametric Solids en de 6 driedimensionale basisvormen die je ermee kunt maken.

Deel 2.

In dit deel ga je stap voor stap een object maken dat verwant is aan de objecten in *Figuur 7*.



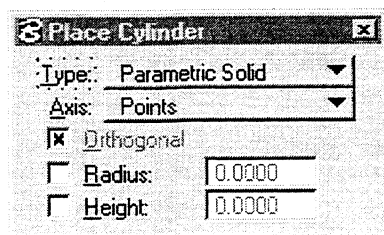
Figuur 7: twee vormverwante objecten: drie cilinders verenigd met een bol; links shading, rechts wire frame

Opdracht 1.

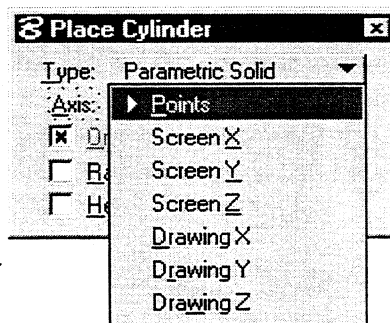
Modelleer een cilinder die parallel loopt aan een van de richtingen  $x$ ,  $y$  of  $z$ . Gebruik voor de oriëntatie de opties onder **Axis**: (zie *Figuur 9*). Stel de afmetingen via de hokjes in het dialoogvenster in of geef ze op via de muis (maak niet al te 'platte' cilinders omdat je dan straks in de knoop komt).

LET OP: Zoek uit wat precies het verschil is tussen de oriëntatie-opties [Axis|Points], [Axis|Screen Y] en [Axis|Drawing Y].  
 Let op het commentaar in het Command Window.  
 De linker muisknop betekent *accepteren* en de rechte muisknop *verwerpen*.  
 Op de volgende pagina staat wat je moet doen als het object niet meer zichtbaar is.

Bij het uitvoeren van deze opdracht (klik nu op de het icoon met de cilinder) verschijnt het dialoogvenster *Place Cylinder*, waarin je de verschillende parameters voor het maken van een cilinder kunt instellen (zie *Figuur 8*).



Figuur 8: het dialoogvenster Place Cylinder

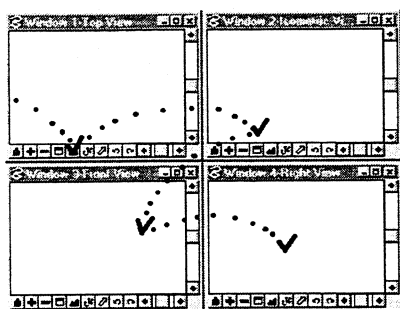


Figuur 9: oriëntatie instellen

### Fit View

Als het object geheel of gedeeltelijk uit de View Windows is verdwenen doe dan het volgende:

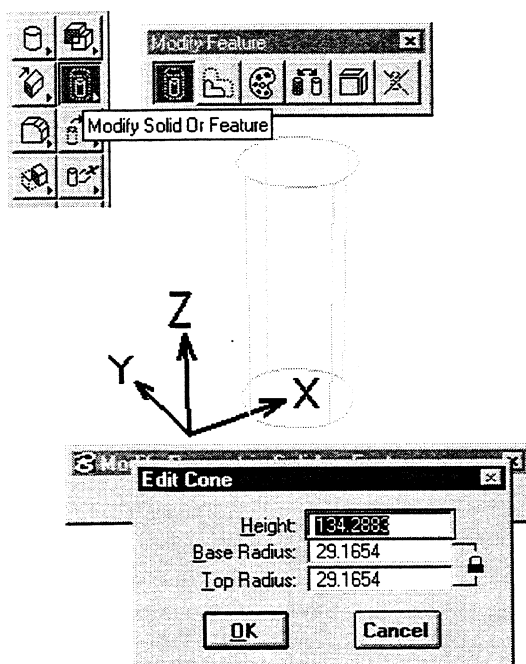
1. Kies in het rolmenu de optie [Window|Tile]. MicroStation zorgt dat de View Windows weer netjes op het werkvlak komen.
2. Klik op het viewing icoon *Fit View* van een van de View Windows. Klik hierna de andere View Windows aan. (zie *Figuur 10*)



Figuur 10: het toepassen van Fit View op alle View Windows

### Dimensies aanpassen

In de volgende figuur wordt een voorbeeld gegeven van het veranderen van de dimensies van een cilinder. In het geselecteerde vakje wordt de nieuwe hoogte van de cilinder opgegeven.



Figuur 11: het iconenblok Modify Solid Or Feature

Wire frame MicroStation beeldt objecten af als zgn. *wire frame* (draadmodel). Wees er van bewust dat je met massieve objecten werkt, hoewel je alleen de 'ribben' van objecten ziet. Een goede manier om beter de ruimtelijkheid te kunnen ervaren is het aanbrengen van perspectief en het maken van een shading (zie *Figuur 7*).

Informatief standpunt Het is handig als je View Window 2 gebruikt om het gemodelleerde object in een informatief standpunt af te beelden.

View Window 2 staat nu in de isometrische projectie. Door op het viewing icoon *Rotate View* te klikken, en daarna ergens in het View Window, kun je het standpunt veranderen door met je muis te bewegen.

Klik op het viewing icoon *Change View Perspective* en daarna ergens in het View Window. Beweeg de muis een paar millimeter naar buiten. De hulpkubus komt nu in perspectief te staan. Dit wordt verhevigd als de cursor verder naar buiten wordt bewogen. Stel niet teveel perspectief in: dit werkt niet verhelderend. Accepteer de stand door het nogmaals klikken op de linker muisknop.

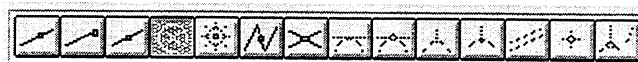
Voor het maken van een shading van je objecten gebruik je het icoon *Render*.



*Figuur 12: het icoon Render*

Opdracht 2. Maak een cilinder die loodrecht staat op de cilinder die je net hebt gemodelleerd. Daarbij moet je ervoor zorgen dat ze het middelpunt van een van de basisvlakken gemeenschappelijk hebben. Bij het maken van de cilinder wordt er verwacht dat je het middelpunt van het basisvlak aanwijst. In dit geval kunnen we niet volstaan met een willekeurig punt: we moeten hier het middelpunt van een van de basisvlakken van de andere cilinder selecteren. Het heeft geen zin om in te zoomen en zo het punt te benaderen - er is een functie voor: het selecteren van punten afgeleid van gemodelleerde objecten noemen we 'snappen'.

Snappen Hoe doen we dit nu precies? Je kunt het type punt waar je op snapt, instellen in het iconenblok *Snap Modes* helemaal bovenin het werkvlak:



*Figuur 13: het iconenblok Snap Modes*

Dubbelklik op het icoon *Center Point* uit het iconenblok *Snap Mode*. Let op dat er een 'mist' over het icoon heen komt (zie *Figuur 13*).

Dit icoon blijft gedurende de hele sessie actief, tot een andere snap mode wordt gekozen.

Klik *beide muisknoppen tegelijk* op een van de ellipsen van de cilinder in View Window 2.

De snap-cursor (dit is een grote kruisvormige cursor) springt naar het midden van het basisvlak. Dit betekent dat je naar het midden van het basisvlak bent gesnapt.

Klik nu om dit center point te accepteren.

Nu ga je verder zoals bij de andere ellips. De oriëntatie is tijdens het maken nog te veranderen.

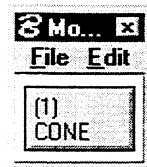
Opdracht 3. Maak nu op dezelfde wijze een cilinder in de andere loodrechte richting. Maak een bol die gecentreerd ligt om het gemeenschappelijke punt van de drie cilinders. Zorg dat de bol met de [Axis|Drawing Z]-optie is gemaakt. De bol staat dan namelijk 'netjes' in de ruimte.

Feature Manager Klik de rolmenu optie [Element|Modeler Feature Manager] aan. Het gelijknamige window verschijnt:



Figuur 14: het venster Modeler Feature Manager

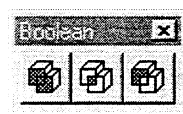
Dubbelklik op de cilinder. Het feature-symbool voor de cilinder verschijnt in het venster:



Figuur 15: in de Modeler Feature Manager is het geselecteerde object weergegeven met een symbool. De boom die ontstaat bij het toevoegen van features wordt steeds bijgehouden.

Feature boom Als je het venster *Modeler Feature Manager* gebruikt, zie je een diagram van de featureboom van het geselecteerde object. Het diagram laat zien in welke volgorde de basisvorm en zijn bijbehorende features zijn gemaakt, met aan de top van de boom de laatste actie. Gedetailleerde informatie over de features kan worden opgevraagd. Ook kan je met de *Modeler Feature Manager* de verschillende features wijzigen en hun positie in de boom wijzigen. Laat het venster staan in een van de View Windows!

Booleaanse operaties In de volgende opdracht zullen we gaan werken met de zogenaamde Booleaanse operaties. Dit zijn de functies die twee objecten combineren tot een object. Er zijn drie Booleaanse operaties, ze worden ook wel de logische functies genoemd: optellen, overlapping en aftrekken. Deze functies zijn respectievelijk ondergebracht in het volgende iconenblok:

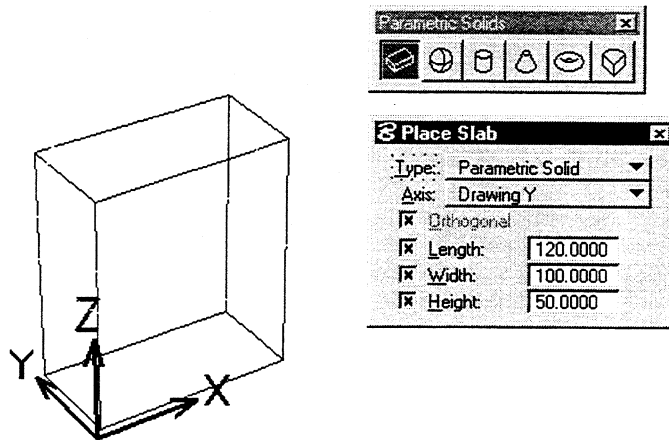


Figuur 16: het iconenblok Boolean

Welk van de drie Booleaanse operaties hebben we voor ons object nodig?

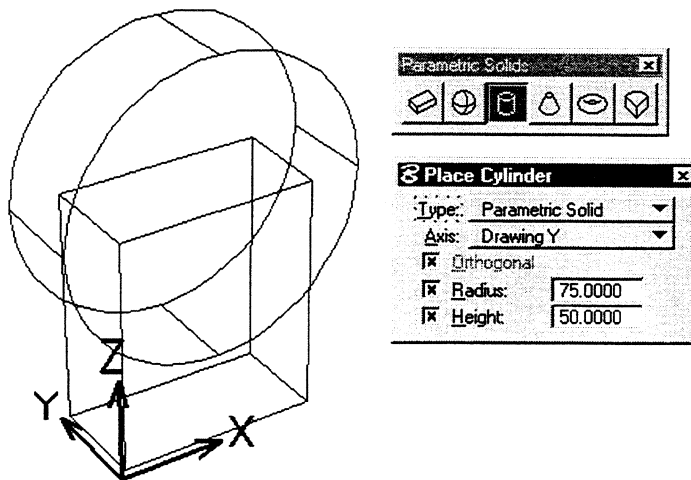
Opdracht 4. Combineer nu de drie cilinders met de bol door eerst op de juiste van de drie iconen uit het iconenblok *Boolean* te klikken en daarna de vier objecten een voor een. Ondertussen zie je het object groeien in het venster van de *Feature Manager*. Accepteer het uiteindelijke object door naast het object te klikken.

Opdracht 5. Maak een balk met afmetingen zoals in het dialoogvenster in Figuur 17 te zien is. De balk noemen we A. Maak de balk ergens naast het object dat je al gemaakt hebt.



Figuur 17: A

We zullen dit blok gaan combineren met een cilinder (B), die de volgende afmetingen heeft:



Figuur 18: A en B

Bij het construeren moet je erop letten dat het middelpunt van het voorvlak van de cilinder exact op het midden van de ribbe van het blok ligt. Bij het aanwijzen van het middelpunt maak je daarom gebruik van het Snap-icoon Midpoint.

Hoe? Klik op het icoon *Place Cylinder* van *Parametric Solids* en stel het gelijknamige dialoogvenster, zoals hierboven afgebeeld, in. In het *Command Window* vraagt MicroStation nu om het center point van een van de basisvlakken. Dubbelklik nu op het Snap-icoon *Midpoint* (zie *Figuur 19*)

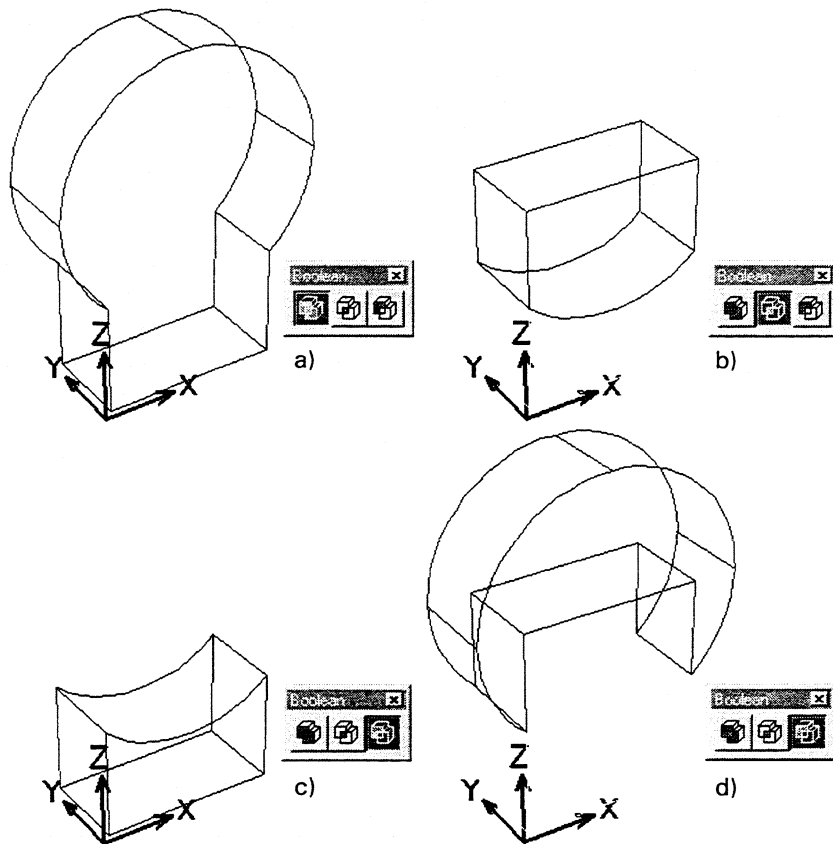


Figuur 19: Snap-icoon *Midpoint* geactiveerd

De cursor zal nu bij het indrukken van de snapklik het midden van een lijnstuk selecteren.

We gaan A en B combineren door middel van de Booleaanse operaties. In *Figuur 20* is een schema afgebeeld met de resultaten van deze actie.





Figuur 20: a)  $A \cup B$  union; b)  $A \cap B$  intersection; c)  $A - B$  subtraction; d)  $B - A$  subtraction

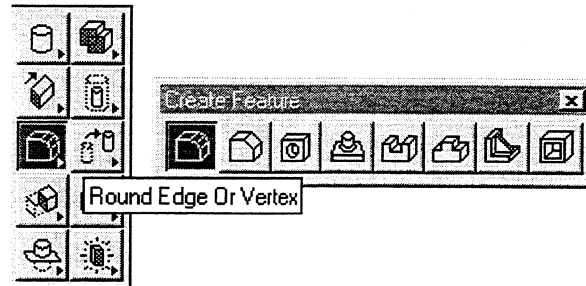
Zorg dat je alle objecten uit *Figuur 20* hebt gemaakt, door na elke Booleaanse operatie het Windows Undo-commando te geven.

**Undo?** Met het Undo-commando kun je de laatste actie ongedaan maken. In alle programma's onder Windows geef je het Undo-commando met de toetsencombinatie Ctrl-Z, of met de menu-optie [Edit|Undo].

Maak van elk van de vier resultaten een shading en bekijk ook de geometrie informatie in het venster van de *Modeler Feature Manager*.

Deel 3.

In dit deel zullen we nog drie features bespreken: afschuining, afronding en uitholling. Deze worden gemaakt met behulp van het iconenblok *Create Feature*. Het is de bedoeling dat je het gemodelleerd object aan twee uiteinden en aan aanhechtingen voorziet van afrondingen en afschuiningen.



Figuur 21: het iconenblok *Create Feature*

Afronding

Om een afronding te maken aan een object, klik je de volgende elementen aan: het icoon *Round Edge Or Vertex*, de rand waar je de afronding op wilt hebben, deze komt geselecteerd in beeld. Ter bevestiging met je rechter muisknop op een leeg gedeelte van het View Window. Het programma rekent nu de afronding uit en na een tijdje laat hij het resultaat zien.

Oeps Als de radius nog niet goed is, kun je nu in het dialoogvenster een andere radius intypen, gevolgd door de Enter-toets. Het programma gaat dan weer rekenen.

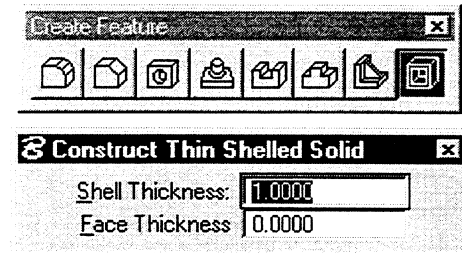
Is het naar wens, dan druk je ter bevestiging je linker muisknop in. Met je rechter muisknop annuleer je de actie.

Afschuining

Het afschuinen van een rand gaat op dezelfde manier.

Uitholling

Hol tenslotte het object uit met het icoon *Construct Thin Shelled Solid*:



Figuur 22: het dialoogvenster van *Construct Thin Shelled Solid* met de instellingen voor het uithollen.

Voer de functie uit op de laatst overgebleven rand van een van de cilinders. Het vlak van die cilinder wordt hierdoor open en het object krijgt de bedoelde wanddikte.

# Oefening 2

## Het manipuleren van objecten

In deze oefening wordt de student aan de hand van de assemblage van een vrij complex model van een fiets gestimuleerd zijn/haar ruimtelijk inzicht te gebruiken.

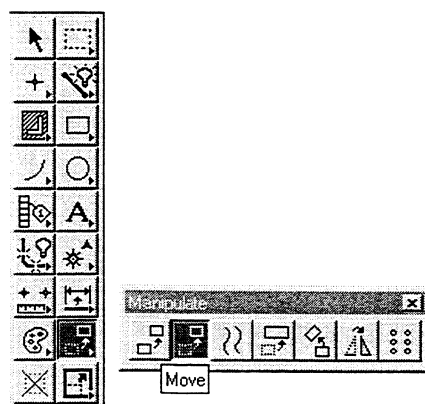
Doel van de oefening    Vaardigheid in het manipuleren van 3D-objecten.

Tijdsbesteding            De oefening duurt ongeveer 3 uur.

Beginnen                    Start MicroStation: zie eventueel oefening 1.  
Laad de voor deze oefening benodigde file in volgens de aanwijzingen van de docenten.

Je ziet dat de fiets behoorlijk uit elkaar ligt. Met behulp van de hierna te bespreken commando's is het de bedoeling de fiets te assembleren door de verschillende onderdelen eerst de goede te verwachten oriëntatie te geven en ze daarna in het juiste verband bij elkaar te zetten. Uiteindelijk moet de fiets een geheel vormen.

Manipuleren                De verschillende gemodelleerde objecten kunnen we gaan manipuleren. Dit kan op verschillende manieren. Voorbeelden zijn: verslepen, roteren, spiegelen. Deze functies zijn ondergebracht in het iconenblok *Manipulate* (zie *Figuur 23*). Om de losse features uit een gemodelleerd object te manipuleren gebruiken we het iconenblok *Manipulate Feature*.



Figuur 23: het iconenblok Manipulate

Aanwijzing                Een voorwaarde voor correcte assemblage is het gebruiken van de Snapfuncties. Hiermee kun je bijv. delen exact concentrisch aan elkaar koppelen.

Sla de fiets op als je klaar bent.

# Oefening 3

## Eindopdracht

In deze oefening wordt de student gevraagd een eigen ontwerp van een complex model te modelleren.

**Doel van de oefening** Het kunnen invoeren van een eigen ontwerp.

**Tijdsbesteding** De oefening duurt een heel dagdeel (3h 30min).

Start MicroStation op met de file waar de geassembleerde fiets in staat.

**Aanwijzingen** Modelleer de volgende fietsonderdelen:

- bel
- zadel
- tenminste een voorlicht

De modellen moeten zijn opgebouwd uit grondvormen, waarin een bol, cilinder en kegel voorkomen, ook moet er een herhalingselement in voorkomen.

Maak ook enkele afrondingen en afschuiningen.

Maak gebruik van verschillende Booleaanse operaties.

Gebruik verschillende kleuren.

Maak als je klaar bent een plot van het eindresultaat.

ide141 - TPI 1

# Handleiding MicroStation

Inhoud

Overzicht iconen

Samenstelling

Aad Bremer  
Nico Daams

Delft, augustus 1996



# Overzicht iconen





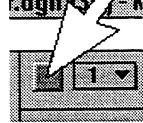
De beschrijving van de iconen is te vinden in de helpfunctie van MicroStation zelf. Om deze informatie te krijgen doe je het volgende:

Klik het icoon aan, waar je uitleg over wilt. Het icoon wordt actief en er verschijnt een gelijknamig dialoogvenster.  
Druk op de *F1*-toets bovenaan je toetsenbord.

Er verschijnt een window met de informatie over het icoon.

Hier volgt een lijst van de belangrijkste iconen:

## Algemene functies:

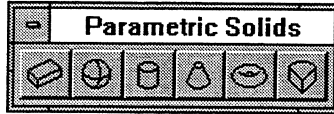
	Element Selection	object selecteren
	Delete Element	object verwijderen
	Undo, Redo	acties ongedaan maken
	Render	inkleuren wire frame
	Change color	kleur van objecten veranderen (eerst object selecteren)

## Viewing iconen



1. Update View
2. Zoom In
3. Zoom Out
4. Zoom Area
5. Fit View
6. Rotate View
7. Pan View
8. View Previous
9. View Next
10. Change View Perspective

Grondvormen modelleren



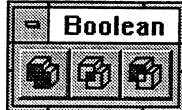
1. Place Slab
2. Place Sphere
3. Place Cylinder
4. Place Cone
5. Place Torus
6. Place Wedge

Snap Modes



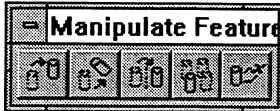
1. Nearest
2. Endpoint
3. Midpoint
4. Center Point
5. Origin
6. Bisectrice
7. Intersection

Booleaanse operaties



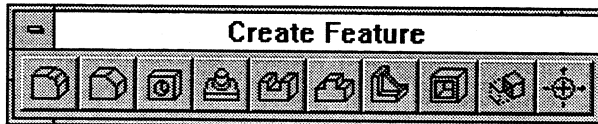
1. Construct Solids Union
2. Construct Solids Intersection
3. Construct Solids Difference

Features manipuleren



1. Move Feature
2. Rotate Feature
3. Mirror Feature
4. Construct Feature Array
5. Locate Feature

Features toevoegen



- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Round Edge or Vertex         | afronden                   |
| 2. Chamfer Edge                 | afschuinen                 |
| 3. Create Hole                  | gat 'boren'                |
| 4. Create Boss                  | nok plaatsen               |
| 5. Create Cut                   | sleuf maken                |
| 6. Construct Protrusion         | rand plaatsen              |
| 7. Construct Rib                | rib maken                  |
| 8. Construct Thin shelled Solid | uithollen                  |
| 9. Generate Section             | doorsnede maken            |
| 10. Create Datum                | punt in de ruimte plaatsen |



Modify Feature

features wijzigen



# Diktaat 2D

## Inhoud

### **Inleiding**

- 1. Het vastleggen van technische informatie**
- 2. Het gebruik van de computer als tekeninstrument**
- 3. Afbeelding van een voorwerp**
- 4. Bemating van een voorwerp**
- 5. Maatafwijkingen, passingen, geometrische toleranties en oppervlakteruwheid.**
- 6. 2D tekening van buis-profielconstructies**
- 7. Verbindingen**
- 8. Tekeningsystemen**
- 9. Inbouw van radiale lagersystemen**

### **Literatuurlijst**

### **Aanbevolen naslagwerken**



# Inleiding

Zolang er ontwerpers zijn worstelen ze al met het probleem dat ze behoefte hebben aan een grote mate van vrijheid maar daarbij worden tegengewerkt door een omgeving die gevuld is met beperkingen. Deze beperkingen kunnen zowel op het vlak van de beschikbaarheid van materialen en de daarop mogelijke bewerkingen liggen als op het gebied van de voor ontwerp en fabricage benodigde reken- en tekentechnieken.

Onze kennis over materialen is de laatste decennia sterk uitgebreid. Door de opkomst van de keramische materialen en de kunststoffen is ook de keuzemogelijkheid op dit gebied behoorlijk vergroot. Wat betreft het bewerken van materialen heeft de komst van de numerieke besturing een grote verandering teweeggebracht. Combinatie van deze besturingsvorm met de nieuwe technieken die samenhangen met het gebruik van kunststoffen of de toepassing van lasers biedt ruimte voor het toestaan van een steeds grotere vrijheid in de vormgeving. Door gebruik te maken van computers is het mogelijk om in zeer korte tijd uiterst complexe berekeningen uit te voeren. Een grote hoeveelheid programma's staan in dit opzicht de ontwerper ten dienst.

De laatste van de eerder genoemde beperkingen heeft te maken met de behoefte om gegevens zo waarheidsgetrouw mogelijk te kunnen vastleggen en visualiseren. Deels is dit nodig om de gedachtenvorming rond het ontstaan van het produkt te sturen en deels om derden in staat te stellen het geheel te produceren, te verkopen, te onderhouden of te ontmantelen.

Om aan deze behoefte te voldoen zijn modelleer- en tekentechnieken ontwikkeld en normen opgesteld op het gebied van projecteren, bematen, tolereren, verzenden en zo verder. Een deel van deze verzamelde technieken en normen wordt tijdens de cursus aangedragen en beoefend.

Tijdens de vakken die gaan over vervaardigen en construeren en bij de vervolgvakken uit de TPI-reeks zal worden ingegaan op de functie van de technische produktinformatie. Ook zal worden stilgestaan bij wat allemaal kan worden vastgelegd en wat met behulp van deze informatie kan worden gerealiseerd.

Tot voor kort geschiedde het vastleggen van technische informatie met tekenhaak, driehoek of tekenmachine in combinatie met mallen, potlood, buisjespen en passer. Net als overal elders is ook hierin door de toepassing van computertechnologie aanzienlijke verandering gebracht. Op dit moment kan de ontwerper of de constructeur, gezeten achter een scherm, informatie invoeren en wijzigen om vervolgens het uiteindelijke resultaat in digitale vorm op te slaan. Met het vastgelegde resultaat kunnen daarna uitvoermiddelen als printers of plotters worden aangestuurd voor het vervaardigen van teksten of tekeningen maar ook kan de informatie geschikt gemaakt worden om rechtstreeks de fabricage te sturen.

Bij het vak 'Technische Produktinformatie 1' wordt voor het vastleggen van informatie gebruik gemaakt kunnen worden van op de faculteit aanwezige computersystemen en hierop aangebrachte software.



# Het vastleggen van technische informatie

## Inhoud

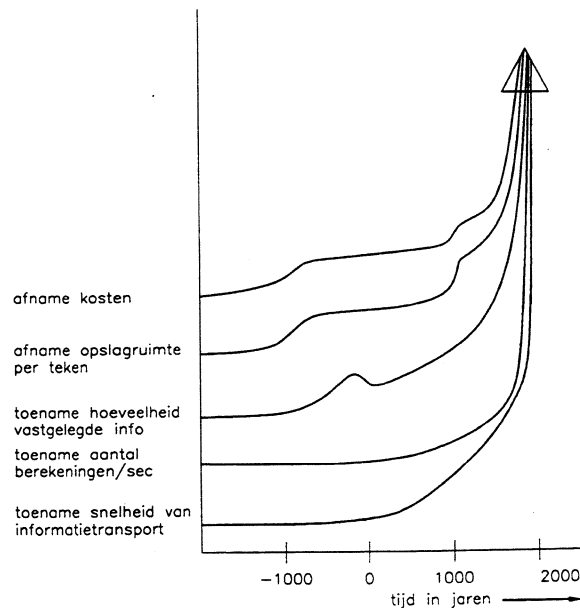
- 1.1 Inleiding
- 1.2 Het vastleggen van de informatie door de eeuwen heen
- 1.3 De functie van de informatiedrager in het proces
- 1.4 Hoe compleet moet de vastgelegde informatie zijn?
- 1.5 Een nieuwe aanpak in het denken over produktmodellen
- 1.6 Wat doe je verder met de vastgelegde informatie?
- 1.7 Hoe kan in de toekomst een ontwerpproces eruit zien?
- 1.8 Hebben ontwerpers en constructeurs dan nog wel wensen?
- 1.9 Haalt de technisch tekening de eeuwwisseling?



# Het vastleggen van technische informatie

## 1.1. Inleiding

In algemene zin kan gesteld worden dat de eigenschap om informatie te kunnen overdragen voor een volk een primaire voorwaarde is om te komen tot serieuze culturele groei. Dit houdt in dat een cultuur die niet het een of andere meer permanente overdrachtsmedium kent, zich niet of slechts zeer traag en beperkt zal ontwikkelen. Een verdere groei van onze beschaving zal dan ook afhangen van de hoeveelheid informatie die we nog in staat zijn vast te leggen. Vastleggen alleen is trouwens niet voldoende. Het is ook noodzakelijk dat al die vastgelegde informatie eenvoudig kan worden opgeslagen, overgedragen en verwerkt. Klaus Haefner heeft dit in zijn boek 'Die neue Bildungskrise' [1] bijzonder aardig verwoord en in grafieken gevisualiseerd. Voor een beter vergelijk hebben we een aantal van Haefner's grafieken in een figuur samengebracht (figuur.1.1).



Figuur 1.1. Ontwikkelingen op het gebied van het opslaan, verwerken en overdragen van informatie met bijbehorende kosten [1]

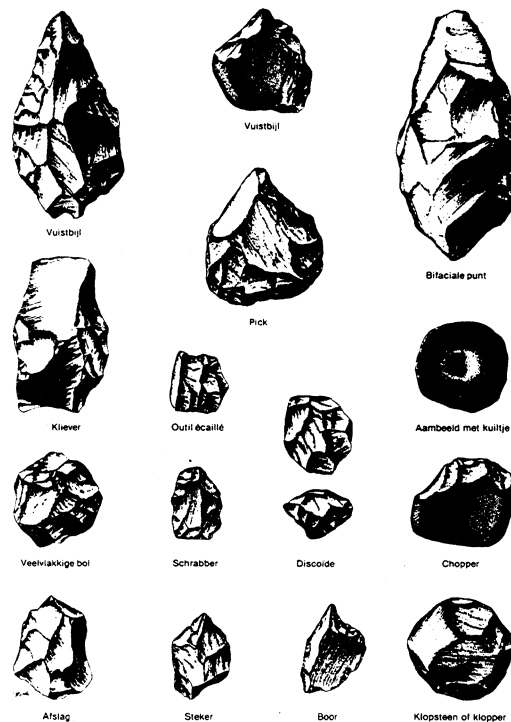
Bij het bekijken van deze figuur kan opgemerkt worden dat;

- voornamelijk veel bekend is over het vastleggen van alfa-numerieke informatie. Weinig is bekend over op tekening vastgelegde informatie. Te verwachten valt dat bij dit laatste een zelfde verloop zal zijn opgetreden als bij de alfa-numerieke informatie. De omvang van informatie die wordt vastgelegd is wel duidelijk verschillend.
- alle grafieken de eigenschap hebben om juist in de laatste paar decennia asymptotisch te gaan verlopen,

- in het achterhoofd moet worden gehouden dat voor verdere ontwikkeling een teveel aan vastgelegde informatie even blokkerend kan zijn als een tekort aan vastgelegde informatie,
- met de komst van het begrip 'data' het verschil tussen via schrift en via tekening vastgelegde informatie wat verwatert en we in zeker opzicht meer moeten kijken naar de omvang van de informatie en minder naar de vorm (nulletjes en eentjes),
- we ons bevinden in een zogenaamd tijdsgewricht. Dit betekent dat alles wat aan de toekomst-zijde van het gewricht ligt sterk zal verschillen van het aan de verleden kant liggende deel.
- het voor een juist begrip van de situatie niet onverstandig is om wat mee te weten over de wijze waarop tot nu toe door de mens zijn technische informatie is vastgelegd.

## 1.2. Het vastleggen van technische informatie door de eeuwen heen

Als we een archeoloog vragen om vast te stellen of in een bepaalde tijd of op een bepaalde plaats sprake kan zijn geweest van menselijke leven dan zal deze voor het beantwoorden van de vraag zeker gaan zoeken naar resten die wijzen op het gebruik van kunstmatige hulpmiddelen en gericht gebruik van vuur. De mens bleek een wezen te zijn dat zich niet tevreden stelde met de door de natuur verschaft omgeving maar daar zelf nog wat aan wenste toe te voegen. Aanwezigheid van de mens hangt dan ook meestal samen met het aanwezig zijn van zogenaamde 'artefacten', materiële hulpmiddelen, waarmee de mens zijn beperkte mogelijkheden probeerde uit te breiden. De mens was dus al vroeg een 'maker van spullen', een ontwerper dus en een constructeur. In het begin had dat constructeurerschap een nogal intuïtief en proefondervindelijk karakter. Dat was dan ook goed merkbaar aan de resultaten (figuur.1,2). Geen twee pijlpunten of vuistbijlen waren hetzelfde. Er was soms wel iets dat leek op serieproductie maar het fabricageproces was zo onvoorspelbaar en de materialenkennis zo beperkt dat ieder produkt uniek genoemd kon worden.



Figuur 1.2. Vuistbijlen en pijlpunten werden al vroeg in serie vervaardigd [6]

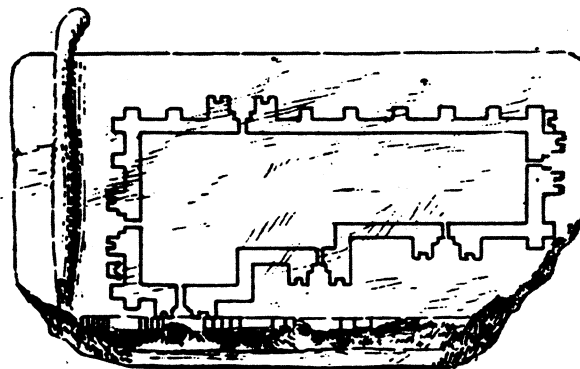


In de meeste gevallen zal de ontwerper van het eerste uur tevens producent zijn geweest en waarschijnlijk daarbij ook nog distributeur. Informatie over het produkt zal vermoedelijk enkel in het hoofd van de ontwerper aanwezig zijn geweest. Toch komt al snel de tijd dat we kunnen gaan spreken van specialisatie en toelevering. Nemen we als voorbeeld een eenvoudige bijl. Deze zal bestaan uit een bijkop, een steel en wat verbindingmateriaal. In een vroeghistorische samenleving blijkt een getalenteerd bijlenmaker te zijn. Anderen willen ook graag een door hem gefabriceerde bijl. De oorspronkelijke maker kan het werk niet aan en besteedt uit. Het maken van de bijkop doet hij nog wel zelf maar voor de bijsteel wordt een ander lid van de stam ingeschakeld. Weer een ander stamlid is bijzonder handig met vezels en knopen en neemt de montage onder zijn hoede. De mens zal de mens niet zijn als er ook niet al snel stamleden komen die merken dat die bijlen een aardig ruilobject vormen. Er zit handel in en produktie en distributie zullen dan ook al snel gescheiden gebieden worden. Waar de uiteindelijke winsten heen gaan zullen we maar niet verder uitzoeken.

Ondanks de opsplitsing in deeltaken zal de behoefte aan het vastleggen van informatie over het produkt in de hiervoor omschreven situatie nog niet al te sterk zijn geweest. Het produkt was eenvoudig, het aantal betrokken personen klein en de communicatiemogelijkheden beperkt.

De zaak verandert op het moment dat de omvang en/of complexiteit van de te maken produkten toeneemt en het aantal bij het maakproces betrokken personen eveneens groter wordt. Op zo'n moment is het noodzakelijk dat er aan taakverdeling wordt gedaan en goede werkafspraken worden gemaakt. In het begin zal hierbij wel voornamelijk van het gesproken woord in combinatie met wat gebaren zijn gebruik gemaakt, maar die aanpak levert toch al snel misverstanden op en resulteert daardoor in een kwalitatief minder produkt. Het lijkt dan ook bijzonder onwaarschijnlijk dat de grote bouwwerken uit het verleden zijn ontstaan zonder goed vastgelegde informatie over het nagestreefde resultaat.

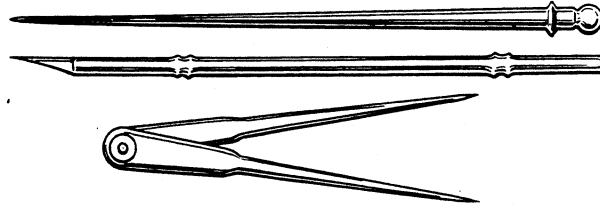
Wat er bij een groot werk fout kan gaan zonder goed en eenduidig vastgelegde informatie vertelt ons bijvoorbeeld het verhaal van de Toren Van Babel. Niet voor niets is een groot vestingwerk dan ook het onderwerp van een van de eerst bekende 'technische tekeningen'. Deze tekening stamt uit ca. 4000 voor Christus en komt uit Chaldea. Het is de plattegrond van een deel van een fortificatie en is afgebeeld op een kleitablet (figuur.1.3).



Figuur 1.3. Plattegrond van een fortificatie, weergegeven op een Chaldeaanse kleitablet uit ca. 4000 voor Christus [2]

Ondanks de grote verschillen tussen een kleitablet en een vel tekenpapier uit de twintigste eeuw is het verrassend te zien hoe weinig de tekening van toen afwijkt van de plattegronden die in deze tijd worden getekend. Met name op

bouwkundig gebied moeten we trouwens toegeven dat de bouwheren uit het vroegere Egypte, de Grieken van Homerus en zeker niet te vergeten de constructeurs uit het oude Rome hun mannetje stonden. De Romeinen gebruikten bij het ontwerpen trouwens al een groot aantal tekenhulpmiddelen. Deze tekenhulpmiddelen lijken bijzonder veel op die welke ook nu nog worden gebruikt (figuur.1.4).



Figuur 1.4. Door de Romeinen gebruikte tekenhulpmiddelen [2]

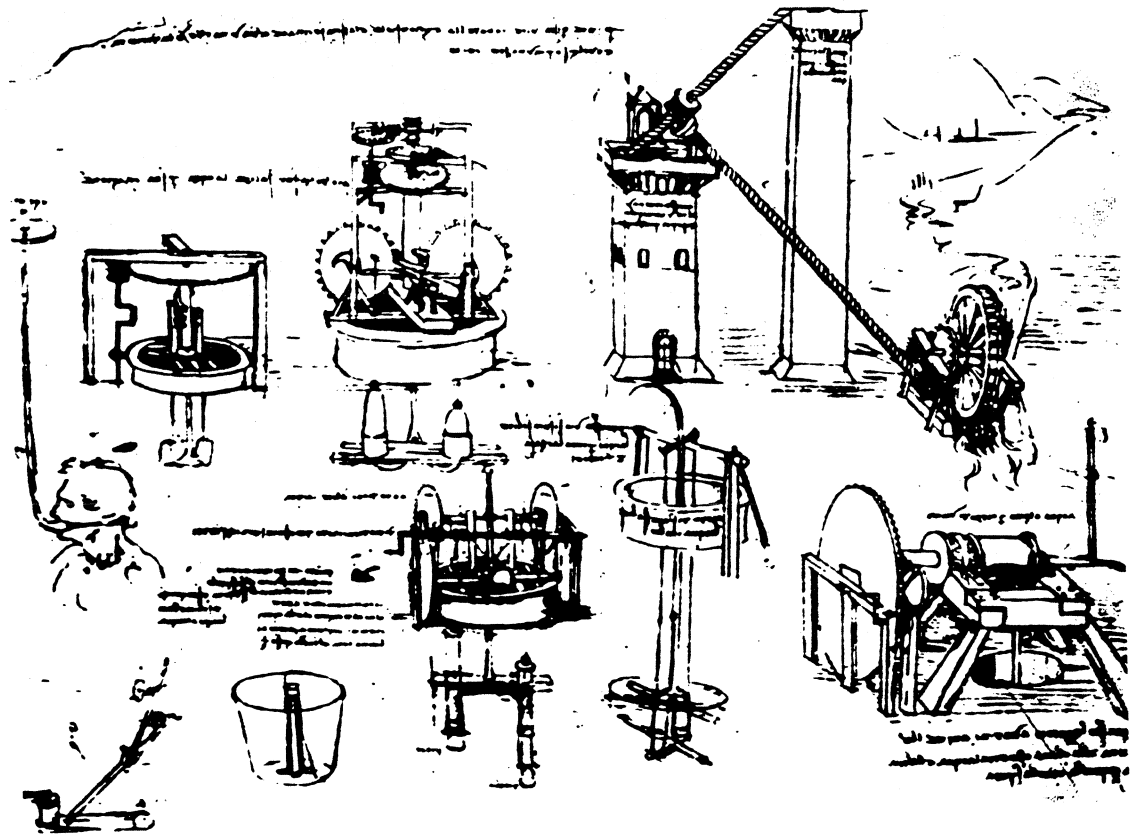
Behalve het uitvoeren van complexe vestingwerken was ook het meer seriematig vervaardigen van militaire uitrustingsstukken en wapens al heel gewoon bij een volk met een uitgebreid en strak georganiseerd militair apparaat. Met name de Romeinen stonden dan ook te boek als knappe ingenieurs. Op het terrein van de bouwkunst hebben ze zelfs wat handboeken nagelaten.

Naast tekeningen, en soms in plaats van tekeningen, werd door de eeuwen heen door ontwerpers ook gebruik gemaakt van modellen. Een model was voor de opdrachtgever visueel goed toegankelijk en kon tevens gebruikt worden om een beter beeld te krijgen van de haalbaarheid van de constructie. Met name grote overkappingen zoals de koepels van kerken werden zelden gebouwd zonder dat de constructie eerst via een schaalmodel was beproefd.

Ondanks het feit dat in de loop der eeuwen door bouwkundigen en andere constructeurs veel nieuwe kennis werd ontwikkeld en veel ervaring werd opgedaan, vormde het ontbreken van een goed systeem van kennisoverdracht een zodanige belemmering dat veel kennis ook weer snel verloren ging. Er is nu veel in schrift vastgelegd en nog minder in tekening. Door gebrek aan kopieermogelijkheden in combinatie met de vaak turbulente tijden bleef van dat weinige nog minder bewaard. De meeste kennis is dan ook doorgegeven via de mondelinge overlevering. Deze vond bijvoorbeeld plaats via het meester-gezel systeem.

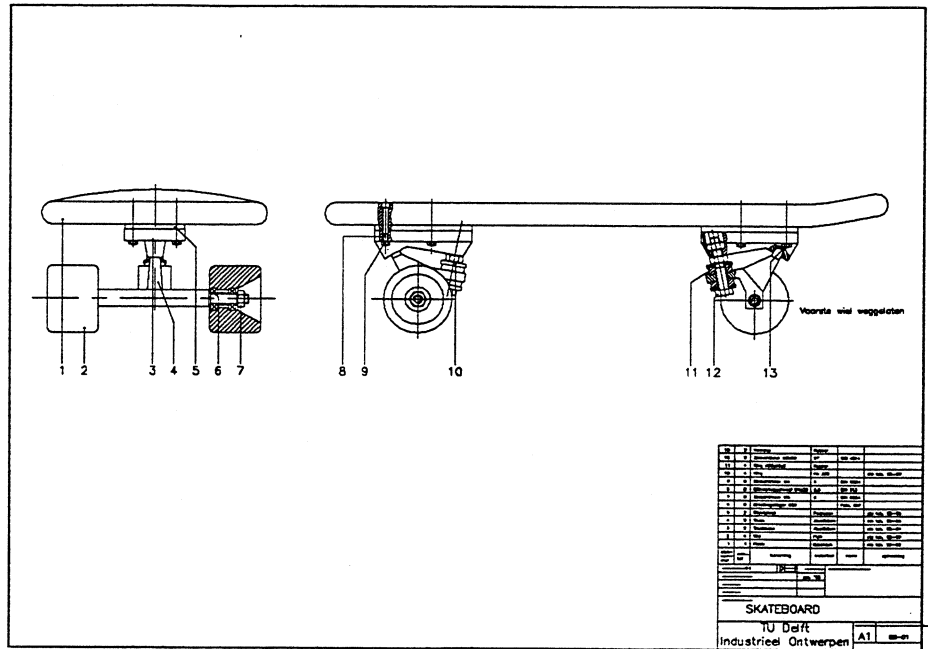
De mondelinge overdracht kon zich niet beroemen op een grote mate van betrouwbaarheid. Het wiel is dan ook vaak opnieuw uitgevonden en de, voor een werkelijke kennisopbouw noodzakelijke, continuïteit ontbrak volkomen.

Een goed voorbeeld van welk een barrière het ontbreken van een goed systeem voor het vastleggen van technische informatie vormde, is de wijze waarop de geschiedenis omging met een genie als Leonardo da Vinci. Deze produceerde een schat aan uiterst oorspronkelijk en belangrijk werk, ook op technisch gebied (figuur.1.5). Niet alleen veel nieuwe vormen van overbrenging worden aan hem toegeschreven maar ook de fiets en zelfs de vliegtuig. Al dit werk dook echter na zijn dood voor eeuwen onder en de meeste van zijn vindingen zijn toch door anderen opnieuw gedaan moeten worden. Had er in zijn tijd een betrouwbare overdrachtsmedium bestaan met voldoende kopieermogelijkheden dan had zijn geniaal werk pas echt zin gehad. Nu is het tot op zekere hoogte enkel vanuit historisch perspectief gezien interessant te noemen, maar lijkt het verder geen wezenlijke invloed op de geschiedenis te hebben gehad.



Figuur 1.5. Leonardo da Vinci was een uiterst oorspronkelijk constructeur

Net als op zoveel terreinen heeft de Franse revolutie uiteindelijk een belangrijke rol gespeeld bij de ontwikkeling van een meer eenduidig systeem voor het vastleggen van technische informatie. Napoleon droeg Caspard Mongé, een van zijn wetenschappers, op om een meer eenduidig systeem te ontwikkelen voor het vastleggen van de informatie van nieuwe vestingwerken om zo te komen tot wat meer uniformiteit. De man kweet zich voorbeeldig van zijn taak en ontwikkelde de grondbeginselen van het projectietekenen. Het vastleggen in meerdere aanzichten was al eerder geprobeerd tijdens de Renaissance maar Mongé komt de eer toe er een echt systeem van gemaakt te hebben. Het feit dat de informatie in gedrukte vorm en met een zekere oplage beschikbaar was hielp natuurlijk bij het doorgeven van zijn idee maar toch was het ook weer niet zo dat de methode meteen gemeengoed is geworden. Nee, daar was een andere revolutie voor nodig namelijk de industriële revolutie. De toen ontstane mechanische produktiewijze met zijn fabricage in grote aantallen en het dientengevolge loskoppelen van ontwerp en produktie, maakte het noodzakelijk dat er een meer algemeen geaccepteerde standaard kwam voor het vastleggen van de bij de produktie benodigde informatie. Dat wat we nu een technische tekening noemen is dan ook pas een dikke eeuw oud en nieuwe methoden van produktie en nieuwe behoeften aan vastlegging rechtvaardigen de vraag of de technische tekening in deze vorm zijn langste tijd al weer niet gehad heeft. Let wel, zolang bij veel bedrijven de weergave van informatie over het produkt via de zogenaamde Amerikaanse projektie methode nog gehanteerd wordt, blijven we binnen het onderwijs studenten trainen in deze vorm van het vastleggen van informatie (figuur.1.6).



Figuur 1.6. De technische tekening is nog steeds een belangrijke informatiedrager

Ondanks het feit dat sinds het begin van de eeuw wel gebruik kon worden gemaakt van enige mechanische hulp bij het tekenen, is toch relatief weinig aandacht geschonken aan het fysieke proces van informatievastlegging. Pas sinds de opkomst van computer- en beeldschermtechnologie is men zich gaan realiseren welke enorme mogelijkheden voor zowel ontwerper als producent schuilgaan in een andere en meer geautomatiseerde wijze van vastleggen en gebruik van produktinformatie.

De manier waarop technische informatie wordt vastgelegd blijkt dus zowel samen te hangen met de wensen van ontwerper en producent als afhankelijk te zijn van de ontwikkelingen binnen de informatietechnologie.

De rol van de technische informatie en de nieuwe ontwikkelingen in de wijze van opslag en gebruik staat centraal in dit hoofdstuk. Enige kennis van de geschiedenis is noodzakelijk om ons te realiseren hoe belangrijk goed vastgelegde technische informatie is en om er mee te leren leven dat de ultieme wijze van vastleggen van technische informatie ook nu nog niet bestaat.

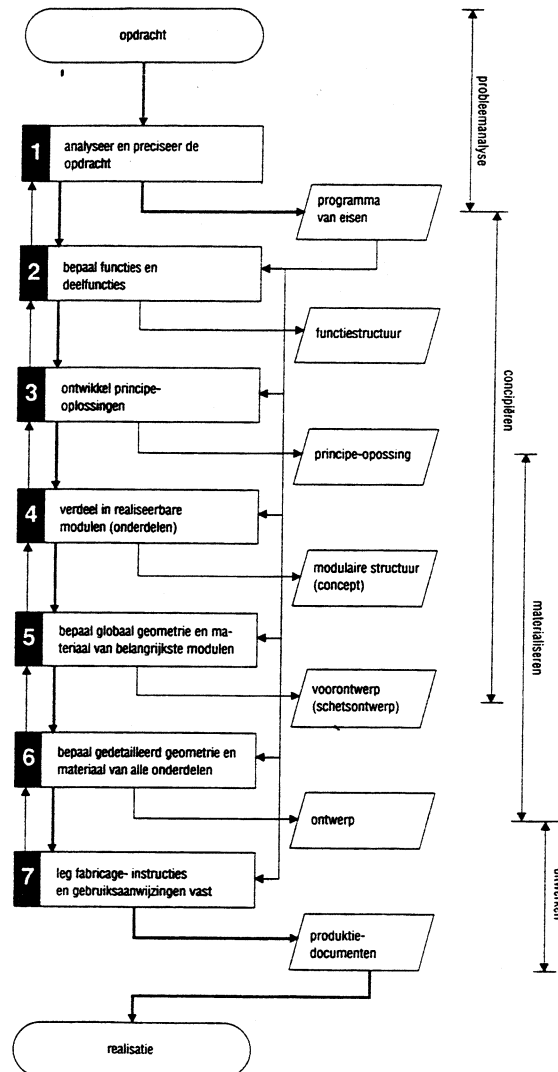
### 1.3. De functie van de informatiedrager in het huidige proces

Laten we de geschiedenis even voor wat ze is en bekijken we het huidige produktontwikkelings- en productieproces. We zien dan zeer veel verschillende vormen van informatieoverdracht met bijbehorende informatiedragers. Soms is de informatie vastgelegd in schetsen of tekeningen, andere informatie wordt weer doorgegeven via grafieken en rapporten en soms blijkt een materieel model toch nog de best bruikbare informatiedrager te zijn. Afhankelijk van techniek en doel zijn er vele soorten tekeningen in gebruik. Onder tekening wordt dan zowel de snelle principeschets uit de conceptfase verstaan als de volledig uitgewerkte tekeningen die gebruikt worden om de productie aan te sturen.

Zoals gezegd kan naast het vastleggen via tekeningen ook veel informatie via een materieel model voor gebruik geschikt worden gemaakt. Voor dit doel bestaat er een uiteenlopende verzameling soorten modellen; 'dummy's', 'spuugmodellen', 'werkingsprincipemodellen', 'mock-up's',

'beproeversmodellen', 'prototypes' enzovoort. Steeds zal hierbij de vorm en de omvang van de informatievastlegging sterk afhangen van de plaats in het proces en verwerkingsdoel.

In algemene zin kan dan ook geconcludeerd worden dat tijdens het totale ontstaansproces van een produkt door de produktinformatie regelmatig van drager wordt gewisseld (figuur.1.7). Soms zijn zelfs meerdere dragers tegelijkertijd actief. Informatieoverdracht van drager A naar drager B en ook het gelijktijdig beschikbaar zijn van informatie verdeeld over verschillende dragers vormen belangrijke bronnen van fouten binnen de produktontwikkeling. Verhoging van kwaliteit houdt dan ook in dat de beheersbaarheid van de informatiestroom wordt verbeterd door het aantal wisselingen te verlagen danwel de kwaliteitsbewaking per wisseling te verhogen.



Figuur 1.7. De fasering van het ontwerpproces volgens VDI 2221 [7]

Los van bovenstaande moet gezegd worden dat op traditionele wijze vastgelegde informatie vaak onvoldoende bruikbaar is voor het oplossen van ingewikkelde analyseproblemen of het aansturen van complexe fabricageprocessen. Het is dan ook niet meer dan logisch dat gezocht werd naar een andere, meer eenduidige en meer geëigende methode van informatievastlegging.

Het vastleggen met behulp van geautomatiseerd rekentuig leek hiervoor ideaal. We zien dan ook in de vijftiger en zestiger jaren, zowel vanuit de hoek van de fabricage als vanuit de hoek van de analyse, programmatuur ontwikkeld worden.

Vanuit de fabricagehoek hangt deze ontwikkeling samen met de na de tweede wereldoorlog opkomende wens om complexe driedimensionale vormen beter te kunnen vastleggen en via numeriek aangestuurde machines te kunnen uitfrezen. De huidige geautomatiseerde fabricagetechnieken, aangeduid als CAM (Computer Aided Manufacturing) en het gebruik van in de computer vastgelegde modellen waarin de informatie over complexe oppervlakken van vaak dubbelgekromde aard is vastgelegd, vinden daar dan ook hun oorsprong. Bij het ontwerpen van mechanismen was er in de vijftiger jaren binnen de automobielenindustrie behoefte aan beter analysegereedschap om het dynamisch gedrag van de verschillende onderdelen ten opzichte van elkaar te kunnen evalueren. Belangrijke hoekstenen van CAD (Computer Aided Design) zoals de solid modelling en nogal wat rekenprogramma's vinden hier hun bron.

Pas toen in de tachtiger jaren de verschillende technieken bij elkaar kwamen er gecombineerd werden met technieken op het gebied van de CAPP (Computer Aided Process Planning) en nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de informatieverwerkingsgebied, ontstaat de basis van dat wat we nu aanduiden met CIM (Computer Integrated Manufacturing), het in geïntegreerde vorm kunnen ontwerpen en produceren.

Het hart van CIM wordt gevormd door een grote centrale informatieopslag, de centrale database. Om optimaal gebruik te kunnen maken van deze database is een nieuwe benadering nodig van het omgaan met produktinformatie. De oude dragers zoals de tekening en het model verdwijnen en worden vervangen door geclusterde nulletjes en eentjes in de database, een nogal revolutionaire omwenteling.

Werken met een gemeenschappelijke database houdt in dat veel verschillende disciplines vaak op hetzelfde moment met de informatie bezig kunnen zijn en stelt dus hoge eisen aan communicatie en databeheer. Er moet ook duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de informatie die is vastgelegd en de informatie die wordt gebruikt.

In principe ontstaat tijdens het ontwikkelingsproces een steeds groter en complexer wordend produktmodel. Alle toegevoegde informatie blijft in beginsel bewaard tot het moment van bewuste verwijdering. Wel zal in de meeste gevallen slechts een deel van deze totale informatie direct in gebruik zijn. De rest blijft daarbij wel steeds in de achtergrond aanwezig. Introductie van fouten door het verlies van informatie zoals bij het wisselen van de drager in het traditionele proces op kon treden, komt dan ook niet meer in die vorm voor. Le wel, dit betekent niet dat er dus in het geheel geen foutenruis meer is. De vorm van de fout verandert wel en de hoop bestaat dat het aantal fouten afneemt. De nieuwe ruis treedt met name op als we met het informatiepakket buiten het oorspronkelijke systeem van vastleggen wensen te gaan. Misschien is het daarbij ook beter om in plaats van het woord 'informatieverlies' het woord 'informatieverminking' te gebruiken. Deze informatieverminking kan optreden bij de overdracht van informatie van een eerste systeem met vastlegmethode A naar een tweede systeem met vastlegmethode B met behulp van een overdrachtsmiddel met mogelijkheden C. Nog in ontwikkeling zijnde standaards moeten dit probleem gaan oplossen [4].

#### **1.4. Hoe compleet moet de vastgelegde informatie zijn?**

Een belangrijk probleem van de 'traditionele' manier van vastleggen van informatie wordt gevormd door de grote ruimte voor eigen interpretatie die aan deze methode vasthangt. Hoe goed vervaardigd ook, toch kan een technische tekening, onder andere door zijn 2D-karakter, slechts een beperkt deel van de

totale produktinformatie bevatten. Veel informatie moet dan ook via verslagen en rapporten danwel via mondeling contact worden doorgegeven. De vraag dient zich dan ook aan of het, door het gebruik van de computer, wel mogelijk is om een min of meer volledig informatiepakket te genereren.

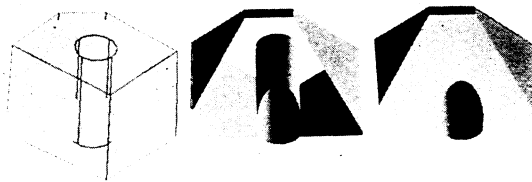
Bij het bekijken van dit probleem verdient het aanbeveling om de totale produktinformatie op te splitsen in informatie over de geometrie van het produkt en additionele informatie. Deze additionele informatie kan dan gaan over de wijze van vervaardigen, kan bestaan uit gegevens over de kostprijs of slaan op de wijze van omgaan met het produkt door zowel bedrijf als consument.

Bekijken we enkel het vastleggen van de geometrie dan is de eerste vraag die moet worden beantwoord of gekozen gaat worden voor een tweedimensionaal of voor een driedimensionaal produktmodel. Let wel, onder produktmodel wordt hierbij verstaan het totaal van vastgelegde produktinformatie.

Kunnen we door gebruik te maken van een tweedimensionale afbeelding de geometrie in voldoende mate eenduidig vastleggen dan is er weinig reden om een ingewikkeld driedimensionaal modelleerpakket te gaan gebruiken. Veel produkten, in het bijzonder consumentenprodukten, hebben echter een zodanig complexe vorm dat de beste manier van vastleggen toch de driedimensionale methode is.

Voor het met behulp van de computer vastleggen en weergeven van de geometrie van het produkt in drie dimensies zijn er in principe drie te onderscheiden methoden (zie hierbij ook figuur.1.8);

- wireframe modelling; het gebruik van een draadmodel waarbij enkel informatie over punten en lijnen wordt vastgelegd. Het model is bijzonder onvolledig en navenant bruikbaar. Wel valt er zeer snel mee te werken.
- surface modelling; het gebruik van een oppervlaktemodel waarbij de 'huid' van een produkt zeer nauwkeurig is omschreven maar geen weet is van binnen en buiten. Indien de ingewikkelde vorm van een produkt het hoofdprobleem is, kan goed gebruik gemaakt worden van een surface modeller.
- solid modelling; het gebruik van een massief model waarbij niet alleen het oppervlak is beschreven maar ook kennis is vastgelegd over de inhoud. Het is de meest complete methode van vastleggen maar levert daardoor ook het meest omvangrijke en bij gebruik dus meest trage produktmodel op.



Figuur 1.8. Een produkt kan met behulp van de computer in drie dimensies worden vastgelegd als draadmodel, als oppervlaktemodel en als massief model

Ondanks het feit dat het onderscheid tussen de modellen bij insiders bekend zou moeten worden verondersteld, ontstaan in de praktijk toch vaak misverstanden. Deze misverstanden hebben in veel gevallen te maken met een zekere onkunde over de wijze van vastleggen van de produktgegevens in de database. Het getoonde model op het scherm wordt dan verward met het opgeslagen produktmodel. Het produktmodel en het getoonde plaatje zijn echter afzonderlijke zaken. Ieder meer compleet vastgelegd model kan ook op een meer eenvoudige wijze worden afgebeeld. Het getoonde plaatje zegt dus niet alles over de complexiteit van het achterliggende model.






Niet de visuele informatie is dus belangrijk maar wel de wijze waarop het produkt in de database is opgeslagen. Deze opslagwijze namelijk, is bepalend voor wat er verder nog met de informatie kan worden gedaan.

De twee meest bekende methoden voor het opslaan van een driedimensionaal model worden aangeduid met 'Boundary representatie' (B-rep) respectievelijk 'Constructive Solid Geometry' (CSG of C-rep). B-rep houdt in dat er onderscheid wordt gemaakt tussen de geometrie en de topologie van het produkt. Sterk vereenvoudigd kan gezegd worden dat het produkt wordt beschouwd als een verzameling van punten, lijnen en vlakken. De methode wordt zowel bij de surface modelling als bij de solid modelling toegepast. Hierbij is voor het vastleggen van een massieve model ook nog de richting van belang waarin de contour van de gebruikte vlakjes doorlopen wordt. C-rep of CSG betekent dat het model wordt opgebouwd gedacht uit een combinatie van relatief eenvoudige vast te leggen primitieven. De geschiedenis van de opbouw samen met informatie over de bij deze opbouw gebruikte primitieven wordt dan in de database vastgelegd.

Het is niet voor niets dat er aan het begin van dit hoofdstuk onderscheid is gemaakt tussen de geometrie van een produkt en andersoortige informatie. Volgens de hiervoor behandelde methoden is namelijk alleen deze geometrie vast te leggen maar niet al die andere informatie, minstens zo noodzakelijk is voor het succesvol ontwerpen en kunnen produceren van produkten. Andere gebruikers kunnen niet zoveel doen met alleen maar de geometrische informatie. De afdeling marketing wil bijvoorbeeld meer weten over de kleur, de textuur of de kostprijs. Voor het juist aansturen van machines is informatie nodig over de gewenste nauwkeurigheid, het te gebruiken gereedschap, de werkvolgorde, etc.. Een nieuwe benadering van het vastleggen van het produktmodel lijkt dan ook op zijn plaats.

### 1.5. Een nieuwe aanpak in het denken over produktmodellen

De laatste jaren zien we dat er intensief nagedacht wordt over nieuwe manieren om produktinformatie vast te leggen. Veel van deze nieuwe methoden maken hierbij gebruik van zogenaamde 'features'. Onder een 'feature' wordt dan een cluster van onderling samenhangende produktgegevens verstaan waaraan een technische betekenis is toegekend. De in deze cluster opgeslagen informatie kan daarbij zowel slaan op de geometrie van een produkt, zoals de vorm van een sleuf of een speciaal gatenpatroon, maar kan ook gaan over materiaalgegevens, fabricagegegevens of een montagevolgorde (figuur.1.9).

Type		Description	Examples
Form feature		Connected set of primitive surfaces or volumes related to design or manufacturing	- holes - slots - threads
Pattern feature		Regular pattern of similar entities	- circular pattern - rectangular pattern - linear pattern
Connection feature		Geometric property applied between features, parts or assemblies	- geometric constraints - tolerances
Property feature		Property not related to explicit geometric or topological organization	- heat treatment - surface finish
Application feature		Related only by process planning requirements	- assembly sequence - simultaneous painting

Figuur 1.9. Classificatie van features [3]

In principe zijn twee richtingen te onderkennen in het denken over features. De eerste richting gaat er van uit dat de ontwerper direct in features ontwerpt (feature-modelling). De andere richting gebruikt een vertaalslag om een, via een traditioneel systeem gedefinieerd model om te zetten naar een feature-model



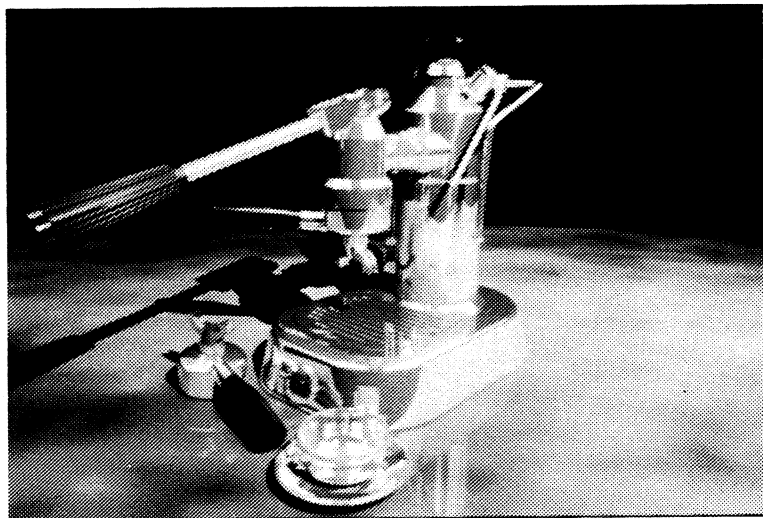
(feature-recognition). Ondanks de grote voordelen die zo op het eerste gezicht samenhangen met het direct ontwerpen-met-features, moeten we wel leven met de realiteit die is dat veel bedrijven al eerder CAD-systemen hebben aangeschaft, vaak ten koste van grote investeringen in geld en menskracht. Ook is het zo dat ontwerpers nu eenmaal ontwerp-features willen en de produktieafdeling graag fabricage-features gebruikt ziet. Er valt dus nog wel het een en ander te ontwikkelen op feature-gebied en enige terughoudendheid is dan ook op zijn plaats.

Lukt het echter om het definiëren middels features goed van de grond te krijgen dan moet het mogelijk zijn om de ontwerpfase en de werkvoorbereiding veel meer geïntegreerd te krijgen dan tot nu toe gebruikelijk is.

#### 1.6. Wat doe je verder met de vastgelegde informatie?

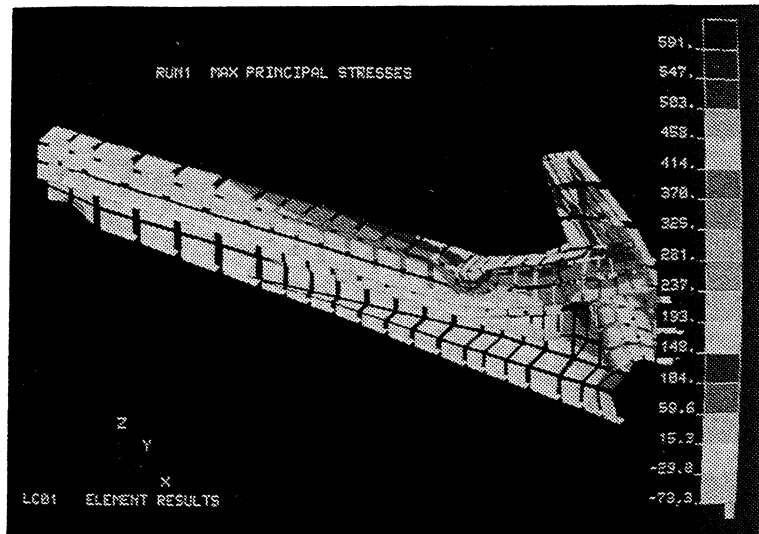
De wijze van vastleggen van produktinformatie heeft alles te maken met het gebruik van deze informatie in het verdere verloop van het proces. Een logische vraag is dan ook wat er met al die in de computer vastgelegde informatie kan worden gedaan.

- In de eerste plaats kan deze informatie op vele manieren worden gepresenteerd. Deze presentatie kan uitmonden in een technische tekening of in een exploded view, bijvoorbeeld voor gebruik bij de fabricage of de montage. Ook kunnen bijzonder realistische afbeeldingen worden gegenereerd die zelfs in een levensechte omgeving zijn te plaatsen, bijvoorbeeld voor gebruik bij consumentenonderzoek en voor de marketing afdeling (figuur.1.10).



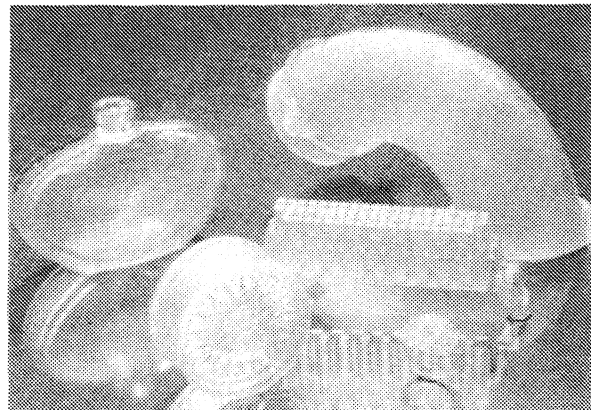
Figuur 1.10. Met de computer kan zeer realistisch worden gevisualiseerd

- Een tweede mogelijkheid van gebruik ligt op het terrein van de analyse en de simulatie. Op basis van de modelinformatie is het mogelijk om het produkt al in de ontwerpfase aan allerlei beproevingen bloot te stellen (figuur.1.11). Ook de toekomstige fabricage kan verregaand worden gesimuleerd. Belangrijke onderdelen uit het gehele vervolgtraject kunnen zo worden ingebracht in de virtuele ruimte van de computer voor gebruik door het ontwerpteam.



Figuur 1.11. Via het scherm kunnen de gevolgen van belasting worden zichtbaar gemaakt (Medu:

- Een derde mogelijkheid van gebruik, heeft te maken met de behoefte om in een vroeg stadium via 'werkelijke' modellen bepaalde eigenschappen van een produkt te kunnen uittesten. Dit is het terrein van iets wat op dit moment wordt aangeduid met 'rapid prototyping'. De produktinformatie wordt daarbij gebruikt om speciale machines aan te sturen die de gewenste produktdelen in korte tijd en tegen relatief lage kosten vervaardigen. De materiaalkeuze is nog wel wat beperkt en houdt meest enkel het gebruik van schuim, machinewas of bepaalde kunststoffen in. Bekende technieken zijn het uitfrezen met behulp van snelle schuimfreesmachines en het vervaardigen middels het met behulp van lasers gericht uitharden van vloeibare polymeren, de zgn stereolithograf (figuur.1.12). Nieuwe technieken zijn in ontwikkeling.



Figuur 1.12. Met behulp van een stereolithograaf is het mogelijk modellen van produkten met complexe vormen numeriek aangestuurd en op snelle wijze uit kunststof te vervaardigen (Spectra Physics)

Het moet duidelijk zijn dat door in zo brede zin gebruik te kunnen maken van de produktinformatie de behoefte aan de oude technische tekeningen zal afnemen. Dit gaat natuurlijk alleen op als we de informatie snel en foutloos kunnen doorgegeven. Hier nu stuiten we op een aanzienlijk probleem. Dit probleem heeft te maken met het al eerder aangestipte feit dat de verschillende systemen niet op een uniforme wijze hun informatie wensen vast te leggen en het daarb

nog verregaand ontbreken van een algemeen ondersteunde standaard voor data-overdracht. Willen we gebruik kunnen van al die nieuwe mogelijkheden om informatie vast te leggen, dan zal dit probleem snel moeten worden opgelost. Het is dan ook niet onverstandig om de ontwikkelingen rond de toekomstige standaard nauwlettend te volgen. De nieuw ontwikkelde standaard moet namelijk in staat worden geacht om niet alleen de informatie over de geometrie maar ook veel aanhangende produktinformatie foutloos door te geven [5].

### **1.7. Hoe kan in de toekomst een ontwerpproces eruit gaan zien?**

Nu een aantal mogelijkheden van het gebruik van numeriek vastgelegde informatie is bekeken, kan een poging worden gedaan om een eerste omschrijving te geven van het erdoor ondersteunde ontwerpproces. Verandert dit proces nu wel zo wezenlijk en heeft de technische tekening echt geen toekomst meer.

Een sleutelwoord zal hierbij het woord 'communicatie' zijn. Door de komst van de computer bij het ontwerpen en fabriceren is het traditionele communicatieproces met zijn sequentieel verloop vervangen door een proces waarin veel zaken parallel gaan verlopen. Dit is mogelijk gemaakt door gebruik te maken van gemeenschappelijke data-opslag en heeft tot gevolg dat allerlei afdelingen uit een bedrijf genoodzaakt zullen zijn om regelmatig en intensief met elkaar van gedachten te wisselen. Dit met elkaar van gedachten wisselen zal niet alleen plaatsvinden bij het doorgeven van een afgerond informatiepakket zoals vroeger, maar zal ook moeten plaatsvinden tijdens de ontwikkeling van de informatie.

Andere belangrijke verschuivingen hebben te maken met het gebruik en het beheer van de informatie.

Leggen we de produktinformatie meteen vast in drie dimensies dan is het mogelijk om al in een vroeg stadium de marketing groep te voorzien van bijzonder fraaie presentaties om bijvoorbeeld de markt te testen. Ook offerteberekeningen kunnen snel worden uitgevoerd en klantenwensen meegenomen. Al kunnen we in de conceptfase enkel spreken van globale modelinformatie toch is het al mogelijk om via een eerste simulatie de maakbaarheid te bekijken of de haalbaarheid van een constructie uit sterktetechisch oogpunt te testen. De ontwerper zal daarbij wel meer moeten weten van berekenen en testen, van meten en fabriceren. De afdelingen meer stroomafwaarts in het productieproces op hun beurt zullen meer gevoel moeten opbrengen voor de noodzaak om in de ontwerpfase aan zoveel verschillende en vaak tegenstrijdige wensen te moeten voldoen.

Veel informatie zal dus heen en weer gaan en een goed functionerend netwerk lijkt hiervoor het ideale transportmiddel. Projectbeheer en systeembeheer zullen duidelijk van karakter veranderen en aan belangrijkheid winnen. Met de nieuw ontwikkelde multimedia technieken en verdere ontwikkelingen op het gebied project management systemen zal de werkomgeving van de ontwerper/constructeur een aanzienlijke verandering ondergaan. Onderlinge communicatie tussen de verschillende deelnemers aan een project zal veel via het scherm lopen. Een papieren tekening past daar niet in. Veel zaken trouwens die op dit moment via 2D-informatie kunnen worden vastgelegd zullen in de toekomst als 3D-informatie moeten worden vastgelegd. Voor het produceren van proefmodellen en prototypes zal in een toenemend aantal gevallen gebruik gemaakt gaan worden van rapid-prototyping technieken. Door het aldus terugbrengen van de aanmaaktijd voor modellen van weken naar uren kan een aanzienlijke verkorting worden gerealiseerd van het bijbehorend deel van het produktontwikkelingstraject. Een groot deel van de beproeving zal trouwens geheel zonder een werkelijk model plaatsvinden. Dit is mogelijk doordat er gebruik gemaakt wordt van de driedimensionale informatie in combinatie met hier speciaal voor ontwikkelde analysesoftware.

### **1.8. Hebben ontwerpers en constructeurs dan nog wel wensen?**

Als we zien wat er allemaal mogelijk is lijkt in eerste instantie heel redelijk voldaan aan de wensen van de ontwerper of de constructeur. In praktijk valt het echter nogal tegen. Een belangrijke reden hiervoor is gelegen in het feit dat de bouwer van de software vaak zelf niet uit de gebruikershoek komt. De communicatie tussen software en gebruiker, via de zgn. userinterface, is dan ook zelden of nooit ideaal te noemen. Een voor de ontwikkelaar van de software op zich volkomen logisch lijkende volgorde van acties behoeft door de gebruiker niet automatisch op dezelfde wijze te worden ervaren. Een belangrijke bron van irritatie wordt ook gevormd door het verschil tussen de gewenste responstijd dat wat in werkelijkheid wordt voorgeschoteld. Dit verschil is vaak onaanvaardbaar groot, met name in de eerdere fasen van het ontwerpproces. Het is dan ook een belangrijke reden voor het feit dat technische informatie in veel gevallen toch nog handmatig wordt vastgelegd of dat met de computer aangemaakte tekeningen handmatig worden gewijzigd. Vooral dit laatste is erg gevaarlijk en hierdoor ontstane fouten hebben soms zelfs tot gevolg dat het automatiseringsproces maar wordt stilgezet.

Het verhaal tot nu toe had de bedoeling om de lezer te overtuigen dat in zo'n geval een behoorlijk gezond uitziend kind met het toch wel steeds schoner wordend badwater dreigt te worden weggegooid. Er wordt op dit moment daarom veel onderzoek verricht om te komen tot verbeteringen van de userinterface. Ook de pure reken capaciteit van computers stijgt met sprongen. De schermtechnologie ontwikkeld zich zelfs in de richting van werkelijk 3D (de zgn. 'stereo-CAD'). In dit opzicht lijken de ontwikkelingen op het gebied van het omgaan met technische informatie dan ook eerder te versnellen dan dat er afgebouwd wordt. Een reden te meer om ons de vraag te stellen;

### **1.9. Haalt de technische tekening de eeuwwisseling?**

Het zal misschien vreemd overkomen na het voorafgaande verhaal maar het antwoord luidt 'ja'. Ook na de eeuwwisseling zullen er nog bedrijven zijn waar gewerkt wordt met machines die niet computergestuurd zijn. Ook dan zullen er bedrijven zijn waar in het productieproces nog steeds acties van pure handmatige aard te vinden zullen zijn. We hebben in die gevallen te maken met het overdragen van technische informatie van mens tot mens. De technische tekening zal ook na 2000 die functie nog steeds bijzonder aardig vervullen. Voorlopig blijft het leren maken van 'technische tekeningen' dan ook een belangrijk onderwerp in de cursus.

Hadden we echter gevraagd naar de levenskansen van de tekentafel dan was het antwoord wel van negatieve aard geweest. Gezien de snelle ontwikkelingen in de prijs/prestatieverhoudingen van werkstations gekoppeld aan de nog steeds beter wordende software en toenemende uitvoermogelijkheden, zullen de tekeningen die dan worden vervaardigd wel achter een scherm ontstaan. Om die reden vindt het inoefenen van tekentechnieken tijdens de cursus dan ook achter zo'n scherm plaats.

Kijken we echter naar de wat grotere bedrijven met een behoorlijk geautomatiseerd productieproces, naar de bedrijven die hun brood verdienen in de toelevering of naar bedrijven en bureaus die zich bezig houden met technische hoogwaardige produkten, dan zullen we hier de technische tekening in traditionele zin steeds minder tegenkomen.

Juist dit soort bedrijven kunnen alleen overleven door continu hun kwaliteitsniveau te verhogen en de doorlooptijd van zowel produkt als ontwerp te verminderen. Het is uitgesloten dat dit is vol te houden zonder een aanzienlijke verbetering in de manier van informatiegebruik. Los hiervan zal ook de communicatie met de omgeving zeer zware eisen stellen aan de soort en het niveau van de informatie.

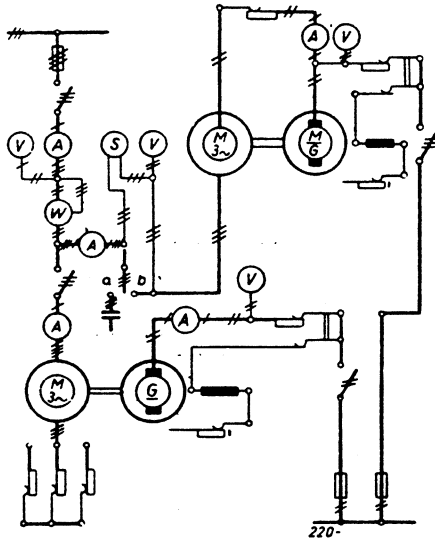
Het gebruik van driedimensionale produktinformatie, hoogwaardig simulatie- en analyse-gereedschap, directe lijnen tussen ontwerp en fabricage en direct toegankelijke informatie voor afnemers en toeleveranciers, lijkt dan noodzakelijk.

Tijdens de vakken uit de TPI-reeks in het derde en het vierde studiejaar zal dan ook uitgebreid worden ingegaan op het gebruik van geavanceerde informatieverwerkings technieken en de rol van het drie-dimensionale model hierbij. Ook zal dan meer uitgebreid worden ingegaan op ontwikkelingen rond het gebruik van features, kwaliteitscontrole bij informatie en nieuw ontwikkelde communicatiestandaards.

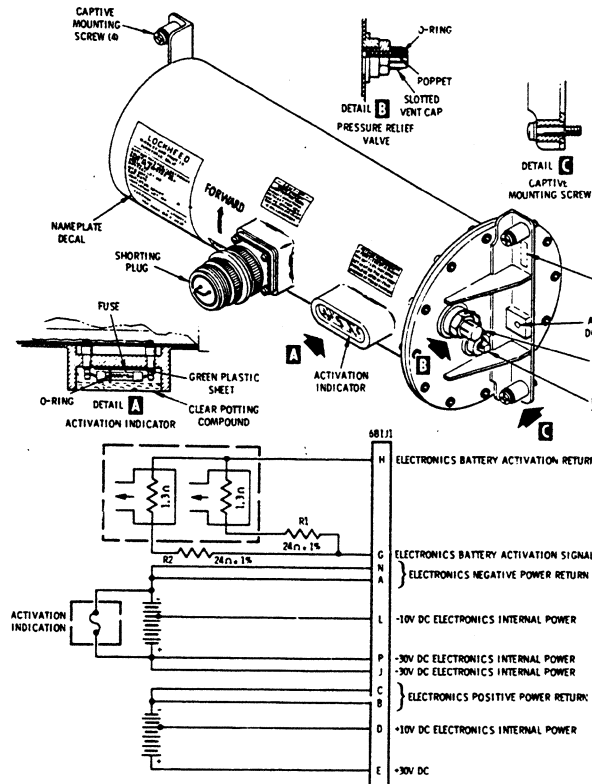
Het 'technisch teken-deel' van de cursus TPI-1 is sterk gekoppeld aan het gebruik van tekennormen. In de loop van deze eeuw zijn door een groot aantal organisaties en instellingen bijzonder veel normen vastgesteld en andere afspraken gemaakt ten aanzien van het omgaan met getekende informatie. Een deel hiervan is door nationale en internationale normalisatiecommissies tot algemene norm verheven. Deze resultaten zijn verzameld in de zogenaamde normbundels. De in deze normbundels vastgelegde informatie vormt de basis voor de nu volgende hoofdstukken en de bijbehorende oefeningen.

Om wat gevoel te krijgen voor de grote verscheidenheid in presentatievormen die ondanks alle normalisatie nog steeds mogelijk is bij het vastleggen van technische informatie, zijn aansluitend aan dit hoofdstuk een aantal voorbeelden opgenomen.

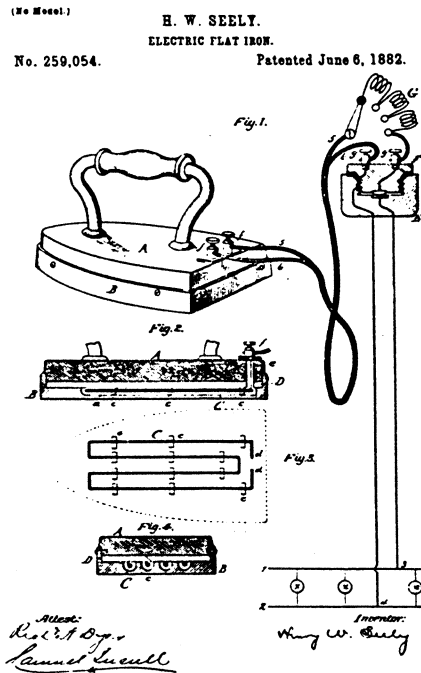
De erbij gehanteerde tekenstijlen komen uit een verschillende technische beroepen. Sommige stijlen zijn verwant aan de door ons gehanteerde werktuigbouwkundige stijl, andere wijken hier soms sterk vanaf. Toch hebben al de getoonde tekeningen eenzelfde doel, namelijk het zijn van een communicatiemiddel voor het realiseren van een technisch produkt.



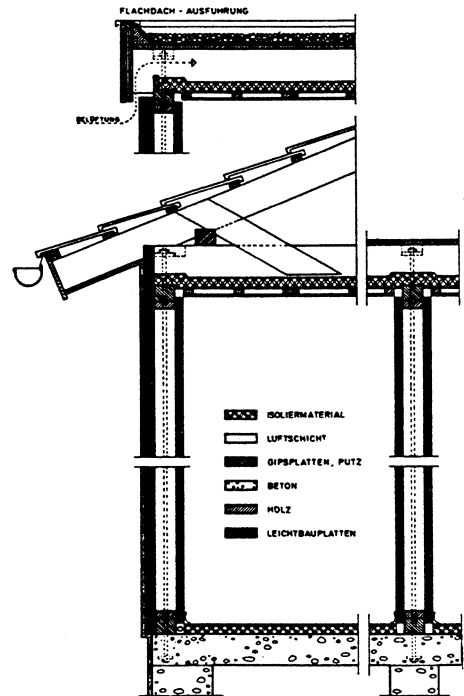
Leidingschema voor parallel-  
geschakelde draaistroom-  
motoren en generatoren



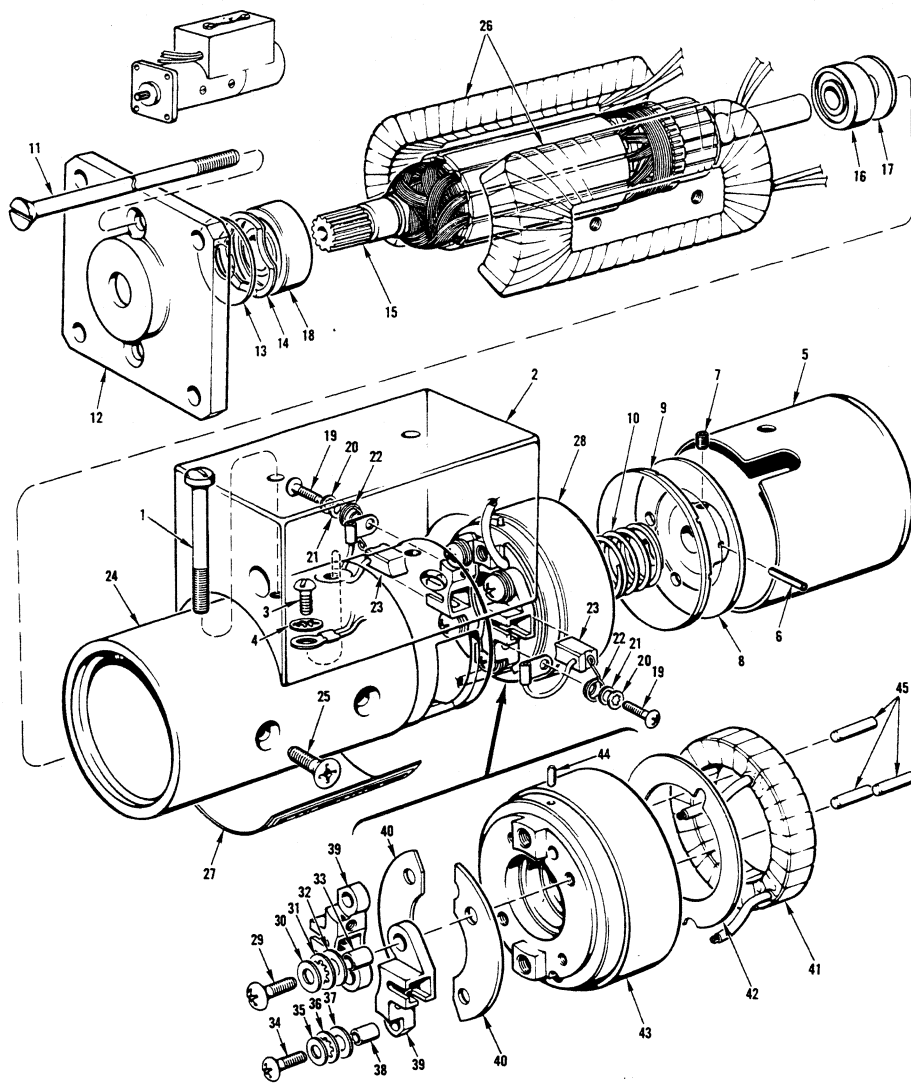
Combinatie van schema's  
orthografische en  
axometrische afbeeldingen  
(Lockheed Missiles and Space Company)



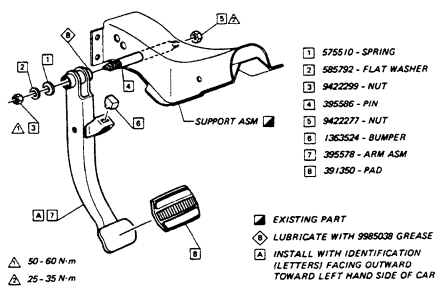
Patenttekening van het  
electrische strijkijzer



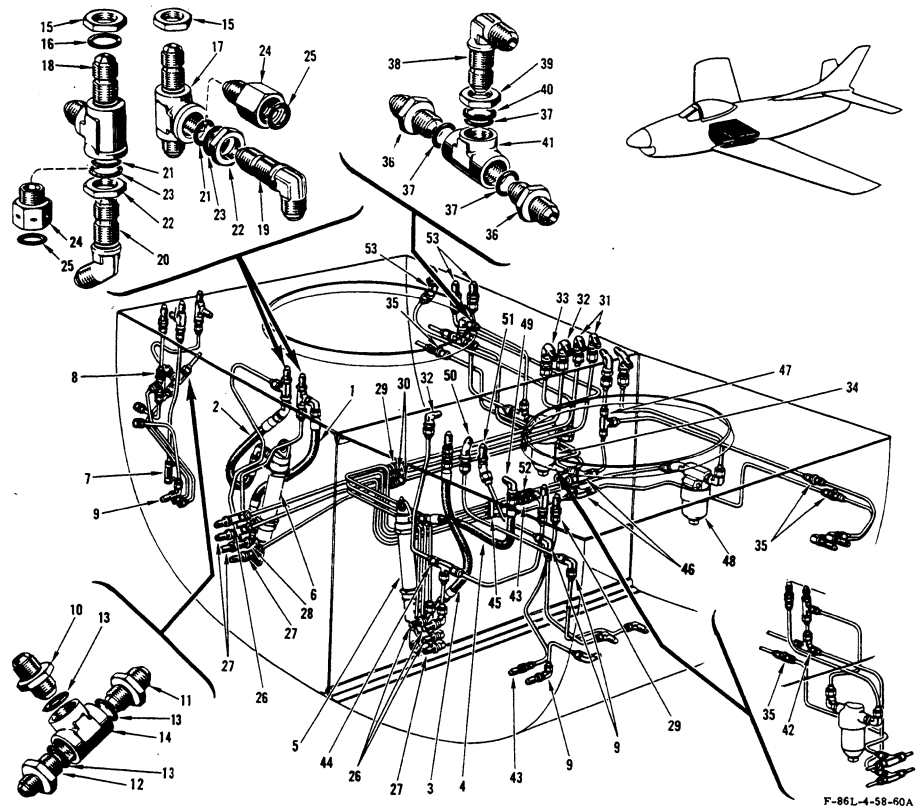
Detail van een bouwkundige tekening



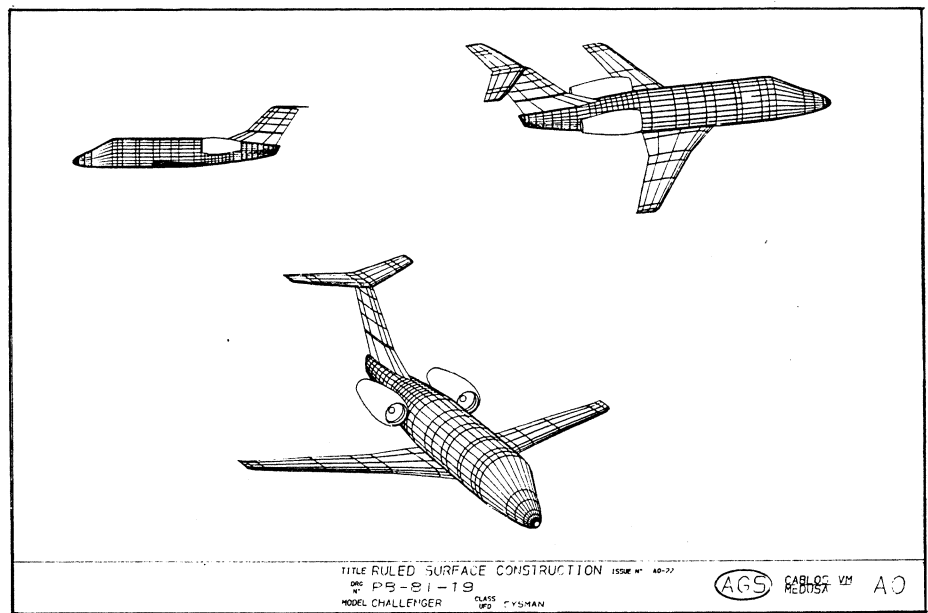
Exploded view van de samenstelling van een elektromotor



Gebruik van symbolen bij een exploded view



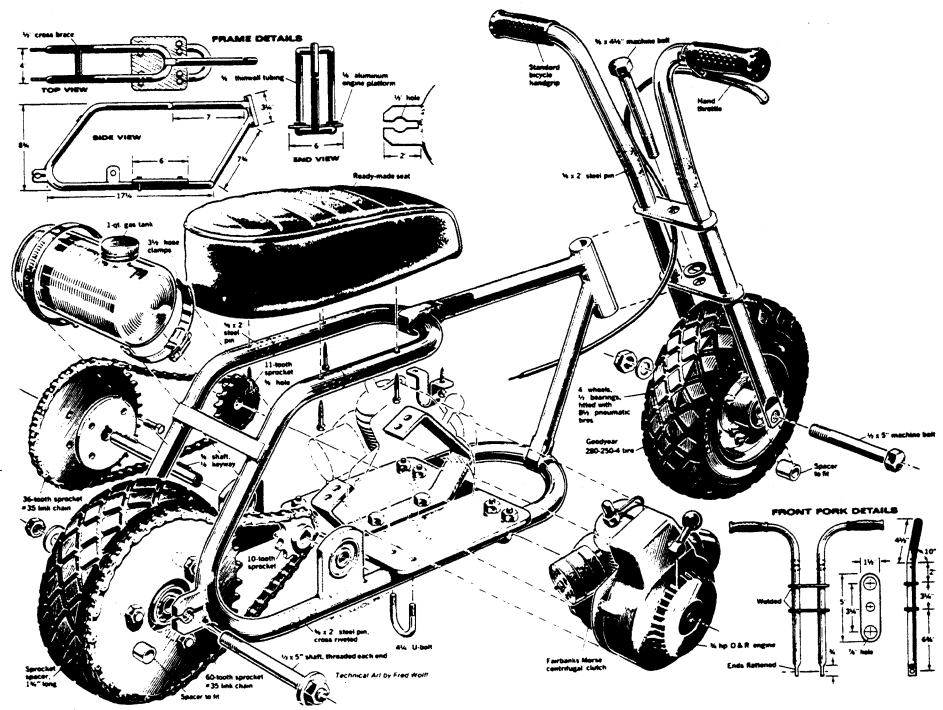
Hydraulisch systeem van een vliegtuigonderstel  
(Rockwell International)



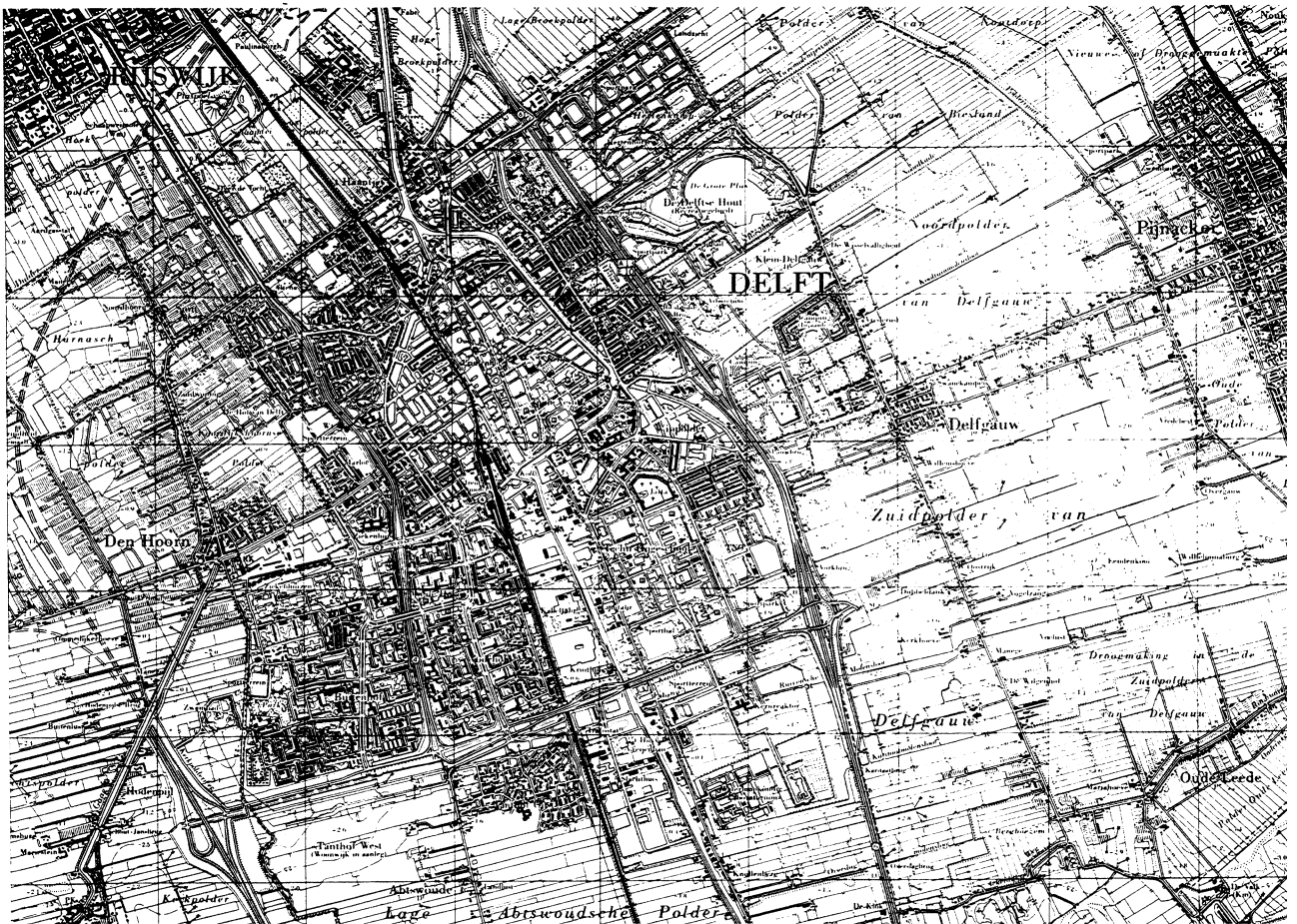
Computertekening van een klein verkeersvliegtuig als draadfiguur (AGS)



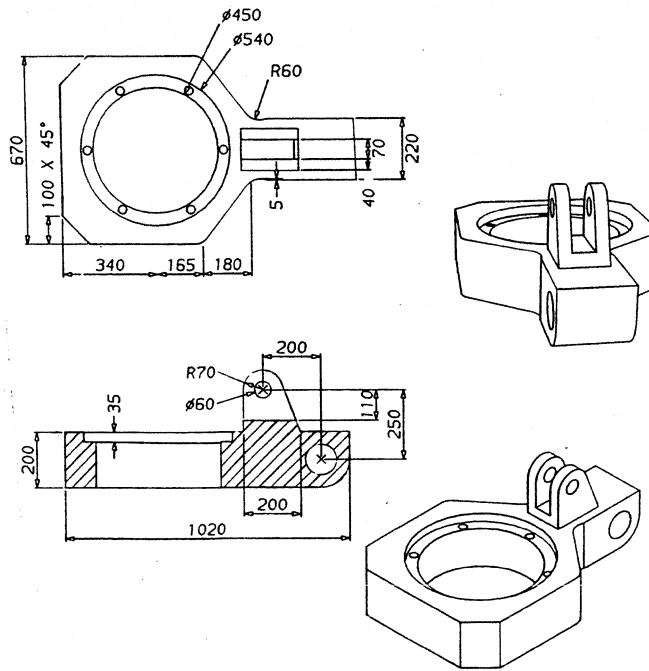




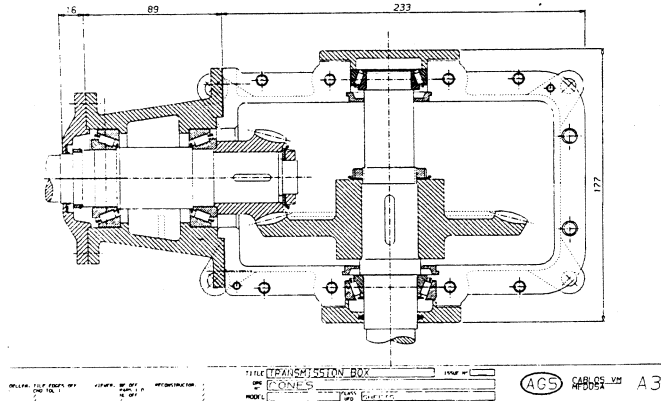
Pen- en inkttekening van een mini-motorfiets voor het blad Popular Mechanics



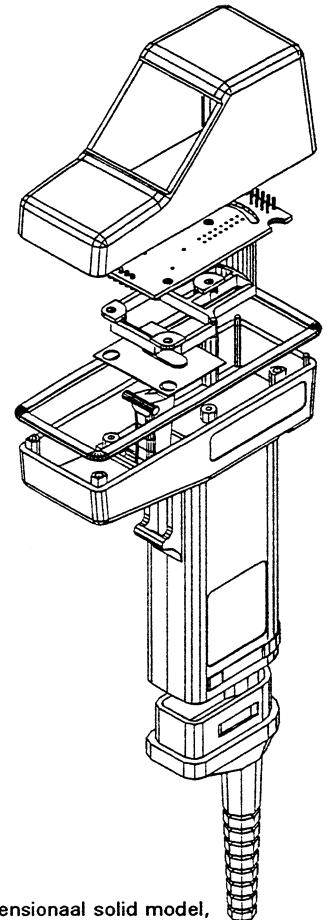
Kartografische tekening van een stad (Delft)



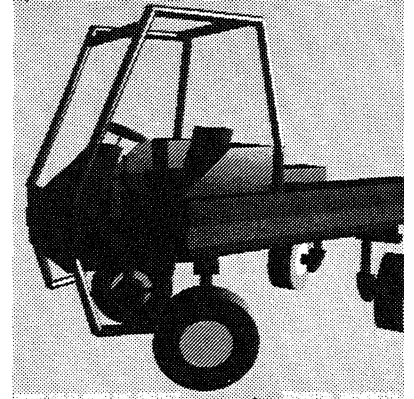
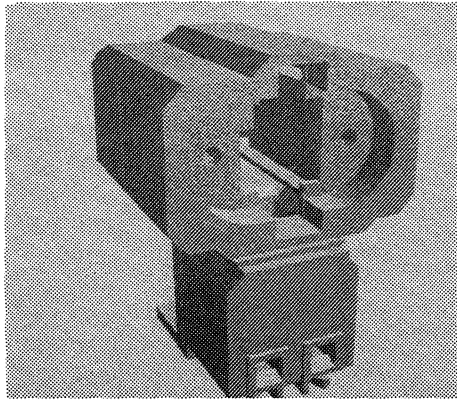
Computertekening van een deksel (AGS)



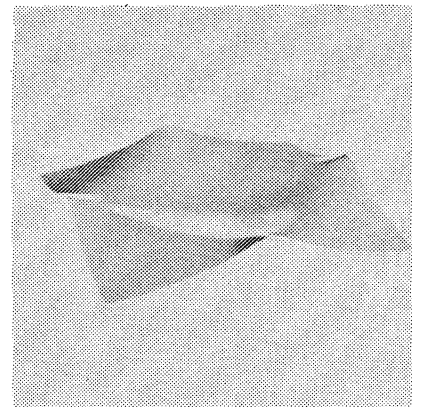
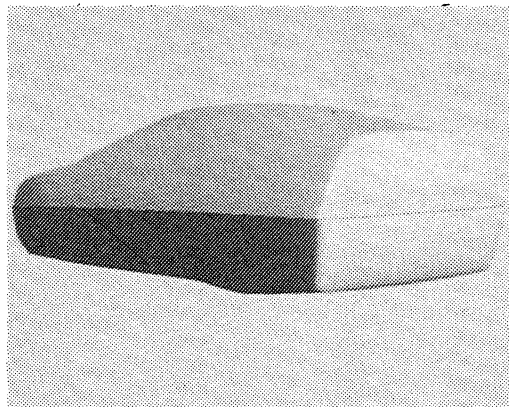
Computertekening van een tandwielkast (AGS)



Exploded view van een barcode-scanner, gemaakt van een drie-dimensionaal solid model, ingebracht met behulp van het MEDUSA pakket



Vormbeschrijving met solid-modelling



Vormbeschrijving met surface-modelling

### Literatuur;

- [1] Haefner, K., Die neue Bildungskrise, Birkhauser Verlag, Basel, 1982
- [2] Giesecke, F.E. e.a., Engineering Graphics (second Edition), Macmillan Publishing Co., New York, 1975
- [3] Emmerik M.J.G.M. van, Interactive design of parameterized 3D models by direct manipulation, Delft University Press, Delft, 1990
- [4] Vries-Baayens, A.E., Standaardisatie van gegevensuitwisseling tussen ongelijksoortige CAD/CAM systemen: voordelen, nadelen en nieuwe ontwikkelingen, Proc. CAPE'89, pp 302-326, Samson, Alphen a/d Rijn, 1989
- [5] Ranke, G. en Vergeest, J., Uitwisseling van produkt model data: verwachtingen op korte en lange termijn, Proc. CAPE'87, pp 73-95, Samson, Alphen a/d Rijn, 1987
- [6] Van Noten, Fr., intermezzo in 'De evolutie van de mens', uitgave 'Natuur en Techniek', Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V., Maastricht/Brussel, 1991, ISBN 90 70157 19 5
- [7] Roozenburg N.F.M. en Eekels J., Produktontwerpen, structuur en methoden, Uitgeverij LEMNA B.V., Utrecht 1991, ISBN 90 5189 067 2



# Het gebruik van de computer als tekeninstrument

## Inhoud

- 2.1 Beknopte geschiedenis CAD (Computer Aided Design)**
- 2.2 Grafische representatie, computer graphics**
  - 2.2.1 Schermcoördinaten
  - 2.2.2 Vector graphics
  - 2.2.3 Raster graphics
- 2.3 Twee-dimensionale tekentechnieken**
  - 2.3.1 Invoermethoden
  - 2.3.2 Vormen van aanpassingen
  - 2.3.3 Transformatie mogelijkheden
- 2.4 Viewing technieken**
  - 2.4.1 Zooming
  - 2.4.2 Windowing
  - 2.4.3 Layers
- 2.5 Data-bestanden en bibliotheken**
- 2.6 Macro's, systeem macro's en parametrische macro's**
- 2.7 Gebruikte literatuur**





# Het gebruik van de computer als tekeninstrument

## 2.1 Beknopte geschiedenis cad (computer aided design)

Het gebruik van de computer als teken- en modelleer instrument bij het ontwerpen is van zeer recente datum. Een aantal ontwikkelingen op software en hardware gebied waren bij de invoering ervan van doorslaggevende betekenis. Voor een beter begrip worden de belangrijkste momenten van deze invoering hieronder op rij gezet.

In de zestiger jaren zien we de eerste ontwikkelingen van CAD bij het MIT (Massachusetts Institute of Technology) en bij enkele grote industrieën zoals Boeing en General Motors. Bij het MIT was het dr. Ivan Sutherland die met zijn 'sketchpad' systeem een eerste geslaagde combinatie maakte van de gebruiksmogelijkheden van lichtpen en kathodestraal buis. Hij ontwierp samen met Timothy Johnson een systeem waarbij op een scherm getekend kon worden en op deze manier een draadmodel van een produkt kon worden gegenereerd. Dit model kon daarna in verschillende aanzichten en ook in perspectief worden afgebeeld.

Dit systeem geldt als het eerste echte interactieve CAD systeem.

In de zelfde periode waren er ook bij grote bedrijven uit de automobiel- en vliegtuigindustrie ontwikkelingen gaande op het terrein van het beschrijven van gebogen ruimtelijke lijnen en vlakken en bij het analyseren van montageproblemen door middel van simulatie met de computer. Zo ontwikkelde Edwin Jacks in de periode '63/'64 het programma DAC-1 (Design Augmented by Computer). Een programma dat tot de dag van vandaag het basispakket van General Motors is.

De eerste aanzetten tot de huidige surface modellers (oppervlakken definiërende pakketten) ontstonden ook in die tijd. Belangrijke namen hierbij zijn onder andere Coons bij het MIT en Bezier bij Renault in Frankrijk.

De beperkte reken capaciteit van de computers, de relatief kleine geheugens en de hoge kosten van schermen en computers blokkeerden in de zestiger jaren een verdere doorbraak.

In de zeventiger jaren zien we de komst van de chip waardoor hoge rekensnelheden konden worden bereikt tegen relatief lage kosten.

Een andere belangrijke gebeurtenis was de doorbraak van de DVST (Direct View Storage Tube), ontwikkeld eind zestiger jaren. Hierdoor zakten de kosten van het grafisch deel van het systeem met een factor 5 tot 10.

Ook op het gebied van geheugens stegen in de zeventiger jaren de prestaties enorm en daalden de kosten.

Door al deze verbeteringen op hardware gebied was het mogelijk dat solid modelling zich ontwikkelde van experimenteel, op universiteitsniveau in het begin van de zeventiger jaren tot industrieel toepasbaar op het eind van de zeventiger jaren.

De al in de zestiger jaren ontwikkelde analyse-gereedschappen, zoals de eindige elementen methode voor sterkteberekeningen, zien we in de zeventiger jaren op steeds grotere schaal en gecombineerd met de CAD

systemen worden toegepast.

Toch zijn ook in de zeventiger jaren de kosten van de systemen zeer hoog, zeker afgezet tegen de vaak nog beperkte gebruiksmogelijkheden. Alleen de zeer grote bedrijven kunnen zich dan ook CAD veroorloven.

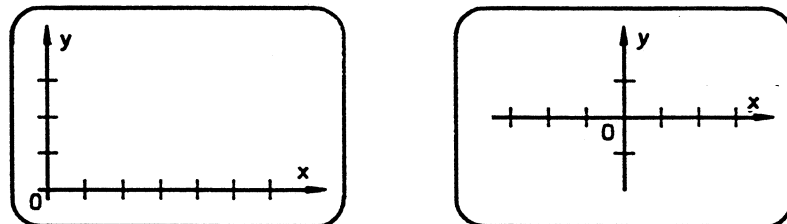
We moeten dan ook tot de tachtiger jaren wachten voor de grote doorbraak van Computer Aided Design komt. Vooral de komst van de personal computer heeft hierbij een grote rol gespeeld. De PC maakte de computer betaalbaar en deed een explosie van software en toepassingen ontstaan. Daarnaast was er de invoer van de raster-scan technologie bij de beeldschermen, de komst van nieuwe en zeer krachtige chips die de rekensnelheden veeleenvoudigden en werd ook geheugencapaciteit steeds goedkoper. Met name de grotere grafische werkstations zakten daardoor sterk in prijs en we zien dan ook dat aan het eind van de tachtiger jaren de meerderheid van de bedrijven, of al apparatuur en programmatuur in huis heeft, of bezig is deze aan te schaffen.

Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM) en Computer Integrated Manufacturing (CIM) zijn dan ook volledig geaccepteerde begrippen geworden en weinig staat een verdere integratie van de computer bij ontwerp en fabricage in de negentiger jaren dan ook in de weg.

## 2.2. Grafische representatie, computer graphics

### 2.2.1. Schermcoördinaten

Computer graphics houdt zich bezig met het weergeven van beelden op een scherm. Dit afbeelden gebeurt door het beschrijven van het scherm met een elektronenstraal. Ter referentie wordt gewerkt met **schermcoördinaten** die uitgaan van een x- en een y-as. De x-as is hierbij de horizontaal en de y-as de verticaal. De assen snijden elkaar of links onder op het scherm of centraal op het scherm en vormen de oorsprong.



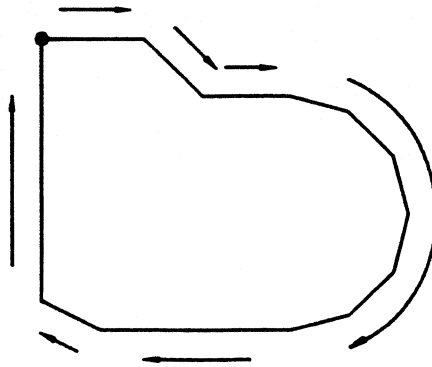
Figuur 2.1. Schermcoördinaten

Het scherm is op meerdere manieren te beschrijven. De twee meest gebruikte methoden zijn respectievelijk vector- en rasterbeschrijving.

### 2.2.2. Vector graphics

De vectorbeschrijving lijkt het meest op de manier die een tekenaar gebruikt om zijn vel papier te beschrijven. De elektronenstraal loopt van punt tot punt en trekt lijnen. Lijnstukken kunnen worden samengevoegd tot ketens en deze vormen, na gesloten te zijn, veelhoeken. Gebogen lijnen worden benaderd door een keten van korte lijnstukken.

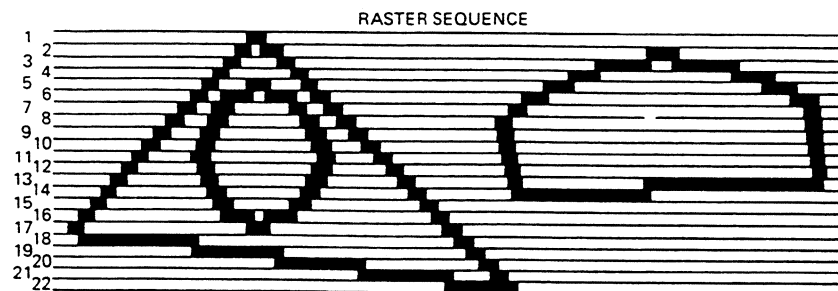
Een voordeel van de vectorbeschrijving is dat het alleen nodig is om de lijnen op te slaan en niet de blanco stukken van het scherm. Lijnen zijn ook zeer 'scherp' te trekken, zonder onregelmatigheden.



Figuur 2.2. Vectorbeschrijving

### 2.2.3. Raster graphics

Een tweede en steeds meer gebruikte vorm van beeldbeschrijving is de zgn. **raster-scan** methode. Deze methode lijkt erg op de techniek die bij de T.V. schermen wordt gebruikt en houdt in dat de electronenstraal via een constant te doorlopen en vast patroon, zeer snel in de x-richting beweegt en wat trager in de y-richting. Het gehele scherm wordt op deze wijze opgesplitst in rechthoekige partjes, **pixels** genaamd. Het aantal pixels bepaalt de resolutie van de buis. Bekende pixel-aantallen zijn 320x240 (laag resolutie scherm) en 1024x1024 (hoog resolutie scherm). Het complete beeld, ingevuld of niet, wordt daarbij opgeslagen in een zgn. **framebuffer**. Voor realistische beelden is gebruik van raster graphics noodzakelijk. Een nadeel zijn de 'traptreedjes' in de meer diagonale lijnen.



Figuur 2.3. Raster-scan met de zgn. 'traptreedjes' (Hawkes, 1988)

## 2.3. Twee-dimensionale tekentechnieken

Met behulp van de hiervoor beschreven schermtechnieken is het nu mogelijk om op het scherm lijnen te zetten en tekeningen te maken. We gaan hierbij uit van de schermcoördinaten met de bijbehorende oorsprong.

### 2.3.1. Invoermethoden

Er zijn in principe drie methoden om lijnen in te voeren (Hawkes, 1988):

- **Schetsend**, door de cursor of de kruisdraden op een plaats van het scherm te positioneren, het lijncommando te activeren en vervolgens naar een tweede punt op het scherm gaan om de lijn te beëindigen. Lijnen kunnen hierbij soms vastgehangen zijn aan de cursor, zodat bij het bewegen van de cursor een direct beeld wordt verkregen van de vorm van de figuur. Dit wordt wel aangeduid met **rubber-banding**.

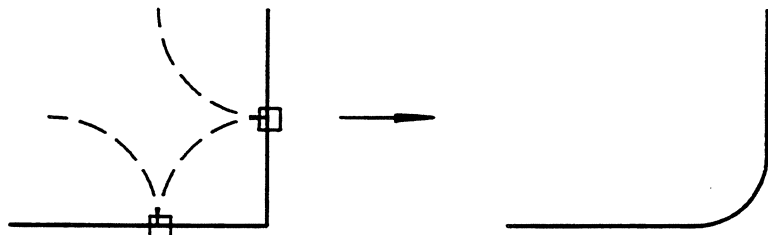
- **Numeriek**, waarbij de vorige handeling wordt uitgevoerd met behulp van in te voeren coördinaten, cartesiaans of polair.
- Via **snapping**, waarbij de lijn vastgehangen wordt aan het dichtst in de buurt zijnde punt of uiteinde van een lijn. Voor snel werk wordt vaak gebruik gemaakt van 'snappen' naar punten van een ingesteld **grid**, een puntenraster op het scherm.

Het tekenen van gebogen lijnelementen gebeurt op vergelijkbare wijze. Lijnen en bogen zijn samen te voegen tot grotere gehelen en er ontstaat een vorm.

### 2.3.2. Vormen van aanpassing

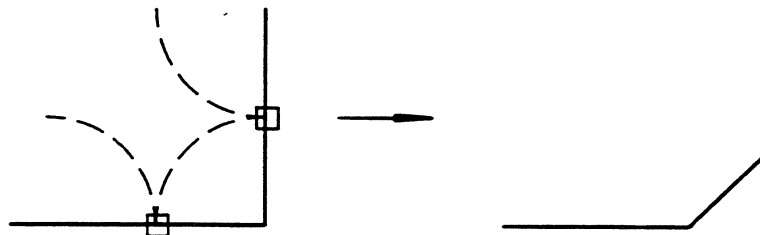
De ingevoerde vorm op haar beurt is nu verder aan te passen door een aantal geautomatiseerde handelingen zoals;

- **Afronden van hoeken of filleting.**  
In principe worden de twee betrokken lijnen aangewezen en zal, na het gegeven hebben van het 'fillet'-commando, de afronding tot stand worden gebracht en zullen de overbodige lijnelementen worden verwijderd.



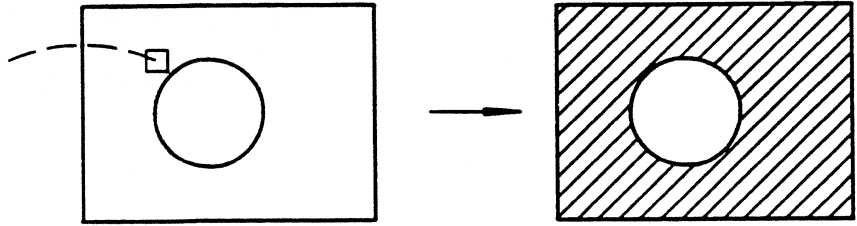
Figuur 2.4. Automatisch afronden

- **Afschuinen van hoeken of chamfering.**  
Deze actie is vergelijkbaar met de 'fillet'-actie maar geeft een afschuining onder een bepaalde hoek als resultaat.



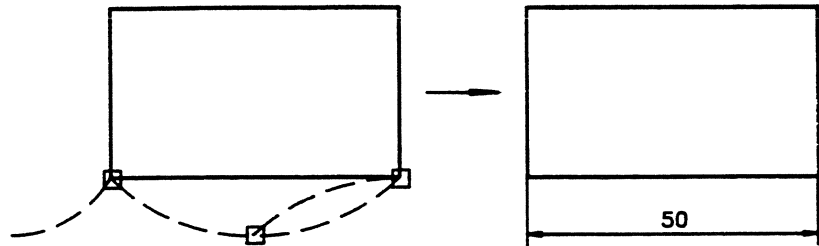
Figuur 2.5. Automatisch afschuinen

- **Arceren** van vlakken dan wel op andere wijze invullen van vlakken.  
De arceer-actie is bij sommige systemen geautomatiseerd waardoor met een commando een vlak geheel kan worden gevuld met de gewenste arcering of andere vorm van vulling. Andere systemen verwachten eerst een gedetailleerde aanwijzing van de grenslijnen voordat tot arceren kan worden overgegaan. Ook moeten soms al de grenslijnen eerst van elkaar worden losgemaakt (breken). De arcering zelf wordt daarna wel automatisch geleverd.



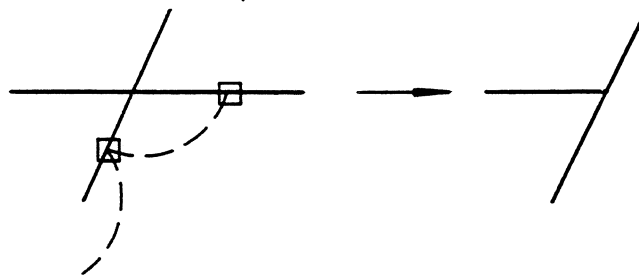
Figuur 2.6. (Automatisch) arceren

- **Automatisch bematen.**  
Het automatisch bematen kan per systeem verschillen, maar meestal wordt verzocht om de twee punten aan te wijzen waartussen de maat moet worden opgemeten en vervolgens de plaats aan te geven waar de uiteindelijke maataanduiding moet komen te staan.



Figuur 2.7. Automatisch bematen

- **Heractiveren (editing)**, waarna modificatie kan plaats vinden. Willen we met onderdelen van eerder gemaakte tekeningdelen opnieuw iets doen dan zullen we deze onderdelen opnieuw 'actief' moeten maken. Deze actie wordt met 'editing' aangeduid.
- **Het weghalen van ongewenste lijnstukken of trimming.**  
Vaak zal de 'ruwe' tekening nog wat uitstekende lijnelementen bevatten die tijdens de constructie zijn ontstaan maar duidelijk niet bij de tekening horen. Door eerst de gewenste lijnen aan te wijzen en vervolgens de uitstekend delen te verwijderen zal het gewenste resultaat worden bereikt.

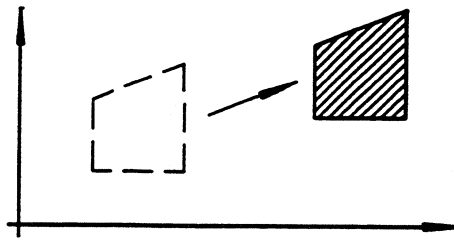


Figuur 2.8. Het trimmen van lijnstukken

### 2.3.3. Transformatie mogelijkheden

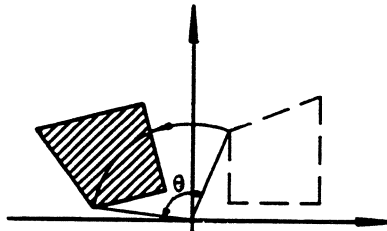
Is een figuur eenmaal getekend dan kan vervolgens deze figuur worden gemanipuleerd. In het twee-dimensionale vlak wordt meestal met een zestal basistransformaties gewerkt (Rooney/ Steadman 1987):

- **Translatie of verplaatsen**  
Hierbij wordt de figuur van positie één naar positie twee gebracht zonder dat er veranderingen in oriëntatie en vorm plaatsvinden.



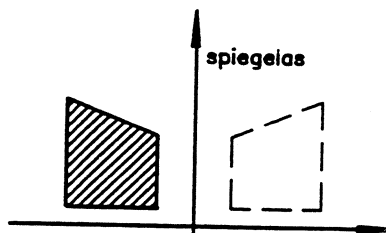
Figuur 2.9. Translatie van een element

- **Rotatie**  
Hierbij wordt de figuur, zonder aantasting of verandering gewenteld om een zeker vast punt in het vlak, het centrum van rotatie.



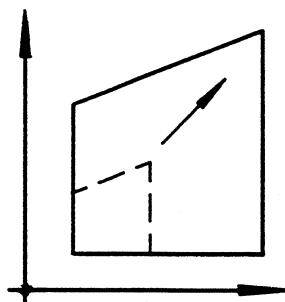
Figuur 2.10. Rotatie van een element

- **Spiegelen**  
Hierbij wordt de figuur gespiegeld ten opzichte van een op te geven lijn (spiegelas) in het vlak.



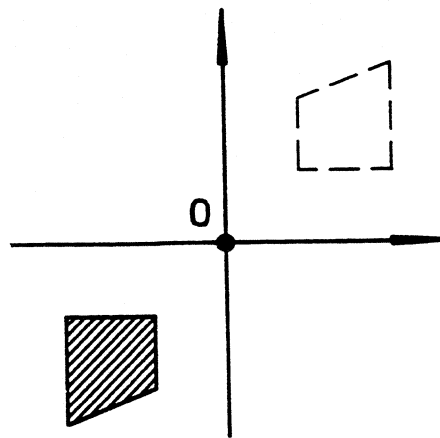
Figuur 2.11. Spiegelen van een element

- **Van schaal veranderen**  
Hierbij zal slechts één punt zijn positie behouden en zullen alle andere punten zich met een gewenste factor van dit punt verwijderen. De oriëntatie van de figuur blijft daarbij onveranderd.



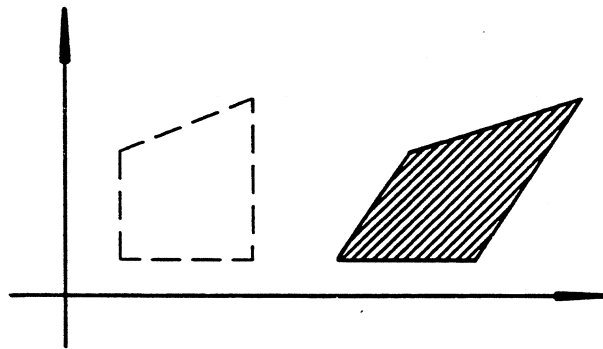
Figuur 2.12. Verschalen van een element t.o.v. een punt (oorsprong)

- **Inversie**  
Hierbij verandert zowel oriëntatie als positie maar blijft de vorm onveranderd.



Figuur 2.13. Inversie van een element t.o.v. een punt (oorsprong)

- **Shearing**  
Hierbij verandert de vorm zodanig dat de nieuwe figuur wel het zelfde oppervlak heeft als de oorspronkelijke figuur maar slechts een enkele lijn, eventueel buiten de oorspronkelijke figuur, onveranderd blijft.



Figuur 2.14. Shearing van een element in een bepaalde richting

## 2.4. Viewing technieken

Naast de reeds genoemde technieken om een figuur te tekenen en te manipuleren zijn er ook een aantal technieken om de hele figuur of een gedeelte ervan schermvullend te maken.

### 2.4.1. Zooming

Dit is wel de meest bekende viewing techniek en ze houdt in dat een klein beelddeel na aanwijzen vergroot wordt weergegeven, soms tot beeldvullend toe.

Er zijn feitelijk geen grenzen aan de mogelijkheid tot vergroten en verkleinen alhoewel ieder systeem ze om puur praktische redenen wel heeft ingebouwd. Een probleem van het 'zoomen' is dat soms het overzicht verdwijnt.

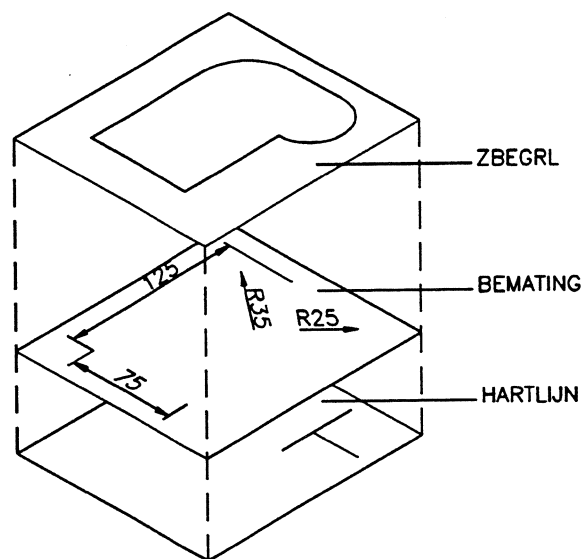
### 2.4.2. Windowing

Een tweede veel gebruikte techniek is 'windowing'. Hoewel er meerdere betekenissen aan worden toegekend zal het bij het gemiddelde systeem

betekenen dat om een uitgekozen deel van de figuur een rechthoekige 'box' of 'window' wordt gezet. Met dit window zijn dan allerlei acties uit te voeren zoals het vergroten van het window, tot schermvullend toe, het weggooien van alles wat zich binnen het window bevindt of het manipuleren met het door het window omsloten tekeningdeel. Op dit moment wordt ook vaak gesproken over 'multiwindowing'. Hiermee wordt meestal bedoeld dat op een beeldscherm meerdere deelschermen actief zijn. Per deelscherm kunnen daarbij echter volledig van elkaar verschillende activiteiten plaatsvinden.

#### 2.4.3. Layers

Het gebruik van 'layers' of 'lagen' heeft onder andere een belangrijke rol gespeeld bij de ontwikkeling van het ontwerpen van elektronische componenten (bijv. PCB's). Het principe van de techniek houdt in dat informatie op verschillende 'transparante vellen' of 'lagen' wordt gezet. Deze lagen kunnen alleen of in combinatie met andere lagen zichtbaar worden gemaakt. Net als 'zooming' is ook het gebruik van 'layers' bij de meeste systemen ingevoerd. Wel kan het aantal te gebruiken lagen variëren tussen enkele stuks en duizenden.



Figuur 2.15. Het gebruik van lagen

#### 2.5. Data-bestanden en bibliotheken

Werken met CAD-systemen heeft natuurlijk alleen dan zin, als het ook mogelijk is om de resultaten van dat werk te bewaren. Dit bewaren gebeurt door het opslaan van de informatie of data in de vorm van bestanden met een naam. Hebben deze bestanden of dataverzamelingen een gestructureerde vorm dan spreken we meestal van bibliotheken.

Naast tekeningen kunnen in de bibliotheek ook programma's en subroutines worden opgeslagen. Bestaan deze subroutines uit een vooraf bepaalde reeks van opeenvolgende en samenhangende acties en is de subroutine op te roepen met een enkel commando dan noemen we zo'n subroutine een 'macro'.



## 2.6. Macro's, systeem macro's en parametrische macro's

In algemene zin wordt met een **macro** iedere subroutine bedoeld die opgeroepen en gebruikt kan worden in een bepaald stadium van een programma.

Binnen CAD bestaat de macro meestal uit een opeenvolgende reeks van grafische routines. In principe bestaat een groot deel van CAD-systeemsoftware uit macro's, vastgehangen aan menuvelden. We kunnen in dat geval spreken van **systeem macro's**.

In de praktijk zal bij gebruik van CAD al snel de behoefte ontstaan om bibliotheken aan te leggen van veel gebruikte onderdelen of standaard elementen. De tot nu toe omschreven macro's zijn hierbij bijzonder handig en vaak snel oproepbaar. Een nadeel is echter dat voor iedere component een aparte macro moet worden opgenomen in de bibliotheek. Hierdoor ontstaan bij grote hoeveelheden onderdelen, zoals bijvoorbeeld bevestigingsartikelen, al snel geheugenproblemen. Om deze reden is dan ook bij een aantal systemen de mogelijkheid tot het maken van macro's met variabele maten opgenomen, de zgn. **parametrische macro's**. Hierdoor kan voor het beschrijven van een hele familie van onderdelen vaak volstaan worden met het opnemen van slechts één macro in de bibliotheek.

## 2.7. Gebruikte literatuur

Barry Hawkes (1988), *The CAD/CAM Process*, Pitman Publishing, London.

Joe Rooney en Philip Steadman (1987), *Principles of Computer-aided Design*, Pitman Publishing/ The Open University, London.

Zandi M. (1985), *Computer-Aided Design and Drafting*, Derlman Publishers Inc., New York.



# Afbeelding van een voorwerp

## Inhoud

### 3.1 Inleiding

- 3.1.1 De axonometrische tekening
- 3.1.2 De orthogonale tekening
- 3.1.3 Het vooraanzicht

### 3.2 Projectiemethoden

- 3.2.1 Amerikaanse projectie
- 3.2.2 Europese projectie

### 3.3 Lijnen

### 3.4 Het tekenen van 2D-krommen met behulp van de computer

- 3.4.1 Cirkels
- 3.4.2 Cirkelbogen
- 3.4.3 Vloeiende krommen of splines

### 3.5 Schalen

### 3.6 Beperking van het aantal aanzichten

- 3.6.1 Één aanzicht
- 3.6.2 Twee aanzichten

### 3.7 Bijzondere aanzichten

- 3.7.1 Hulpaanzichten
- 3.7.2 Doorsneden
- 3.7.3 Gedeeltelijk uitgeklapte aanzichten
- 3.7.4 Onderbroken aanzichten
- 3.7.5 Symmetrie
- 3.7.6 Herhaling van elementen
- 3.7.7 Details
- 3.7.8 Aangrenzende delen
- 3.7.9 Vervormde delen
- 3.7.10 Snijlijnen



# Afbeelding van een voorwerp

## 3.1 Inleiding

Met behulp van een technische tekening wordt een voorwerp afgebeeld. Twee afbeeldingsvormen zijn:

- In de stand waarin de afbeelding van het voorwerp de complete informatie geeft, de axonometrische tekening.
- In aanzichten die loodrecht staan op de projectierichting (kijkrichting), de orthogonale tekening.

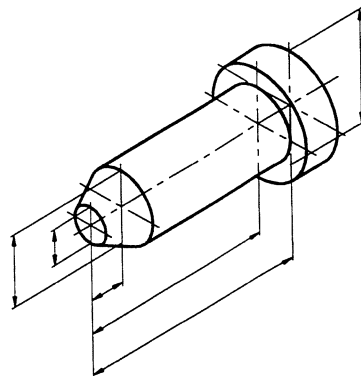
Voor het maken van een technische tekening wordt de orthogonale of rechthoekige projectiemethode gebruikt. De kenmerken zijn het parallel lopen van de projectielijnen en het loodrecht snijden van de projectievlakken.

### 3.1.1 De axonometrische tekening

Eenvoudige voorwerpen worden axonometrisch afgebeeld zodat slechts één figuur nodig is om het voorwerp duidelijk weer te geven. In deze tekening worden de maten ingeschreven zodanig dat het voorwerp kan worden vervaardigd (figuur 3.1).

Deze methode wordt bij ingewikkelde voorwerpen niet toegepast. Ook de juiste verhoudingen komen niet tot hun recht.

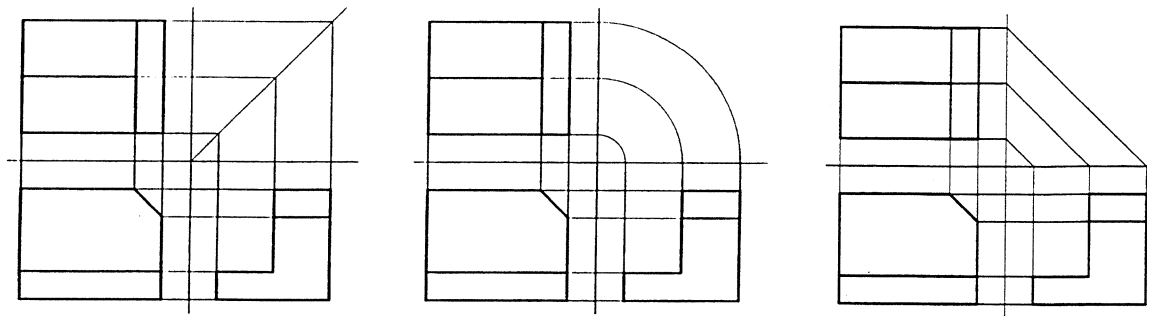
In de axonometrie zijn drie groepen bekend: isometrie, dimetrie en trimetrie. Voor axonometrisch tekenen komen de isometrische en de dimetrische projectie het meest in aanmerking. Deze laatste twee projectievormen zijn nader uitgewerkt in het normblad NEN 2536 (NEN-bundel 16).



Figuur 3.1 Axonometrische tekening

### 3.1.2. De orthogonale tekening

Onder orthogonale projectie wordt verstaan het projecteren van punten, lijnen en vlakken (die een voorwerp vormen) op het projectievlak door middel van lijnen loodrecht op dat vlak (figuur 3.2).



Figuur 3.2 Drie oplossingen voor Orthogonale projectie van een voorwerp

### 3.1.3. Het vooraanzicht

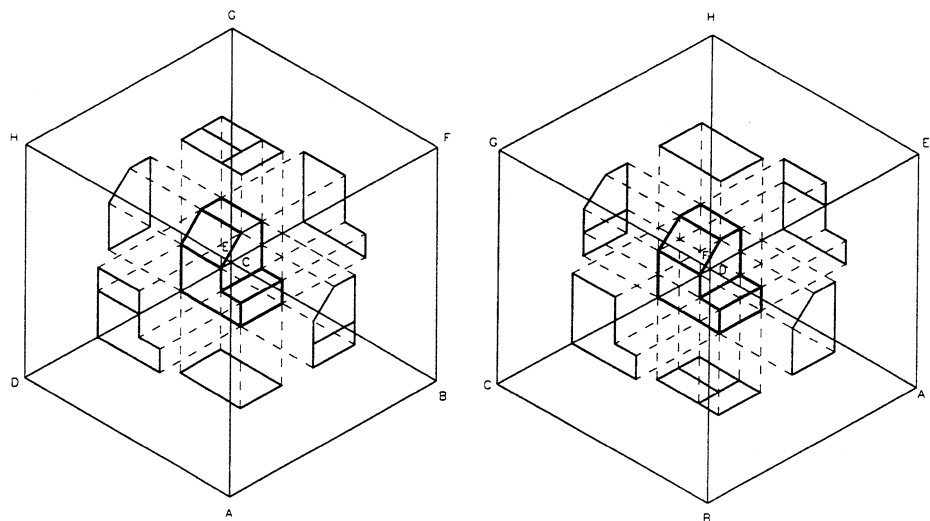
Stel een voorwerp in een doorzichtige kubus voor en laat de zes vlakken van de kubus als projectievlakken dienen, waarop alle projecties worden weergegeven (figuur 3.3). Het voorwerp wordt zodanig in de kubus geplaatst dat het vlak AEHD, het projectievlak, de meeste informatie en de karakteristieke vorm of afmetingen van het voorwerp weergeeft. Dit projectievlak wordt altijd het vooraanzicht genoemd in de tekening.

### 3.2. Projectiemethoden

In Nederland komen twee orthogonale projectie methoden voor:

- a. Amerikaanse projectie
- b. Europese projectie

Het verschil tussen deze projectiemethoden zit in de projectierichting, ook wel de kijkrichting genaamd (figuur 3.3).



Figuur 3.3a Amerikaanse projectie

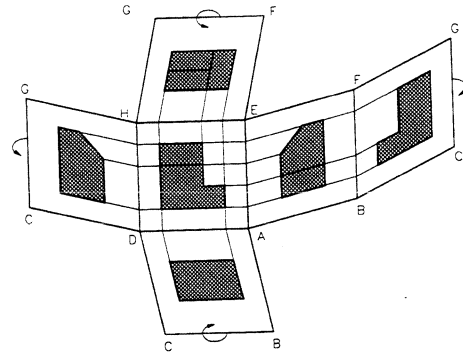
b. Europese projectie

**De "Amerikaanse" projectiemethode wordt geëist bij de Faculteit van het Industrieel Ontwerpen.**

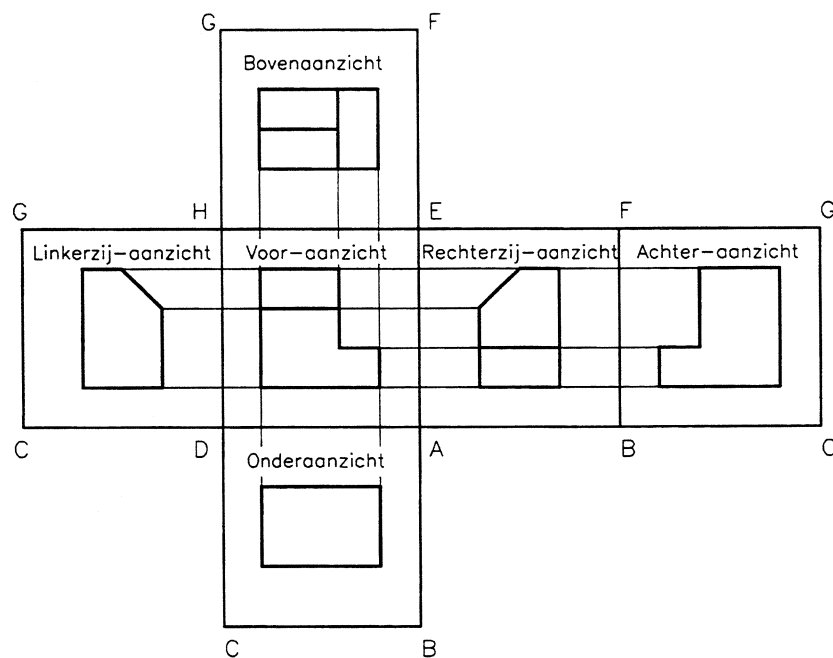
### 3.2.1. Amerikaanse projectie

De doorzichtige kubus met de aanzichten van het voorwerp wordt vervolgens opgeknipt en uitgevouwen (figuur 3.4a). Plaats het vlak AEHD in het vlak van tekening en sla de overige vlakken uit, er ontstaat een afbeelding van het voorwerp (figuur 3.4b).

De volgende aanzichten ontstaan uitgaande van het vooraanzicht (vlak AEHD): rechter- en linkerzij-aanzicht, boven- en onderaanzicht en achteraanzicht. Het bovenaanzicht wordt getekend boven het vooraanzicht en het onderaanzicht eronder. Deze aanzichten zijn benoemd in figuur 3.4b. Als het achteraanzicht naast het rechterzij-aanzicht wordt geplaatst, geeft dit een goede tekeningindeling.



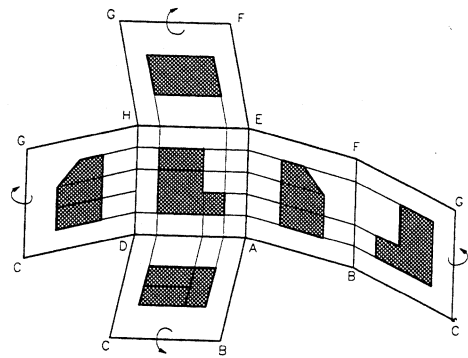
Figuur 3.4a Amerikaanse projectie: uitvouwen van de kubus



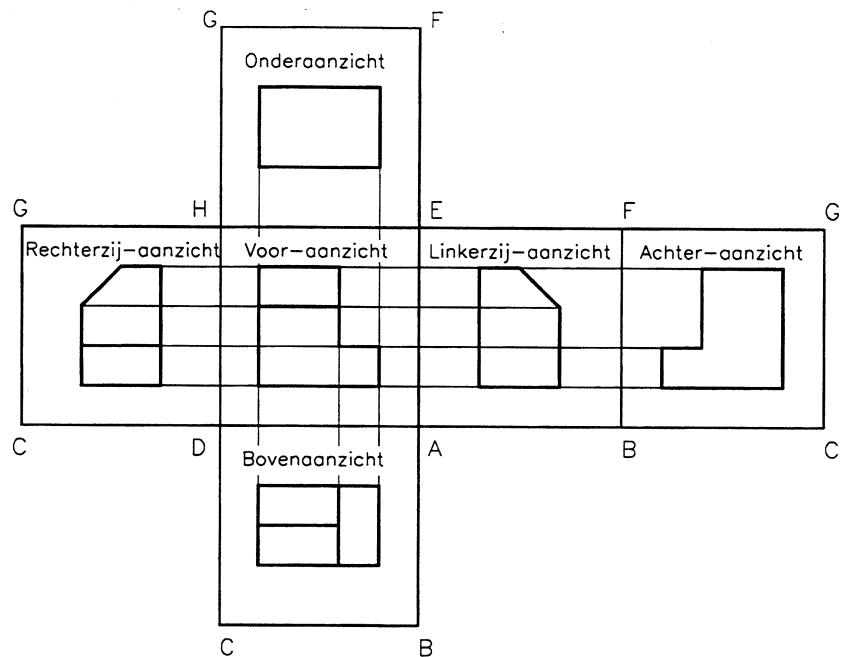
Figuur 3.4b Amerikaanse projectie: uitgevouwde kubus in het platte vlak, orthogonale afbeelding

### 3.2.2. Europese projectie

De doorzichtige kubus met de aanzichten van het voorwerp wordt vervolgens opgeknipt en uitgevouwen (figuur 3.5a). Plaats het vlak AEHD in het vlak van tekening, sla de overige vlakken uit; er ontstaat een afbeelding van het voorwerp (figuur 3.5b). De volgende aanzichten ontstaan uitgaande van het vooraanzicht (vlak AEHD): rechter- en linkerzij-aanzicht, boven- en onderaanzicht en achteraanzicht. Deze aanzichten zijn benoemd in figuur 3.5b.



Figuur 3.5a Europese projectie: uitvouwen van de kubus



Figuur 3.5b Europese projectie: uitgevouwde kubus in het platte vlak, orthogonale projectie

### 3.3. Lijnen



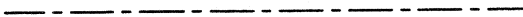


In de aanzichten worden zichtbare snijlijnen van vlakken getekend met dikke lijnen; zichtbare begrenzingslijnen (ZBEGRL) genaamd. De snijlijnen van achterliggende vlakken zijn niet zichtbaar in de projectie, zij worden getekend met een dunne streeplijn; de niet-zichtbare begrenzingslijn (NZBEGRL) genaamd.

Niet-zichtbare gaten en holten in voorwerpen worden met niet-zichtbare begrenzingslijnen getekend.

**LET OP:** Niet-zichtbare begrenzingslijnen maken een aanzicht meestal niet duidelijker. Vermijd het gebruik van niet-zichtbare begrenzingslijnen door gebruik te maken van bijzondere aanzichten (hoofdstuk 3.7).

Figuur 3.6 laat de verschillende lijnsoorten zien; in NEN 2350 Lijnsoorten (NEN-bundel 16) zijn alle bij het technisch tekenen gebruikte lijnsoorten aangegeven. Zie ook bijlage 2D-4 Lijnen, cirkels en bogen.



dikke lijn	
dunne streeplijn	
dunne gemengde streeplijn	
dunne lijn	
dunne gemengde streeplijn met dubbele onderbreking	

Figuur 3.6 Verschillende lijnsorten

### 3.4. Het tekenen van 2d-krommen met behulp van de computer

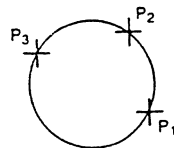
Met behulp van de computer en een grafisch beeldscherm kunnen op eenvoudige wijze gekromde lijnen worden getekend. De graad van de kromme kan bij gebruik van bepaalde pakketten zeer hoog gekozen worden, twintig of meer is mogelijk.

Achtereenvolgens zal hierna kort worden ingegaan op de definitie-methoden van respectievelijk cirkels, cirkelbogen en sterker gekromde lijnen ('curves' of 'splines' genaamd).

#### 3.4.1. Cirkels

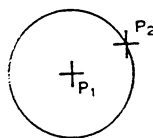
In principe zijn er vier verschillende methoden voor het construeren van cirkels met de computer.

1. Uitgaande van drie punten op de omtrek van de cirkel (figuur 3.7). Cirkels worden bij de meeste systemen geconstrueerd tegen de klok in. De punten moeten vaak in een hiermee samenhangende volgorde worden ingevoerd.



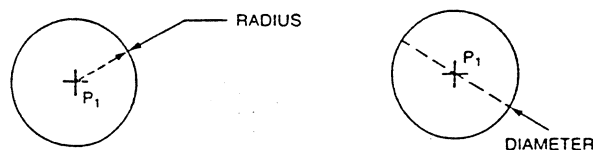
Figuur 3.7

2. Uitgaande van twee punten (figuur 3.8). Een punt geeft hierbij de positie van het middelpunt aan, het andere punt ligt op de omtrek van de cirkel.



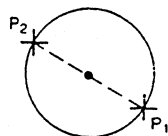
Figuur 3.8

3. Uitgaande van een punt en toegevoegde informatie. Het punt geeft de plaats van het middelpunt aan. De informatie geeft of de grootte van de straal of de grootte van de diameter aan (figuur 3.9).



Figuur 3.9

4. Uitgaande van twee punten en toegevoegde informatie. De twee punten liggen op één lijn door het midden van de cirkel en geven de diameter (figuur 3.10). Op basis van de extra informatie berekent de computer dan de coördinaten van het middelpunt.

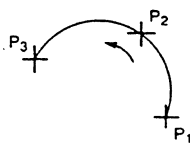


Figuur 3.10

### 3.4.2. Cirkelbogen

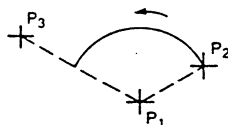
Ook voor het berekenen van delen van cirkels, de cirkelbogen, zijn er een viertal algemeen gebruikte methoden.

1. Uitgaande van drie punten (figuur 3.11). Het eerste vormt het startpunt van de boog, het tweede geeft een plaats op de boog en het derde punt levert het eindpunt van de boog.



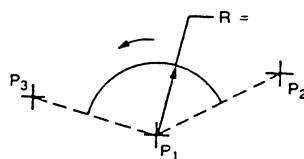
Figuur 3.11

2. Wederom uitgaande van drie punten. Een punt als middelpunt, een punt om de straal aan te geven en een punt om een lijn te definiëren die de boog beëindigt (figuur 3.12).



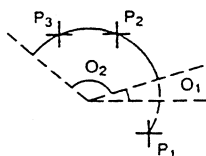
Figuur 3.12

3. Ook uitgaande van drie punten maar nu met extra informatie over de straal. Het eerste punt vormt nu wederom het middelpunt, het tweede en derde punt leveren de lijnen die het begin en het einde van de boog aangeven en de extra informatie levert de grootte van de straal (figuur 3.13).



Figuur 3.13

4. Een laatste methode werkt op basis van de beginhoek en de eindhoek van de boog. Deze hoeken worden via het toetsenbord ingetypt. Er zijn ook drie punten nodig die op de omtrek van de boog liggen (figuur 3.14).



Figuur 3.14

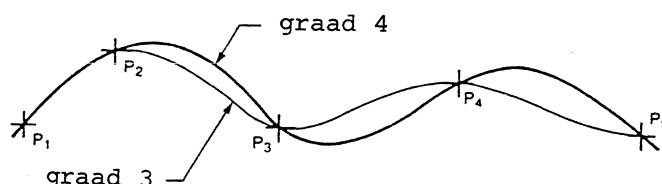
### 3.4.3. Vloeiende krommen of splines

Een aantal systemen is ook uitgerust met software om een vloeiende kromme te stroken. Hiertoe heeft het systeem de invoering van een reeks punten nodig. Op basis van deze punten kan het systeem dan de kromme berekenen. Een dergelijke operatie wordt wel aangegeven door de term 'SMOOTHING' met het bijbehorende commando 'SMOOTH'.

Het verloop van de kromme is afhankelijk van de graad van de kromme. Hoe hoger de graad, hoe vloeiender de kromme. De hoogte van de graad hangt af van het soort en de grootte van het systeem, en dus ook van de prijs.

Er zijn twee hoofdmethoden om de kromme te definiëren.

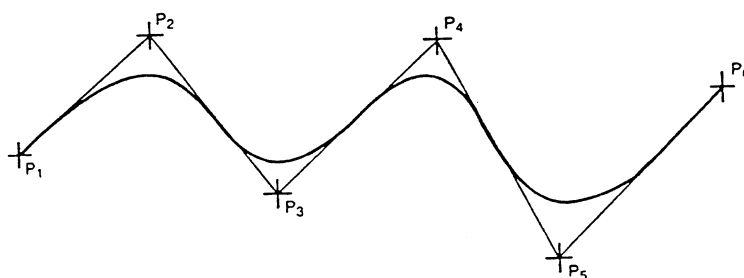
1. Interpolatie; alle ingevoerde punten maken deel uit van de kromme. Door de graad van de kromme te veranderen is deze nog enigszins te sturen (figuur 3.15).



Figuur 3.15 Curve door een aantal opgegeven punten

2. Approximatie; de kromme start in het eerste punt dat is opgegeven en eindigt in het laatste punt, maar de tussenliggende punten liggen niet op de kromme.

Met het veranderen van deze tussenliggende punten of ophangpunten is het mogelijk de kromme te 'sturen' (figuur 3.16).



Figuur 3.16 Curve met 'ophangpunten'

Voor het handmatig tekenen van gebogen lijnen wordt naar de bijlage 2D-4 verwezen

### 3.5. Schalen

Afbeeldingen van voorwerpen worden gewoonlijk op ware grootte getekend. Is dit niet mogelijk, dan wordt vergroting van zeer kleine voorwerpen, of gedeelte(n) van voorwerpen noodzaak.

Zeer grote voorwerpen worden verkleind getekend.

Raadpleeg NEN-ISO 5455 Schalen (NEN-bundel 16) voor de te gebruiken schalen.

Let op: Bij het verkleind of vergroot kopiëren van tekeningen, gaat de juiste afmeting verloren, maar blijven de verhoudingen wel gehandhaafd.

Voor computertekeningen zal eerst moeten worden bepaald op welke schaal het voorwerp uiteindelijk zal worden afgebeeld; teksten, symbolen en afstanden zullen met die waarde moeten worden vergroot.

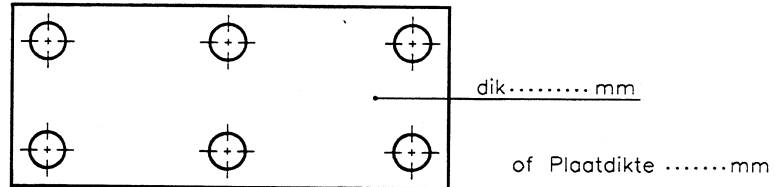
### 3.6. Beperking van het aantal aanzichten

De zes aanzichten zijn zelden allen nodig. Meestal zijn twee of drie aanzichten voldoende. Vaak kan met één (bijzonder) aanzicht een volledige afbeelding van een voorwerp gegeven worden.

Bij een zeer eenvoudig voorwerp is geen aanzicht nodig en kan volstaan worden met een beschrijving in de stuklijst op de samenstelling.

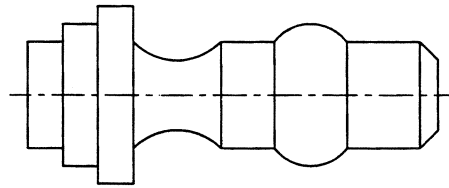
#### 3.6.1. Één aanzicht

Het vooraanzicht wordt altijd getekend. Teken alle voorwerpen gemaakt uit vlakke dunne plaat in één aanzicht (figuur 3.17).

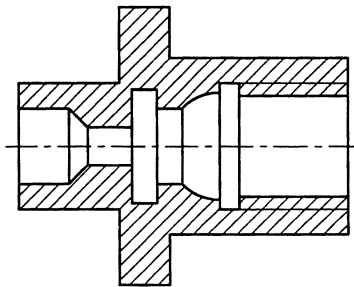


Figuur 3.17 Vlakke dunne plaat in één aanzicht

Rotatie-symmetrische voorwerpen worden ook in één aanzicht getekend (figuur 3.18). Hier moet wel een symbool worden gebruikt bij de bemating: het rondteken 'ø' genaamd. Holle voorwerpen worden met behulp van een doorsnede getekend (figuur 3.19).

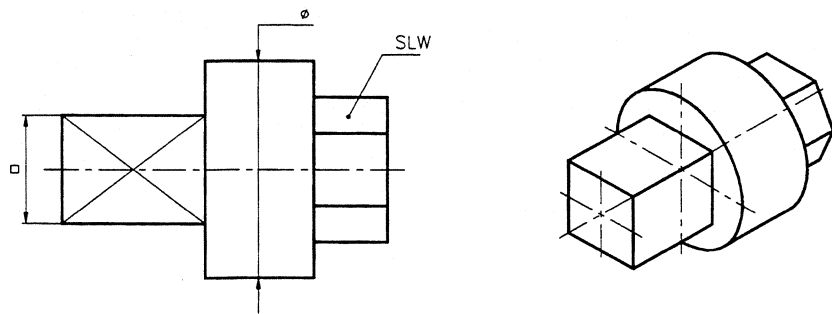


Figuur 3.18 Rotatie-symmetrisch voorwerp (cilindrisch)



Figuur 3.19 Doorsnede rotatie-symmetrisch voorwerp

Als een cilindrisch, vierkant of zeskant voorwerp en/of combinaties hiervan op een gemeenschappelijke hartlijn liggen, kan volstaan worden met de afbeelding van dat voorwerp in één aanzicht. De symbolen hiervoor zijn rond 'ø', vierkant '□' en zeskant 'SLW' (figuur 3.20). Het vierkante deel wordt, ter onderscheiding van het ronde deel, getekend met diagonale, dunne lijnen.

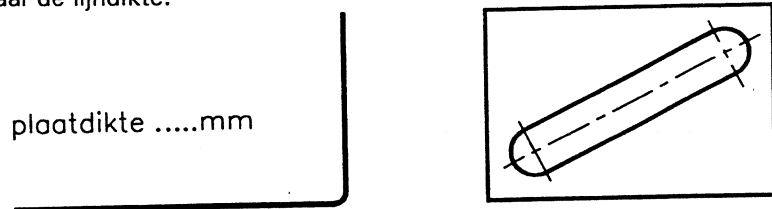


Figuur 3.20 Symbolen voor beperking tot één aanzicht

### 3.6.2. Twee aanzichten

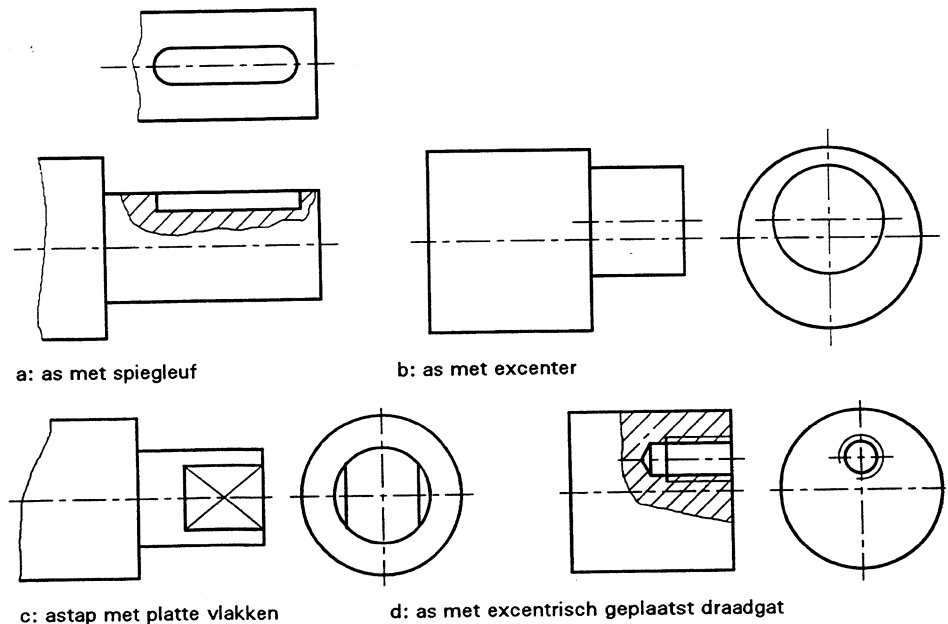
De afbeelding van een voorwerp met twee aanzichten bevat het vooraanzicht (of doorsnede) en één ander aanzicht. Dit andere aanzicht kan ook een doorsnede zijn of een aanzicht met gedeeltelijke doorsnede (zie verder in dit hoofdstuk).

Een eenvoudig voorwerp uit dunne plaat met een bewerking anders dan ponsen of boren (figuur 3.21): de contour van het zijaanzicht wordt dan getekend met één dikke lijn, als de dikte van de plaat niet groter is dan vijfmaal de lijndikte.



Figuur 3.21 Vlakke dunne plaat met twee aanzichten

Niet-rotatiesymmetrische voorwerpen verlangen altijd een aanvullende afbeelding die de afwijking laat zien (figuur 3.22). Mogelijke afwijkingen zijn platte vlakken, spiegleuf, gaten, excenter, etc.



Figuur 3.22 Voorbeelden van niet rotatie-symmetrische voorwerpen

### 3.7. Bijzondere aanzichten

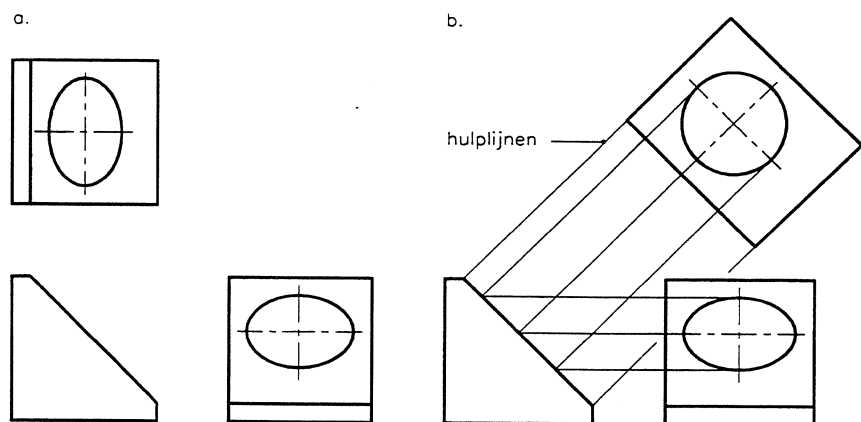
Deze aanzichten worden ter verduidelijking gebruikt als met de Amerikaanse projectie geen volledige afbeelding of geen duidelijk aanzicht van een voorwerp kan worden gerealiseerd. Hieronder zijn de besproken bijzondere aanzichten, uitzonderingen, etc. opgesomd:

- hulpaanzichten
  - primaire hulpaanzichten
  - secundaire hulpaanzichten
  - aanzichten getekend vanuit hulpaanzichten
  - gedeeltelijke hulpaanzichten
- doorsneden
  - doorsnede over een rechte lijn
  - doorsnede over een versprongen lijn
  - gekantelde doorsneden
  - halve doorsneden
  - uitzonderingen
  - arcering
- gedeeltelijk uitgeklapte aanzichten
- onderbroken aanzichten
- symmetrie
- herhaling van elementen
- details
- aangrenzende delen
- vervormde delen
- snijlijnen

#### 3.7.1. Hulpaanzichten

Het afbeelden van voorwerpen met schuine vlakken levert een probleem op voor een tekening met de Amerikaanse projectie methode. De schuine vlakken lopen niet evenwijdig aan het orthogonale assenstelsel van de projectiemethode. Het schuine vlak wordt steeds in verkorte vorm afgebeeld in de aanzichten. Bemating is verboden aan verkorte vormen (figuur 3.23a). De hulpprojectie-methode biedt dan uitkomst voor de werkelijke afbeelding en bemating (figuur 3.23b).

Hier gaat het om een schuin vlak dat evenwijdig loopt aan een van de projectievlakken van het nieuwe stelsel projectievlakken: hulpprojectievlak(ken).



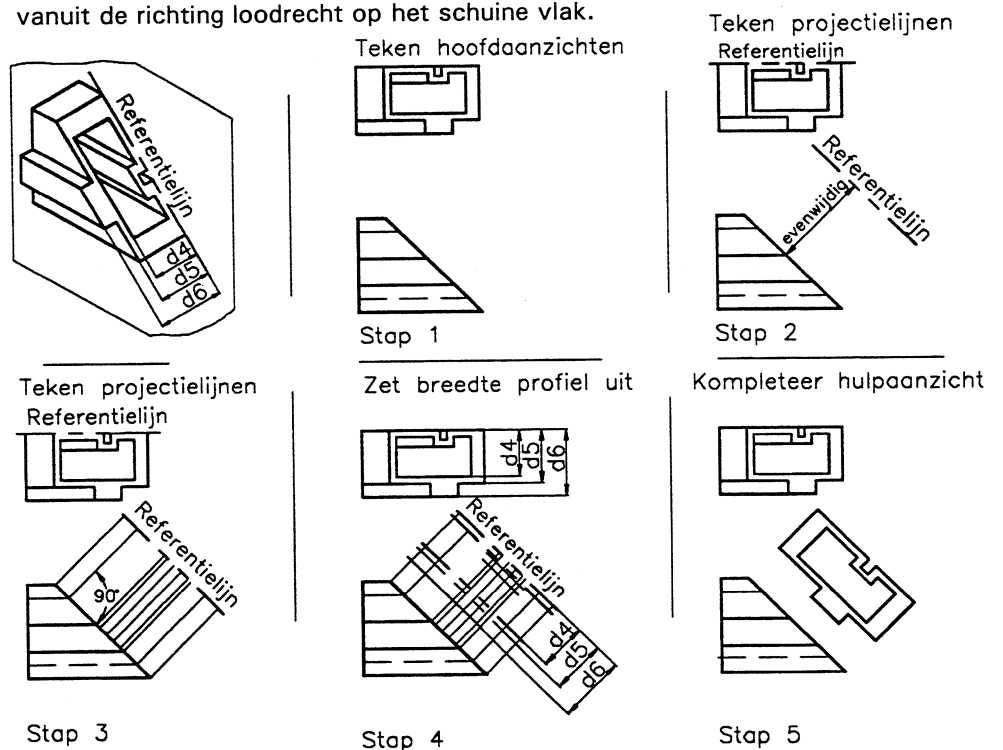
Figuur 3.23 a: de aanzichten met verkorte vormen  
b: werkelijke afbeelding met behulp van een hulpaanzicht

- Primaire hulpaanzichten

Bij de primaire hulpaanzichten kan volstaan worden met één transformatie voor de afbeelding op ware grootte van het schuine vlak.  
De hulpprojectiemethode wordt hieronder beschreven (figuur 3.24):

- stap 1 Tekenen met behulp van de Amerikaanse projectie-methode de noodzakelijke aanzichten.
- stap 2 Tekenen een referentielijn, evenwijdig aan het schuine vlak, op voldoende afstand.
- stap 3 Tekenen de projectielijnen loodrecht op de referentielijn, deze geven de werkelijke hoogtelijnen aan.
- stap 4 Bepaal de breedte uit het aanzicht met verkorte vorm. Zet deze werkelijke breedtematen uit ten opzichte van de referentielijn.
- stap 5 Completeer het hulpaanzicht.

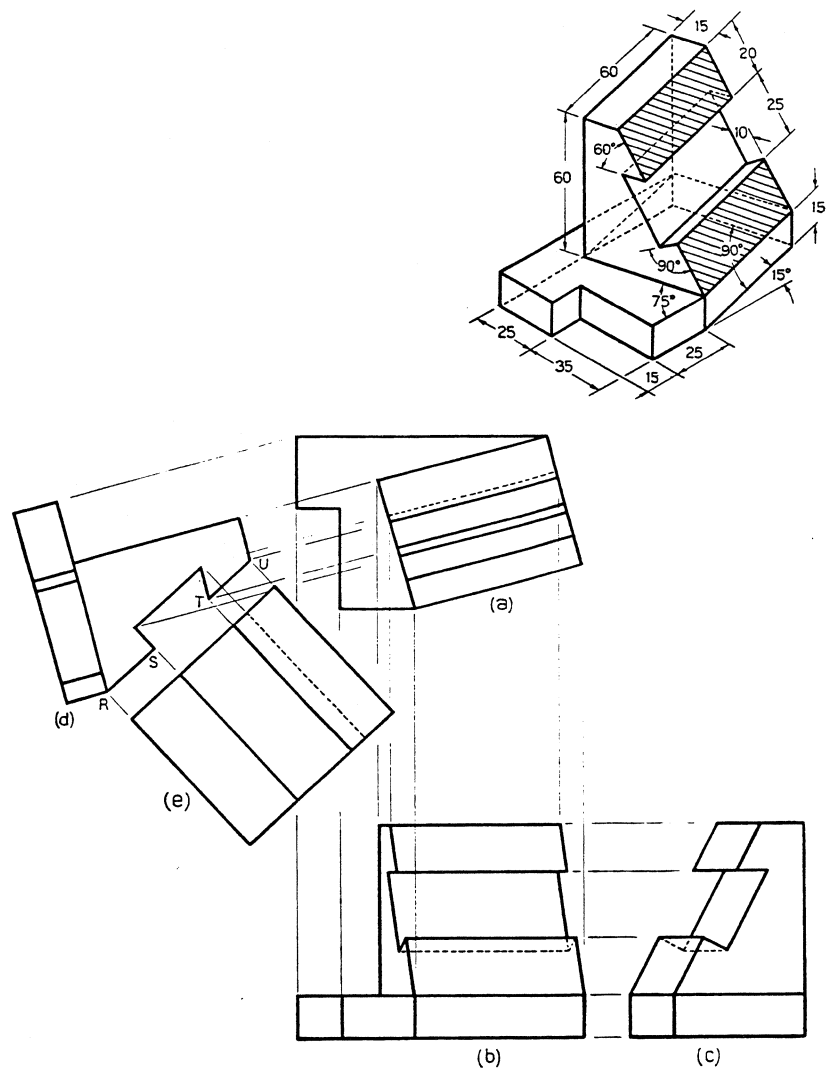
LET OP: Het omklappen gebeurt op dezelfde wijze als bij de Amerikaanse projectiemethode. Het hulpaanzicht bevat alleen de afbeelding van het schuine vlak. Alles vervalst wat nu in verkorte vorm zichtbaar wordt, bekeken vanuit de richting loodrecht op het schuine vlak.



Figuur 3.24 Stap voor stap methode primair hulpaanzicht

- Secundaire hulpaanzichten

Voor de afbeelding van een schuin vlak dat met geen van de projectievlakken een hoek van  $90^\circ$  maakt zijn twee transformatiestappen nodig. In een voorbeeld (figuur 3.25), wordt uitgaande van de aanzichten met behulp van de Amerikaanse projectiemethode via een tussenstap (eerste transformatie, afbeelding d) het secundaire hulpaanzicht getekend op ware grootte (het gearceerde vlak in de figuur). Deze projectiemethode heeft geen hoge moeilijkheidsgraad, maar kleine afwijkingen leiden tot grote maatverschillen bij kleine hoeken (zie in figuur 3.25 de hoek van  $15^\circ$ ). Werk dus altijd met de hoogst mogelijke nauwkeurigheid bij het maken van de hulpaanzichten.

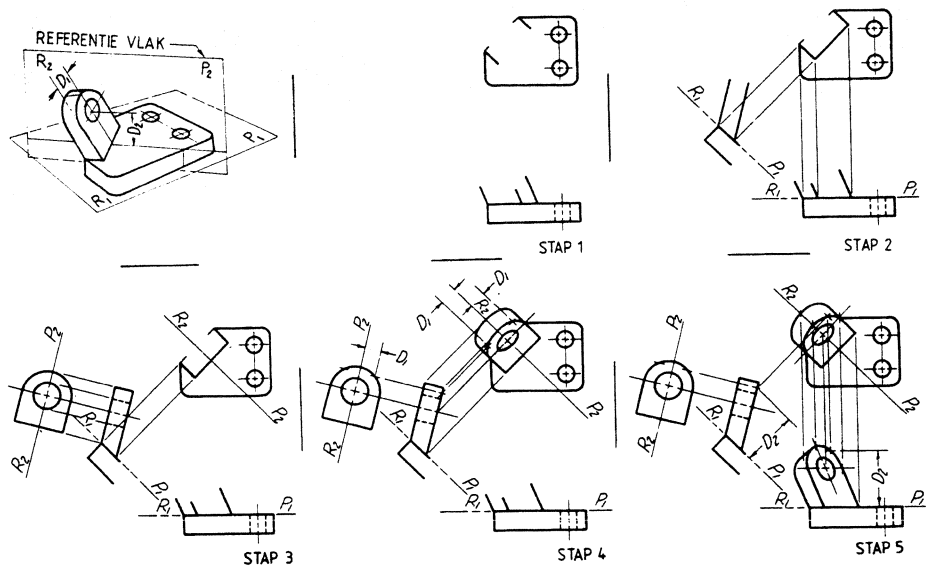


Figuur 3.25 Secundair hulpaanzicht

De hulprojectiemethode wordt hieronder beschreven (figuur 3.26):

- stap 1 Teken met behulp van de Amerikaanse projectie methode vanuit de aanwezige informatie zoveel mogelijk van de aanzichten.
- stap 2 Teken het denkbeeldige vlak  $R_1$   $P_1$  als lijn. Vervolg de konstruktie van het primaire hulpaanzicht met de tot dan bekende maten.
- stap 3 Het secundaire hulpaanzicht wordt getekend met de gegeven maten vanuit het primaire hulpaanzicht.
- stap 4 Projecteer vanuit het secundaire hulpaanzicht naar het bovenaanzicht voor het voltooiën van het verkorte oor.
- stap 5 Voltooi het vooraanzicht vanuit het bovenaanzicht.



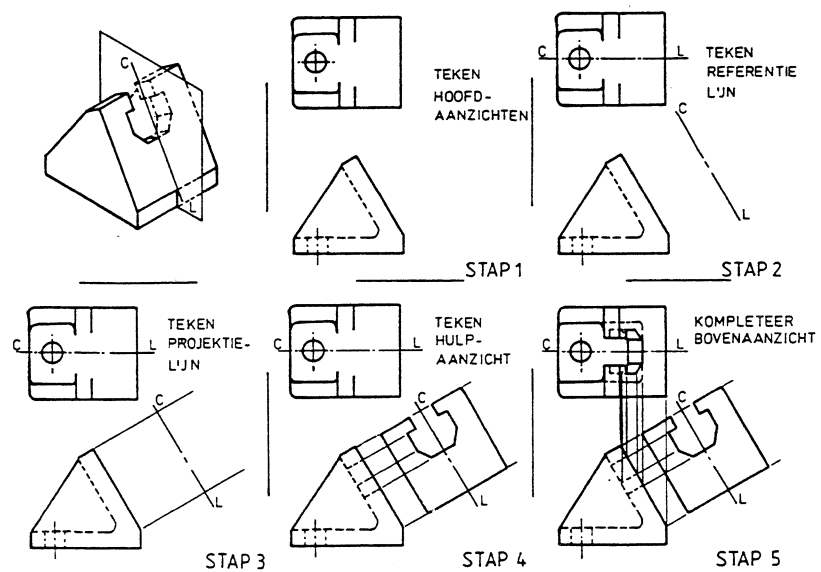


Figuur 3.26 Stap voor stap methode secundair hulpaanzicht

### - Aanzichten getekend vanuit hulpaanzichten

Het komt voor dat eerst het hulpaanzicht moet worden getekend en dat daarna pas de aanzichten getekend kunnen worden. Veelal zijn de werkelijke afmetingen bekend. De voltooiing van de aanzichten wordt beschreven (figuur 3.27):

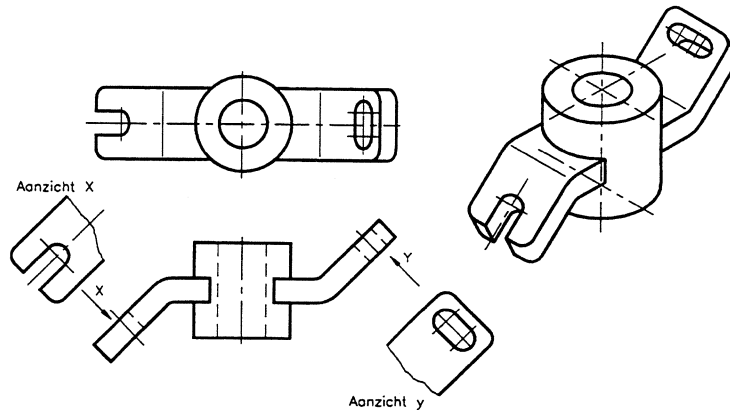
- stap 1 Tekenen de aanzichten met behulp van de Amerikaanse projectiemethode zo volledig mogelijk.
- stap 2 Tekenen de referentielijn CL evenwijdig aan het schuine vlak op voldoende afstand.
- stap 3 Tekenen de projectielijnen loodrecht op de referentielijn CL, waarin de bekende hoogtematen worden aangegeven.
- stap 4 Tekenen het complete hulpaanzicht.
- stap 5 Voltooi de aanzichten vanuit het hulpaanzicht.



Figuur 3.27 Stap voor stap methode vanuit het hulpaanzicht

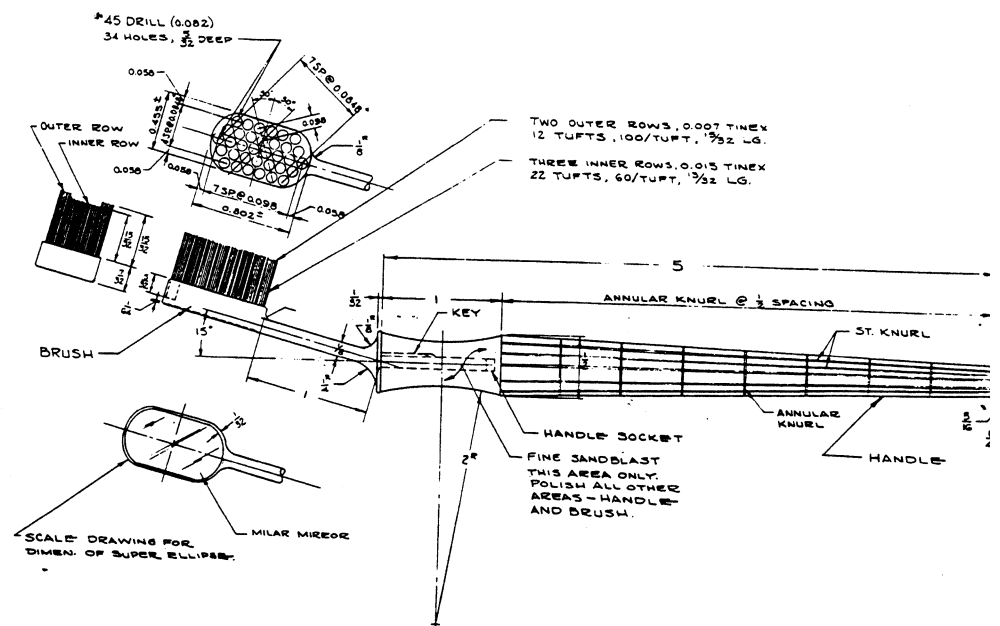
- Gedeeltelijke hulpaanzichten

Het totale hulpaanzicht hoeft slechts in enkele gevallen volledig getekend te worden. De interesse gaat vaak uit naar bepaalde delen van het voorwerp. Met behulp van een afbreeklijn wordt dat deel afgebroken; daardoor wordt het tekenwerk aanzienlijk beperkt (figuur 3.28). Geef met behulp van een pijl en een letter de projectie aan op het hulpvlak. Noem het hulpaanzicht 'AANZICHT' met die letter en plaats dit boven het aanzicht.



Figuur 3.28 Voorbeeld van een gedeeltelijk hulpaanzicht met ruimtelijke afbeelding

Tot slot enige voorbeelden van technische tekeningen volgens Amerikaanse projectiewijze waarbij hulpaanzichten zijn gebruikt (figuur 3.29 en 3.30).



Figuur 3.29 Het gebruik van hulpaanzichten bij de tekening van een tandenborstel met verwisselbare kop

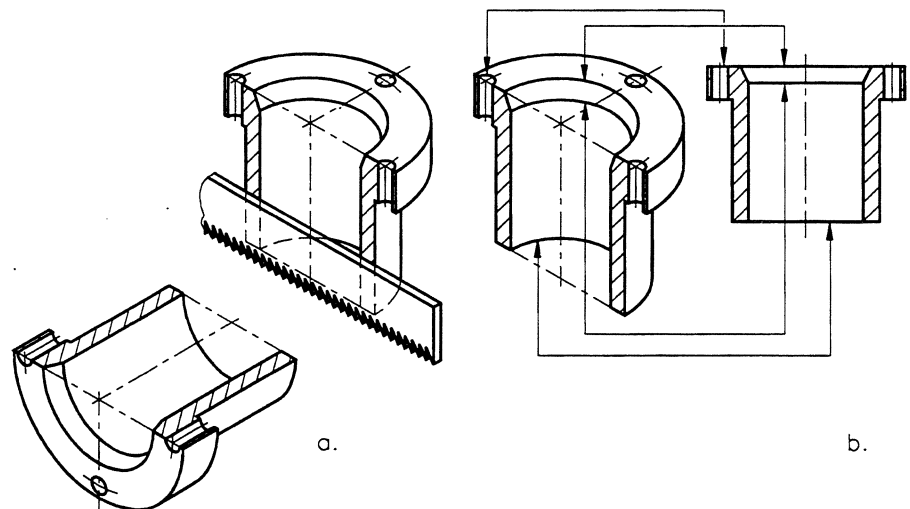


### 3.7.2. Doorsneden

Massieve voorwerpen worden afgebeeld met de benodigde aanzichten. Op deze manier kunnen voorwerpen met inwendige ruimte of holte niet duidelijk worden weergegeven. Met het afbeelden van één of meer doorsneden wordt ook de inwendige vorm duidelijk. Van holle voorwerpen worden één of meer doorsneden getekend voor afbeelding van zowel de uitwendige als de inwendige vorm, waarin tevens de bemating gegeven kan worden.

Teken in een doorsnede **nooit** de niet-zichtbare begrenzingslijnen.

Twee typen doorsneden worden onderscheiden, namelijk de langsdoorsnede en dwarsdoorsnede. De langsdoorsnede komt het meest voor in tekeningen. Stel bij het tekenen van een doorsnede voor, dat een voorwerp denkbeeldig wordt doorgezaagd. Het doorsnijdingsvlak wordt zichtbaar door denkbeeldige verwijdering van het deel tussen waarnemer en zaag. Dit aanzicht wordt dan een doorsnede genoemd (figuur 3.32). De gebogen lijnen in de ruimtelijke afbeelding worden als rechte aanzichtlijnen in de doorsnede getekend.



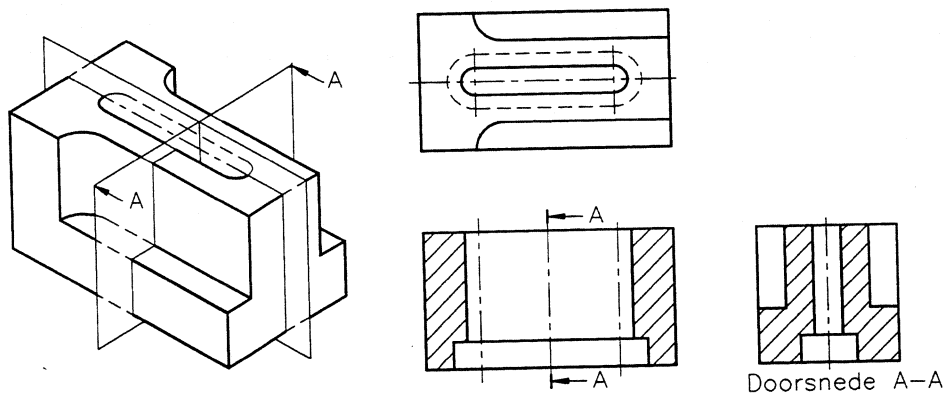
Figuur 3.32 a: een denkbeeldig doorgezaagd voorwerp  
b: afbeelding van de doorsnede zowel ruimtelijk als in het platte vlak

Een doorsnede is niets anders dan een bijzonder aanzicht, een aanzicht waar iets denkbeeldig is verwijderd. De plaatsing van doorsneden ten opzichte van de bijbehorende aanzichten dient te geschieden volgens de regels die gelden voor de onderlinge plaatsing van aanzichten (Amerikaanse projectie).

#### - Doorsnede over een rechte lijn

De doorsnijdingslijn wordt in een aanzicht, veelal het vooraanzicht, aangegeven met een gemengde streeplijn, verdikt aan beide einden (figuur 3.33). Plaats een pijl in de kijkrichting op de verdikte lijnstukjes aan beide einden. Naast elke pijl staat een hoofdletter, waarmee de doorsnede wordt aangeduid. Bij de doorsnede worden de letters gescheiden door een '-' geplaatst.

LET OP: Bij doorsneden van symmetrische voorwerpen over de symmetrielijne mogen de doorsnijdingslijn, de pijlen en de letters worden weggelaten.

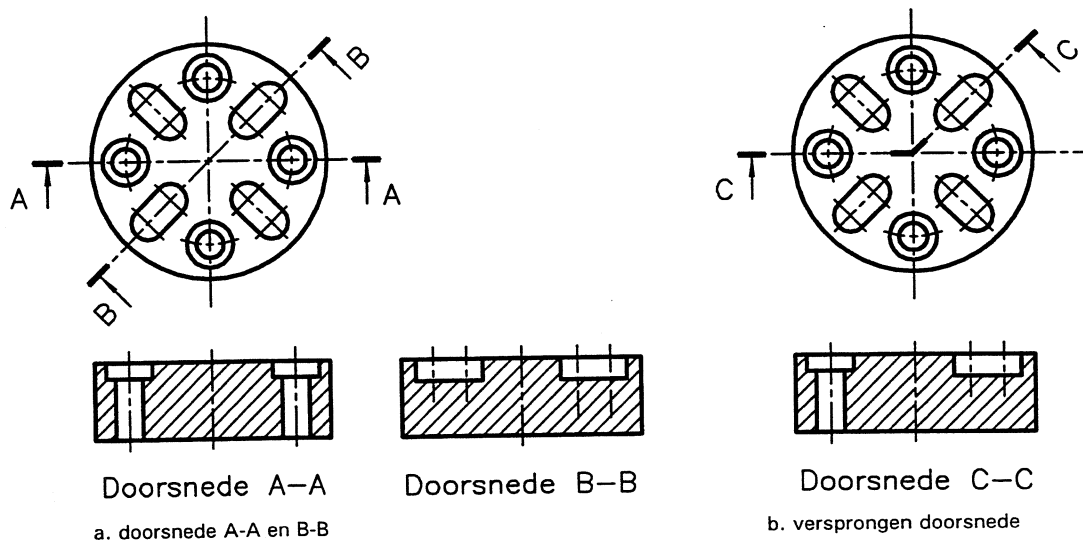


Figuur 3.33 Aanduiden van een doorsnede

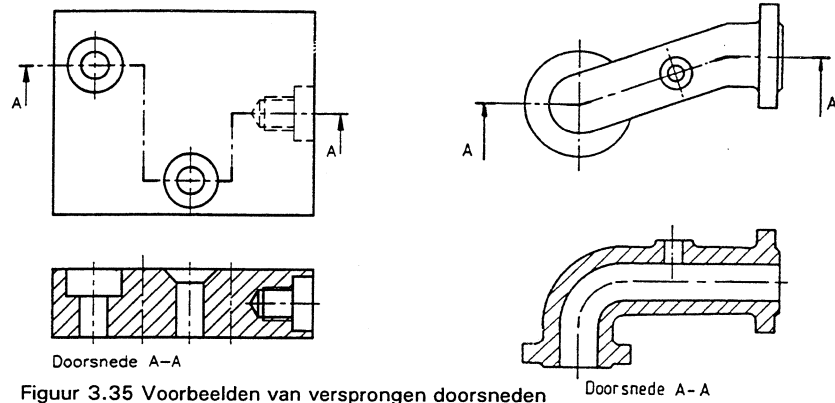
- Doorsnede over een versprongen lijn

Een versprongen doorsnede houdt in dat in het platte vlak verschillende doorsneden of een aanzicht met een gekantelde doorsnede wordt afgebeeld. In figuur 3.34a wordt een deksel afgebeeld met de doorsneden A-A en B-B; in doorsnede A-A is de juiste vorm van de gaten, in doorsnede B-B is de juiste vorm van de pockets te zien. Figuur 3.34b laat zien dat beide doorsneden eenvoudig zijn te combineren.

In figuur 3.35 is een blok afgebeeld met versprongen vlakken. Bij de verspringing van de doorsnijdingslijn krijgt de gemengde streeplijn een verdikt deel. In het doorsnijdingsvlak van een versprongen doorsnede geeft een dunne gemengde streeplijn (in de volksmond hartlijn) de verspringing aan. Tevens wordt de arcering versprongen getekend en wel een halve arceerafstand. De arceerrichting blijft gelijk in de gehele doorsnede.



Figuur 3.34 Voorbeelden van versprongen doorsneden



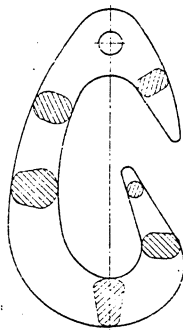
Figuur 3.35 Voorbeelden van versprongen doorsneden

Let op, bij een versprongen doorsneden van een pijp loopt de arcering gewoon door, anders ontstaat een vreemde arceringsverspringing (figuur 3.35).

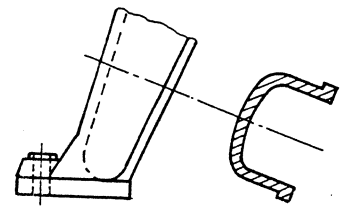
- Gekantelde en verschoven doorsneden

Een gekantelde doorsnede houdt in dat op een bepaalde plaats een dwarsdoorsnede wordt gemaakt die 90° kantelt. De contour van de doorsnede wordt met een dunne lijn weergegeven bij afbeelding in het voorwerp ter plaatse (figuur 3.36).

Indien een verschoven doorsnede wordt getekend neem dan een dikke lijn voor de contour (figuur 3.37). De verschuiving vindt plaats in het verlengde van de doorsnijding.



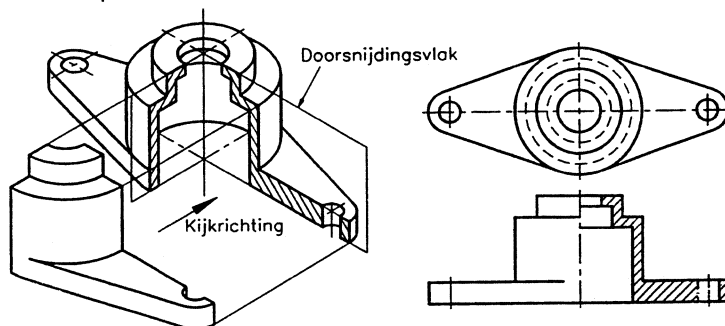
Figuur 3.36 Gekantelde doorsnede



Figuur 3.37 Verschoven gekantelde doorsnede

- Halve doorsneden

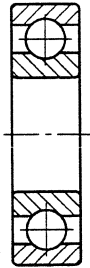
Bij een symmetrisch voorwerp mag het aanzicht en de doorsnede ieder als de helft van één afbeelding worden getekend. Figuur 3.38 toont een voorbeeld van een flensdeksel. Deze tekenwijze komt voor bij rotatie-symmetrische voorwerpen.



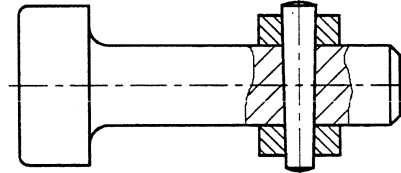
Figuur 3.38 Voorbeeld halve doorsnede

- Uitzonderingen

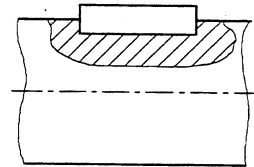
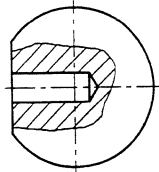
Volledige of halve doorsnijding vindt plaats bij holle voorwerpen. Massieve voorwerpen, zoals een kogel, een ton, een kubus, worden nooit doorgesneden. Figuur 3.39 toont een niet doorgesneden kogel, die deel uitmaakt van een kogellager. Bij massieve en bijna massieve voorwerpen kan een gedeeltelijke doorsnede worden toegepast (beter bekend onder de naam 'muizentruuk'). Teken met een gegolfde dunne lijn de begrenzing van de doorsnede. Figuur 3.41 toont voorbeelden hiervan: een spiebaan in een as; en een kogelvormige knop. Figuur 3.40 toont een oplossing voor een afbeelding van een as, waarop een ring met een conische pen is bevestigd.



Figuur 3.39 Kogellager



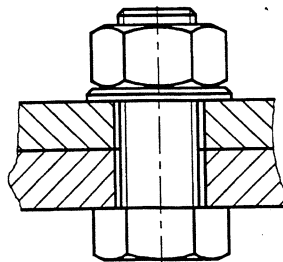
Figuur 3.40 Asverbinding met conische pen



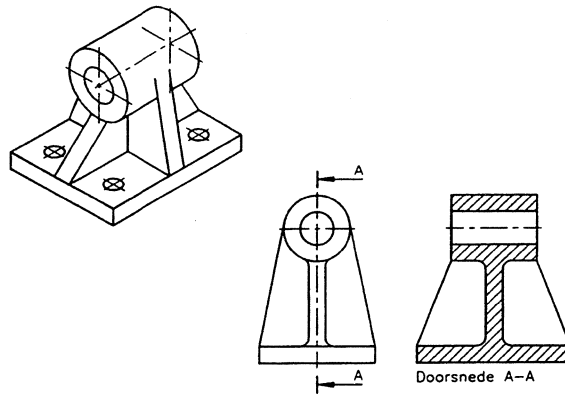
Figuur 3.41 Kogelvormige kop en een as met spiebaan

Normdelen, zoals bouten, schroeven, moeren, sluit- en borgringen, worden in langsrichting niet doorgesneden (figuur 3.42).

Ribben, ruggen, spaken, tanden, vleugels worden ook niet in langsrichting doorgesneden, wel in dwarsrichting. Figuur 3.43 toont een voorbeeld van een klassieke lagerstoel. Hierin is de doorsnijdingslijn A-A aangegeven, dit geeft geen reële afbeelding bij toepassing van de regels voor doorsneden. Voor een correcte afbeelding: neemt men een denkbeeldige doorsnijdingslijn zodanig dat de rib of rug juist nog in aanzicht wordt afgebeeld.



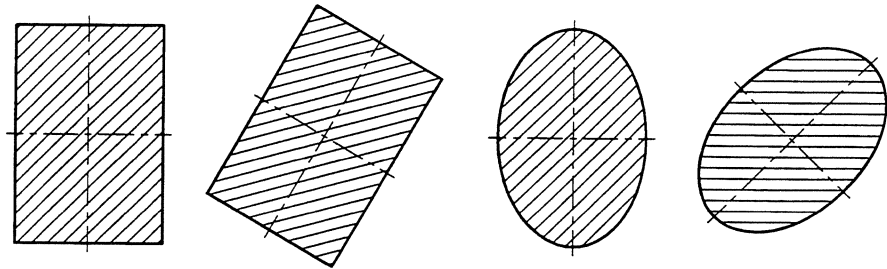
Figuur 3.42 Boutverbinding met sluitring en moer



Figuur 3.43 Doorsnede van (ribben of) ruggen van een lagerstoel

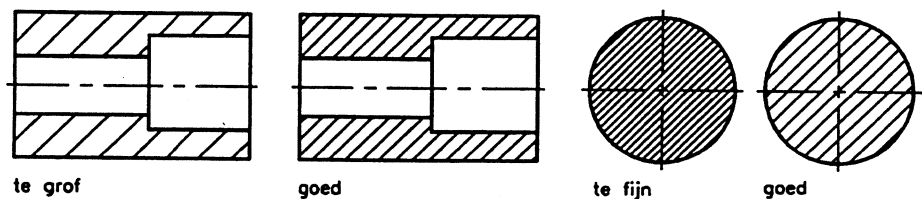
- Arceringen

In een doorsnede wordt het doorgesneden materiaal gearceerd met dunne lijnen, die evenwijdig aan elkaar lopen. De arcering staat altijd onder een hoek van  $45^\circ$  met de hoofdasen van de doorsnede (figuur 3.44).



Figuur 3.44 Arceringshoek van doorsneden

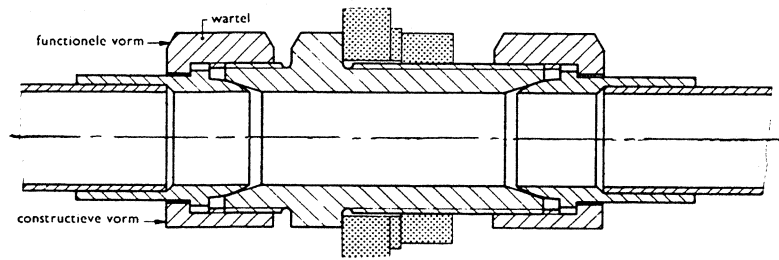
De arceerafstand staat in verhouding tot de grootte en de vorm van de doorsnede. Een te grove, te fijne of onregelmatige arcering op een tekening maakt een slordige indruk, terwijl de leesbaarheid sterk achteruit gaat. In figuur 3.45 zijn enige voorbeelden getekend.



Figuur 3.45 Voorwerp met goede en foute arcering

Een (gedeeltelijke) doorsnede van een samenstelling heeft aan elkaar grenzende doorsnijdingsvlakken van de verschillende onderdelen. Arceer deze vlakken in tegengestelde richting (figuur 3.46). Indien drie of meer vlakken van onderdelen aan elkaar grenzen, teken dan de arcering zowel tegengesteld als met variërende arceerafstand. Zie ook bij hoofdstuk 8: de samenstellingstekening van een veiligheidsklep brandstofpomp.

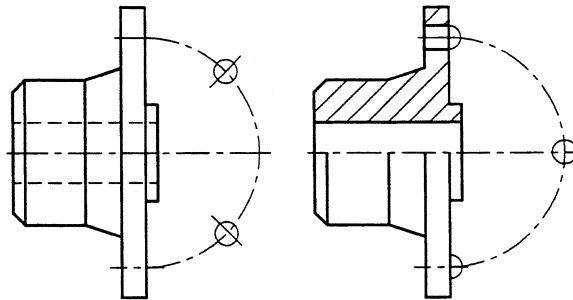




Figuur 3.46 Tegengestelde en variërende arceerafstand bij een samenstellingsdoorsnede van een pijpkoppeling

### 3.7.3. Gedeeltelijk uitgeklapte aanzichten

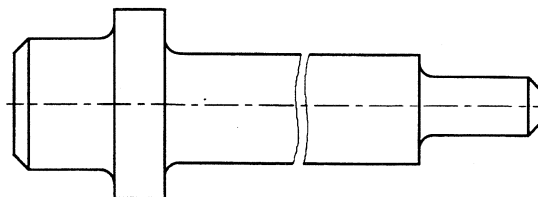
Voor flenzen geeft een gedeeltelijk uitgeklappt aanzicht een enorme besparing op het tekenwerk (figuur 3.47). Het zijaanzicht bestaat slechts uit cirkeldelen en de plaats van de gaten in de flens op de steekcirkel. Klap de steekcirkel uit in het vlak van tekening en teken de boutgaten op deze cirkel. De steekcirkel is een cirkelvormige hartlijn, waarop het hart van de gaten, meestal gelijkmatig verdeeld, ligt. De steekcirkel wordt getekend met een gemengde dunne streeplijn en de boutgaten op de steekcirkel met een dunne lijn. De doorlopende boutgaten worden in het vooraanzicht van de flens getekend met een hartlijn.



Figuur 3.47 Gedeeltelijk uitgeklappt aanzicht van een flens met boutgaten

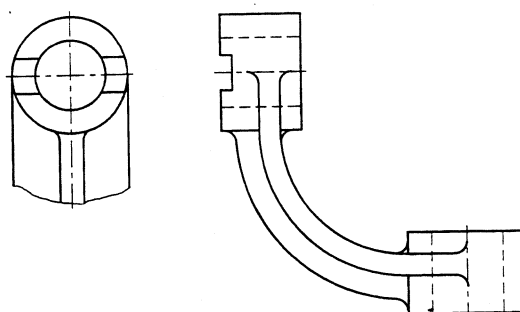
### 3.7.4. Onderbroken aanzichten

Bij lange voorwerpen heeft verschalen geen zin, omdat de verhouding Diameter/Lengte gering is. Voor een zinvolle afbeelding wordt gebruik gemaakt van een onderbreking in dat deel van het voorwerp dat de kleinste D/L verhouding heeft of het deel dat de minste informatie bevat (figuur 3.48).



Figuur 3.48 Voorbeeld van een onderbroken aanzicht van een lange as

In de aanzichten, getoond in figuur 3.49, is het zijaanzicht slechts gedeeltelijk (afgebroken) getekend. Voor een duidelijke afbeelding hoeft dit niet altijd het complete aanzicht te zijn, zoals uit de figuur blijkt.

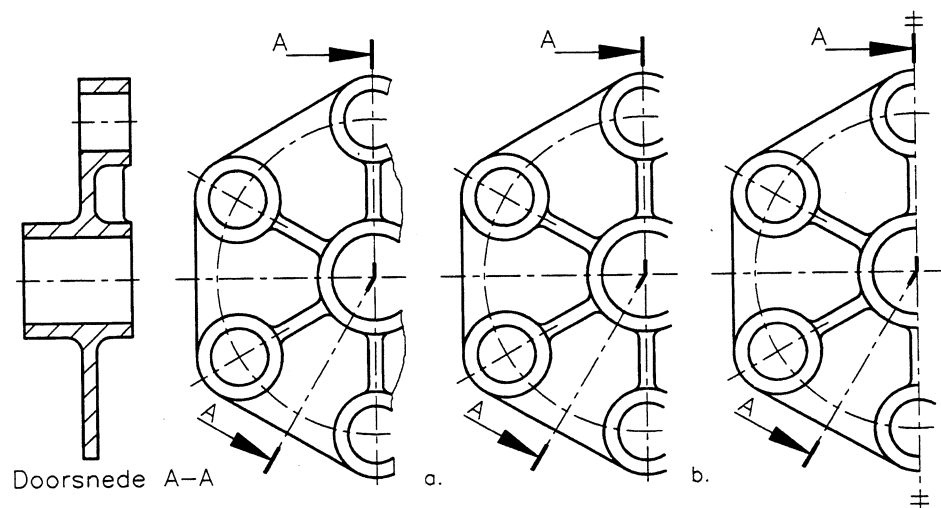


Figuur 3.49 Voorbeeld van een afgebroken aanzicht van een beugel

### 3.7.5. Symmetrie

Indien geen misverstand mogelijk is, mogen ter besparing van tekenwerk, symmetrische onderdelen gedeeltelijk worden getekend met gebruikmaking van symmetrietekens.

Deze tekens bestaan uit twee korte evenwijdige dunne lijntjes die loodrecht worden geplaatst op de uiteinden van de symmetrieliijn (figuur 3.50c).



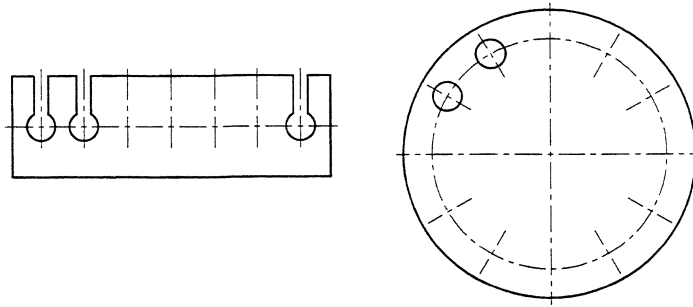
Figuur 3.50 Voorbeeld van een afbreking van een symmetrisch voorwerp

De symmetrietekens vervallen bij het doortrekken van de begrenzingslijnen voorbij de symmetrieliijn (figuur 3.50b).

In zo'n geval wordt de afbreking soms ook wel met een dunne gegolfde lijn getekend (figuur 3.50a).

### 3.7.6. Herhaling van elementen

Teken gaten of andere vormen, die regelmatig herhaald worden, voor een deel in ware afbeelding en geef de overige slechts met een hartlijn aan. Deze tekenwijze mag alleen worden toegepast, als geen misverstand mogelijk is (figuur 3.51).

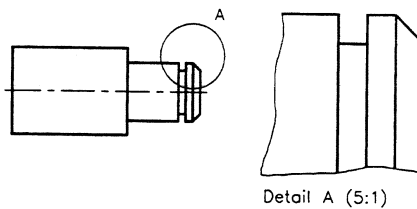


Figuur 3.51 Herhalingspatronen

### 3.7.7. Details

Indien details van een voorwerp niet voldoende duidelijk kunnen worden aangegeven in de afbeelding, dienen deze details te worden omlijnd en met een hoofdletter te worden gemerkt (figuur 3.52).

Vervolgens wordt dit detail herhaald op een passende grotere schaal en gemerkt met dezelfde letter. De gebruikte schaal (zie NEN-ISO 5455) moet naast de letter vermeld worden.

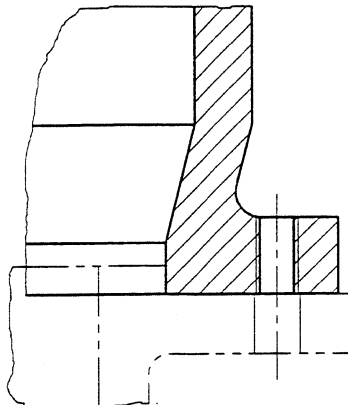


Figuur 3.52 Detail van een groef

### 3.7.8. Aangrenzende delen

Soms is het voor het juiste inzicht nodig bij een aanzicht of doorsnede een aangrenzend deel af te beelden. Aangrenzende delen worden getekend met een dunne gemengde streeplijn met dubbele onderbreking.

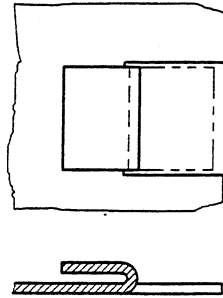
Het aangrenzende deel mag het onderdeel niet afdekken, het mag niet worden gearceerd (figuur 3.53).



Figuur 3.53 Aangrenzende delen

### 3.7.9. Vervormde delen

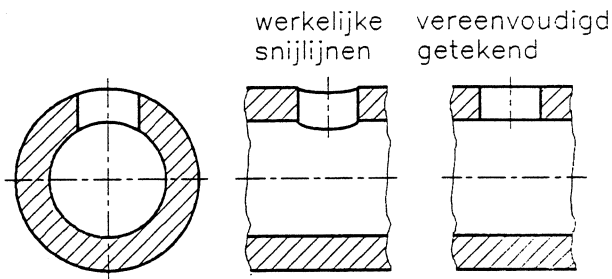
Als het nodig is een vervormd deel van een voorwerp aan te geven in de toestand vóór de vervorming moet deze uitslag worden getekend met een dunne gemengde streeplijn met dubbele onderbreking, de zogenaamde 'phantom'-lijn (figuur 3.54).



Figuur 3.54 Vervormde delen

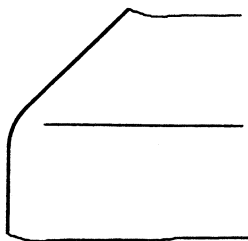
### 3.7.10. Snijlijnen

Snijlijnen van vlakken worden getekend als begrenzslijnen met een dikke lijn; als geen misverstand mogelijk is, mogen deze snijlijnen vereenvoudigd worden getekend (figuur 3.55).



Figuur 3.55 Snijlijnen, werkelijk en vereenvoudigd getekend

Denkbeeldige snijlijnen van vlakken die met een afronding (fillet of blend) in elkaar overgaan worden getekend met een dunne lijn die de begrenzslijnen niet raakt (figuur 3.56).



Figuur 3.56 Denkbeeldige snijlijnen

**LET OP:** Veel bedrijven gebruiken, vaak zelf ontwikkelde, afwijkende tekening- en/of projectiesystemen, waardoor in de praktijk soms verwarrende situaties ontstaan (figuur 3.57).





# Bemating van een voorwerp

## Inhoud

### **4.1 Inleiding**

### **4.2 Bemating**

### **4.3 Maatinschrijving en de normen**

#### 4.3.1 Bestanddelen van de maatinschrijving

### **4.4 Beginnen met bematen**

#### 4.4.1 Rotatiesymmetrische objecten

### **4.5 Bewerkingsmethoden**

#### 4.5.1 Materiaal verwijderende bewerkingsmethoden

### **4.6 Bematingsmethoden**

#### 4.6.1 Geometrische bemating

#### 4.6.2 Bemating naar bewerking

#### 4.6.3 Bemating naar functie

### **4.7 Overige bematingsmethoden**

#### 4.7.1 Bemating in Coördinaten

#### 4.7.2 Bemating in gebogen vormen en profielen

### **4.8 Bematingsvormen**

### **4.9 Bijzondere maatinschrijving**

### **4.10 Maatinschrijving met symbolen**

### **4.11 Bematingsvoorbeelden**

### **4.12 Controlelijst voor een goede bemating**

### **4.13 Tenslotte**





# Bemating van een voorwerp

## 4.1 Inleiding

Een voorwerp kan op veel verschillende manieren worden weergegeven. Weergavevormen zoals; schets, handschets, werktekening, tekening, maattekening, technische tekening, presentatie tekening, model, prototype, montage tekening, etc. zijn waarschijnlijk bekend. Al deze methoden kunnen gebruikt worden in de visualisatiefase van het ontwerp-proces.

Doel in deze fase is in de eerste plaats dat voor jezelf duidelijk wordt hoe je ontwerp eruit ziet (ook in 3D), zodat je weloverwogen ontwerp-beslissingen kunt nemen.

In de tweede plaats wil je ook aan anderen duidelijk maken hoe het ontwerp er uitziet. Wanneer je nog in de ontwerp-fase zit is dit belangrijk, omdat anderen moeten weten waar je het over hebt. Op die manier kun je overleggen en begeleid en geholpen worden. Duidelijkheid speelt hier een grote rol.

Wanneer jij en je opdrachtgevers weten hoe het uiteindelijke ontwerp er uitziet, moet dit ook aan derden duidelijk gemaakt worden. Het ontwerp moet immers geproduceerd worden en dat doen noch jij, noch je opdrachtgever(s). Dit betekent dat alle informatie over maten, materialen, bewerkingen, bewerkingsvolgorden etc. ondubbelzinnig en helder vastgelegd moet worden. Deze informatie leg je vast met behulp van de technische tekeningen.

### Het technische tekeningenpakket

Het technische tekeningenpakket bestaat uit een groot aantal tekeningen; een (hoofd)samenstellingstekening, (sub)samenstellingstekening(en) en monotekeningen (zie hoofdstuk 7).

#### - Hoofdsamenstellingstekening

De hoofdsamenstellingstekening kan gezien worden als de basis van waaruit het hele tekeningenpakket wordt opgebouwd. Deze tekening geeft een totaaloverzicht van het produkt dat in het tekeningenpakket wordt "uitgewerkt". In de tekening staan derhalve geen maten, maar voornamelijk stuknummers.

#### - Subsamenstellingstekening

Deze tekening vormt de volgende stap in het gedetailleerder weergeven van een produkt. Op een subsamenstellingstekening staat een op zichzelf staande unit van het totaalprodukt. In de tekening worden maten geschreven die van belang zijn voor de assemblage en samenstelling van het onderdeel. Dit zijn maten die *ontstaan* op het moment dat twee (of meer) losse delen bij elkaar worden gevoegd.

- **Monotekening**

De monotekening sluit de hiërarchische rij. Op deze tekening staat slechts één onderdeel getekend. De mono is de belangrijkste tekening voor wat betreft de bemating. De afmetingen van het onderdeel worden namelijk op deze tekening ingeschreven. Verder biedt de mono ook ruimte voor overige informatie, betreffende materiaalsoort, bewerking etc.. Dit informatieblok staat gewoonlijk in de rechterbovenhoek van de tekening.

Zie voor meer informatie over het technische tekeningenpakket hoofdstuk 8 van het diktaat 2D ("Tekeningssystemen").

#### 4.2 Bemating

Zoals reeds vermeld worden in de monotekeningen de maten van één onderdeel ingeschreven.

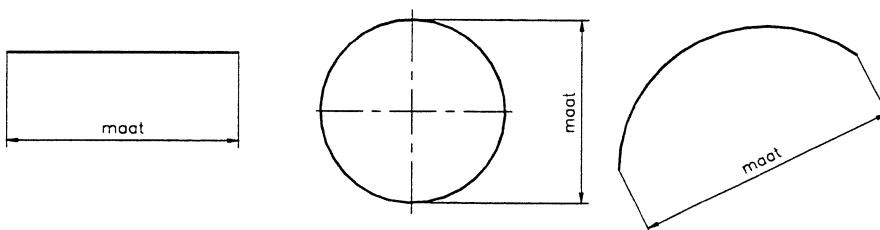
Dit bematen geeft over het algemeen nog veel problemen. Om deze problemen tot een minimum te beperken is er een systeem bedacht dat in de volgende paragrafen zal worden toegelicht.

##### Algemene begrippen

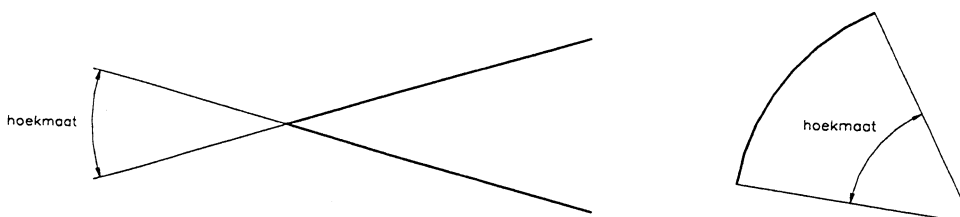
Eerst is het echter van belang een aantal algemene begrippen voor bemating te behandelen.

Bij bemating wordt onderscheid gemaakt in:

- lineaire bemating → legt de maat vast tussen twee punten.
- hoekbemating → geeft de hoek van een boog of de hoek tussen twee snijdende lijnen aan.



Figuur 4.1a Lineaire bemating



Figuur 4.1b Hoekbemating

#### 4.3 Maatinschrijving en de normen

Bij het bematen krijg je (waarschijnlijk voor het eerst) te maken met normen. Normen zijn opgesteld om (inter)nationale afspraken vast te leggen, zodat de bemating overal hetzelfde wordt geïnterpreteerd.

Er zijn internationale normen (ISO) en Nederlandse normen (NEN). De eerste zijn universeel toepasbaar en de Nederlandse gelden alleen voor Nederland. De norm die gebruikt wordt bij het bematen is de NEN 2058 (te vinden in

NEN-bundel 16). Verder zullen ook kleine aanpassingen hierop, die zijn vastgelegd in bedrijfsvoorschriften besproken worden.

- **NEN 2085 Maatinschrijving**  
Grondbeginselen, definities, wijzen van uitvoering en bijzondere aanduidingen.

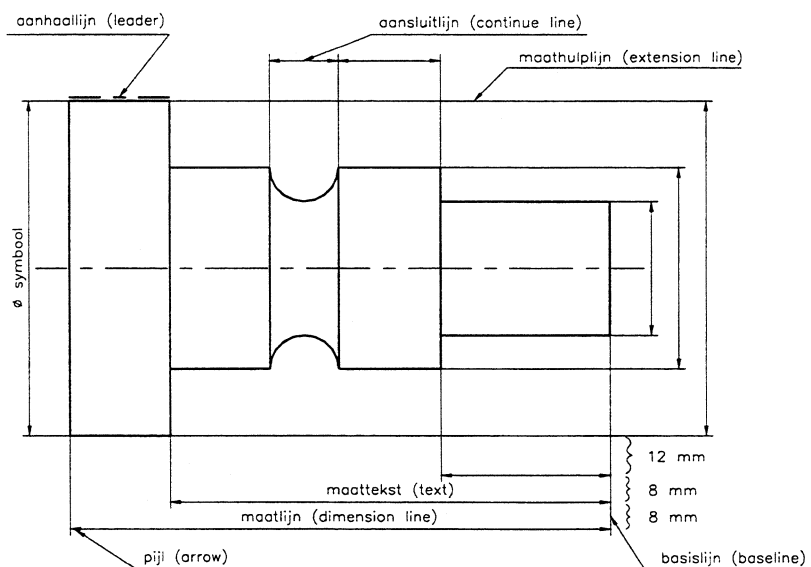
#### 4.3.1 Bestanddelen van maatinschrijving

Een maatinschrijving is opgebouwd uit een aantal standaard elementen. De elementen zijn terug te vinden in figuur 4.2, waar de Engelse benamingen tussen haakjes vermeld staan. Deze benamingen worden gebruikt bij het tekenen met behulp van de computer (CAD).

De elementen zijn:

##### 1. Maatlijn

De maatlijn wordt evenwijdig geplaatst aan het te bewerken vlak. De afstand van de *eerste* maatlijn tot het onderdeel bedraagt ongeveer 12 mm. Alle volgende maatlijnen liggen op ongeveer 8 mm van de voorgaande maatlijn.



Figuur 4.2 Elementen van maatinschrijving

##### 2. Maathulplijn

De maathulplijn raakt aan een cirkel of start vanaf een snijpunt van lijnen en eindigt 1 à 2 mm voorbij de maatlijn. De maathulplijnen mogen elkaar *altijd* snijden.

Soms is het voor de duidelijkheid noodzakelijk om een maathulplijn een maatlijn of zelfs een begrenzingslijn te laten snijden. Dit is *alleen* toegestaan indien het de duidelijkheid ten goede komt en er geen andere oplossing mogelijk is. In beide gevallen worden veelal de maathulplijnen dan even onderbroken. De maathulplijnen moeten *zo kort mogelijk* worden gehouden, zodat ze zo min mogelijk andere lijnen snijden. Hieruit volgt ook dat je de bemating zo dicht mogelijk bij het voorwerp moet plaatsen.

##### 3. Maattekst

De maattekst kan bestaan uit tekst, een getal, een tolerantie-aanduiding, een beschrijving en bijzondere tekens. Het getal duidt de nominale maat

De maattekst kan bestaan uit tekst, een getal, een tolerantie-aanduiding, een beschrijving en bijzondere tekens. Het getal duidt de nominale maat aan en wordt geplaatst in het midden van de maatlijn, 1 à 1,5 mm boven de maatlijn.

Wanneer er tussen de pijlpunten te weinig ruimte is voor de maattekst, kunnen de pijlpunten naar buiten geplaatst worden. De maatlijn wordt in dit geval verlengd (zie hiervoor ook kleine maten en figuur 4.25). Indien dit nog niet genoeg ruimte oplevert mag ook de tekst naar buiten worden geplaatst.

De teksthoogte bedraagt 3,5 mm; de bijzondere tekens (symbolen) staan voor het getal (zie maatinschrijving met symbolen). De tolerantie aanduiding staat altijd achter het getal, bijvoorbeeld: H7,  $\pm 0,05$ , etc.. De arcering of een hartlijn wordt ter plaatse van het getal onderbroken (zie de voorbeelden).

#### 4. Pijlpunt

Bij technische tekeningen wordt de maatlijn aan weerszijden begrensd door een open of dichte pijlpunt. De grootte van de pijlpunt is afhankelijk van de afmetingen van het voorwerp. Normaal bedraagt de lengte ongeveer 3 mm en de breedte verloopt van 0 naar ongeveer 1/3 van de lengte (zie figuur 4.3).

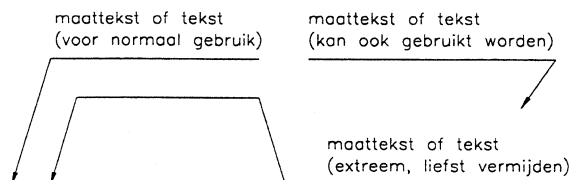


Figuur 4.3 Pijlpunten

#### 5. Aanhaallijn

Een aanhaallijn bestaat uit een pijlpunt of donut met één of meerdere lijnen, met elkaar verbonden voor het aanduiden van bijzondere bemating of extra informatie (zie figuur 4.4). Er wordt gebruikt gemaakt van een pijlpunt indien een (begrenzings)lijn wordt aangewezen en van een donut wanneer je iets wilt aanwijzen dat in een vlak ligt. De aanhaallijn wordt gebruikt als:

- extra bewerkingsaanduiding (figuur 4.40)
- zie ook NEN 3004 (NEN-bundel 16) Aanduiding van werkstukbehandeling
- aangeven van de gatdiameter bij meerdere gaten (figuur 4.42)
- bemating van een radius (figuur 4.39)



Figuur 4.4 Aanhaallijnen

#### 6. Basislijn

De basislijn is nodig als een aantal maatlijnen vanaf een gemeenschappelijk element begint. De eerste maathulplijn wordt dan basislijn genoemd (zie figuur 4.2).

#### 7. Aansluitlijn

De aansluitlijn wordt gebruikt als meerdere maten op één lijn moeten aansluiten (zie figuur 4.2).

LET OP

Houd in de gaten dat er met betrekking tot de maatinschrijving een aantal regels zijn, te weten:

- 1) Bemaat **nooit** aan **niet-zichtbare** begrenzingslijnen.
- 2) **Maatlijnen** mogen elkaar **nooit** snijden.
- 3) Bemaat zo dicht mogelijk bij het voorwerp.
- 4) Bematene doe je met een **dunne lijnen**.
- 5) Het is mogelijk (en toegestaan) dat ten aanzien van de maatinschrijving bedrijfsvoorschriften afwijken van de normen.

#### 4.4 Beginnen met bematene

Bij het bematene van een voorwerp wordt gebruik gemaakt van de voorschriften die zijn vastgelegd in de norm NEN 2058. Het gaat er immers om dat het lezen van een maat uit een tekening niet leidt tot misverstanden bij de fabricage van het onderdeel.

De ingang van een tekening is de rechteronderhoek met daarin de benaming. Vanuit de rechteronderhoek wordt de afbeelding met zijn beschrijvingen bekeken; kijkend van rechtsonder naar linksboven.

Het is dus eigenlijk logisch dat voor een goede en inzichtelijke bemating ook onderaan de afbeelding en aan de rechterzijde wordt begonnen met de plaatsing van de matene. Kijk steeds vanuit die hoek naar de tekening en bouw van daaruit de maatgeving verder uit.

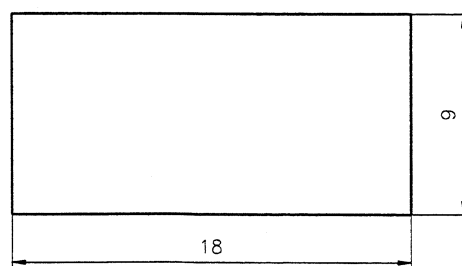
Dit is één van de twee belangrijkste uitgangsregels bij het bematene van een voorwerp. De andere die je moet onthouden is dat je altijd de "kortste weg naar buiten de figuur" moet nemen. De maathulplijnen dienen immers zo kort mogelijk gehouden worden.

ONTHOUD

- Bemaat een figuur vanuit de rechteronderhoek
- Neem altijd de kortste weg naar buiten de figuur

Het zal voorkomen dat deze twee regels elkaar tegenspreken. Ga in dat geval uit van de meest logische plaats voor een bepaalde maat.

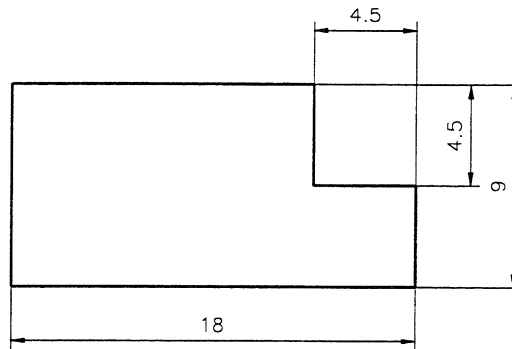
Met bovenstaande regels in je hoofd gaat de bemating van een eenvoudig (plat) voorwerp als volgt:



#### Stap 1

Bemating van een rechthoek.  
De basis ligt rechtsonder.

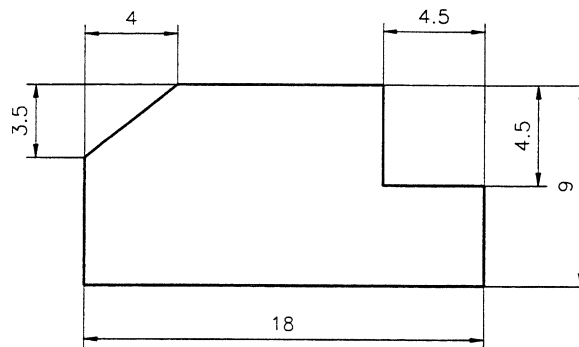
Figuur 4.5a Stap 1, vlakke plaat



Figuur 4.5b Stap 2, vlakke plaat

### Stap 2

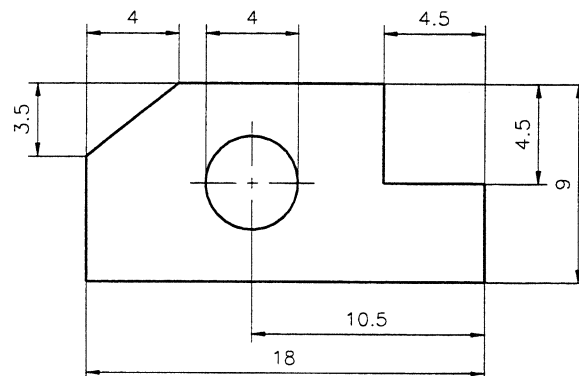
Bemating van een rechthoek met een inham. De inham wordt beschouwd als karakteristiek element en de maten ervan moeten daarom apart genoemd worden. Daarom staat de maat ervan niet meer onder de figuur maar erboven, omdat dit de "kortste weg naar buiten" is.



Figuur 4.5c Stap 3, vlakke plaat

### Stap 3

Bemating van een rechthoek met inham en afgeschuinde hoek. Ook de afgeschuinde hoek wordt beschouwd als karakteristiek element, dus de maten worden apart vermeld.



Figuur 4.5d Stap 4, vlakke plaat

### Stap 4

Bemating van een rechthoek met afgeschuinde hoek en gat in het midden. De plaats van het gat wordt bepaald door de plaats van het centrum, het snijpunt van de hartlijnen. Deze afstanden zijn belangrijk en worden onderaan en aan de rechterkant gezet. De diameter van het gat volgt daarna pas en komt daarom boven de figuur te staan.

Tot zover de bemating van een eenvoudig plat voorwerp.

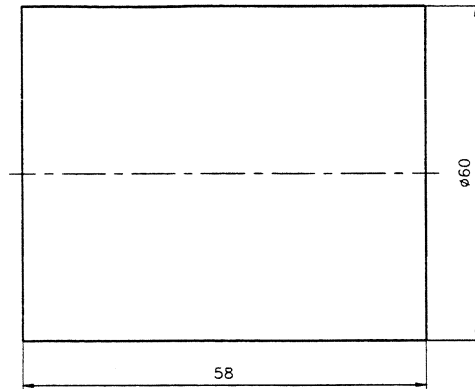
Je ziet dat de basis van de bemating rechtsonder ligt. Pas op het moment dat dit problemen oplevert kijk je verder. Dit houdt in dat je om het voorwerp gaat roteren, tegen de klok in.

#### 4.4.1 Rotatiesymmetrische objecten

Een uitzondering op de regel, dat er met het inschrijven van de maten begonnen wordt aan de *onderkant* en rechterzijde van de afbeelding, vormen de rotatiesymmetrische objecten.

Een rotatiesymmetrisch object wordt meestal op een draaimachine vervaardigd. Hierdoor bezit het een aparte symmetrie (het object heeft een symmetrieas), waardoor de bemating niet vanuit rechtsonder start, maar vanaf de rechterzijkant. De diameter en de lengte zijn de belangrijkste factoren.

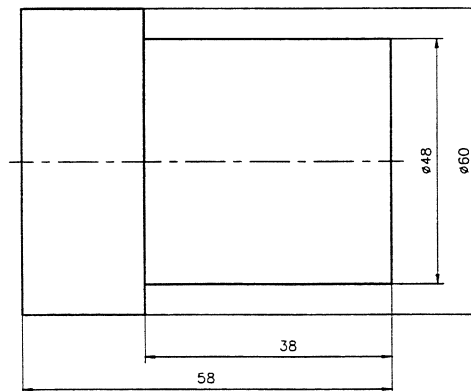
In de volgende figuren zal een en ander duidelijker worden.



Figuur 4.6a Stap 1, rotatiesymmetrisch object

##### Stap 1

Bemating van een eenvoudige cilinder. Vanuit de rechterzijkant. Je ziet dat aan de rechterkant voor de maat een  $\varnothing$  (doorsnede-teken) staat. Door dit teken te gebruiken voorkom je dat er een extra aanzicht moet worden getekend (zie ook paragraaf "maatinschrijving met symbolen").

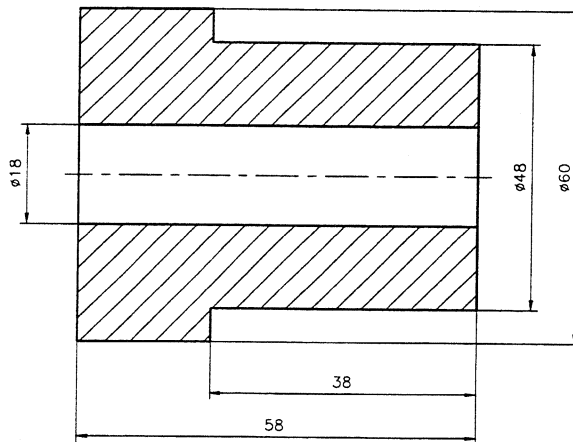


Figuur 4.6b Stap 2, rotatiesymmetrisch object

##### Stap 2

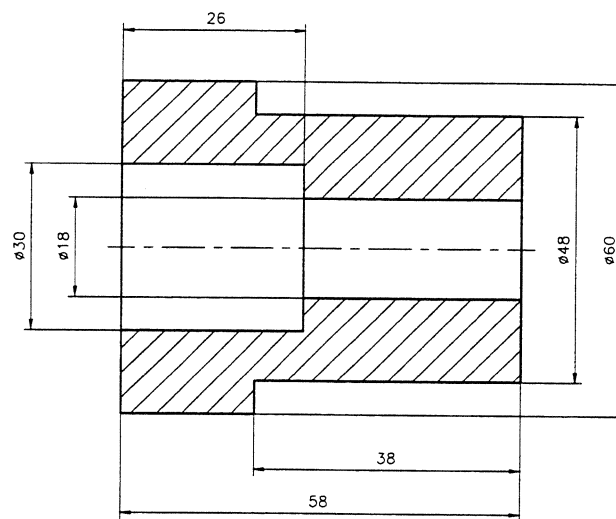
Bemating van een cilinder met verspringende diameter. Bedenk bij het bematen dat de diameter van het dunnere deel en de lengte daarvan van belang zijn.

De bemating van een massief draaistuk gaat op bovengenoemde wijze. Op het moment dat er ook een holte moet worden bemaat, moet je de bemating van de inwendige en de uitwendige vormen zoveel mogelijk gescheiden houden.



**Stap 3**  
Bemating van een cilinder met verspringende buitendiameter en een binnendiameter.

Figuur 4.6c Stap 3, rotatiesymmetrisch object



**Stap 4**  
Bemating van een cilinder met verspringende buitendiameter én verspringende binnendiameter.

Figuur 4.6d Stap 4, rotatiesymmetrisch object

#### 4.5 Bewerkingsmethoden

Onder Stap 4 van de bemating van een plat voorwerp (zie figuur 4.5d) wordt al gezegd dat bij de bemating van het gat de positie van het centrum belangrijk is. De diameter volgt daarna.

Om dit te begrijpen is kennis van de bewerkingsmethoden van belang. Denk er altijd over na hoe een bepaalde vorm in een object gemaakt wordt. In dit geval wordt het gat in de plaat geboord. De plaats waar de boor in het materiaal grijpt (het centerpunt) is hier van belang en wordt aangegeven. De grootte van de diameter hangt vervolgens af van de boormaat die gebruikt wordt.

Bij het vak Vervaardigingstechnieken (ide142) worden de meeste bewerkingsmethoden behandeld.

De bewerkingsmethoden die (op dit moment) van belang zijn bij het bematen worden hieronder nog even herhaald. Kijk nog eens in het boek "Industriële



productie" dat je gebruikt bij ide142, wanneer je niet meer precies weet wat een bepaalde bewerkingsmethode precies doet. Ook in bijlage 2D, "Mechanische bewerkingen" is hierover uitleg te vinden.

#### 4.5.1 Materiaal verwijderende bewerkingsmethoden

De bewerkingsmethoden waarbij materiaal wordt weggehaald, kunnen worden onderverdeeld in twee verschillende groepen:

1. Scheiden
2. Verspanen

##### **Scheiden**

Onder scheiden wordt verstaan: het verwijderen van materiaal zonder de structuur ervan te veranderen. Het restmateriaal blijft in principe bruikbaar. De scheidende bewerkingen worden in de regel toegepast op plaat- en stafmateriaal.

De twee belangrijkste scheidende bewerkingssoorten zijn:

- a) De *mechanische, niet verspanende scheidende* bewerkingen

Dit zijn:

- knippen
- ponsen
- uitsnijden (stansen)

Bij deze bewerkingsmethoden is het van belang te weten hoeveel materiaal *verwijderd* moet worden.

In de voorgaande paragraaf werd het woord 'karakteristiek element' al eens gebruikt. Er werd toen verteld dat de maten van een karakteristiek element apart vermeld moeten worden. De reden hiervoor is dus dat duidelijk wordt hoeveel materiaal er verwijderd moet worden.

- b) De *mechanische, verspanende scheidende* bewerkingen

Omdat er spaanvorming plaatsvindt voldoet deze bewerkingsmethode niet geheel aan de definitie van scheiden. Het verspanende volume vormt echter slechts een zeer klein deel van het totale volume, zodat deze processen toch bij de scheidende bewerkingen worden gerekend.

Dit soort bewerkingen zijn:

- zagen
- doorslijpen

Ook bij deze bewerkingsmethoden is het van belang te weten hoeveel materiaal verwijderd moet worden. Karakteristieke elementen zullen door deze methoden echter niet vaak ontstaan, daar ze voornamelijk gebruikt worden voor de afkortingsbewerking van halffabrikaten.

##### **Verspanen**

Bij de verspanende bewerkingen verandert het verwijderde materiaal (in tegenstelling tot bij de scheidende bewerkingen) van vorm.

Vormen van verspanende bewerkingen zijn:

- draaien
- frezen
- boren

Wederom is het van belang aan te geven hoeveel materiaal verwijderd moet worden. Dit is echter niet het enige.

Tevens moet duidelijk worden *waar* het gereedschap in het materiaal moet aangrijpen. Bemaat daarom altijd aan de hartlijn van een vormelement, zoals al eerder werd uitgelegd bij het boren.

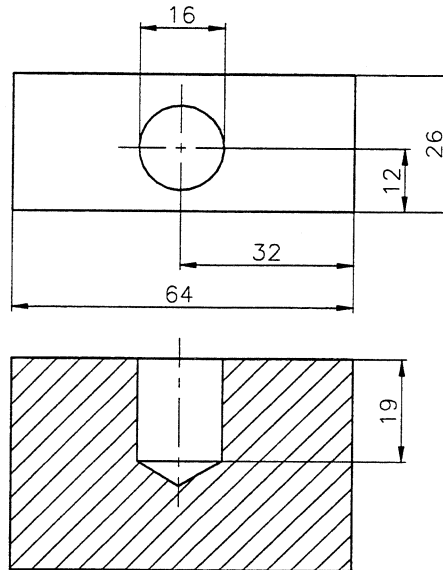
## ONTHOUD

Met betrekking tot de bewerkingsmethoden en de bematingsregels moet je eigenlijk twee dingen onthouden, namelijk:

- Geef aan wat verwijderd moet worden
- Geef de positie aan van het gereedschap, dus bemaat aan de hartlijnen (en niet aan de rand) van vormelementen

Voor een blind boorgat bijvoorbeeld, kun je nu bedenken dat je eerst de positie en vervolgens de diameter moet aangegeven. Deze drie maten staan in hetzelfde aanzicht.

De vierde te geven maat is die van de gatdiepte (hoeveel materiaal gaat er weg?). Hiervoor heb je een ander aanzicht nodig.



Figuur 4.7 Bemating van een blind boorgat

### 4.6 Bematingsmethoden

Tot nu toe zijn slechts de belangrijkste en alom toepasbare bematingsregels besproken en uitgelegd.

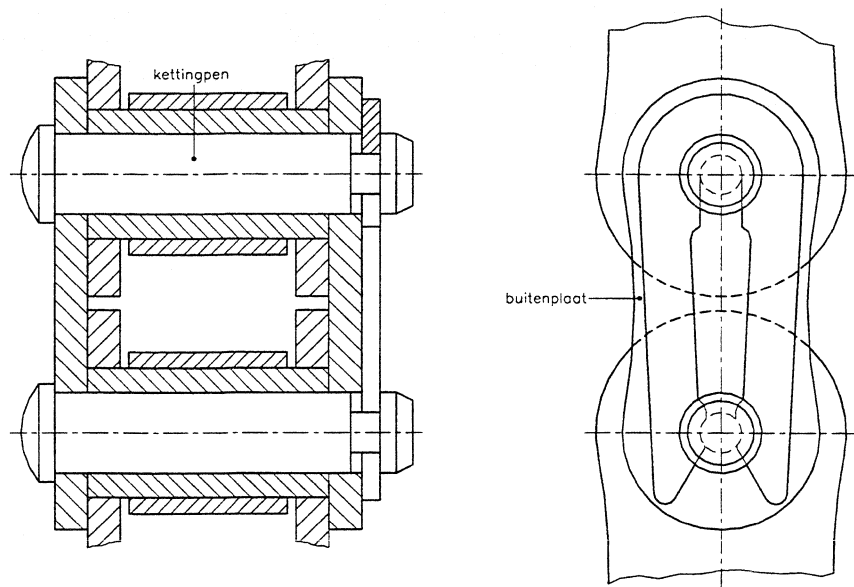
Er zijn echter ook bematingsmethoden voor een correcte bemating. De belangrijkste zijn; geometrische bemating, bemating naar bewerking en bemating naar functie.

Aan de hand van de sluitschakel van een rollenketting (figuur 4.8) worden de verschillen tussen deze drie bematingsmethoden beschreven. Hiervoor worden de buitenplaat en de kettingpen als voorbeeld gebruikt.

Aan het slot van deze paragraaf zullen ook overige methoden besproken worden.

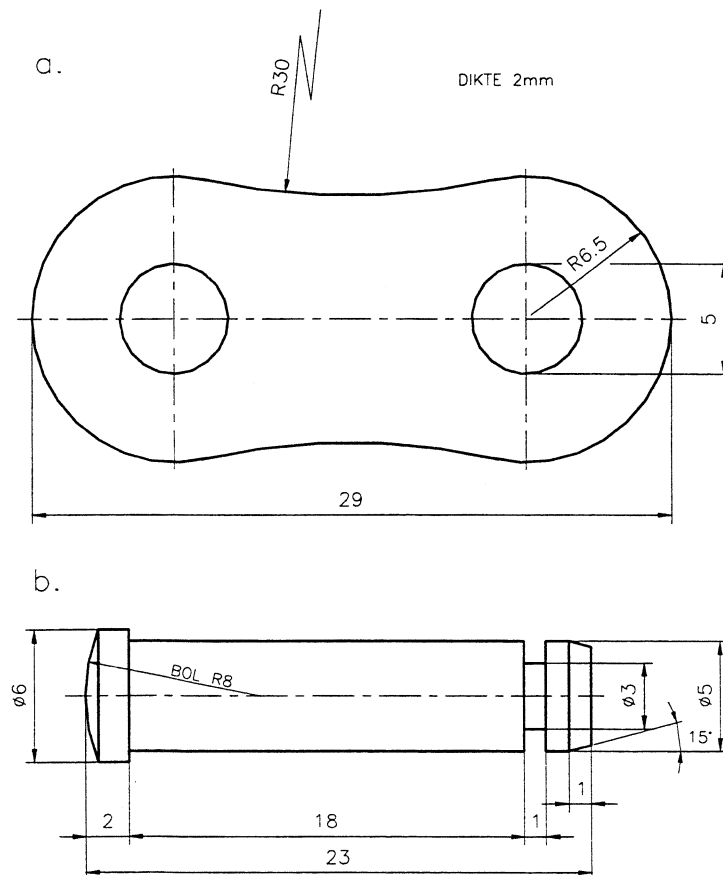
#### 4.6.1 Geometrische bemating

Het object op een tekening wordt vastgelegd door beschrijving van de vormen met behulp van maten. Dit is kort gezegd de geometrische bemating.



Figuur 4.8 De sluitschakel van een rollenketting

Van elk element van een voorwerp mogen de maten slechts éénmaal voorkomen. Er wordt bij deze bematingsvorm geen aandacht besteed aan bewerkingen of functievervulling, maar slechts aan de beschrijving van de vormen zoals gat, cilinder, kegel, kubus, etc..



Figuur 4.9 Geometrische bemating van: a. buitenplaat en b. kettingpen

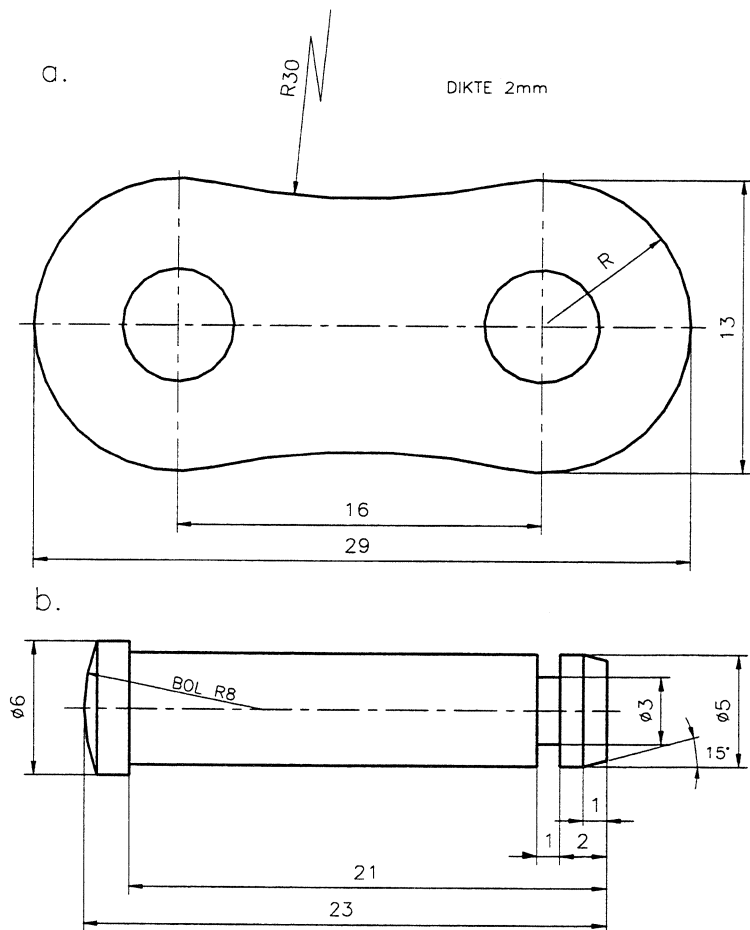
Zoals de afbeelding van de buitenplaat (figuur 4.9a) laat zien, kan het onderdeel niet direct worden vervaardigd. Eerst zal een aantal maten berekend moeten worden, zoals bijvoorbeeld de breedte van de plaat (2 keer de straal R6.5) en de afstand tussen de gaten (lengte - breedte).

Voor de afbeelding van de kettingpen (figuur 4.9b) geldt hetzelfde. De diameter  $\varnothing 5$  mm moet over een lengte van 21 mm worden gedraaid (totale lengte - de kophoogte) en de groef wordt gestoken op 2 mm vanaf de rechterkant, tot de diameter 3 mm bedraagt. (de afstand 2 mm is gelijk aan de totale lengte van de pen, minus de kophoogte, de lengte van het afgedraaide deel en de breedte van de groef)

Samengevat:

Op het moment dat je van een (ruwe) schets een aantal maten vast legt om de vorm weer te kunnen geven, maak je gebruik van de geometrische bemating. Er is immers nog niet nagedacht over de bewerkingsmethoden etc.. De maten zijn puur om de *vormen* vast te leggen.

#### 4.6.2 Bemating naar bewerking



Figuur 4.10 Bemating naar bewerking: a. buitenplaat en b. kettingpen

Je hebt al eerder kunnen lezen dat de bewerkingsmethoden een rol spelen bij het bematen. De twee belangrijkste en meest toepasbare regels zijn toen genoemd. Om de geometrische vorm van een object te verkrijgen is het noodzakelijk bewerkingsmethoden uit te voeren. Deze bewerkingen bestaan

uit drie hoofdgroepen:

1. Bewerkingen waarbij *volume* wordt *verwijderd* (scheidende bewerkingen) zoals draaien, frezen, boren en slijpen.
2. Bewerkingen waarbij het *volume gelijk blijft* (omvormen), zoals buigen, dieptrekken en extrusie.
3. Bewerkingen waarbij *volume* wordt *toegevoegd* (verbinden), zoals lassen en lijmen.

De maten die noodzakelijk zijn voor het verkrijgen van de gewenste vorm worden de bewerkingsmaten genoemd.

Uit de bematingswijze moet duidelijk worden wat de bewerkings*volgorde* is. Het is dus noodzakelijk niet alleen de maten te geven voor de beschrijving van de vorm(en), maar ook de maten voor de bewerking(en), zodat de machine-operator zijn bewerkingsmaten niet hoeft te berekenen.

De buitenplaat (figuur 4.10a) laat zien hoe het onderdeel kan worden vervaardigd wanneer wordt uitgegaan van strip of strook met een lengte van 29 mm en een breedte van 13 mm. De dikte bedraagt 2 mm. Vervolgens is de afstand (steek) tussen de middelpunten van de gaten nodig om de positie ervan vast te stellen. De afronding met straal R grijpt aan in het middelpunt van het gat. Tenslotte is de straal, die raakt aan de afrondingsstralen R, nodig.

Voor de kettingpen (figuur 4.10b) geldt hetzelfde, uitgaande van staf met een lengte van 23 mm en een diameter van 6 mm. Eerst wordt over een lengte van 21 mm de diameter 5 mm gedraaid. Daarna wordt de groef gestoken met een steekbeitel met een breedte van 1 mm, tot de diameter 3 mm bedraagt. Vervolgens wordt de afschuining (rechts) met een lengte van 1 mm en een hoek van 15° aangemaakt. Als laatste wordt de bol met straal R8 aangebracht. Dit kan door de staaf af te steken, of door eerst het object om te keren in het draaiwerktuig en vervolgens de bol aan te brengen.

Het is tamelijk moeilijk echte verschillen tussen bemating naar bewerking en geometrische bemating aan te geven (een geometrische vorm ontstaat immers door middel van een bewerking). Het komt er eigenlijk op neer dat één van beiden altijd wordt toegepast. Op het moment dat er meer bekend is over een object, zoals bijvoorbeeld de bewerkingsmethoden en materialen, wordt de bemating naar bewerking toegepast. Voor de objecten die tijdens deze cursus bemaat worden zal derhalve voornamelijk gebruik worden gemaakt van bemating naar bewerking.

#### 4.6.3 Bemating naar functie

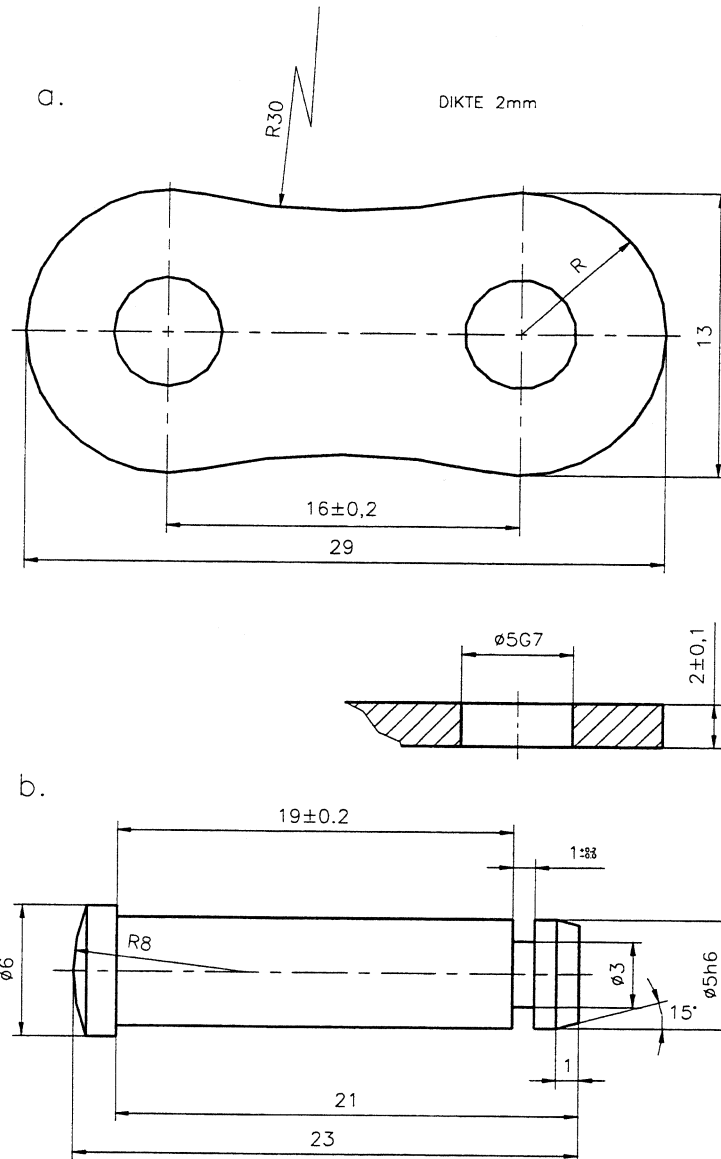
Indien een voorwerp samen moet werken met andere voorwerpen is het nodig functionele eisen te stellen aan de voorwerpen. Afmetingen van de verschillende onderdelen moeten immers zeer nauwkeurig op elkaar afgestemd worden. De bemating zal aan deze eisen worden aangepast en wordt dan functionele of functie bemating genoemd.

Afhankelijk van de functionele eisen wordt aan de functiemaat een tolerantie toegevoegd (zie hoofdstuk 5).

Het is goed mogelijk dat een functiemaat tegelijkertijd een bewerkingsmaat is.

Wanneer de functionele maten samen met de bewerkingsmaten een kettingmaat vormen, moet(en) de bewerkingsma(a)t(en) tussen haakjes worden geplaatst (figuur 4.24).

Een kettingmaat ontstaat doordat een reeks maten op één lijn geplaatst wordt over de gehele lengte (c.q. breedte) van een voorwerp. Het is verleidelijk dit te doen, omdat op deze manier de maathulplijnen zo kort mogelijk gehouden worden. Er kleeft echter een groot risico aan deze manier van bematen. Een maatafwijking speelt immers door over de gehele lengte (c.q. breedte) van het voorwerp, waardoor het geheel erg onnauwkeurig wordt. Kettingmaten zijn dan ook **niet** toegestaan.



Figuur 4.11 Bemating naar functie: a. buitenplaat en b. kettingpen

De afbeelding van de buitenplaat (fig. 4.11a) laat de invloed zien van de functionele eisen op de tekening ten aanzien van de afstand tussen de gaten (steek) en dikte. De dikte vereist een extra aanzicht om de diktetolerantie aan te kunnen geven. Uitgaande van een strip of strook met een lengte van 29 mm en een breedte van 13 mm kan de plaat worden vervaardigd. De tolerantie op de dikte bedraagt 2 mm. Vervolgens zal de afstand tussen de gaten met een lengtetolerantie noodzakelijk zijn, zodat de gaten gemaakt kunnen worden. Dezelfde maat is ook nodig voor de afrondingen met straal R. Als laatste is de straal, die raakt aan de afrondingsstralen, nodig.

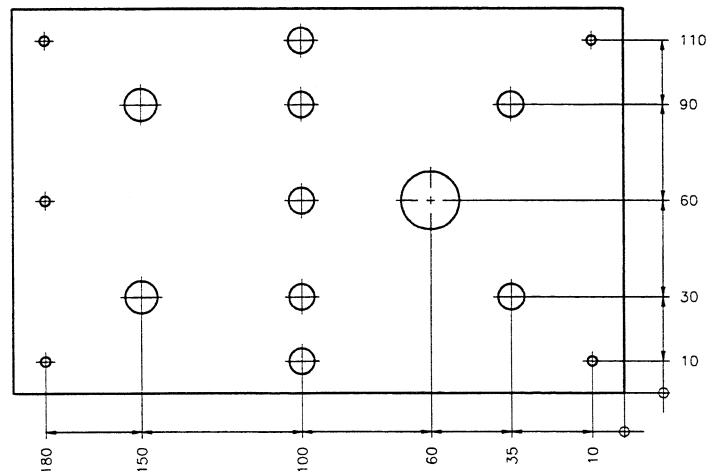
Voor de kettingpen (fig. 4.11b) geldt hetzelfde wanneer wordt uitgegaan van staf met een lengte van 23 mm en een diameter van 6 mm. Eerst wordt de diameter van 5 mm, met een ISO-tolerantie van h6 (terug te vinden in NEN-bundel 16), gedraaid over een lengte van 21 mm. Daarna wordt de groef gestoken met een steekbeitel met een breedte van 1 mm tot een diameter van 3 mm bereikt is. Dit gebeurt op een afstand van 19 mm vanaf de kop met een tolerantie van  $\pm 0,2$ . Daarna wordt de afschuining met een lengte van 1 mm en een hoek van  $15^\circ$  aangemaakt. Als laatste wordt de bol met straal R8 aangebracht. Dit kan door de staf af te steken, maar het is ook mogelijk het object eerst om te keren in het draaiwerktuig en vervolgens de bol aan te brengen.

## 4.7 Overige bematingsmethoden

### 4.7.1 Bemating in coördinaten

Het gebruik van coördinaten is toegestaan als de maten in één richting een gemeenschappelijke oorsprong hebben (fig. 4.12). Afzonderlijke evenwijdige maten (parallele maten) mogen worden vervangen door één enkele maatlijn. Het gemeenschappelijke punt wordt de oorsprong aanduiding genoemd en getekend als een niet-opgevulde cirkel. De maten moeten op één van de volgende manieren bij de pijlpunten worden vermeld:

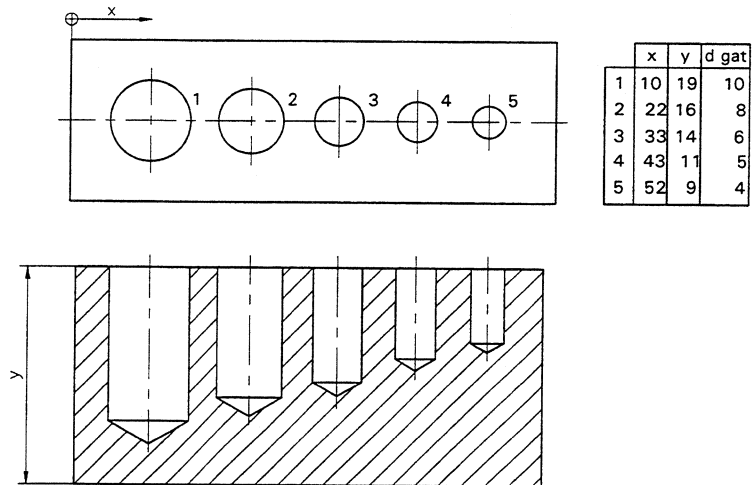
- in het verlengde van de hulplijn geplaatst
- boven en evenwijdig aan de maatlijn



Figuur 4.12 Bemating in coördinaten

In plaats van de coördinaten in de tekening te plaatsen kunnen ze ook als waarden in een tabel worden opgenomen. De gaten of elementen waarvoor de coördinaten gelden worden aangeduid met een getal of een letter (figuur 4.13).

Zie ook "Bemating 2D-krommen" (pagina 4.18) waar de coördinatenmethode wordt toegepast, omdat de krommen niet eenvoudig zijn te beschrijven met diameter, lengte etc..



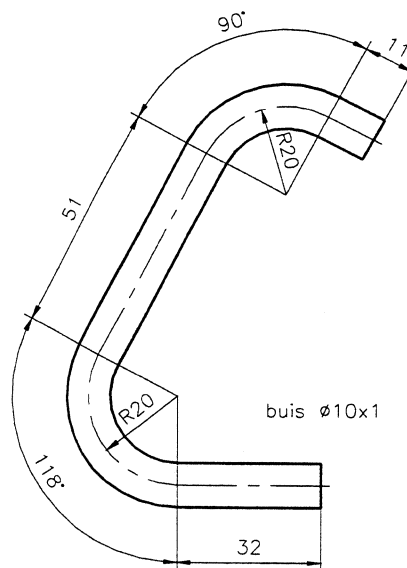
Figuur 4.13 Bemating in coördinaten met behulp van een tabel

#### 4.7.2 Bemating van gebogen vormen en profielen

##### - Bemating van gebogen draad, staf of buis.

Voor het buigen van draad, staf of buis wordt uitgegaan van de neutrale lijn (hartlijn). De bemating vindt ook plaats vanaf deze lijn. Voor het buigen van draad, staf of buis is het van belang te weten wat de gewenste radius is en over welke hoek gebogen moet worden. Deze maten moeten derhalve worden aangegeven. De lengtematen van rechte stukken moeten hier vervolgens direct op aansluiten (fig. 4.14). Het buigen kan zowel machinaal als met de hand geschieden.

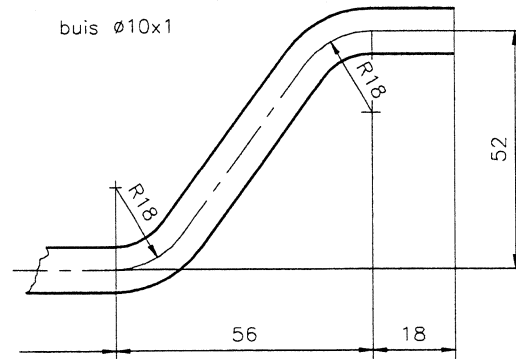
Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een buigmal kan het voorkomen dat de inwendige buigradius wordt opgegeven, de radius van het gereedschap. Het eventuele gebruik van een symbool voor draad, staf of buis wordt beschreven bij maatinschrijving met symbolen (fig. 4.39).



Figuur 4.14 Bemating van gebogen draad, staf of buis in het platte vlak



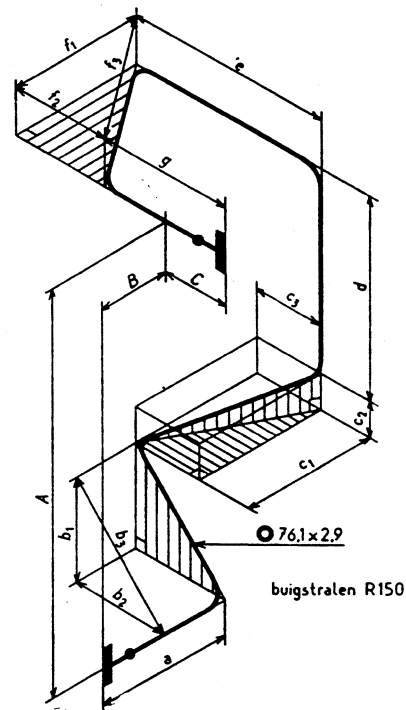
Het bematen van een knik vereist enige aandacht daar de benen parallel staan en over een afstand zijn verschoven. In figuur 4.15 staat een voorbeeld van zo'n knik aangegeven.



Figuur 4.15 Bemating van een knik voor een gebogen draad, staf of buis in het platte vlak

Een complexe buis of profielconstructie kan ook isometrisch worden getekend (fig. 4.16). De constructie heeft dan ook een sterk 3-dimensionaal karakter. De bemating wordt in deze isometrische tekening vaak parallel aan de begrenziingslijn beschreven. Voor de hoeken wordt de lengte van de zijden, de verplaatsingsdriehoek, aangegeven. Eigenlijk is dit een methode uit de procesindustrie, waar veel complexe buissystemen voorkomen; dit staat bekend onder de naam "Piping".

Voor meer informatie wordt verwezen naar NEN 2663 (NEN-bundel 16) "vereenvoudigde tekenwijze van pijpleidingen". Voor de computer zijn speciale CAD-applicaties verkrijgbaar.

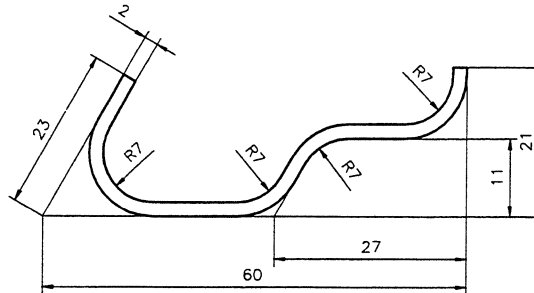


Figuur 4.16 Bemating van een isometrische pijpleiding

Enkele bematingsvoorbeelden voor gebogen buis, staf, strip en draad zijn te vinden in figuur 4.39.

- Bemating van profielen

Bij gewalste of extrusieprofielen moet speciale aandacht worden besteed aan de hoeken en eventuele afrondingen. Door de begrenzingslijnen van de bocht te verlengen, of dit te doen met de twee oppervlakken met bijbehorende afronding, ontstaat een snijpunt. De verlengde lijnen staan bekend als snijdende hulplijnen. Het snijpunt wordt gebruikt voor de bemating van de vorm (figuur 4.17).



Figuur 4.17 Bemating van een koudgewalst profiel

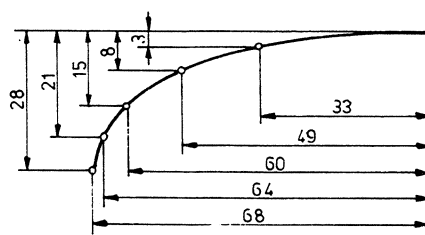
LET OP

Bij bemating van buis, staf en draad wordt niet de begrenzing gebruikt maar de neutrale lijn, welke wordt weergegeven door een hartlijn. Een voorbeeld van een profieltekening is te vinden in figuur 4.46.

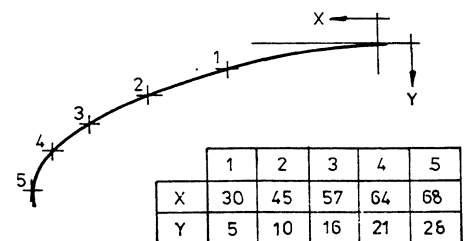
- Bemating van 2D-krommen

Het bematen van gekromde of gebogen lijnen in het platte vlak vraagt bijzondere aandacht door het grote aantal mogelijkheden. De bekendste methode, de lineaire coördinatenmethode, wordt hieronder beschreven. Verder wordt ook de polaire methode vaak gebruikt. Deze staat vermeld in NEN-ISO 1660 met de bijbehorende tabel.

De lineaire coördinatenmethode wordt toegepast als de gekromde lijnen niet meer te beschrijven zijn met cirkels, bogen, ellipsen, etc.. Op de kromme wordt een reeks punten met gelijke afstanden op een van de assen afgezet en de bijbehorende lengten op de andere as (figuur 4.18).

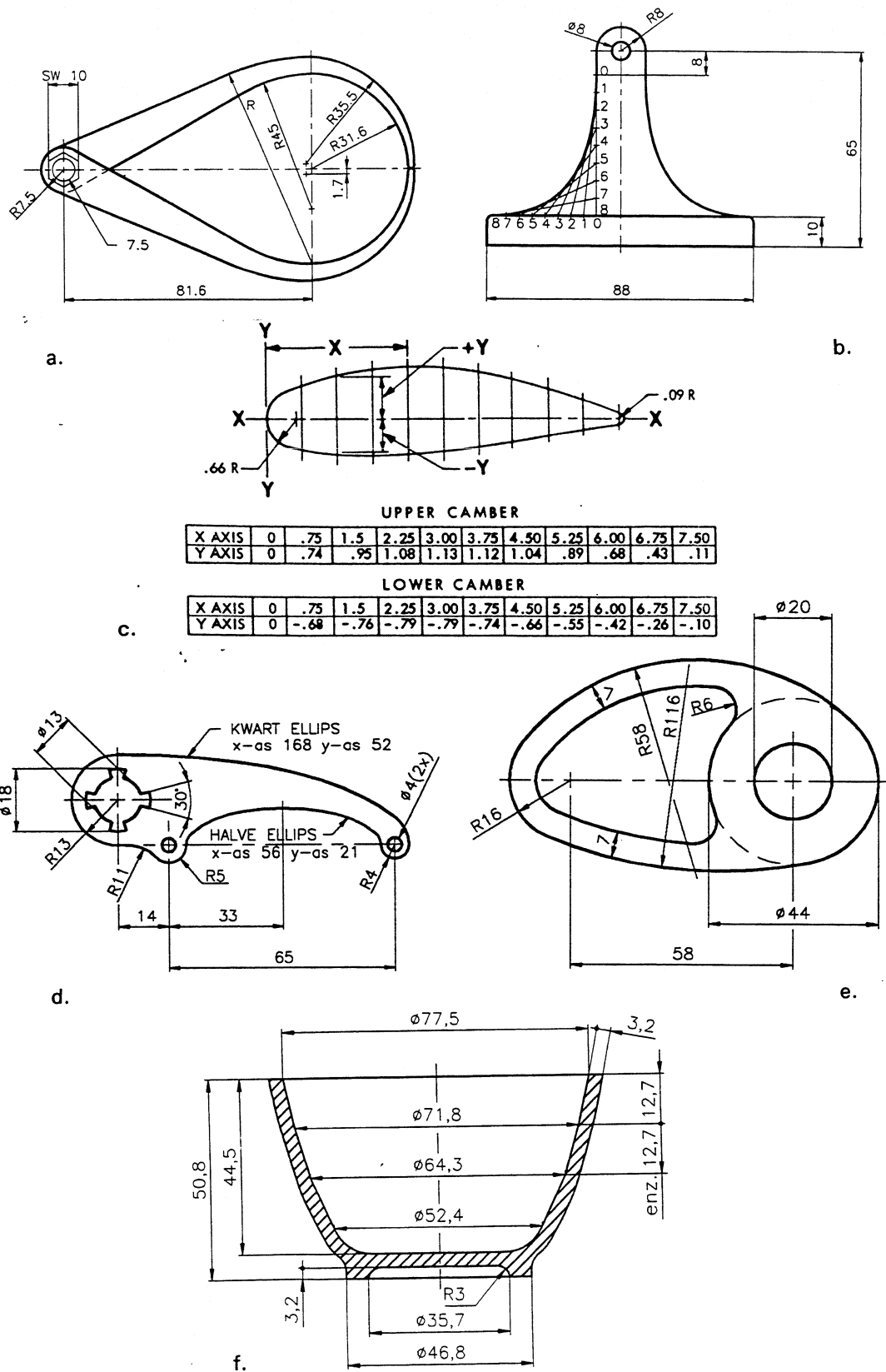


Figuur 4.18 Bemating van een 2D-kromme met de coördinatenmethode



Figuur 4.19 Bemating van een 2D-kromme met een coördinatentabel

Deze methode heeft als nadeel dat door het grote aantal maat- en maathulplijnen de afbeelding minder doorzichtig wordt. Door de maten in een tabel te zetten zijn alle lijnen verdwenen; de punten worden beschreven t.o.v. een vast assenstelsel (figuur 4.19).



Figuur 4.20 Bematingsvoorbeelden van 2D-krommen: a. krompasser, b. ventilatorsteen, c. vleugelprofiel, d. klepstoter, e. nokschijf en f. mixkom

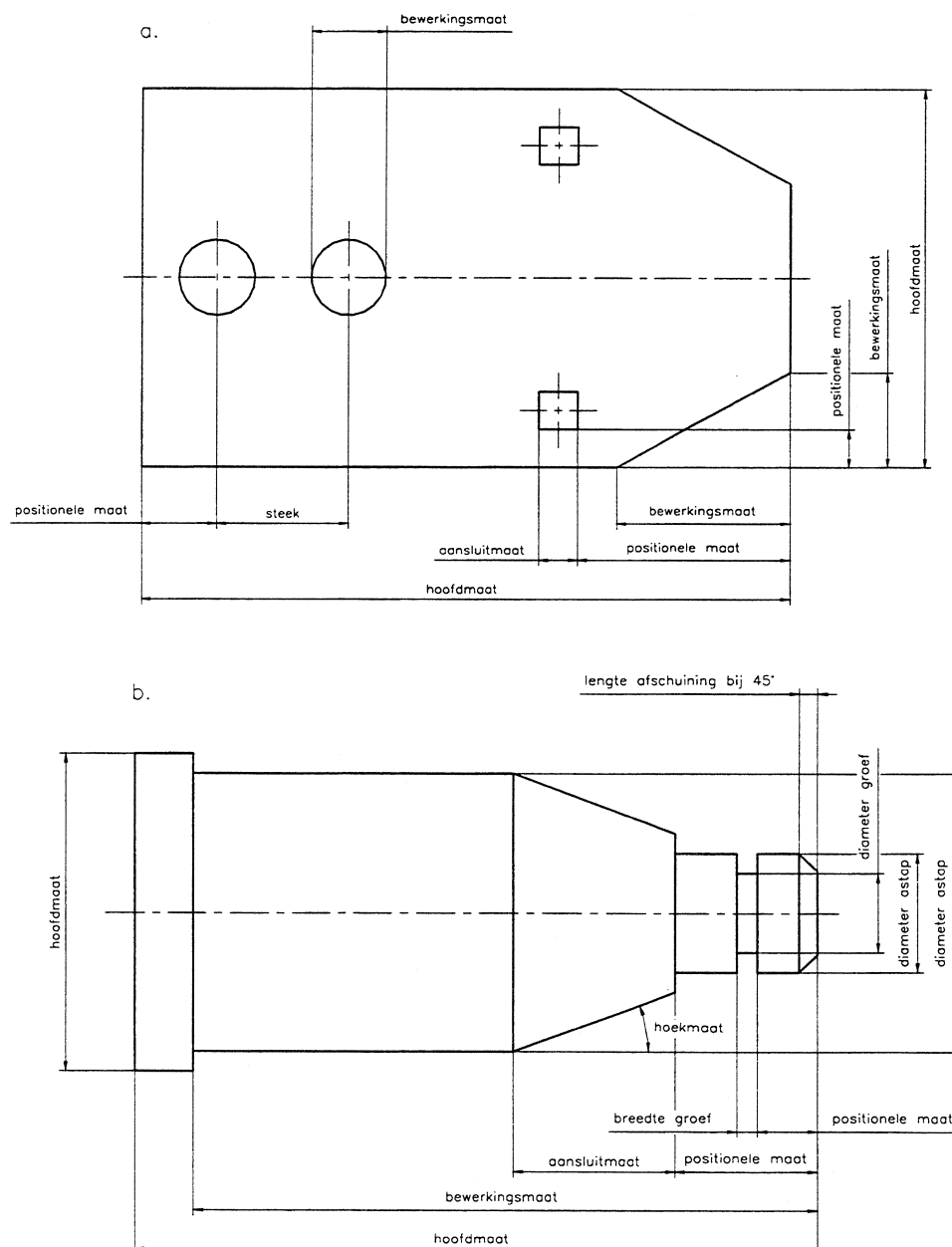
#### 4.8 Bematingsvormen

Het lezen van een maat uit een tekening mag niet leiden tot misverstanden bij de fabricage van het onderdeel. Dit vereist eenduidigheid van de bemating. Er zijn derhalve een aantal afspraken gemaakt om deze eenduidigheid te garanderen. Elke maat mag bijvoorbeeld slechts één keer worden ingeschreven (dit om misverstanden en verwarring te voorkomen) en maten mogen niet ontstaan door berekeningen (wederom ter voorkoming van onzuiverheden).

Om dit duidelijk te maken zou er een groot aantal tekeningen nodig zijn.

**Bestudeer daarom de figuren in dit hoofdstuk goed.**

Inzicht en duidelijkheid wordt ook verkregen door toepassing van bematingsvormen (volgorde) waarbij de relatie tussen bepaalde maten naar voren komt. Een aantal van die vormen zijn: aansluitbemating, evenwijdige (parallele) bemating, inwendige en uitwendige bemating.



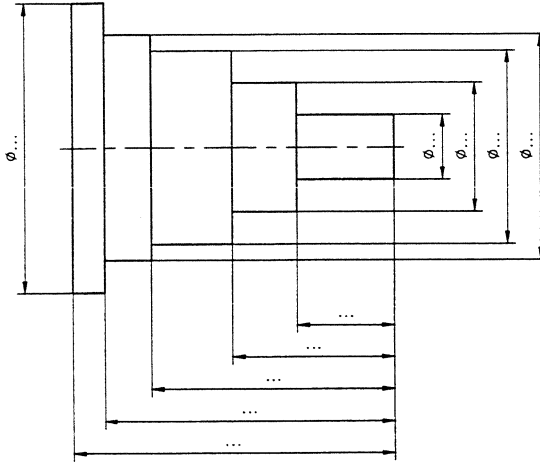
Figuur 4.21 Benaming bematingsvormen

- Aansluitbemating

Dit is een aantal maatlijnen die op één lijn staan, waarbij de eerste maat vaak de positie aangeeft van een vormelement (positionele maat). Hierop sluit de bewerkingsmaat of afstand tussen twee vormelementen (steek genaamd) aan, zie figuur 4.21a.

- Evenwijdige bemating

Wanneer verschillende maten vanuit de basislijn eenzelfde richting hebben, dan wordt ook wel over evenwijdige (parallele) bemating gesproken in plaats van bemating naar bewerking (zie figuur 4.22).



Figuur 4.22 Voorbeeld van evenwijdige (parallele) bemating

- Inwendige en uitwendige bemating

Om de vormen aan de binnenzijde, respectievelijk de buitenzijde van een voorwerp te beschrijven spreekt men van inwendige, respectievelijk uitwendige bemating. Een duidelijke beschrijving (bemating) wordt verkregen door de inwendige en uitwendige bemating zoveel mogelijk gescheiden te houden (figuur 4.23).

- Positionele maat

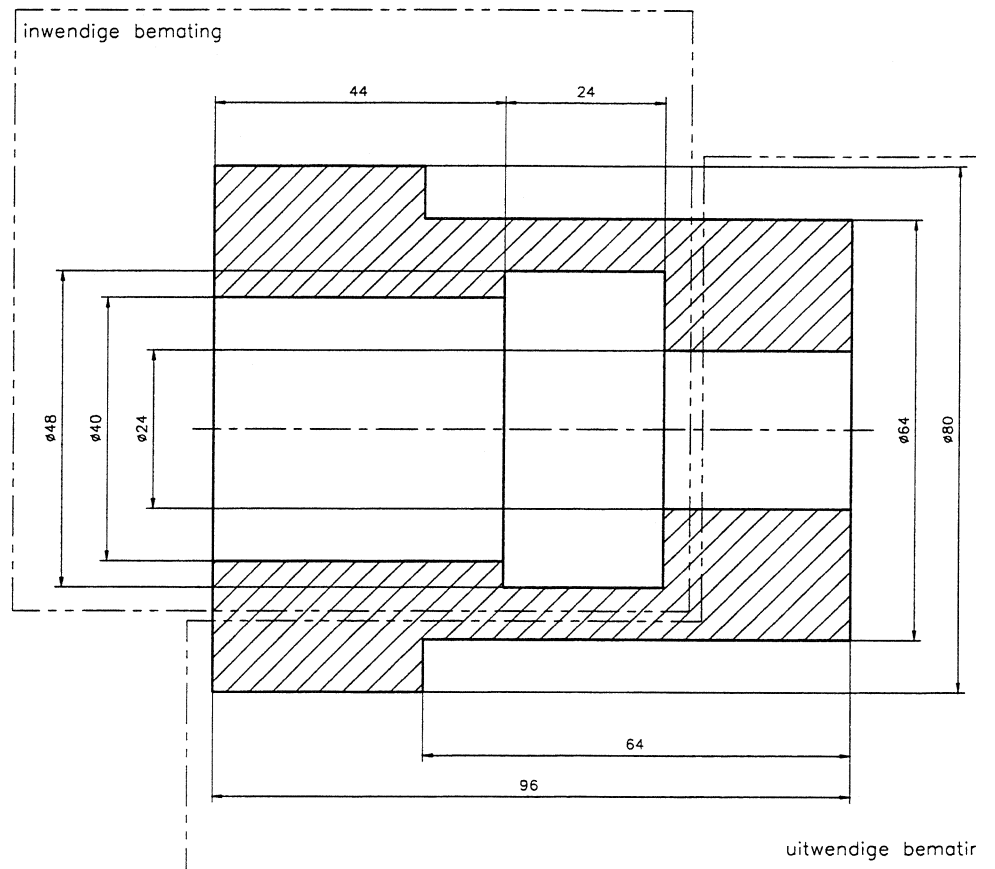
Deze maat geeft de positie aan van een vormelement zoals een gat, groef, uitsparing (ook wel pocket genaamd. Een pocket is een vormelement dat ontstaat door frezen. Om de vorm te realiseren is een *loodrechte* beweging van het gereedschap nodig.), deel van een bol, etc.. Voorbeeld: de positie van een gat heeft twee coördinaten nodig die bij elkaar horen, veelal gemeten vanuit een hoekpunt (figuur 4.21a). De verticale positionele maat wordt in deze figuur bepaald door de symmetrielij. Daar komt dus geen maat bij te staan.

- Steek

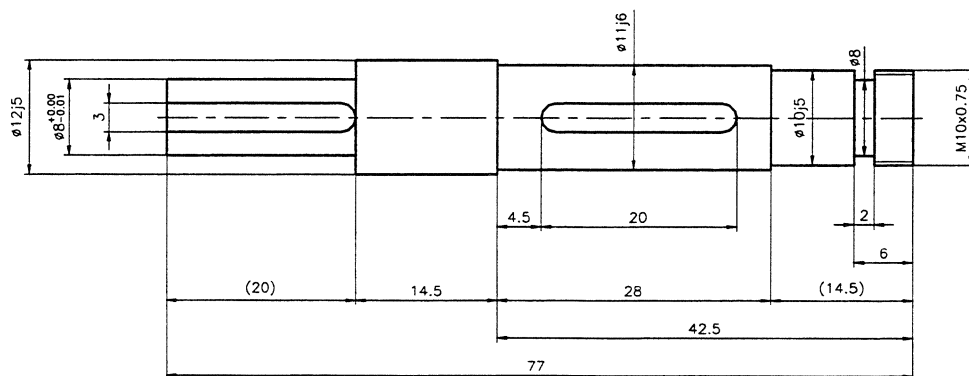
De steek is de afstand tussen twee vormelementen, zowel lineair als circulair. Bij gelijkmatige verdeling van de vormelementen over een cirkel heet deze cirkel steekcirkel; de maat wordt aangegeven als in figuur 4.34 met het  $\emptyset$ -symbool voor de maataanduiding.

- Hulpmaat

Deze maat is niet alleen voor ondersteuning aan de machine-operator, maar veel meer ter voorkoming van kettingmaten. De hulpmaat mag niet worden gebruikt om een slechte maatinschrijving goed te maken. Een voorbeeld wordt gegeven in figuur 4.24 waar de hulpmaat tussen haakjes staat (hier nodig om een functiemaat te realiseren).



Figuur 4.23 Scheiden van in- en uitwendige bewerkingsmaten (rotatiesymmetrisch voorwerp)

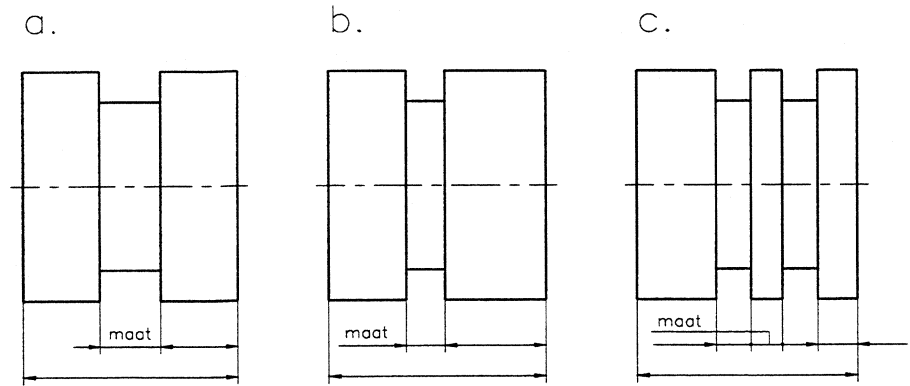


Figuur 4.24 Hulpmaat (de bewerkingsmaat staat tussen haakjes) en de bemating van een spiebaan

#### 4.9 Bijzondere maatinschrijving

In de volgende voorbeelden is gebruik gemaakt van:

- NEN 2058 Maatinschrijving. Grondbeginselen, definities, wijzen van uitvoering en bijzondere aanduidingen
- NEN-ISO 1660 Het inschrijven van maten en toleranties van profiellijnen en vlakken.



Figuur 4.25 Kleine maten met verschillende oplossingen bij gebrek aan ruimte voor de maattekst

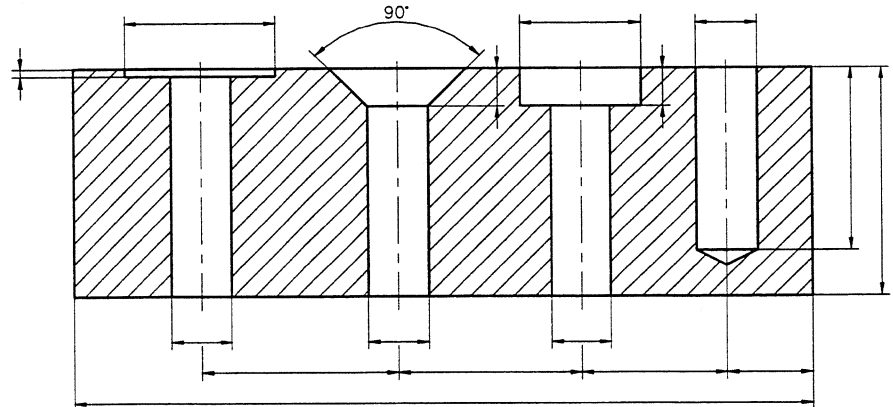
- Kleine maten

Bij kleine maten worden, als er onvoldoende ruimte voor de maattekst is, de pijlpunten verplaatst (figuur 4.25a). Blijkt dit nog te weinig ruimte op te leveren plaats dan de maattekst ook naar buiten en verleng de maatlijn tot achter de maat (figuur 4.25b). Ook kan een aanhaallijn worden gebruikt. Twee pijlen mogen **alleen** bij ruimtegebrek vervangen worden door een punt (figuur 4.25c).

- Gaten

Een doorlopend gat vereist geen bijzondere maatinschrijving.

Hieronder worden voorbeelden getoond van een gat met een verzonken vlak, een gat met een verzonken hoek  $90^\circ$ , een gat met een verzonken vlakgat (ook wel potgat genaamd) voor een cilinderkopschroef en een blind gat (figuur 4.26).



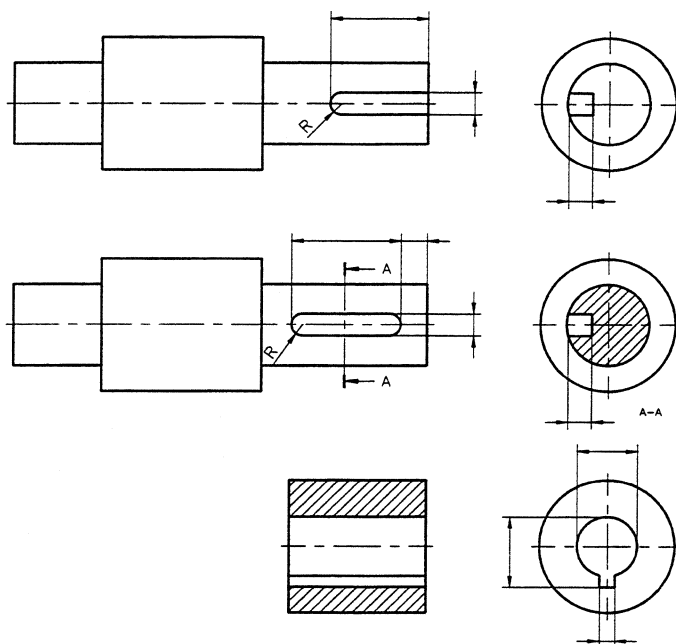
Figuur 4.26 Bemating van verschillende typen gaten

- Spiebaan

Een spiebaan wordt gefreesd en heeft een positie- en een vormbeschrijving. De vorm wordt aangeduid met lengte, breedte en diepte en eventuele afrondingen. Voor kopspieën en vlakke inlegspieën zijn deze maten aangegeven in figuur 4.27.

De afmetingen voor deze spiebanen zijn te vinden in de normen:

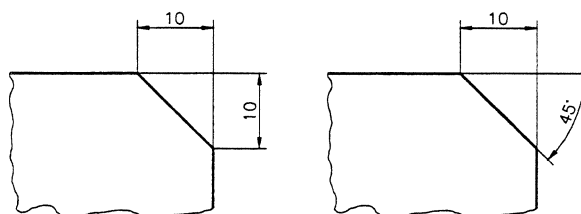
- DIN 6883 Flachkeile, Abmessungen und Anwendung
- DIN 6885 Paszfedern Nuten, hohe Form
- DIN 6888 Scheibenfedern, Abmessungen und Anwendung



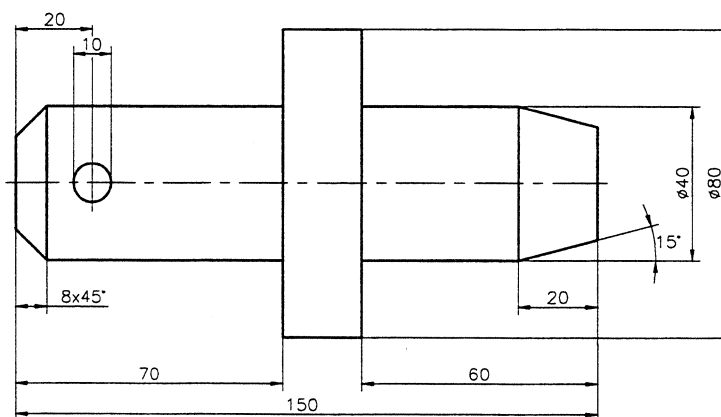
Figuur 4.27 Bemating van een spiebaan in een as en in een cilinder met gat (naaf)

- Afschuining

In het algemeen wordt een afschuining aangegeven met de lengte en de hoek. Voor plaat- en freeswerk worden ook wel beide benen van de afschuining aangegeven (figuur 4.28). Alleen bij rotatiesymmetrische voorwerpen kan dit in één maat worden aangegeven, mits de hoek  $45^\circ$  bedraagt (figuur 4.29).



Figuur 4.28 Bemating van afschuiningen vlakke plaat



Figuur 4.29 Bemating van afschuiningen rotatiesymmetrisch voorwerp



#### 4.10 Maatinschrijving met symbolen

In tekeningen wordt vaak gebruik gemaakt van een aantal symbolen. Deze symbolen worden gebruikt voor het aangeven van een sleutelwijdte, schroefdraad, bol, radius en de diameter van een steekcirkel.

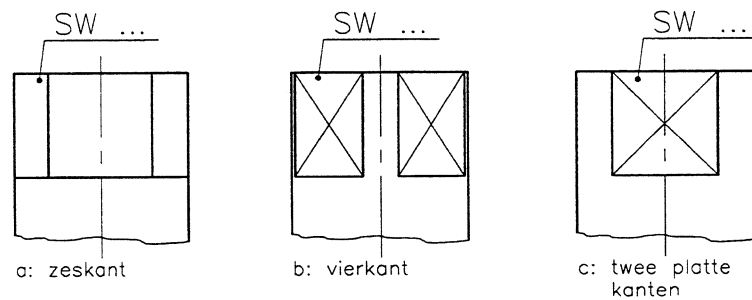
De symbolen hebben een tweeledig doel in de tekening, te weten:

1. een eenduidige en overzichtelijke maatinschrijving
2. een verkorte maatinschrijving, dus tijdsbesparing

Een groot aantal van de gebruikte symbolen wordt hieronder besproken. Ook onderstreepte maattekst, herhalingspatronen en symmetrie en de beschrijving van draad, staf en buis worden behandeld. Deze onderwerpen kennen namelijk ook een vereenvoudigde schrijfwijze.

##### - Sleutelwijdte

De sleutelwijdte wordt aangegeven met de nominale maat, voorafgegaan door "SW" (figuur 4.30) en wordt altijd gemeten over twee vlakken (die waarover de steeksleutel past). Bij voorwerpen met twee platte kanten of een vierkant wordt in de projectie van het platte vlak meestal met een dunne lijn een kruis getekend ter onderscheiding van de ronde steel waarop de vlakken zijn aangebracht.



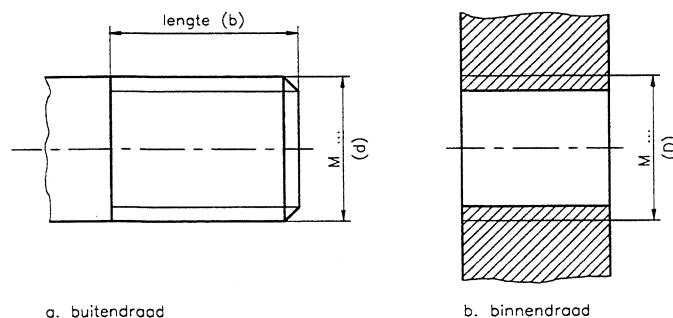
Figuur 4.30 Bemating van de sleutelwijdte

##### - Schroefdraad

De draaddiameter van binnen- of buitendraad wordt aangegeven met een hoofdletter (bijvoorbeeld "M" voor metrische schroefdraad) gevolgd door de nominale maat (figuur 4.31).

LET OP

Bij binnen- en buitendraad wordt bemaat aan de nominale maat, ondanks het feit dat de boormaat voor de binnendraad als zichtbare begrenzingslijn wordt afgebeeld.

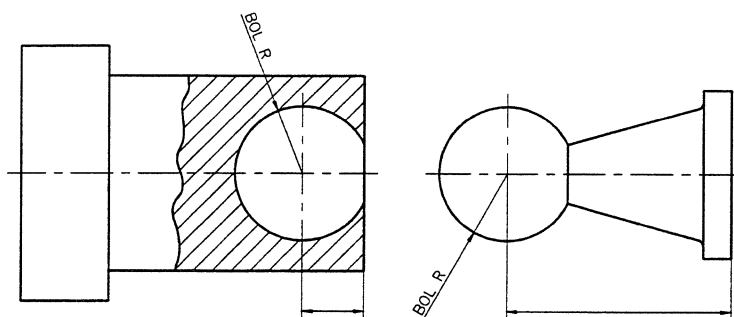


Figuur 4.31 Bemating van schroefdraad

Voor de buitendraad ( $d$ ) moeten de nominale maat, de lengte van de schroefdraad ( $b$ ) en de eventuele afschuining aangegeven worden. De afschuining wordt voor het gemak getekend tot aan de kerndiameter. Voor de binnendraad ( $D$ ) moeten de nominale maat en de lengte van de schroefdraad (meestal de materiaaldikte) worden aangegeven. Voor een blind draadgat moet de diepte van het te boren gat worden aangegeven (zie tabel 7.1 en figuur 7.10, uit hoofdstuk 7).

- Bol

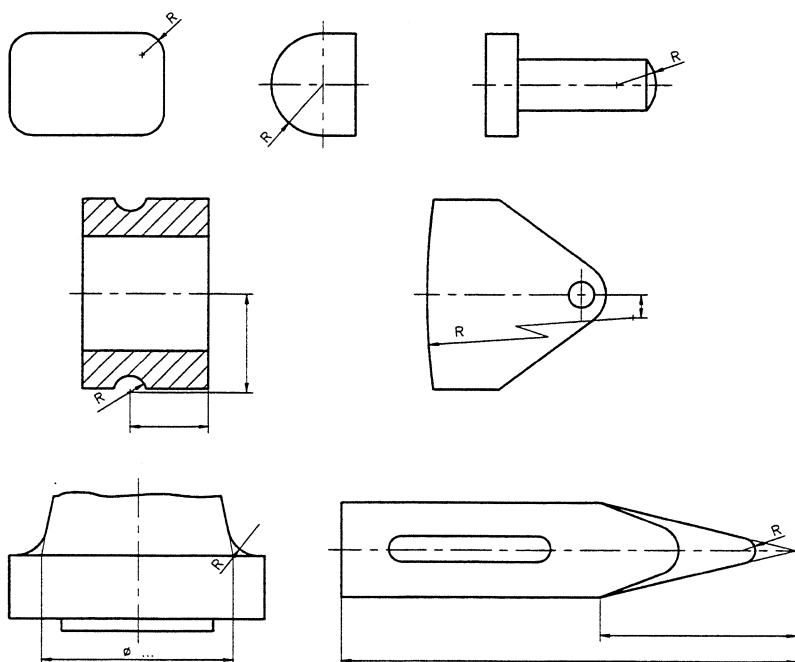
Bij de maatgeving van een bol wordt de nominale maat van de radius van de bol voorafgegaan door "BOL R" (figuur 4.32). Tevens dient de plaats van het centrum van de bol te worden aangegeven.



Figuur 4.32 Bemating van een bol

- Radius

Bij het bewerken ontstaat een radius door de diameter en/of de beweging van het gereedschap. De radius wordt niet alleen voor afrondingen gebruikt maar ook voor beschrijving van 2D-krommen. De radius kan op verschillende manieren worden bemaat (figuur 4.33). Als het voetpunt (centrum, middelpunt) van de radius niet eenduidig is bepaald, moeten de coördinaten worden gegeven.



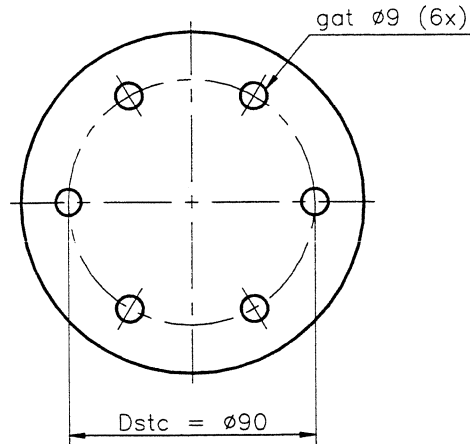
Figuur 4.33 Bemating van de radius

Voor afrondingen van niet-orthogonale lijnen moeten de begrenziingslijnen worden doorgetrokken tot het snijpunt. Nu kan de plaats vanaf dat snijpunt bemaat worden (onderste twee afbeeldingen in figuur 4.33).

- Diameter steekcirkel

De diameter van de steekcirkel wordt aangegeven met "Dstc =" gevolgd door de nominale maat van deze cirkel (zie figuur 4.34).

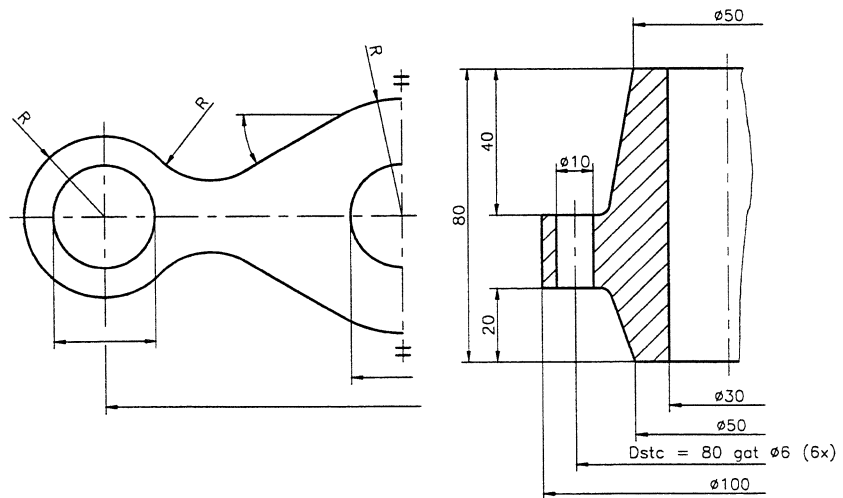
De steekcirkel is de cirkel waarop een aantal vormelementen (vaak gaten) meestal gelijkmatig is verdeeld.



Figuur 4.34 Beming van een steekcirkel met gaten

- Symmetrie

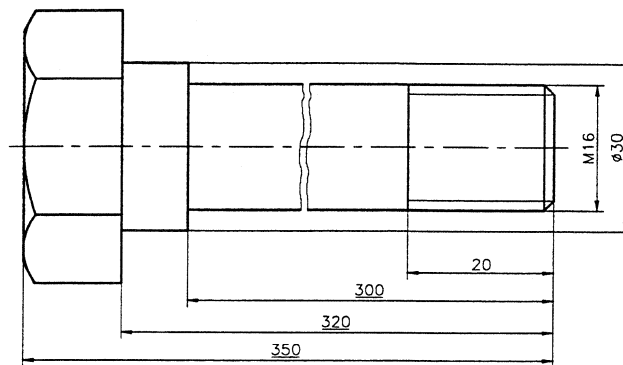
Bij symmetrische produkten wordt veel tekentijd bespaard door maar de helft van het voorwerp te tekenen (hoofdstuk 3, figuur 3.50) en door de maatinschrijving aan te passen. De maatlijnen worden tot iets voorbij de symmetrielijng getekend (figuur 4.35). Het symmetriesymbool "=" mag alleen worden gebruikt als de elementen worden afgebroken op de hartlijn.



Figuur 4.35 Beming van symmetrische voorwerpen

- Onderstreepte beming

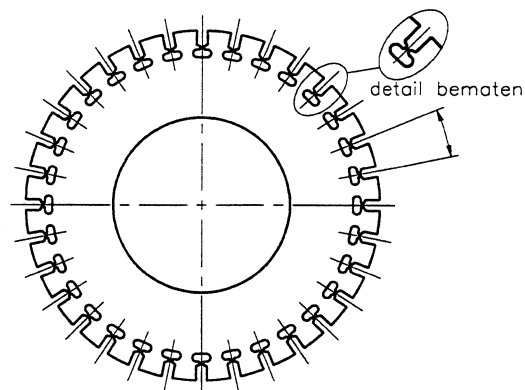
Bij zeer lange voorwerpen (grote verhouding Lengte/Diameter of Lengte/Breedte) mag de tekening plaatselijk worden onderbroken. De maten worden in dit geval onderstreept, omdat de verhouding verdwenen is en de maten kleiner tonen dan ze in werkelijkheid zijn (fig. 4.36).



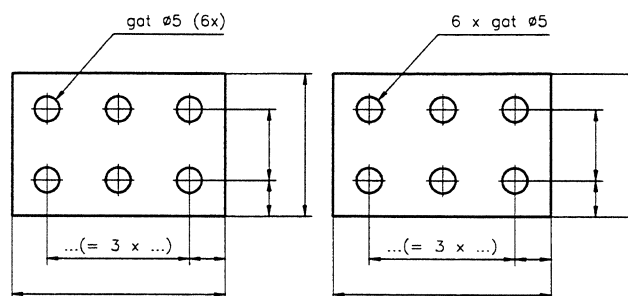
Figuur 4.36 Toepassing van onderstreepte bemating

- Herhalingspatroon

Van de bemating van regelmatig verdeelde vormelementen, zoals bijvoorbeeld gaten en sleuven wordt een voorbeeld getoond in figuur 4.37. Met behulp van een aanhaallijn wordt extra informatie en uitleg aan de tekening toegevoegd. Het detail moet uiteraard bemaat worden.



Figuur 4.37 Bemating van een herhalingspatroon



Figuur 4.38 Bematingsmanieren van een aantal gaten met gelijke diameter en op gelijke afstand van elkaar

- Meerdere gaten met gelijke diameter

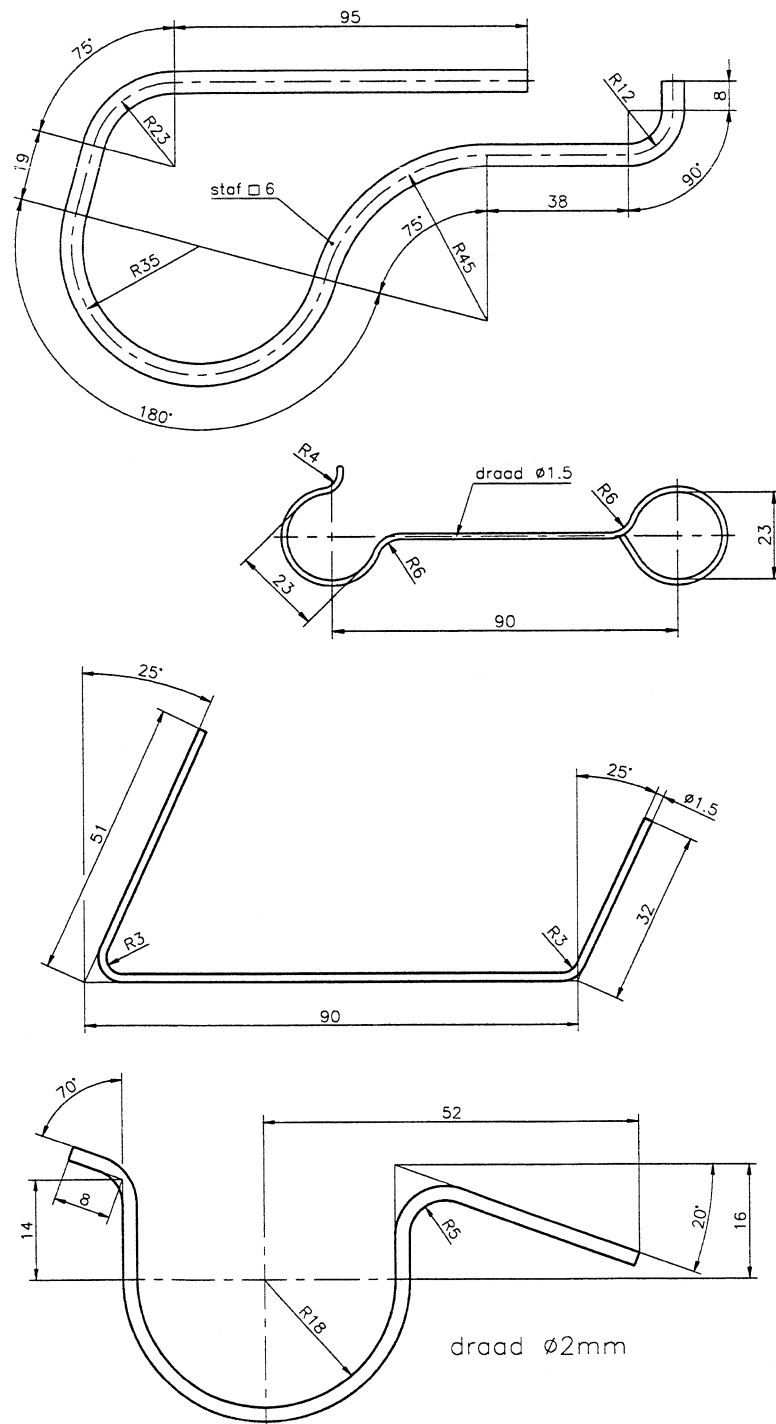
Er zijn verschillende manieren waarop dit kan worden aangegeven. In figuur 4.38 zijn er twee weergegeven. Bij de eerste manier (linker figuur) bestaat de beschrijving uit de grootte van het gat en het aantal gaten tussen haakjes erachter. Het aantal gaten kan echter ook aan het begin vermeld worden zoals in de rechterfiguur gedaan is.

LET OP

De afstand tussen de gaten wordt op soortgelijke wijze aangegeven. Voor een aantal gaten verdeeld over een steekcirkel wordt verwezen naar figuur 4.34.

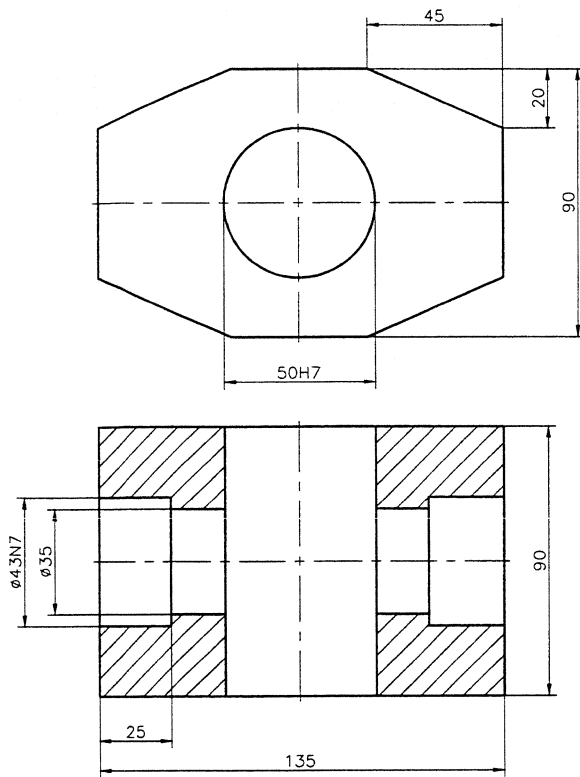
- Draad, staf en buis

Bij vlakke en gebogen onderdelen van draad, staf (strip) en buis mag de materiaalmaat worden ingeschreven met een beschrijving. Dit kan met een aanhaallijn vanuit de afbeelding plaatsvinden (figuur 4.39) of in het informatieblok op de monotekening worden vermeld. Van buis worden meestal de buitendiameter en de wanddikte vermeld in de beschrijving (zie figuren 4.14 en 4.15).

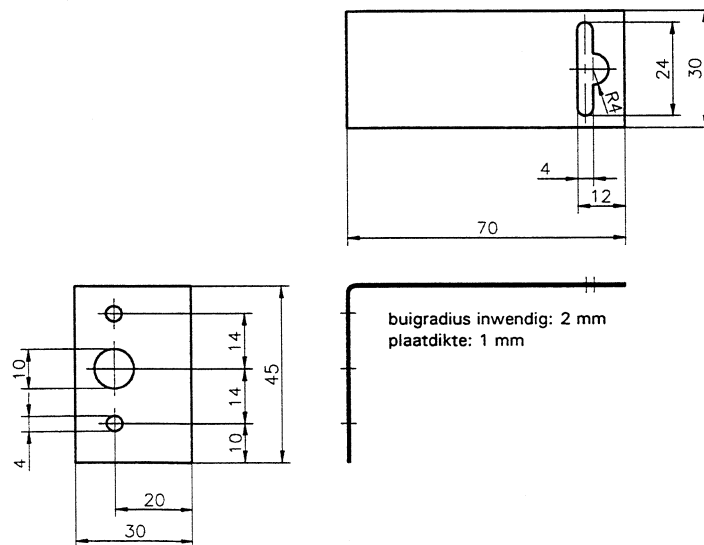


Figuur 4.39 Verschillende voorbeelden van maatschrijving met behulp van tekst voor draad en staf

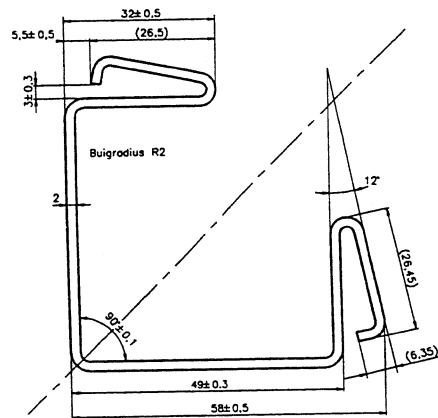




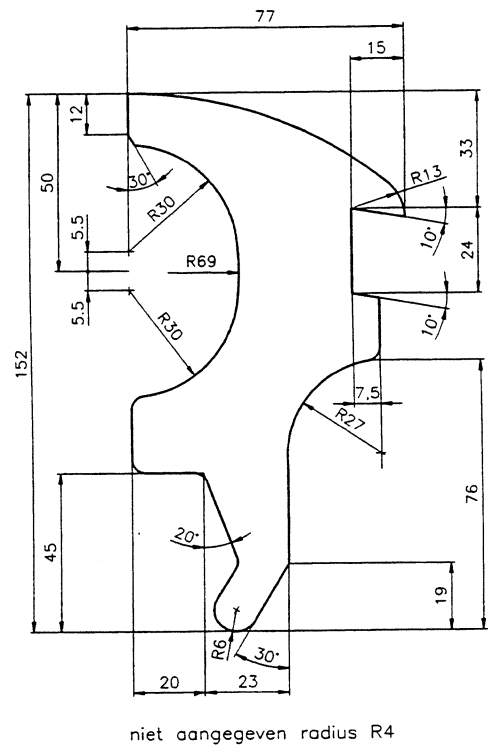
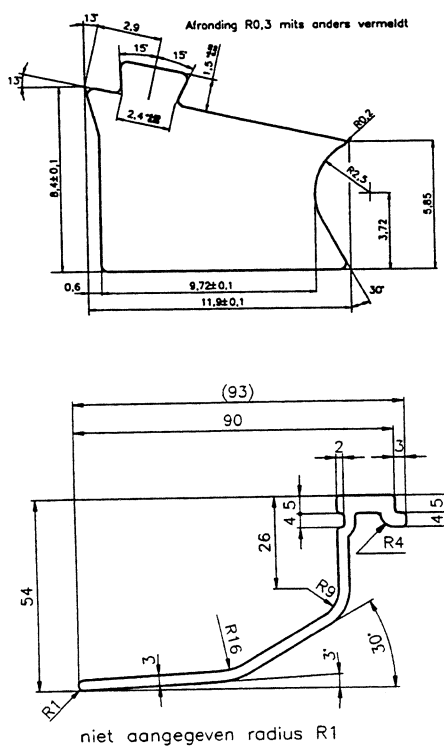
Figuur 4.43 Bemating van een prismatisch voorwerp



Figuur 4.44 Bemating van gebogen plaatwerk

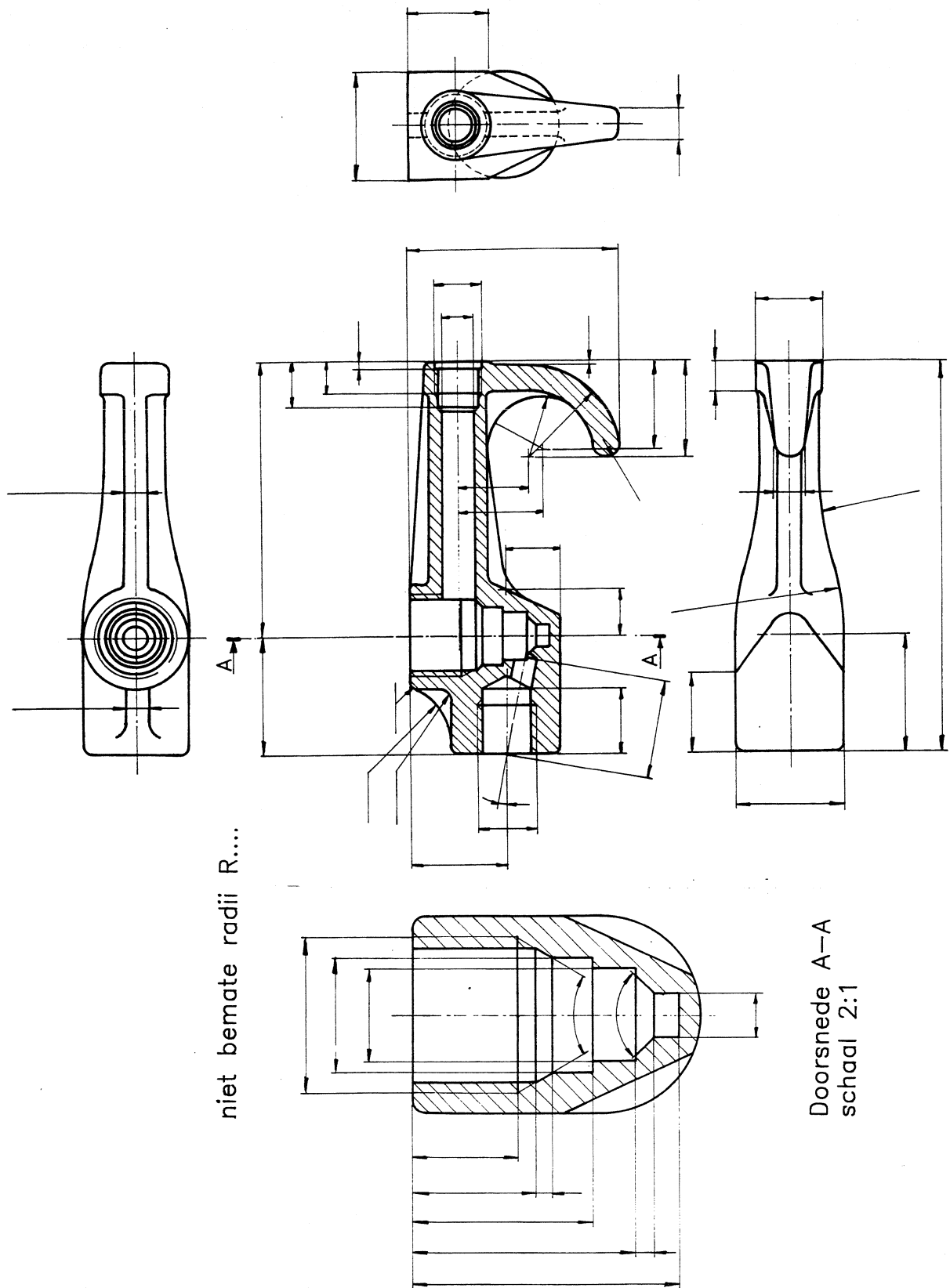


Figuur 4.45 Bemating van een koudgewalst profiel met praktische toepassing



Figuur 4.46 Bemating van extrusieprofielen





Figuur 4.47 Bematingsvoorbeeld van een spuitgietonderdeel voor een luchtpistool (maatteksten zijn weggelaten)

#### 4.12 Controlelijst voor een goede bemating

Hieronder staat een lijst van de belangrijkste regels die van toepassing zijn op een goede bemating.

De punten zijn onderverdeeld in drie groepen, te weten: DOEN (regels die je *moet* volgen), NOOIT DOEN (veel voorkomende fouten) en UITZONDERINGEN (uitzonderingen op "de regels").

##### DOEN

- Begin een voorwerp vanuit de rechteronderhoek te bematen. Kijk steeds vanuit die hoek en bouw van daaruit de bemating verder uit.
- Neem steeds "de kortste weg naar buiten de figuur"; hou de maathulplijnen zo kort mogelijk.
- Gebruik voor de bemating een **dunne** lijn.
- Maathulplijnen mogen elkaar snijden.
- Onderbreek de arcering of hartlijn ter plaatse van de maattekst.
- Schrijf elke maat maar **één keer** in.
- Plaats bewerkingsmaten tussen haakjes wanneer ze samen met functiematen een kettingmaat vormen.
- Houd inwendige en uitwendige bemating gescheiden.
- Bemaat staf, draad en buis aan de neutrale lijn (de hartlijn).
- Verplaats bij kleine maten (en onvoldoende ruimte voor de maattekst) de pijlpunten naar buiten. Indien dit nog te weinig ruimte oplevert, plaats dan de maattekst ook naar buiten en verleng de maatlijn tot achter de maat.
- Vervang bij ruimtegebrek (maar dan ook **alleen** bij ruimtegebrek) twee pijlen door een punt.
- Geef een afschuining in één maat aan, indien de hoek  $45^\circ$  bedraagt en het om een rotatiesymmetrisch voorwerp gaat.
- Bemaat bij binnen- en buitendraad aan de nominale maat, ondanks het feit dat de boormaat voor de binnendraad als zichtbare begrenzingslijn wordt afgebeeld.
- Geef voor buitendraad de nominale maat, de lengte van de schroefdraad en de eventuele afschuining aan.
- Geef voor binnendraad de nominale maat, de lengte van de schroefdraad en de diepte van het te boren gat aan.
- Teken bij symmetrische produkten slechts de helft van het voorwerp en pas de maatinschrijving aan.
- Bij erg lange voorwerpen mag de tekening plaatselijk worden onderbroken. Onderstreep de maten in dit geval wel.

##### NOOIT DOEN

- Gebruik **nooit kettingbemating** (ook al is dit nog zo verleidelijk i.v.m. het zo kort mogelijk houden van de maathulplijnen).
- Bemaat nooit aan **niet-zichtbare** begrenzingslijnen.
- Laat **maatlijnen** elkaar nooit snijden.
- Laat nooit maten ontstaan door berekeningen.

##### UITZONDERINGEN

- Het is soms toegestaan om maathulplijnen te laten snijden met maatlijnen.
- Geef bij het gebruik van een mal de **inwendige buigradius** (in plaats van de neutrale lijn) van het gereedschap op (bij het buigen van staf, draad of buis).

Aan de hand van de volgende lijst kan tenslotte een eindcontrole op de bemating in de monotekening worden gedaan:

- zijn alle maten eenduidig en slechts éénmaal ingeschreven (niet met cijferwerk of optellen verkregen)?
- zijn alle bewerkingen voldoende door maten vastgelegd?
- zijn alle speciale vormen (gaten, afrondingen, groeven, etc.) vastgelegd in een algemene beschrijving, bijvoorbeeld in de stuklijst, het informatieblok of in de aanzichten?
- zijn de posities van alle karakteristieke elementen bepaald?
- passen de onderdelen die moeten samenwerken in elkaar?
- kan de bewerkingsvolgorde uit de bemating worden afgelezen?

#### **4.13 Tenslotte**

Bemating van las- en lijmverbindingen en de inschrijving van maatafwijkingen, vorm- en plaatstoleranties en ruwheidswaarden worden later beschreven in de desbetreffende hoofdstukken.



# Maatafwijkingen, passingen, geometrische toleranties en oppervlakteruwheid

## Inhoud

### **5.1 Inleiding**

### **5.2 Maatafwijkingen en passingen**

- 5.2.1 Begrippen bij maatafwijkingen en passingen
- 5.2.2 Inschrijving van maatafwijkingen
- 5.2.3 Directe aanduiding van maatafwijkingen
- 5.2.4 Indirecte aanduiding van maatafwijkingen
- 5.2.5 Eenheidsstelsels
- 5.2.6 Maatafwijkingen en materialen
- 5.2.7 Voorkeurpassingen
- 5.2.8 Uitgewerkt voorbeeld van een passing
- 5.2.9 Normen

### **5.3 Geometrische toleranties**

- 5.3.1 Het ontstaan van vorm- en plaatsafwijkingen
- 5.3.2 Geometrische toleranties
- 5.3.3 Algemene toleranties voor lengtematen
- 5.3.4 Onafhankelijkheidsprincipe
- 5.3.5 Maximum-materiaalprincipe
- 5.3.6 Theoretisch exacte maten
- 5.3.7 Referenties
- 5.3.8 Symbolen en aanduiding op tekeningen
- 5.3.9 Normen

### **5.4 Oppervlakteruwheid**

- 5.4.1 Aanduiding van de oppervlakteruwheid op tekeningen
- 5.4.2 Bepaling van de ruheidswaarde
- 5.4.3 Ruheid en oppervlakbehandeling
- 5.4.4 Ruheid en kostprijs
- 5.4.5 Passingen en oppervlakteruwheid
- 5.4.6 Normen



# Maatafwijkingen, passingen, geometrische toleranties en oppervlakteruwheid

## 5.1 Inleiding

Het is niet mogelijk een onderdeel te vervaardigen dat voldoet aan een 'absolute' maat. Door technologische onvolmaaktheden bij het vormgevingsproces van een onderdeel ontstaan altijd maatafwijkingen. Ook ingekochte onderdelen hebben een maatafwijking.

## 5.2 Maatafwijkingen en passingen

### 5.2.1 Begrippen bij maatafwijkingen en passingen

De hier besproken normen voor maatafwijkingen gelden in het algemeen voor onderdelen vervaardigd uit staalsoorten.

NEN-ISO 286-1 (NEN-bundel 16) deel 1: **4 Termen en definities**, alinea 4.1 tot en met 4.13 verklaart, soms aan de hand van figuren, alle gebruikte begrippen.

De gebruikte benamingen 'gat' en 'as' gelden voor alle lineaire binnen- en buitenmaten.

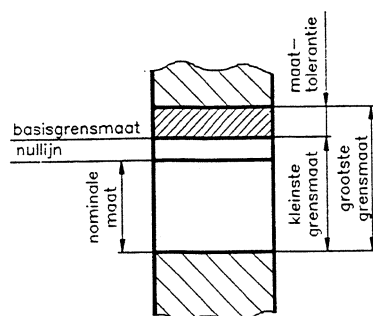
**Het is belangrijk deze termen te kennen.**

Bedenk wel dat in het algemene vaktechnisch spraakgebruik deze termen vaak een uitgebreidere betekenis hebben.

Voor industriële producten wordt de millimeter (mm) als maateenheid gebruikt. De nominale maat is de aangenomen (gewenste) lineaire afmeting. De op de tekening vermelde lineaire maat (afmeting) wordt de nominale maat genoemd. De grootste grensmaat, de grootst toelaatbare maat, is de nominale maat plus de maximale maatafwijking.

De kleinste grensmaat, de kleinst toelaatbare maat, is de nominale maat plus de minimale maatafwijking. Deze twee grensmaten kunnen wij om gebruikstechnische reden van het onderdeel vastleggen.

Het verschil tussen deze grensmaten heet maattolerantie.



Figuur 5.1. Begrippen bij gebruik van maatafwijkingen en passingen

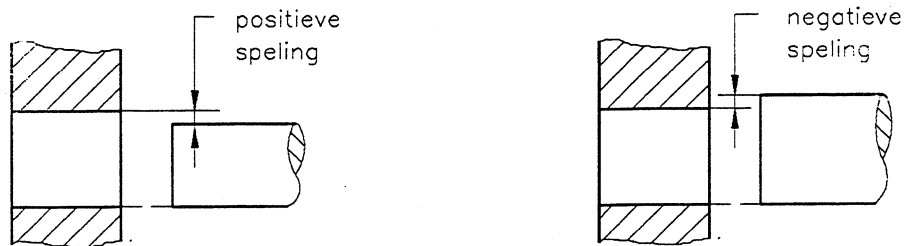
Om een samenwerking van twee elementen te verwezenlijken naar de gewenste eisen kan men uit drie soorten passingen kiezen: **Losse passingen** voor elementen die ten opzichte van elkaar moeten kunnen bewegen, bijvoorbeeld een as in een glijlager (fig. 5.2).

Losse passingen hebben een positieve speling.

**Vaste passingen** voor elementen die ten opzichte van elkaar niet mogen bewegen, bijvoorbeeld een tandwiel op een as.

Vaste passingen hebben een negatieve speling (fig. 5.2).

Bij **overgangspassingen** kunnen de elementen soms wel (positieve speling), soms niet (negatieve speling) ten opzichte van elkaar bewegen.



LOSSE PASSING

VASTE PASSING

Figuur 5.2. Losse en vaste passing

### 5.2.2 Inschrijving van maatafwijkingen

Een maatafwijking wordt alleen ingeschreven op een monotekening (zie hoofdstuk 8 Tekeningsystemen), als door gebruikstechnische eisen een maatnauwkeurigheid wordt geëist. Op de monotekening moet daarom bij die maat direct of indirect worden vermeld tussen welke kleinste en grootste grensmaat de uiteindelijke maat mag liggen.

De maatafwijking wordt in dezelfde maateenheid uitgedrukt als de nominale maat. **NEN-ISO 406 (NEN-bundel 16) Technische tekeningen - Het inschrijven van lineaire en hoekmaten** laat met voorbeelden zien hoe maatafwijkingen bij de maat ingeschreven moeten worden.

### 5.2.3 Directe aanduiding van maatafwijkingen

Een onderscheid wordt gemaakt tussen symmetrische en asymmetrische maatafwijkingen (fig. 5.3).

$40 \pm 0,2$	$40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}$	$40 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$40 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$
$40 \pm 0,15$	$40 \begin{smallmatrix} -0,1 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$	$40 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ +0,1 \end{smallmatrix}$	
SYMMETRISCH	ASYMMETRISCH		

Figuur 5.3. Voorbeelden van directe aanduiding van de maatafwijking.

De symmetrische maatafwijking wordt aangegeven met  $\pm$  en daarachter de grootte van de maatafwijking.

Bij de asymmetrische maatafwijkingen wordt achter de nominale maat de maximale- en de minimale maatafwijking geplaatst.



Hierbij staat de grootste maatafwijking boven.

Op een monotekening kan als opmerking ook een algemene maatafwijking worden vermeld (fig. 5.4).

Bij voorkeur wordt deze opmerking in een rechthoekig kader (met een dunne lijn) bij de rechteronderhoek van de monotekening geplaatst.

MAATAFWIJKING, TENZIJ ANDERS  
VERMELD;  $\pm 0,2$  mm

Figuur 5.4. Aanduiding voor een algemene (symmetrische) maatafwijking

#### 5.2.4 Indirecte aanduiding van de maatafwijkingen

Indirecte aanduiding van gewenste maatafwijkingen kan volgens NEN-ISO 2768-1, NEN-bundel 16, of het ISO-passingstelsel.

**NEN-ISO 2768-1 Algemene toleranties.** In deze richtlijn wordt rekening gehouden met de nominale maat en de daarbij toelaatbare maatafwijking. In de monotekening moet dan een algemene opmerking in een rechthoekig kader worden vermeld: Maatafwijking volgens ISO-2768-m, (klasse middel, zie fig. 5.5).

MAATAFWIJKING VOLGENS  
ISO-2768-m

Figuur 5.5. Aanduiding maatafwijking bij monotekeningen vlg NEN-ISO 2768-1

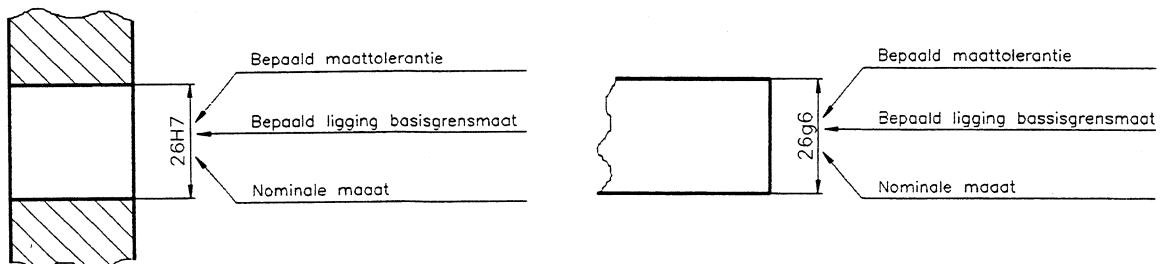
Het ISO-passingstelsel.

Dit passingstelsel is ontstaan om het tijdrovende (en dus kostbare) pasmaken op elkaar van onderdelen te voorkomen. Vooral bij serie- en massafabricage is de uitwisselbaarheid van onderdelen een dwingende eis. De fabricage van onderdelen moet zo zijn, dat bij montage verschillende onderdelen willekeurig kunnen worden samengevoegd, terwijl de speling de geëiste waarde niet overschrijdt.

Het ISO-passingstelsel is een genormaliseerde methode, hierbij wordt gebruik gemaakt van een symbool dat wordt toegevoegd aan de nominale maat.

Dit symbool bestaat uit één letter en een getal tussen de 1 en 18.

Wordt het symbool gebruikt voor de aanduiding van gaten dan is de letter altijd een hoofdletter gevolgd door een getal (fig. 5.5a). Wordt dit symbool gebruikt voor assen dan is de letter altijd een kleine letter gevolgd door een getal (fig. 5.5b).



Figuur. 5.5a en 5.5b Symboolverklaring voor gaten en assen

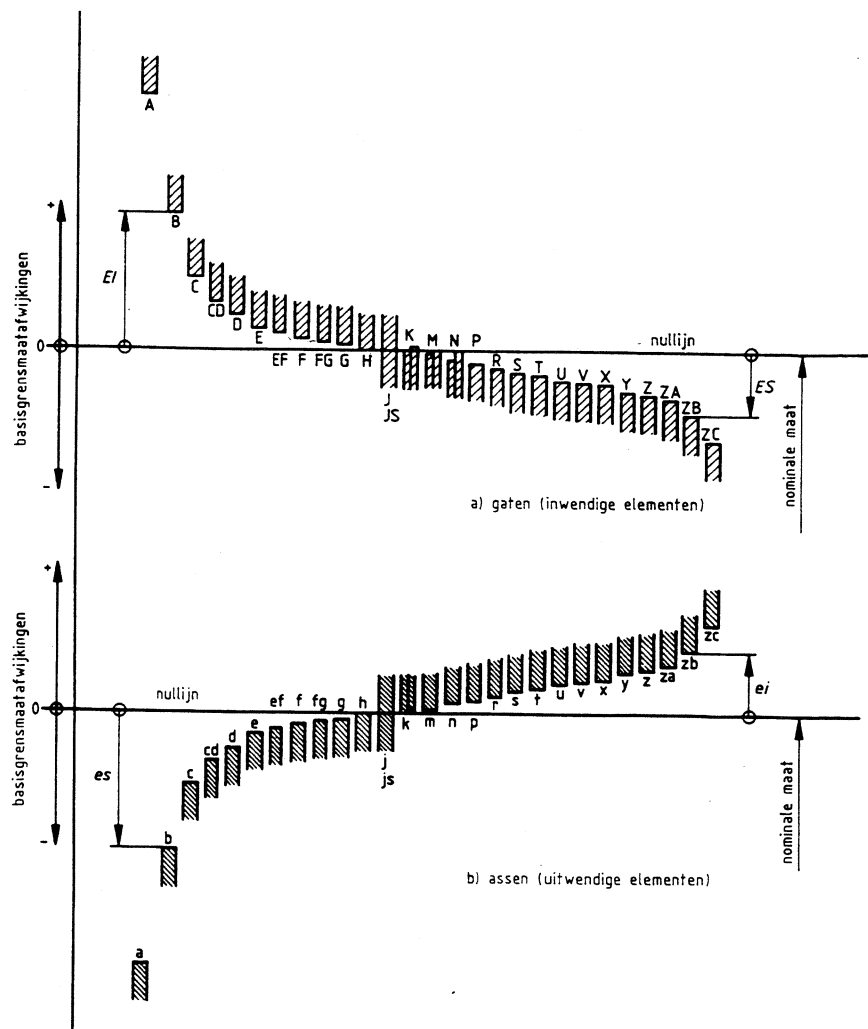
De letter geeft de plaats van het tolerantieveld aan ten opzichte van de nominale maat (zie fig. 5.6a en 5.6b). Deze maat noemen we de basisgrensmaat (zie NEN-ISO 286-1 4.6.2, NEN-bundel 16)

Het getal geeft de kwaliteit (grootte van het tolerantieveld) van de maattolerantie aan.

De kwaliteit bepaalt de grootte van het tolerantieveld en is afhankelijk van de keuze van kwaliteitcijfer en de grootte van de nominale maat.

Het gehele symbool wordt op gelijke hoogte en direct achter de nominale maat geplaatst.

Voorbeeld: gat      40F8      145Js7 213H8  
 as            40h7      145h8 213js7



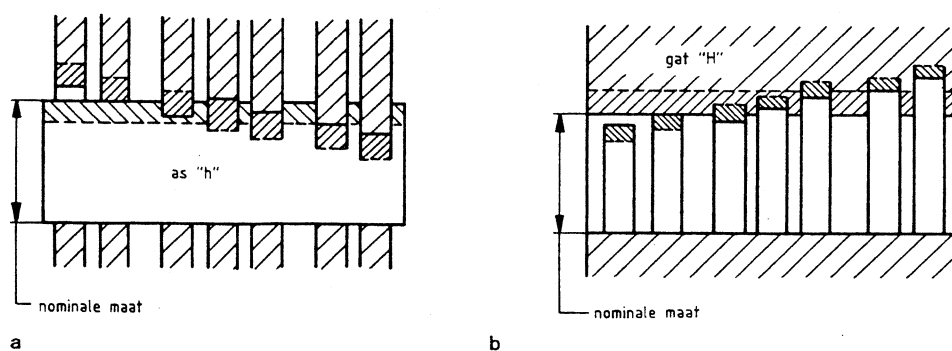
Figuur 5.6. Ligging van de basisgrensmaat afwijkingen

### 5.2.5 Eenheidsstelsels

Uit functionele-, constructie-, fabricage-, en controle overwegingen zijn er twee eenheidspassingstelsel ontwikkeld n.l.:

1. het eenheidsasstelsel (EAS).
2. het eenheidsgatstelsel (EGS)

Deze stelsels zijn gelijkwaardig en gebruikstechnisch is er geen verschil. De figuren 5.7a en 5.7b geven schematisch deze twee stelsels weer.



Figuur 5.7. a: Stelsel van passingen met de as als basis  
b: Stelsel van passingen met het gat als basis

### 1 Eenheidsasstelsel: zie NEN-ISO 286-1, 4.11.1

Dit is een stelsel van passingen, waarbij assen van één enkele tolerantieklasse worden samengevoegd met gaten van verschillende tolerantieklassen, waardoor men de vereiste losse-, overgangs-, of vaste passing kan krijgen. De vereiste passing kan men zelf bepalen m.b.v. NEN 2807.

Het eenheidsasstelsel wordt **alleen** bij montage van een aantal onderdelen op één gladde as toegepast. Hierbij is het voordeel dat men gebruik kan maken van in de handel verkrijgbare blanke of geslepen assen met de maatafwijkingen, h6, h7, h8 en h9.

### 2 Eenheidsgatstelsel: zie NEN-ISO 286-1, 4.11.2

Hierbij worden gaten van één tolerantieklasse samengevoegd met assen van verschillende tolerantieklassen, waardoor men de vereiste losse-, overgangs-, of vaste passing kan krijgen. De vereiste passing kan men zelf bepalen m.b.v. NEN 2807, NEN-bundel 16.

Het eenheidsgatstelsel wordt meestal toegepast.

### 5.2.6 Maatafwijkingen en materialen

#### - Non-ferro metalen

Voor non-ferro metalen zijn in verband met hun fysische eigenschappen deze normen niet zonder meer toepasbaar. Voor maatafwijkingen bij het gebruik van deze metalen wordt verwezen naar gegevens verstrekt door de leveranciers, of overkoepelende organisaties, zoals bijvoorbeeld de Stichting Aluminium Centrum (Zoetermeer) of het Deutsches-Kupfer-Institut (Berlin).

#### - Hout

Gegevens voor maatafwijkingen van houten onderdelen zijn o.a. te vinden in: Handbuch Technisches Zeichnen und Entwurfzeichnen - Holz, hoofdstuk 8 (Technisch Dokumentatie Centrum) en in DIN 68100.

#### - Kunststoffen

Gegevens voor maatafwijkingen van kunststofonderdelen zijn te vinden in: Konstruieren in Kunststoffen (dictaat io82b) en in ontwerprichtlijnen die door

de kunststofleveranciers worden verstrekt. Hierbij moet worden bedacht dat zelfs één enkele kleine maatafwijking een grote stijging van de kosten voor de matrijs, een verslechtering van de spuitgietcondities en een langere cyclustijd kan opleveren.

#### 5.2.7 Voorkeurpassingen

In NEN 2807 ISO-Passingstelsel staat op bladzijde 11 tabel 7 Voorbeelden van toepassingen. Er is veel ervaring voor nodig om uit deze tabel een goede keus te maken, omdat een probleem vaak niet direct tot één van de gebruikte voorbeelden kan worden herleid.

Is eenmaal een groep voorkeurpassingen gekozen dan kan in dezelfde norm bij: 5 Voorkeurpassingen, de (vetgedrukte) voorkeurpassing worden afgelezen.

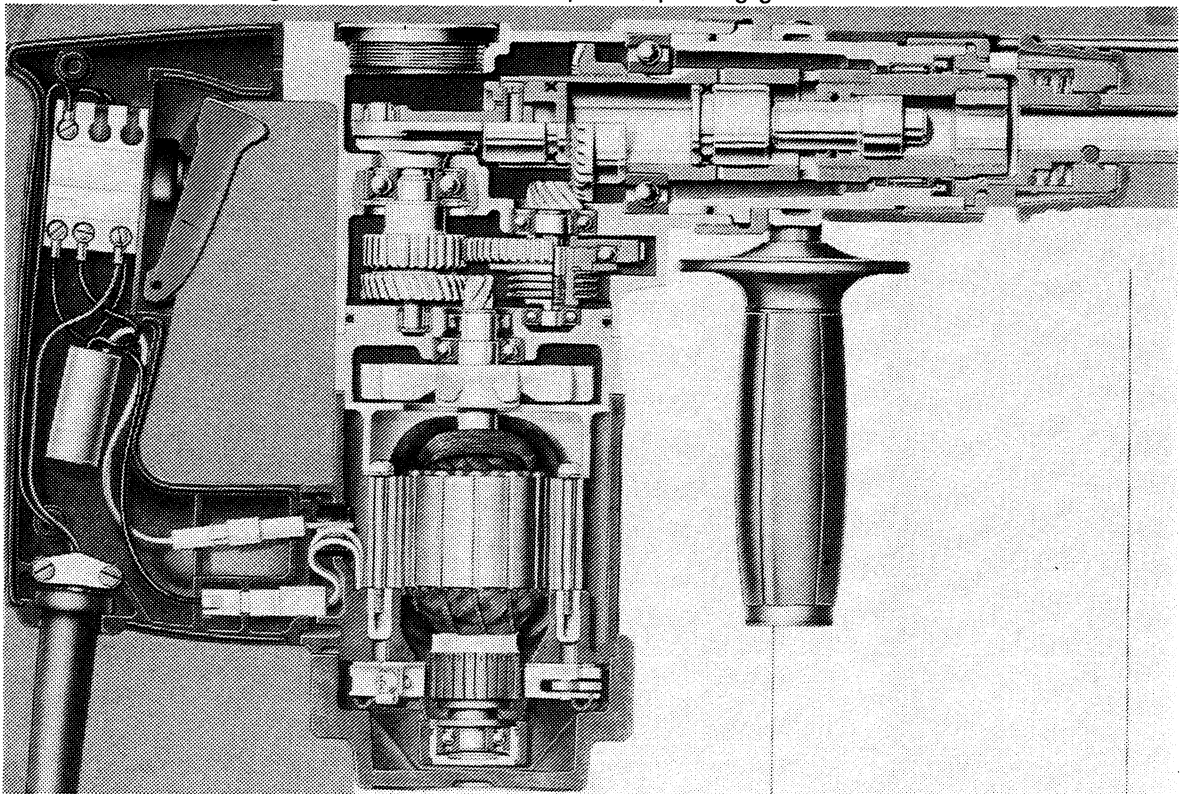
Om maatafwijkingen van werkstukken bij serie- en massafabricage te controleren worden as- en gatkalibers gebruikt. Zoals uit de tabellen in NEN-bladen is af te leiden zijn er voor elke maatgroep meer dan 20 verschillende basisgrensmaten, die elk nog uitgevoerd kunnen worden in 18 kwaliteiten.

Hieruit volgt dat voor één bepaalde nominale maat zeer veel tolerantiegevallen mogelijk zijn.

Dit betekent dat een grote hoeveelheid meetgereedschap (gat- en askalibers) nodig is. Om de kosten te drukken wordt maar een klein aantal **voorkeur**-passingen gebruikt.

#### 5.2.8 Uitgewerkt voorbeeld van een passing

Een zuiger moet bewegen in de cilinder van een boorhamer (SKIL) (fig. 5.8); dus een losse (lopende) passing gebruiken.



Figuur 5.8. Skil boorhamer

Geen bijzondere eisen, dus het eenheidsgatstelsel toepassen;  
NEN 2807, bladzijde 11 geeft voor schuivende onderdelen (tweede blok onder voorbeelden van toepassingen) drie voorkeuringen: H7/f6, H7/g6 en H7/h6, hierbij is de voorkeur H7/g6.  
De cilinder krijgt als tolerantieaanduiding het symbool H7 achter de nominale maat en de zuiger g6.

De maatafwijking van de cilinder en die van de zuiger kan rechtstreeks worden afgelezen uit NEN 2807, tabel 2 Losse passingen, eenheidsgatstelsel. In dezelfde tabel staat ook de maximale en de minimale speling vermeld.

LET OP: de maatafwijkingen worden opgegeven in  $\mu\text{m}$   
(1  $\mu\text{m}$  = 0,001 mm).

### 5.2.9 Normen

De volgende normen hebben betrekking op maatafwijkingen en passingen:

NEN-bundel 16:	
NEN 2807 ISO-passingstelsel	Voorkeuringen voor algemeen gebruik voor maten van 1 tot 500 mm
NEN-ISO 286-1	Grondslagen van toleranties, grensmaatafwijkingen en passingen
NEN-ISO 286-2	Tabellen met standaard-tolerantie-kwaliteiten en grensmaatafwijkingen voor gaten en assen

### 5.3 Geometrische toleranties

Tijdens TPI 1 wordt slechts ingegaan op enkele begrippen uit NPR 2730 Toepassing van normen voor geometrische toleranties in de praktijk. Nadere bestudering van hier niet vermelde begrippen en voorbeelden kan een ondersteuning zijn voor een juiste toepassing van de normen bij het uitwerken van een ontwerp.

#### 5.3.1 Het ontstaan van vorm- en plaatsafwijkingen

Bij de fabricage kan een onderdeel (produkt) nooit absoluut zuiver worden geproduceerd. Naast de afwijkingen op de nominale maten treden ook vorm- en plaatsafwijkingen op.

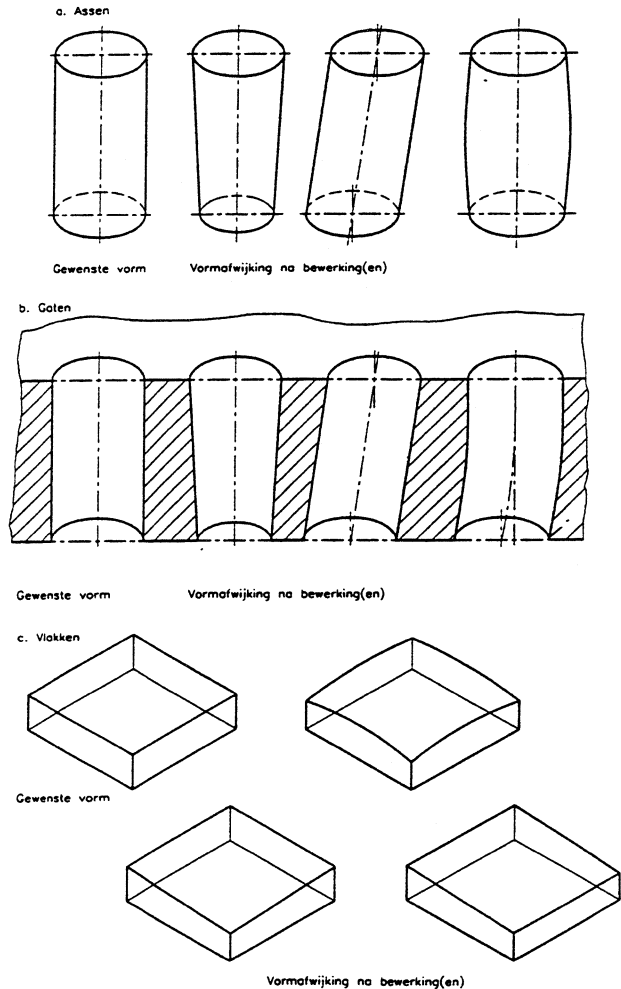
Deze afwijkingen kunnen ontstaan o.a. door:

- de inwendige spanningen van het materiaal
- de opspanning van het te verspanen onderdeel
- de bewerkingskrachten
- de machinebewegingen en trillingen.

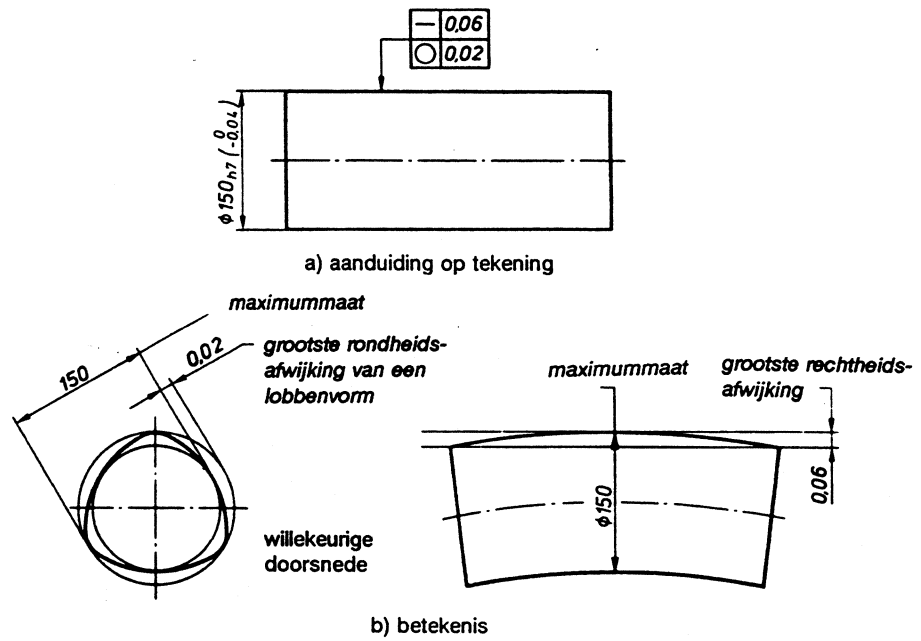
#### 5.3.2 Geometrische toleranties

Geometrische toleranties begrenzen de afwijkingen van het vormelement (een deel van een onderdeel) ten opzichte van zijn theoretisch exacte vorm, exacte richting of exacte plaats onafhankelijk van de werkelijke maat van het vormelement.

Figuur 5.10 geeft voor een werkstuk de grootste toelaatbare vormafwijking bij de grootste gemeten werkelijke maat, altijd loodrecht op de as gemeten.



Figuur 5.9 Vormafwijkingen voor a: assen, b: gaten en c:vlakken



Figuur 5.10 Grootste toelaatbare vormafwijking van een werkstuk

### 5.3.3 Algemene toleranties voor vorm- en plaats

#### 1 Algemene toleranties voor lengtematen.

Aan onderdelen kunnen algemene eisen worden gesteld, die de functionele geschiktheid waarborgen. Deze moeten op de monotekening worden beschreven. Daarom moet de geometrie van het onderdeel eenduidig worden vastgelegd en bij elke maat moet een functionele tolerantie zijn aangegeven. Consequent doorvoeren van deze eis maakt de tekening onoverzichtelijk.

Het uitgangspunt van algemene toleranties is dat er een tolerantiewaarde wordt vastgesteld, die zonder extra kosten haalbaar is bij vakkundige fabricage met de daarbij behorende fabricagemiddelen. Deze tolerantiewaarde noemen we de algemene tolerantie. Op de tekening wordt hiernaar verwezen. Daardoor wordt de tekening beter leesbaar.

#### 2 Algemene toleranties voor vorm en plaats.

Ten opzichte van algemene toleranties voor vorm en plaats geldt hetzelfde als voor de algemene toleranties voor lengtematen.

Om de functionele geschiktheid te waarborgen, moeten bij elk vormelement alle vorm- en plaatsafwijkingen direct of indirect (door algemene toleranties) worden vermeld.

De algemene toleranties voor vorm en plaats moeten zo zijn gekozen dat ze tijdens de fabricage zonder speciale voorzorgen kunnen worden gehaald.

### 5.3.4 Onafhankelijkheidsprincipe

Als geen speciale relaties (herhalingspatroon) of afhankelijkheden zijn aangegeven, moeten alle op de tekeningen ingeschreven eisen voor maat-, vorm- en plaatstoleranties onafhankelijk van elkaar worden aangehouden. Geometrische toleranties gelden dus onafhankelijk ten opzichte van de werkelijke maat van een betreffend vormelement.

De functionele afhankelijkheid van maat en vorm of maat en richting of maat en plaats moet op de tekening door aanvullende symbolen worden aangegeven (bijvoorbeeld <sup>Ⓜ</sup> voor het maximum-materiaalprincipe)

### 5.3.5 Maximum-materiaalprincipe

Als op grond van functie een onderlinge afhankelijkheid van maat, vorm en plaats wordt vereist, dan wordt het maximum-materiaalprincipe toegepast.

Dit wordt aangeduid met het symbool <sup>Ⓜ</sup> achter de verschillende tolerantie-aanduidingen.

Op tekeningen, waar het onafhankelijkheidsprincipe voor maat-, vorm- en plaatstolerantie moet worden aangegeven, vermeld men de algemene verwijzing:

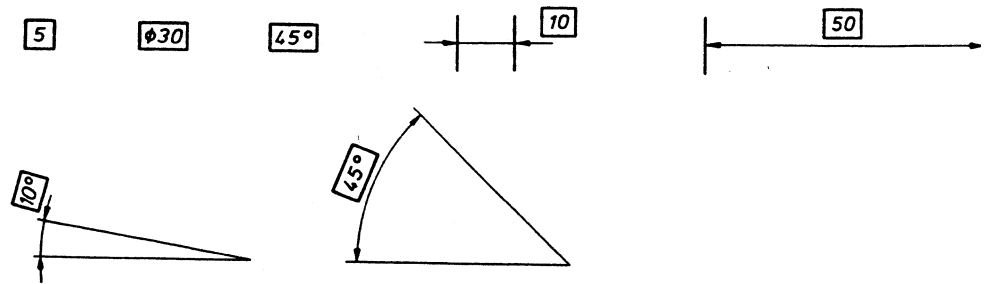
TOLERANTIES VOLGENS ISO 8015
------------------------------

NPR 2730 toont op pagina 46 en 47 de wijze waarop de symbolen voor het maximum- en minimum-materiaalprincipe aan de aanduiding voor de vorm- of plaatstoleranties moeten worden toegevoegd.

### 5.3.6 Theoretisch exacte maten

Bij de aanduiding van geometrische toleranties worden alle maten, die de exacte plaats en de exacte positie van de tolerantiezone bepalen, voorzien

van een rechthoekige omkadering en worden 'exacte maten' genoemd. Figuur 5.11 geeft voorbeelden van aanduidingen van deze theoretisch exacte maten, zoals deze op tekeningen kunnen voorkomen.



Figuur 5.11 Voorbeelden van theoretisch exacte maten

### 5.3.7 Referenties

De verklaring van de begrippen referentie, referentie-element, hulpreferentie-element, referentiesysteem en deelreferentie staat beschreven in NEN-ISO 5459; in NPR 2730 staan korte omschrijvingen van deze begrippen op pagina 27 t/m 29.

### 5.3.8 Symbolen en aanduiding op tekeningen

symbool	getolereerde eigenschap	toleranties en elementen		
—	rechtheid	vormtoleranties	voor enkelvoudige elementen	
□	vlakheid			
○	rondheid			
⊘	cilindriciteit			
⌒	profielzuiverheid van lijnelementen	profieltoleranties	voor enkelvoudige en gerelateerde elementen	
⌒	profielzuiverheid van het vlak			
//	evenwijdigheid	p o s i t i e t o l e r a n t i e s	voor gerelateerde elementen	
⊥	haaksheid			richtings-toleranties
∠	hoekzuiverheid			
⊕	plaats	plaatstoleranties		
◎	concentriciteit coaxialiteit			
≡	symmetrie			
↗	slagtolerantie voor lijnelementen	slagtoleranties		
↗	slagtolerantie voor het vlak			

Figuur 5.12 Symbolen voor getolereerde eigenschappen



omschrijving		symbolen
kenmerking van het getolereerde element	rechtstreeks	
	met een kenletter	
kenmerking van het referentie-element	rechtstreeks	
	met een kenletter	
deelreferentie volgens NEN-ISO 5459 (zie paragraaf 5.11.5)		
theoretisch exacte maat (zie paragraaf 5.3)		
geprojecteerde tolerantiezone (zie paragraaf 5.10)		
maximum-materiaalprincipe (zie paragraaf 5.4 en 7)		
minimum-materiaalprincipe (zie paragraaf 5.5 en 7)		
vrije toestand (zie paragraaf 5.6)		
omhullendepincipe (zie paragraaf 2.1.2)		
1) De symbolen P , M en E wijzen de producent van het onderdeel er o.a. op dat het aldus gekenmerkte element wordt gepaard met een overeenkomstig element aan het contradeel.		

Figuur 5.13 Aanvullende symbolen

#### Aanduiding op tekeningen:

Hieronder staan aanwijzingen om de tolerantie-eisen op tekeningen aan te geven. De eisen staan in een rechthoekig tolerantiekader, dat uit twee of meer vakken bestaat (zie figuur 5.14).

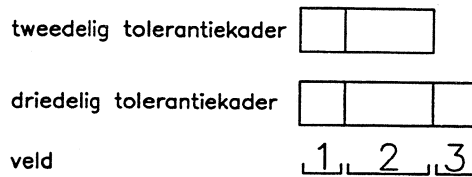
Vak 1: bevat het symbool voor de getolereerde eigenschap.

Vak 2: bevat de tolerantiewaarde, voorafgegaan door het  $\phi$ -teken als het tolerantie gebied een cirkel of cilinder is.

Vak 3: bevat de referentie-kenletter(s).

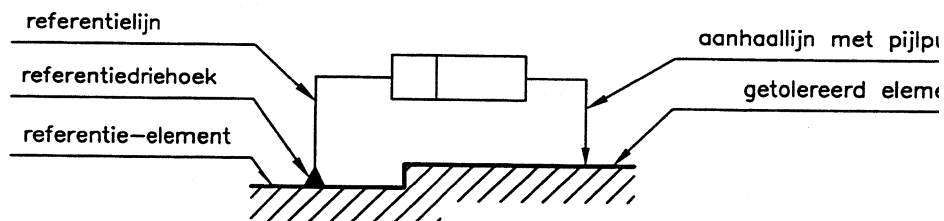
Aanvullend kan in vak 2 of vak 3 één van de aanvullende symbolen (zie figuur 5.13) worden vermeld.

Om meerdere referenties te vermelden kunnen nog vakken worden toegevoegd, zie voorbeeld in figuur 5.16.



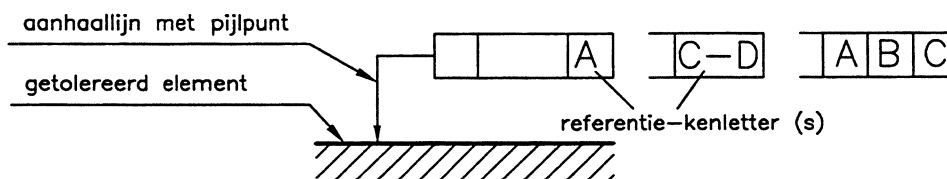
Figuur 5.14 Tolerantiekaders

Het tweedelig tolerantiekader wordt door een aanhaallijn met pijlpunt verbonden met het getolereerde element, aan de andere zijde komt dan de referentielijn eindigend in een driehoek op het referentie-element.



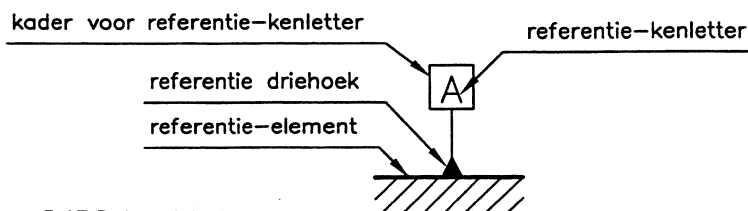
Figuur 5.15 Tweedelig tolerantiekader

Het drie- tot vijfdelig tolerantiekader wordt door een aanhaallijn met pijlpunt verbonden met het getolereerde element zie figuur 5.16, het bevat in de velden 3-5 de kenletter(s) van één of meer referenties. Dit kader mag alleen worden toegepast als het tweedelig kader niet op eenvoudige wijze met het referentie-element kan worden verbonden of als de referentie uit meerdere referenties bestaat.



Figuur 5.16 Drie- tot vijfdelig tolerantiekader

De referentie-kenletter wordt geplaatst in een kader, verbonden met het referentie-element door een lijn eindigend in een driehoek, zie figuur 5.17.



Figuur 5.17 Referentiekader

### 5.3.9 Normen

Het boekje NPR 2730, Toepassing van normen voor geometrische toleranties in de praktijk geeft een uitgebreid overzicht.

## 5.4 Oppervlakteruwheid

Onder oppervlakteruwheid wordt de onregelmatigheid van het oppervlak van een voorwerp verstaan.

Deze onregelmatigheid is het gevolg van:

- bewerkingsporen bij materiaal verwijderende bewerkingen b.v. verspanende bewerkingen
- bewerkingsporen bij scheidende bewerkingen b.v. ponsen
- afdrukken bij vloeibare vormgeving b.v. (spuit)gieten
- afdrukken bij omvormen b.v. extruderen

### 5.4.1 Aanduiding van de oppervlakteruwheid op tekeningen

Voor het aangeven van de ruwheid staan drie symbolen ter beschikking:



Wijze van vervaardiging wordt vrijgelaten



Vervaardiging van het oppervlak met een materiaal verwijderende of scheidende bewerking



Vervaardiging van het oppervlak met vloeibare vormgeving of door omvormen

De ruwheidswaarde  $R_a$  in  $\mu\text{m}$  wordt aan het symbool toegevoegd afhankelijk van de functie van het oppervlak. Deze waarde is meestal de maximaal toelaatbare waarde.

De gewenste bewerkingsmethode en een symbool voor het gewenste bewerkingspatroon kunnen aan het symbool voor de ruwheidswaarde toegevoegd worden, zie NEN 3634 (NEN-bundel 16).

Let op: Ruwheidswaarde op alle monotekeningen aangeven.

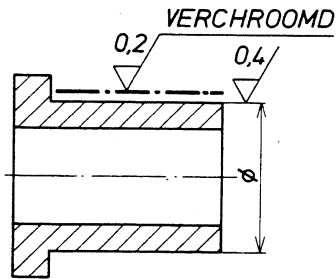
De afmetingen van de symbolen voor ruwheidswaarde moeten aangepast worden aan de bemating. Ze moeten goed leesbaar zijn. NEN 3634 (figuur 13 t/m 21) geeft een aantal voorbeelden van juiste plaatsing van deze symbolen in de tekening.

### 5.4.2 Bepaling van de ruwheidswaarde

De functionele (gebruikstechnische) eisen bepalen de grootte van de gewenste ruwheidswaarde. Uitgaande van de functie van het oppervlak kunnen in NPR 3637 (NEN-bundel 1) gemiddelde waarden gevonden worden. In NPR 3638 (NEN-bundel 1) kan de mogelijke bewerking bij de gevonden ruwheidswaarde gezocht worden.

### 5.4.3 Ruwheid en oppervlakbehandeling

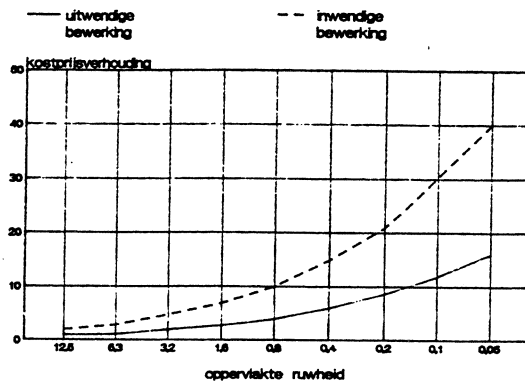
Als een oppervlak een eindbehandeling zoals lakken, eloxeren, verzinken, etc. moet ondergaan, dan kan men deze bewerking als toevoeging bij het symbool voor de ruwheidswaarde schrijven. Altijd wordt de ruwheidswaarde vermeld die het oppervlak na de eindbehandeling moet hebben. Soms kan het ook nodig zijn de ruwheidswaarde aan te geven vóór de eindbehandeling, dit is in figuur 5.18 aangegeven.



Figuur 5.18 Ruwheidswaardeaanduiding gecombineerd met een oppervlaktebehandeling

#### 5.4.4 Ruwheid en kostprijs

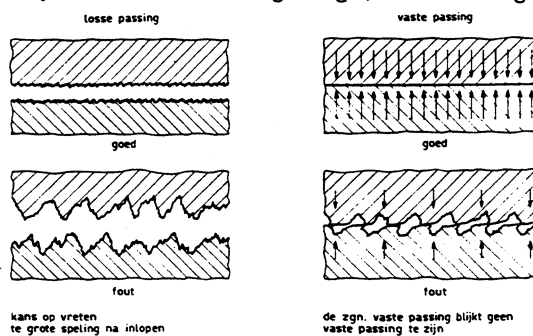
Alle bewerkingen ter verbetering van het oppervlak van een voorwerp laten de kosten stijgen. Een verlaging van de oppervlakteruwheid verhoogt de kostprijs. In een grafiek zijn de kosten uitgezet tegen de ruwheidswaarde voor zowel uitwendige als inwendige bewerkingen (figuur 5.19).



Figuur 5.19 De kostprijsverhouding afhankelijk van de ruwheidswaarde

#### 5.4.5 Passingen en oppervlakteruwheid

Er is een samenhang tussen de ISO-kwaliteit van de passing en de oppervlakteruwheid, vergelijk tabel 4 in NEN-ISO 2768 (NEN-bundel 16) met de tabel in NPR 3638 (NEN-bundel 1). De passingsvlakken mogen geen hogere oppervlakteruwheid bezitten dan NPR 3637 aangeeft. Figuur 5.20 geeft enige voorbeelden. Worden voor de functie van de oppervlakken de richtlijnen uit NPR 3637 gevolgd, dan zullen geen problemen ontstaan.



Figuur 5.20 Verband tussen ruwheid en passing

#### 5.4.6 Normen

De volgende normen en praktijkrichtlijnen hebben betrekking op de oppervlakteruwheid:

##### NEN-Bundel 1:

- NEN 3631 Oppervlakteruwheid - Benamingen en definities
- NEN 3632 - Waardebepaling
- NPR 3637 - Richtlijnen voor het verband tussen de functie van een werkstukoppervlak en de ruwheid Ra
  
- NPR 3638 - Richtlijnen voor bereikbare waarden van de ruwheid Ra bij verschillende bewerkingsmethoden.

##### NEN-bundel 16:

- NEN 3634 - Ruwheidsaanduiding op tekeningen



# 2D tekening van buis- en profielconstructies

## Inhoud

### 6.1 Inleiding

### 6.2 Het tekenen van bochten

#### Overdruk

Design engineering feature (july 1979)

3-D tube bending takes math





# 2D tekening van buis- en profielconstructies

## 6.1 Inleiding

Veel gebruiksvoorwerpen zijn geheel of gedeeltelijk opgebouwd uit buis- of profielmateriaal (b.v. stoelframes, fietsen, etc.). Vooral het buismateriaal kan aanzienlijke tekenproblemen opleveren aangezien het uit constructieoverwegingen vaak praktisch is om de buis op meerdere plaatsen in meer vlakken onder een veelheid van hoeken te buigen. Dit kan tot gevolg hebben dat de figuur na orthogonale projectie een sterk vertekend beeld oplevert, waarin het zeer moeilijk is om een geschikte bemating aan te brengen. Middels gunstig gekozen hulpaanzichten kan dan wel wat bijgestuurd worden, maar bij een werkelijk complex constructie helpt ook dit niet meer. Hierbij wordt nog voorbijgegaan aan het verschuiven van de neutrale lijn, veroorzaakt door het buigen.

Om de vertekening die bij het gebruik van orthogonale projectie ontstaat te vermijden, verdient het soms aanbeveling de isometrische projectie te gebruiken en hierin maten en hoeken aan te geven.

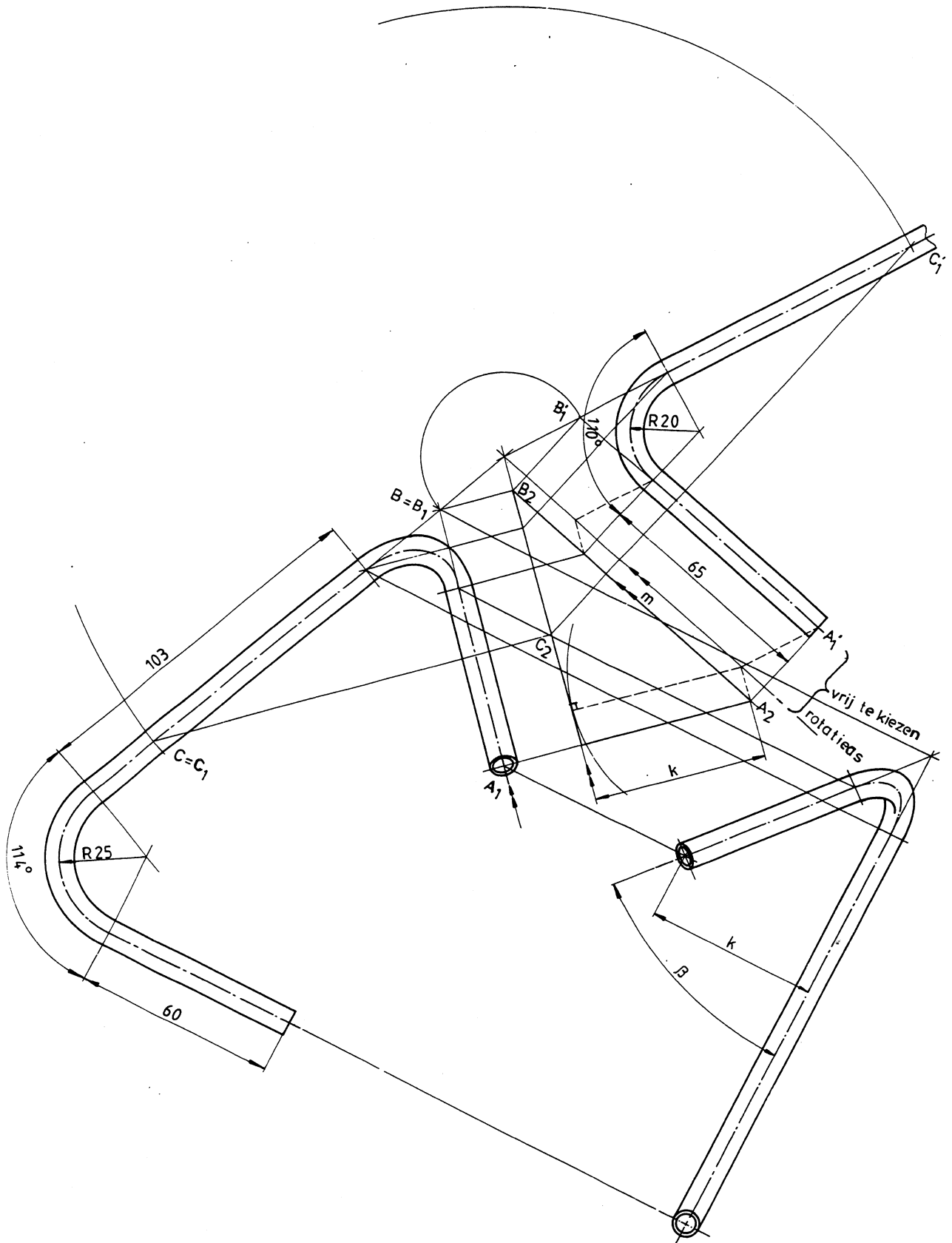
Op dit gebied zijn er nog geen normen opgesteld, zodat ieder bedrijf zijn eigen tekenafspraken zal hebben, dan wel geheel niet van tekeningen werkt, maar in plaats daarvan met buigmallen. Het is daarom verstandig om gebruik te maken van de hier het meest in de buurt liggende norm, NEN 2663, NEN-bundel 16 -Vereenvoudigde tekenwijze van pijpleidingen.

Om toch enig houvast te hebben wordt kort ingegaan in hoofdstuk 4 van diktaat 2D op algemene bematingsregels voor zowel orthogonale projectie als isometrie. Verder worden wat voorbeelden getoond met enige veel voorkomende problemen.

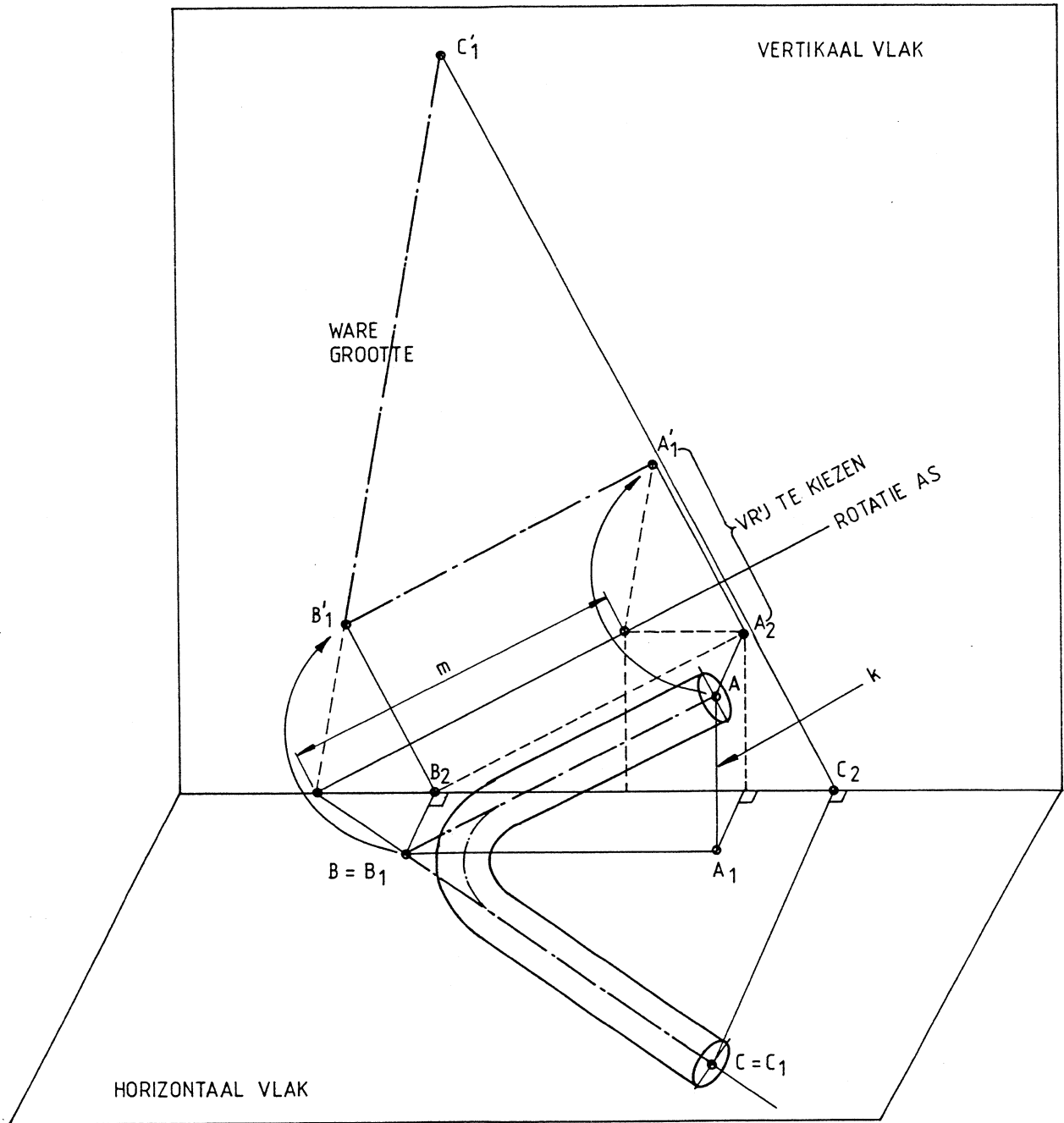
Aansluitend aan dit hoofdstuk is een artikel opgenomen dat wat dieper ingaat op het probleem van het nauwkeurig buigen van pijpen; ook wordt een berekeningsmethode gegeven. Dit artikel is, met toestemming van de uitgever, overgenomen uit: Product Engineering, Vol. 50, no. 7, David E. Brown: 3-D Tube Bending Takes Math.

## 6.2 Het tekenen van bochten

Komt de te maken bocht of de gewenste lengte steeds in verkorte vorm voor in de hoofdaanzichten, dan is het noodzakelijk om gebruik te maken van een hulpaanzicht. In dit hulpaanzicht wordt de 'ware grootte' van het figuurdeel weergegeven. In de praktijk kan dit nog wel eens een complex constructie opleveren. Vaak werd hier tot nu toe voor teruggegrepen naar constructievormen uit de beschrijvende meetkunde. Met de komst van de computer is een en ander wel te automatiseren, maar voor situaties waarbij het niet mogelijk is om van een applicatie programma voor buisconstructies gebruik te maken wordt de volledige "handmatige" constructie in figuur 6.1 getoond. Voor een beter begrip is de 'ruimtelijke' weergave van de constructie van een bochtdeel er aan toegevoegd (figuur. 6.2).



Figuur 6.1 Orthogonale projecties van een 'ruimtelijk' gebogen buis



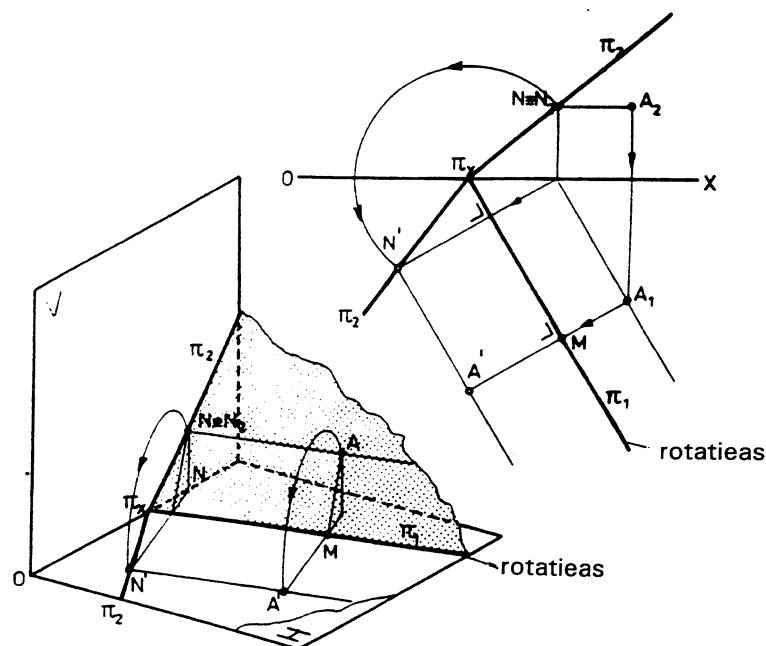
Figuur 6.2 'Ruimtelijke' weergave van een constructie van een bochtdeel

Bij de 'ware grootte constructie' van een ruimtelijke figuur als een bochtdeel wordt gebruik gemaakt van een techniek die wordt aangeduid met de term 'omwentelingsaffiniteit'.

De constructie start met het aanbrengen van een vlak door de hartlijnen van het bochtdeel. Dit vlak wordt gesneden met de betrokken projectievlakken. In dit geval het verticaal en het horizontaal projectievlak. Door verstandig kiezen van deze projectievlakken, bijvoorbeeld door een van de hartlijnen in een projectievlak te leggen, kan de constructie meestal eenvoudig gehouden worden.

De omwentelingsaffiniteit ontstaat door het vlak met de daarinliggende hartlijnen te wentelen om één van de snijlijnen die het vlak heeft met de projectievlakken. Dit wentelen gebeurt hierbij zodanig dat het vlak na wentelen samenvalt met één van de projectievlakken. Zich in het te wentelen vlak bevindende lijnen en punten zullen na wenteling dan ook samenvallen met het projectievlak waar naar toe wordt gewenteld.

Aan de posities van de punten en lijnen voor en na wenteling kunnen de volgende eigenschappen worden toegekend (zie hierbij figuur. 6.3):

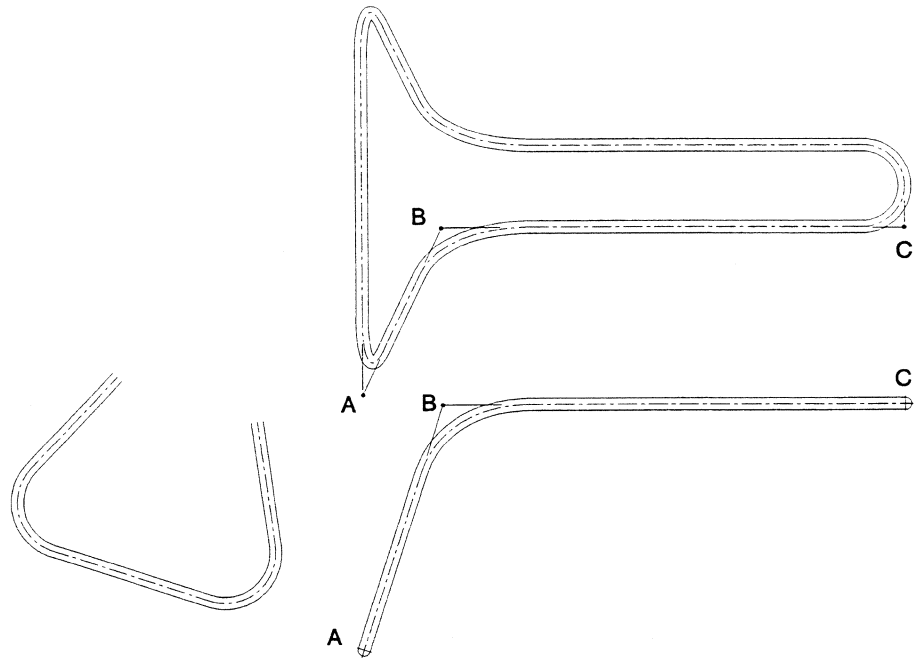


Figuur 6.3 Omwentelingsaffiniteit

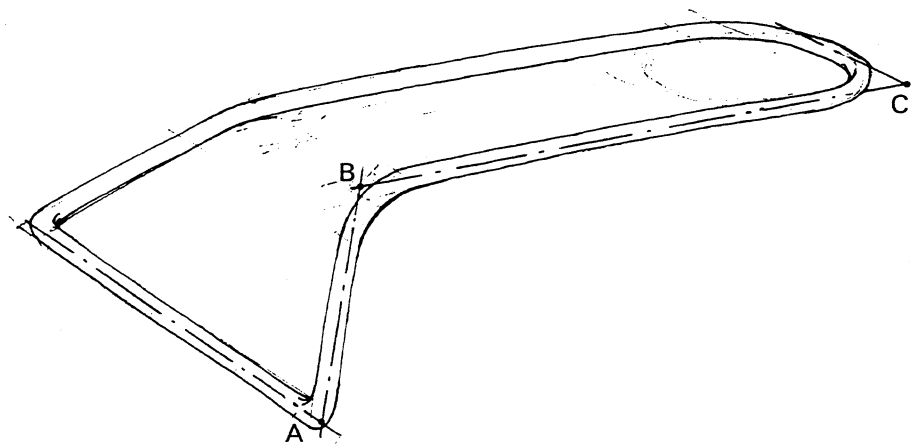
- de verbindinglijnen van corresponderende punten zijn evenwijdig en staan loodrecht op de omwentelingsas.
- de snijpunten van corresponderende lijnen liggen op een rechte (de affiniteitsas).

Let er op dat in de praktijk soms 'omgekeerd' moet worden geconstrueerd. Dit houdt in dat de ware grootte (hulpconstructie) bekend is en juist de projecties gevonden moeten worden. Gestart wordt dan vanuit het neergeslagen beeld (b.v. in het verticale vlak) en vervolgens wordt door een combinatie van deze informatie met informatie over de hoogte (k), de horizontale en verticale projectie gevonden. Let op de constructie van de rechte hoek die nodig is om "k" uit te zetten. Meet hiervoor "k" op uit de werkelijkheid, cirkel "k" om vanuit punt A en construeer de raaklijn. De afstand tussen de ware grootte en de rotatie-as is hierbij vrij te kiezen. Kies deze afstand wel zodanig dat de uiteindelijke figuur in een redelijke stand op het papier komt.

In het onderstaande stappenplan wordt voor een buisconstructie, waarvan de ware grootte bekend is, het plan van aanpak aangegeven. Dit leidt tot een afbeelding in het platte vlak. In figuur 6.4 worden de drie aanzichten van een buisconstructie getoond. Een ruimtelijke voorstelling van een buisconstructie is afgebeeld in de handschets van figuur 6.5. In beide figuren zijn punten aangegeven die overeenkomen met die in het stappenplan.

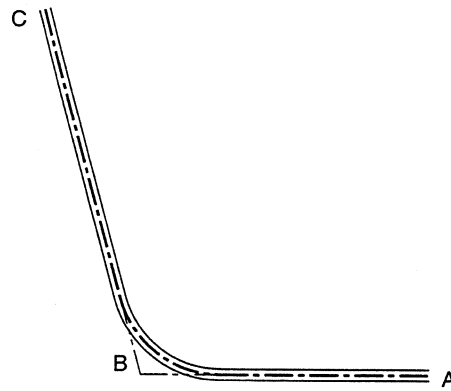


Figuur 6.4: Aanzichten van een buisconstructie, kinderfiets.



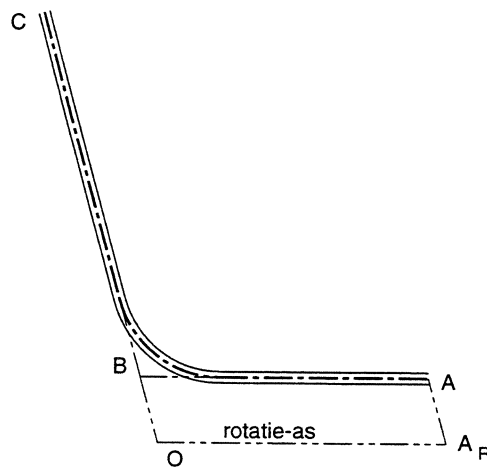
Figuur 6.5: Handschets van een buisconstructie, kinderfiets.

Stappenplan voor de buisconstructie waarbij de "ware grootte" (hulpconstructie) bekend is.



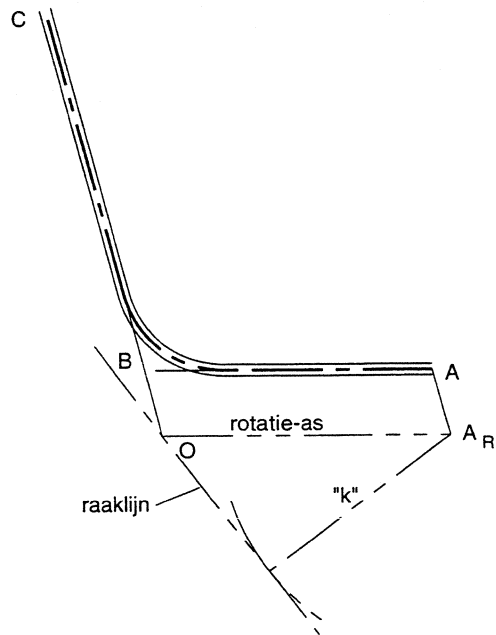
1<sup>e</sup> stap: teken de "ware grootte" in het platte vlak (op een handige plaats in de tekening).

- Meet eerst de lengten van de benen BA en CB op.
- Meet de hoek tussen de twee benen op.
- Bepaal de grootte van bocht.

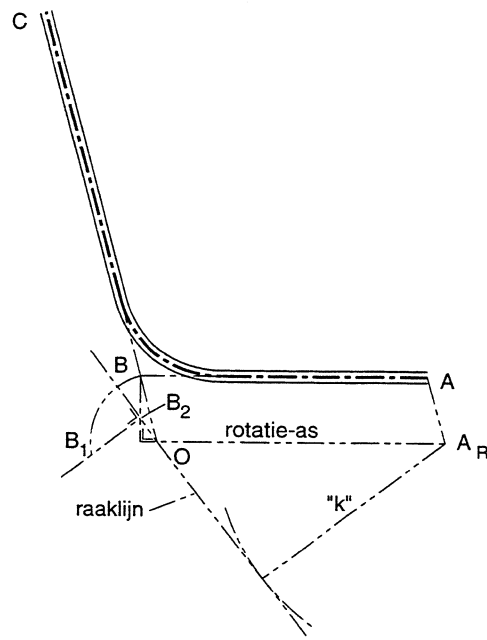


2<sup>e</sup> stap: omwentelingsas (rotatie-as)

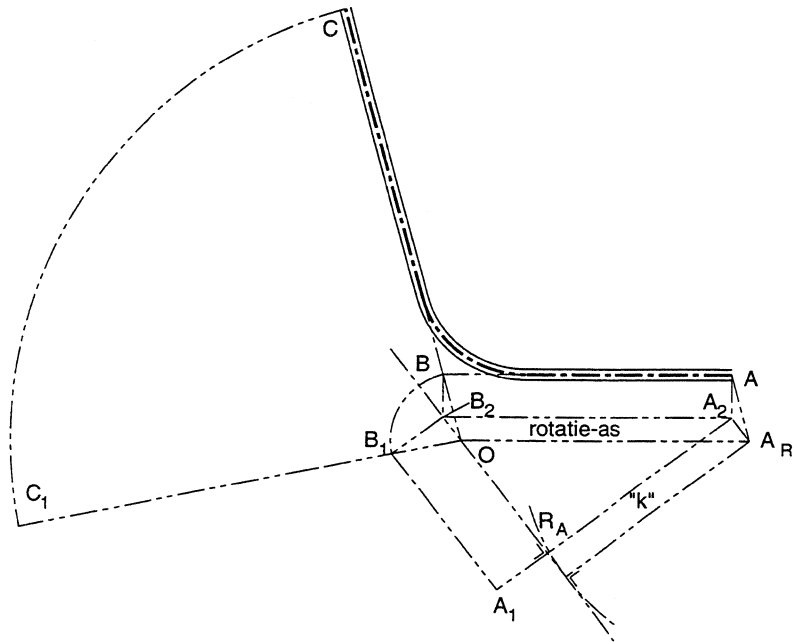
- Teken op een willekeurige afstand van been BA een lijn evenwijdig aan BA.
- Laat het verlengde van been CB de rotatie-as snijden. Het gevonden snijpunt wordt punt "O" genoemd.
- Teken een lijn evenwijdig aan BO vanuit punt C, deze lijn snijdt de rotatie-as in punt A<sub>R</sub>.



- 3<sup>e</sup> stap: uitzetten van de maat "k".
- Meet de maat "k" van het opstaande been.
  - Cirkel de maat "k" om van uit punt A<sub>R</sub>.
  - Trek een lijn door punt O en die raakt aan de cirkel met maat "k".

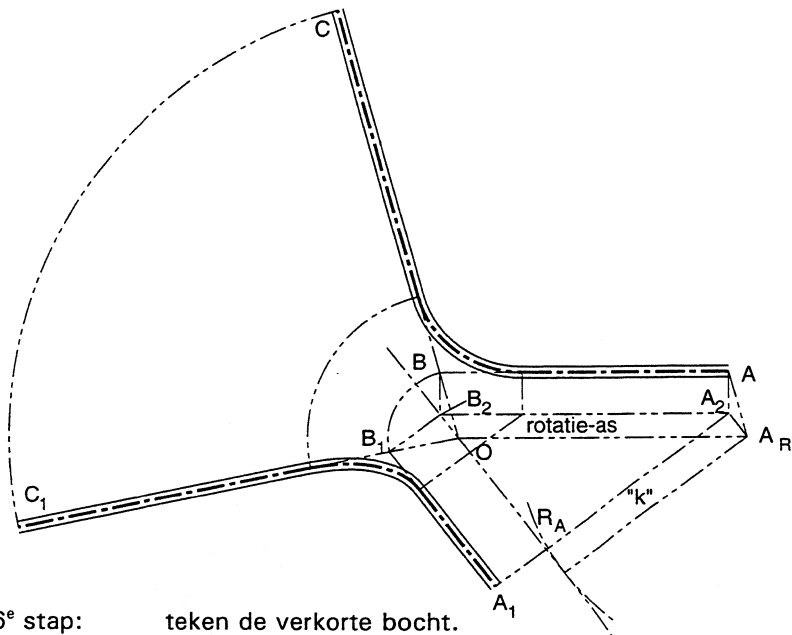


- 4<sup>e</sup> stap: teken punt B<sub>1</sub>, punt van een projectie
- Laat een loodlijn neer vanuit punt B op de rotatie-as totdat de raaklijn gesneden wordt in punt B<sub>2</sub>.
  - Vanuit dit snijpunt B<sub>2</sub> een loodlijn plaatsen op de raaklijn (affiniteitsas).
  - Cirkel OB om zodat de loodlijn gesneden wordt. Het snijpunt wordt B<sub>1</sub> genoemd



5<sup>e</sup> stap:

- teken het aanzicht van de buisconstructie.
- Vanuit punt  $B_1$  een lijn tekenen evenwijdig aan de raaklijn (affiniteitsas).
  - Lengte van  $B_1A_1$  wordt bepaald door de driehoek  $OA_RR_A$  te verschuiven over de raaklijn van punt  $O$  naar punt  $B_2$ .
  - De zijde  $A_RR_A$  komt op een nieuwe plaats te staan. Deze zijde krijgt de benaming  $A_2R_A^1$ .
  - Verleng deze zijde  $A_2R_A^1$  tot aan de lijn evenwijdig aan de raaklijn. Het gevonden (snij)punt wordt  $A_1$ .
  - Trek een lijn vanuit punt  $O$  door punt  $B_1$ .
  - De lengte  $B_1C_1$  wordt gevonden door  $OC$  om te cirkelen in punt  $O$ .



6<sup>e</sup> stap:

- teken de verkorte bocht.
- Cirkel één eindpunt van de bocht om vanuit punt  $O$ .
  - Laat een loodlijn neer vanuit het ander eindpunt van de bocht neer op de lijn  $B_2A_2$ . Het snijpunt is tevens het begin van een loodlijn op de lijn  $B_1A_1$ .
  - Teken de verkorte bocht, een kwart ellips.



# 3-D tube bending takes math

**Rigid metal conduits for liquids or wiring have a common design challenge: how to bend them consistently and accurately into 3-D configurations in moderate production**

Rigid bent tubing for flowing liquid or for the protection of wiring is needed in cars, aircraft, and equipment of all sorts. The problem is how to figure the exact bends and write an instruction that the bending machine operators can follow. This would apply to rods also.

The knowns are fairly straightforward: start with a system layout or assembly drawing showing fitting points that must be connected. Analyze the available space and choose the optimum path, making sure it is a series of straight line segments

with as few bends as possible.

Then it gets harder. Orthographic views on a detail drawing will show the desired tubing run, but making up the segments accurately on a tube bender is an art. At least six factors must be considered: distance between bends, angle of each bend, tubing rotation between bends, stretch, tubing rotation between bends, stretch, springback, and required blank lengths.

Bending machines work in this sequence: (a) the proper length blank is placed in the machine; (b) first straight length (an end) is extended (Fig 2); (c) first bend is made (Fig 3); (d) next straight length is extended (Fig 4); (e) tube is rotated to put next bend into plane of motion of bending head (Fig 5); (f) second bend is made (Fig 6); and (g) same steps

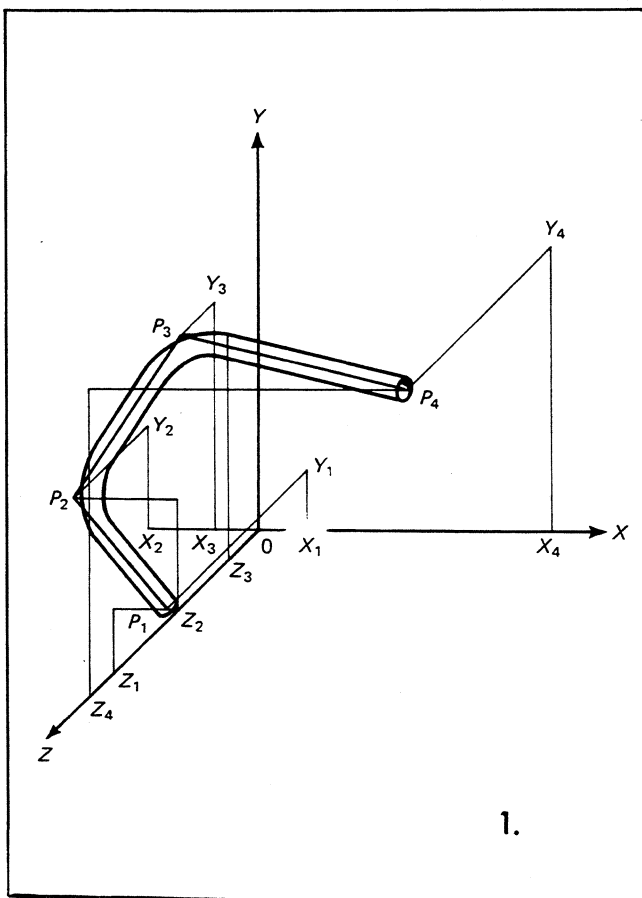
are repeated for rest of bends. The parameters are the same for a tube or solid rod.

**Calculation procedure.** The accompanying equations are self-explanatory, but the reasons for the sequences and an explanation of the symbols and coordinates will be helpful.

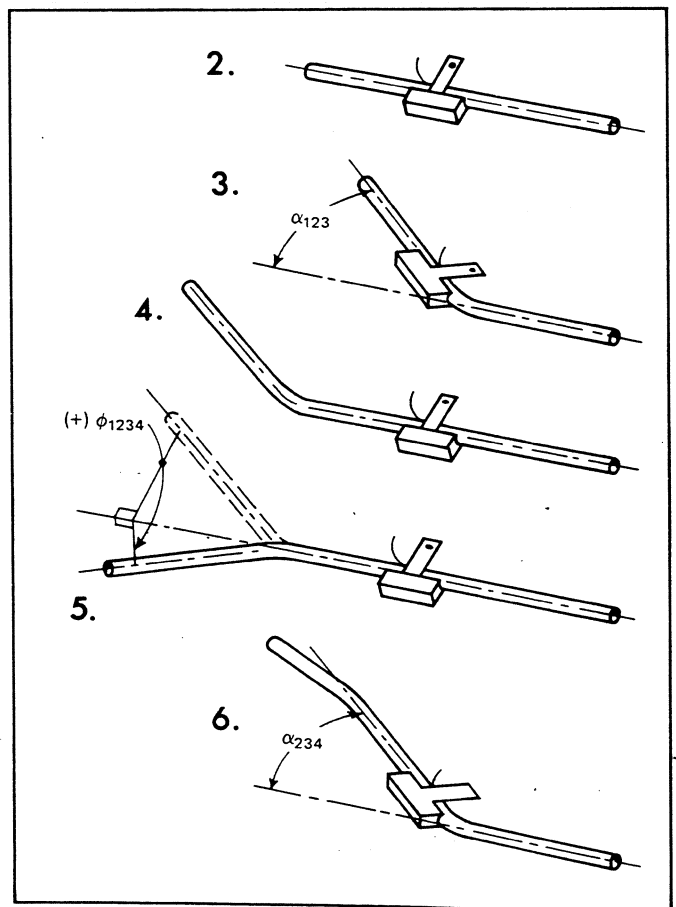
Points on the tube, including bends and end points, are designated  $P$ , with the coordinates given as subscripts or in parentheses. Starting point is  $P_1$ , intermediate points are  $P_2, P_3$ , etc, and the final point is  $P_F$ . The starting point is fully described as  $P_1 (X_1, Y_1, Z_1)$ , and the final point is  $P_F (X_F, Y_F, Z_F)$ .

Projected length of a segment along a given axis is designated  $L$ , with the chosen point-to-point designations and axes given

**David E. Brown**, systems mgr  
Flow measurement and control div.  
Geosource Inc., Erie, Pa



Coordinate system for depicting tubing bends is shown in conventional right hand orthographic projections



The bends are made in a series of precalculated steps involving linear and rotary motion

### Tube bending equations

#### A. Lengths between bend intersection points (ignoring bend radii)

Let  $L_{12x} = X_2 - X_1$   
 $L_{12y} = Y_2 - Y_1$   
 $L_{12z} = Z_2 - Z_1$  etc. for other points

The lengths between points of intersection are

$$L_{12} = (L_{12x}^2 + L_{12y}^2 + L_{12z}^2)^{0.5} \text{ etc.}$$

#### B. Bend magnitudes (see Fig. 3)

In calculating bend magnitudes, three successive points are evaluated for each bend, viz:

$P_1, P_2$  and  $P_3$  for the first bend  
 $P_2, P_3$  and  $P_4$  for the second bend, etc.

$$\alpha_{123} = \cos^{-1} \left[ \frac{L_{12x}L_{23x} + L_{12y}L_{23y} + L_{12z}L_{23z}}{(L_{12})(L_{23})} \right]$$

This gives the bend magnitude of the first point. Repeat for each following required bend, as follows:

$$\alpha_{234} = \cos^{-1} \left[ \frac{L_{23x}L_{34x} + L_{23y}L_{34y} + L_{23z}L_{34z}}{(L_{23})(L_{34})} \right], \text{ etc.}$$

#### C. Rotation between bends: coordinate rotation method

Position the origin of the reference system at the third of the four points being considered, viz:  $P_3 (X_{03} = Y_{03} = Z_{03} = 0)$   
 The following equations should be used in the sequence shown:

##### 1. If $X_{02} = 0$ , skip to step 2

$$\begin{aligned} X_{11} &= X_{01}B + Y_{01}A & X_{12} &= X_{02}B + Y_{02}A & X_{14} &= X_{04}B + Y_{04}A \\ Y_{11} &= -X_{01}A + Y_{01}B & Y_{12} &= -X_{02}A + Y_{02}B & Y_{14} &= -X_{04}A + Y_{04}B \\ Z_{11} &= Z_{01} & Z_{12} &= Z_{02} & Z_{14} &= Z_{04} \end{aligned}$$

$$\text{where } \beta_1 = \frac{-X_{02}}{|X_{02}|} \left[ \cos^{-1} \left[ \frac{Y_{02}}{(Y_{02}^2 + X_{02}^2)^{0.5}} \right] \right]$$

and  $A = \sin \beta_1$ ;  $B = \cos \beta_1$

##### 2. If $Z_{12} = 0$ , skip to step 3

$$\begin{aligned} X_{21} &= X_{11} & X_{22} &= X_{12} & X_{24} &= X_{14} \\ Y_{21} &= Y_{11}D + Z_{11}C & Y_{22} &= Y_{12}D + Z_{12}C & Y_{24} &= Y_{14}D + Z_{14}C \\ Z_{21} &= -Y_{11}C + Z_{11}D & Z_{22} &= -Y_{12}C + Z_{12}D & Z_{24} &= -Y_{14}C + Z_{14}D \end{aligned}$$

$$\text{where } \beta_2 = \frac{Z_{12}}{|Z_{12}|} \left[ \cos^{-1} \left[ \frac{Y_{12}}{(Y_{12}^2 + Z_{12}^2)^{0.5}} \right] \right]$$

and  $C = \sin \beta_2$ ;  $D = \cos \beta_2$

##### 3. If $Z_{21} = 0$ , skip to step 4

$$\begin{aligned} X_{31} &= X_{21}F + Z_{21}E & X_{32} &= X_{22}F + Z_{22}E & X_{34} &= X_{24}F + Z_{24}E \\ Y_{31} &= Y_{21} & Y_{32} &= Y_{22} & Y_{34} &= Y_{24} \\ Z_{31} &= -X_{21}E + Z_{21}F & Z_{32} &= -X_{22}E + Z_{22}F & Z_{34} &= -X_{24}E + Z_{24}F \end{aligned}$$

$$\text{where } \beta_3 = \frac{Z_{21}}{|Z_{21}|} \left[ \cos^{-1} \left[ \frac{X_{21}}{(X_{21}^2 + Z_{21}^2)^{0.5}} \right] \right]$$

and  $E = \sin \beta_3$ ;  $F = \cos \beta_3$

#### 4. Rotation angle between bends (Fig. 8)

$$\phi_{1234} = \frac{Z_{34}}{|Z_{34}|} \left[ \cos^{-1} \left[ \frac{X_{34}}{(X_{34}^2 + Z_{34}^2)^{0.5}} \right] \right]$$

Where  $\phi$  is the  $\leq 180^\circ$  angle between the plane containing  $(P_1, P_2)$  and the plane containing  $(P_3, P_4)$ . When viewed down the line  $L_{23}$  in the direction from  $P_3$  toward  $P_4$ :

Positive  $\phi$  indicates a clockwise rotation from  $P_4$  to  $P_1$   
 Negative  $\phi$  indicates a counter-clockwise rotation from  $P_4$  to  $P_1$

#### D. Plane rotation method (see text)

In calculating rotations between bends, four successive points are evaluated for each rotation. The first rotation (between the first and second bends) evaluates points  $P_1, P_2, P_3$  and  $P_4$ . The second rotation (between the second and third bends) evaluates points  $P_2, P_3, P_4$  and  $P_5$  (see Fig. 1). The rotation required between bends  $\alpha_{123}$  and  $\alpha_{234}$  is:

$$\phi_{1234} = \cos^{-1} \left[ \frac{A_1A_2 + B_1B_2 + C_1C_2}{(A_1^2 + B_1^2 + C_1^2)^{0.5} (A_2^2 + B_2^2 + C_2^2)^{0.5}} \right]$$

where:  $A_1 = (Y_1Z_2 + Y_2Z_3 + Y_3Z_1 - Y_1Z_3 - Y_2Z_1 - Y_3Z_2)$   
 $B_1 = (X_1Z_3 + X_2Z_1 + X_3Z_2 - X_1Z_2 - X_2Z_3 - X_3Z_1)$   
 $C_1 = (X_1Y_2 + X_2Y_3 + X_3Y_1 - X_1Y_3 - X_2Y_1 - X_3Y_2)$

and:  $A_2 = (Y_2Z_3 + Y_3Z_4 + Y_4Z_2 - Y_2Z_4 - Y_3Z_2 - Y_4Z_3)$   
 $B_2 = (X_2Z_4 + X_3Z_2 + X_4Z_3 - X_2Z_3 - X_3Z_4 - X_4Z_2)$   
 $C_2 = (X_2Y_3 + X_3Y_4 + X_4Y_2 - X_2Y_4 - X_3Y_2 - X_4Y_3)$

Refer to conventional orthographic and auxiliary views to determine the direction, clockwise or counter-clockwise, of this value. Also see text for simplified special case

The coefficients  $A_1, B_1$  and  $C_1$  above, in combination with:

$$D_1 = (X_1Y_3Z_2 + X_2Y_1Z_3 + X_3Y_2Z_1 - X_1Y_2Z_3 - X_2Y_3Z_1 - X_3Y_1Z_2)$$

form an equation for the plane containing  $P_1, P_2$  and  $P_3$  of the form  $A_1X + B_1Y + C_1Z + D_1 = 0$

Likewise, the coefficients  $A_2, B_2$  and  $C_2$  above, in combination with:

$$D_2 = (X_2Y_4Z_3 + X_3Y_2Z_4 + X_4Y_3Z_2 - X_2Y_3Z_4 - X_3Y_4Z_2 - X_4Y_2Z_3)$$

form an equation for the plane containing  $P_2, P_3$  and  $P_4$  of the form  $A_2X + B_2Y + C_2Z + D_2 = 0$

and the angle at which the half-planes containing  $L_{12}$  and  $L_{34}$  intersect is  $\phi_{1234}$

#### E. Required blank length and length between bends (Fig. 9)

For bent rods where all bend radii ( $R$ ) are equal:

##### 1. Blank length, $L_B$

$$L_B = L_{12} + L_{23} + \dots + [R(\alpha_{123} + \alpha_{234} + \dots) - 2R(\tan(\alpha_{123}/2) + \tan(\alpha_{234}/2) + \dots) - \sum_{F=1}^N e_F]$$

##### 2. Straight length between bends, $L'$

$$L'_{12} = L_{12} - R[\tan(\alpha_{123}/2)]$$

$$L'_{23} = L_{23} - R[\tan(\alpha_{123}/2) + \tan(\alpha_{234}/2)]$$

where  $N$  = number of bends;  $\alpha$  = radians

### An Example

1. The coordinates of the points on the rod illustration in Fig. 7 are:

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
X	-7.5	-12.5	0	7.5
Y	15.0	40.0	0	12.5
Z	-7.5	2.5	0	7.5

2. Using the equations above, the lengths are  $L_{12} = 27.386$ ,  $L_{23} = 41.982$ ,  $L_{34} = 16.394$

3. Using the equations above, the bend magnitude for the two bends are:  $\alpha_{123} = 161^\circ 03' 47''$ ;  $\alpha_{234} = 128^\circ 08' 07''$

4. Using the equations in C, the plane coefficients are:

$A_1 = 337.5$	$A_2 = -268.75$
$B_1 = 112.5$	$B_2 = -112.5$
$C_1 = -112.5$	$C_2 = 456.25$
$D_1 = 0$	$D_2 = 0$

yielding:

$$337.5X + 112.5Y - 112.5Z = 0;$$

$$-268.75X - 112.5Y + 456.25Z = 0;$$

and a rotation of  $\phi_{1234} = 139^\circ 58' 54''$

5. Using the equations in D, it is found that:

$$\phi_{1234} = +139^\circ 58' 54'' \text{ (clockwise)}$$

and:

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$\beta_1 = 17^\circ 21'$				
X	-2.68	0	0	10.89
Y	16.55	41.91	0	9.69
Z	-7.50	2.50	0	7.50

$\beta_2 = 3^\circ 24'$

X	-2.68	0	0	10.89
Y	16.07	41.98	0	10.12
Z	-8.47	0	0	6.91

$\beta_3 = -107^\circ 35'$

X	8.88	0	0	-9.88
Y	16.07	41.98	0	10.12
Z	0	0	0	8.29

6. Using the equations above, given  $R = 2.0$

$$L'_{12} = 15.394$$

$$L'_{23} = 25.877$$

$$L'_{34} = 12.281$$

$$L_B = 63.644 \text{ (ignoring rod stretch)}$$

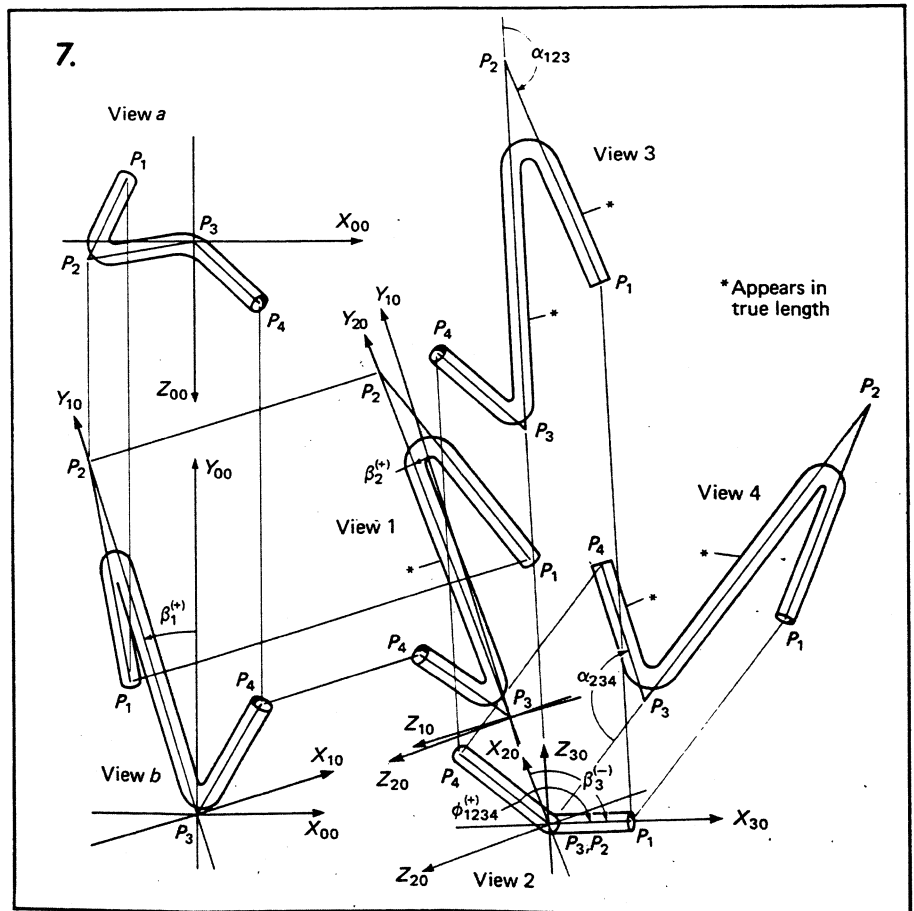
as subscripts. For example, the projected length of  $P_1$  to  $P_2$  along the Z axis is  $L_{12Z}$  or  $Z_2 - Z_1$ . Another way of writing the expression is  $Z_{02} - Z_{01}$ , which means the same thing but is a little easier to program on the computer. We've used these and similar expressions both ways interchangeably in the text and drawings.

Actual length of a segment between bends, ignoring bend radii, is the square root of the sum of the squares of the projected lengths. For example,  $L_{12} = (L_{12X}^2 + L_{12Y}^2 + L_{12Z}^2)^{0.5}$

Bends in a single plane involve three points: say  $P_1, P_2$  and  $P_3$  for the first bend; and  $P_2, P_3$ , and  $P_4$  for the second bend. The bend angle is designated  $\alpha$ . For example, the bend angle of points 1, 2 and 3 is  $\alpha_{123}$ , and for the bend 2, 3, and 4 it's  $\alpha_{234}$ . See equations box for the math.

Rotation (twist) of the tube between bends (Fig 8) involves four points: say  $P_1, P_2, P_3$ , and  $P_4$ . The math is a little more involved, but can be followed step by step in the equations box and the example. The

**The coordinate rotation method** is designed for computer calculation. Views a and b are conventional orthographic views, using the original reference/coordinate system. The plus and minus signs over the angles indicate negative or positive angles. The symbols are explained in text



symbol is  $\phi$ . For example,  $\phi_{1234}$  is the tube twist between bend 123 and bend 234 (Fig 7).

Two methods of determining rotation between bends are included in the equations. The first is the coordinate rotation method; the second is the plane rotation method. Each has its advantages and will be separately described.

The coordinate rotation method (Fig 7) is adaptable to computerization because the direction of rotation can be computed directly without use of reference drawings. Angle  $\beta$  is the defined rotation of a given

pictorial view to enable a draftsman to draw the true length of a desired segment. An example is view 1 in Fig 7. The dimensions for drawing or checking conventional auxiliary views are a by-product of this work.

The plane rotation method, which is simpler, is good for designing tube configurations that lie in prescribed planes, or are coplanar with other bent tubes, as in heat exchangers.

A special case for the coordinates in the tube bending equations, section  $D$ , is when  $X_3 = Y_3 = Z_3$  (or  $X_{03} = Y_{03} = Z_{03}$ , which

means the same). For that condition, use these values for  $A$ ,  $B$ , and  $C$ :

$$A_1 = (Y_1Z_2 - Y_2Z_1)$$

$$B_1 = (X_2Z_1 - X_1Z_2)$$

$$C_1 = (X_1Y_2 - X_2Y_1)$$

$$A_2 = (Y_4Z_2 - Y_2Z_4)$$

$$B_2 = (X_2Z_4 - X_4Z_2)$$

$$C_2 = (X_4Y_2 - X_2Y_4)$$

Most of the computations can be done on a hand calculator, but here are some tips. If zero divided by zero gives an error signal, add an arbitrary small number (say  $1 \times 10^{-6}$ ) to numerator and denominator. Also note we have designated the absolute values in the denominators for equation of coordinate rotation. The fraction is always 1.0, plus or minus, but the sign is changed to match the quadrant. This makes computer programming easier.

**Rod stretch and springback.** When material is plastically formed by the wipon motion of machine elements in figures through 6, it undergoes some elongation as measured along the tube or rod centerline in the region of the curved bend. Generally this stretch will be proportionate to the magnitude of the bend:  $e_F = K\alpha_F R$ , where  $e_F$  = stretch in bending,  $K$  = empirically derived constant ( $K < 1$ ),  $\alpha_F$  = bend magnitude, radius and deg, and  $R$  = bend radius at rod centerline.

The result of stretch is to require shorter rod blank length (Fig 9) by the amount of the sum of bend stretch values along its lengths.

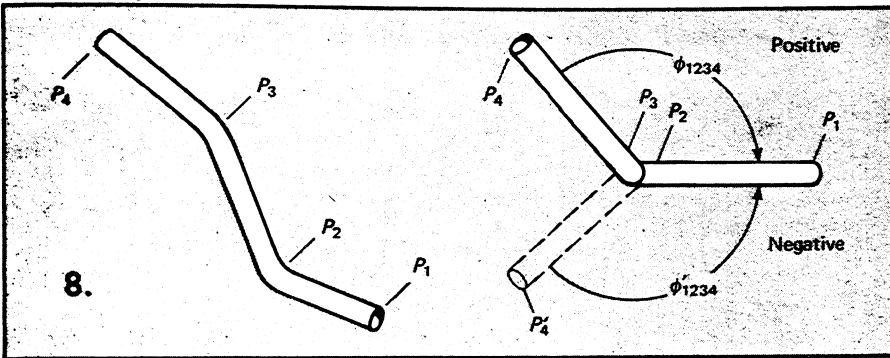
Some spring-back will occur. The angular spring-back value will be a function of material modulus, bend magnitude, material yield strength, and forming method. The relationship is  $\alpha_{mi} = K\alpha_{mi}$  where  $\alpha_{mi}$  = machine bend magnitude, radius or deg,  $K$  = an empirically derived constant, and  $\alpha_{mi}$  = bend magnitude required in radians or deg. This will require a machine angular bend setting slightly larger than the required bend.

**Auxiliary Views.** Apart from the conventional orthographic views, four auxiliary views (Fig 7) are required to show in true length for dimensioning purposes the elements of a four point bent tube (two bends and one rotation).

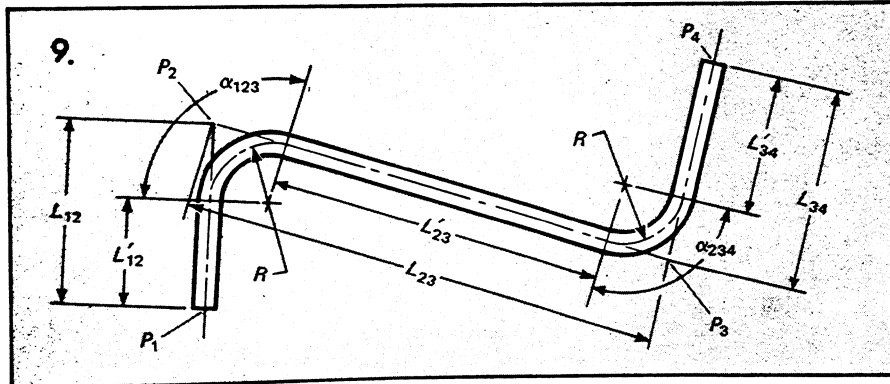
The first auxiliary view (view 1) is projected perpendicular to line  $(P_2, P_3)$  in view  $b$  to give true length. The coordinates are given above.

The second auxiliary view (View 2) is projected parallel to line  $(P_2, P_3)$  in view 1. This view will show line  $(P_2, P_3)$  as point, and true magnitude of  $\phi_{1234}$ .

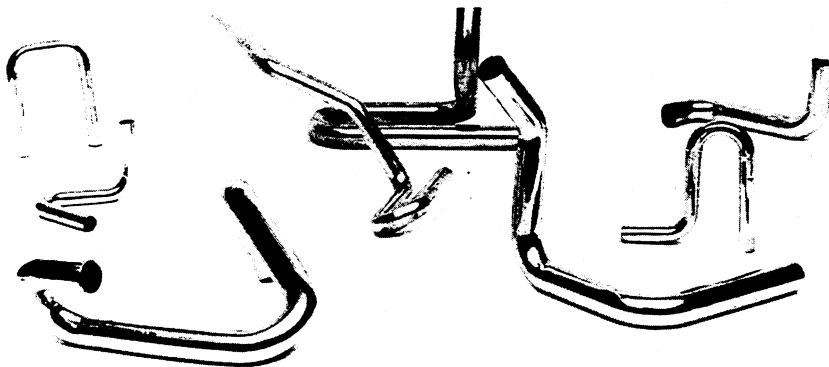
The third and fourth auxiliary views (views 3 and 4) are projected perpendicular to lines  $(P_1, P_2)$  and  $(P_3, P_4)$  in view 1. These views will show respectively the true magnitudes  $L_{12}$ ,  $\alpha_{123}$  and  $L_{34}$  and  $\alpha_{234}$ .  
For a free reprint of this article, circle 2.



**Rotation angle between bends** involves four points and needs somewhat complex math to figure the twist. The equations and text explain how it is done



**Length between bends** and the required blank length are two of the goals of the computation procedure. Don't forget to allow for normal tubing stretch



**Application of method** results in consistent and accurate bending of tubing as seen in samples from actual manufacturer (Tridan)

# Verbindingen

## Inhoud

### **7.1 Indeling in groepen**

### **7.2 Norm- en standaarddelen met schroefdraad**

- 7.2.1 Normdelen met schroefdraad
- 7.2.2 Begrippen bij schroefdraad
- 7.2.3 Tekenwijze van schroefdraad
- 7.2.4 Bemating van schroefdraad

### **7.3 Weergeven van objectverbindingen; Norm- en standaarddelen**

- 7.3.1 Bout of schroef
- 7.3.2 Tekenwijze van zeskantbout en zeskantmoer
- 7.3.3 Houtschroeven, draadnagels en nieten

### **7.4 Weergeven van vormverbindingen**

- 7.4.1 Lijmen, lassen en solderen
- 7.4.2 Las-, lijm- of soldeerpositie



# Verbindingen

Bij samengestelde produkten moet de verbindingstechniek al vooraf worden vastgesteld (b.v. een vaste of losneembare verbindingen).

De vakken mechanica, statica, werktuigonderdelen, konstruktieeler, etc. geven de criteria voor de verschillende verbindingstechnieken.

In P. Orlov, Fundamentals of Machine Design deel 3 en 4 worden verschillende bevestigingstechnieken besproken.

Welke verbindingmethode gekozen is moet blijken uit de samenstellingstekening.

## 7.1 Indeling in groepen

- 1 Objectverbindingen; elementen worden door het aanbrengen van een of meer bevestigingsartikelen verbonden (norm- en standaarddelen zoals schroeven, nagels, etc)
- 2 Vormverbindingen; elementen worden verbonden door in elkaar grijpen van (delen van) deze elementen (klik- of snapverbindingen, sommige plaatwerkverbindingen)
- 3 Materiaalverbindingen; elementen worden verbonden door een al dan niet toegevoegd vloeibaar of plastisch materiaal (lijmen, lassen, solderen, kitten en vulcaniseren)

Verbindingen kunnen ook worden onderscheiden in:

Losneembare verbindingen, die op eenvoudige wijze losgenomen kunnen worden zonder beschadiging van de verbonden elementen (o.a. boutverbindingen, sommige klikverbindingen).

Moeilijk losneembare verbindingen, die slechts door vernietiging van het verbindingsmiddel kunnen worden losgenomen, wat meestal ook gepaard gaat met schade aan de verbonden elementen (o.a. klinkverbindingen en sommige asborgringen).

Niet losneembare verbindingen kunnen alleen met geweld worden losgenomen, wat grote schade geeft aan de verbonden elementen (o.a. las/lijmverbindingen, klikverbindingen)

Een vaste verbinding ontstaat als de verbonden elementen geen enkele vrijheidsgraad meer hebben t.o.v. elkaar.

Sommige verbindingen staan beweging van de verbonden elementen toe in één of meerdere richtingen (scharnier, draaipunt).

De keuze van het verbindingsmiddel wordt bepaald door de eisen die de

ontwerper stelt op het gebied van: sterkte, montage en demontage, duurzaamheid en veiligheid, vormgeving en de kosten.

## 7.2 Norm- en standaarddelen met schroefdraad

Dit zijn meestal onderdelen, bevestigingsartikelen genaamd, die gebruikt worden voor het realiseren van verbindingen. De beschrijving van deze bevestigingsartikelen is vastgelegd in normen of standaards.

NPR 1800 toont een overzicht van de normen voor bevestigingsartikelen. Ook normdelen zonder schroefdraad vallen hier onder.

In NEN-ISO 225 zijn de benamingen vastgelegd van afmetingen van bouten, schroeven, tapeinden en moeren, deze norm is in NEN-bundel 1 afgedrukt (met een 7-talige lijst van benamingen).

### 7.2.1 Normdelen met schroefdraad

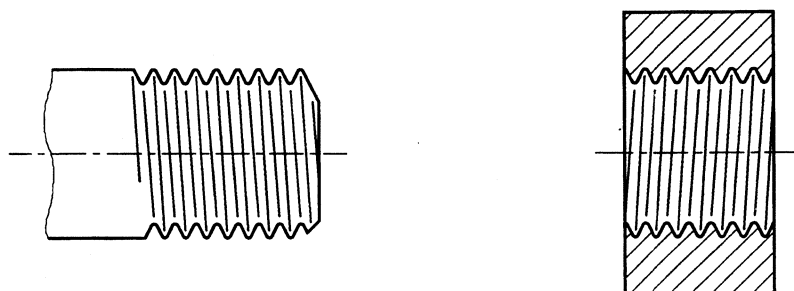
Schroefdraad is een bepaald profiel op een omwentelingslichaam (bijv. een cilinder of kegel). Dit profiel beschrijft een schroeflijn. Bij draaiing om zijn omwentelingsas loopt het profiel langs een vast punt. Hierdoor ontstaat een rechtlijnige (axiale) beweging op het omwentelingslichaam van de as. Dit maakt het mogelijk een draaiende beweging om te zetten in een rechtlijnige beweging (bewegingsschroefdraad). Ook kan de rechtlijnige beweging worden gebruikt voor het uitoefenen van een axiale klemkracht (bevestigingsschroefdraad).

De schroefdraad kan zijn aangebracht aan de buitenzijde of aan de binnenzijde van een omwentelingslichaam (buitendraad resp. binnendraad). Door samenwerking van buiten- en binnendraad vervult de schroefdraad zijn functie. Bij afwezigheid van binnendraad kan de buitendraad zelf bij het inschroeven (in een gat) de binnendraad vormen (bijv. zelftappende schroeven en houtschroeven).

### 7.2.2 Begrippen bij schroefdraad

#### - Buitendraad (uitwendige schroefdraad)

Een buitendraad is een schroefdraad, die wordt gesneden, gerold of geperst op een cilindrisch lichaam (figuur 7.1a).



a buitendraad

b binnendraad

Figuur 7.1 Schroefdraad.

#### - Binnendraad (inwendige schroefdraad)

Een binnendraad is een schroefdraad, die wordt gesneden, getapt, gerold of geperst in de buitenomtrek van een cilindrisch gat (figuur 7.1b).



### - Nominale maat

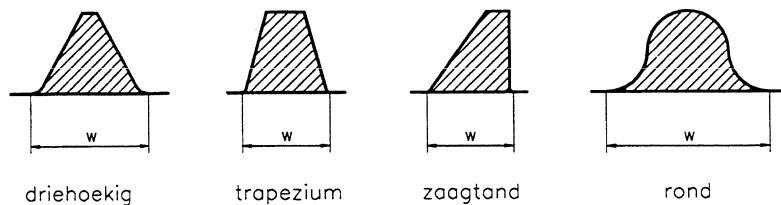
De nominale maat is de grootste diameter (buitenmiddellijn) van de schroefdraad, aangeduid met de letter  $d$ .

Voorbeeld: M10 betekent een metrische schroefdraad met een nominale diameter van 10 mm.

Een uitzondering hierop vormen de bevestigingspijpschroefdraad (NEN 176) en de afdichtende pijpschroefdraad (NEN 3258). Hier is de nominale maat de inwendige diameter van de buis waarop de schroefdraad is gesneden.

### - Profiel

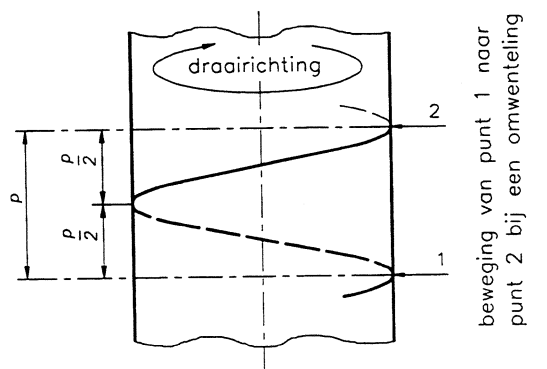
Het profiel is een onveranderlijke vlakke vorm, waarvan de basis ( $w$ ) gewenteld wordt om de cilinder of kegel (figuur 7.2).



Figuur 7.2 Profielen van schroefdraad.

### - Spoed ( $p$ )

De spoed van een schroeflijn (draad) is de verplaatsing van het beschrijvende punt gemeten in de asrichting, gedurende één omwenteling (figuur 7.3).



Figuur 7.3 Spoed van een schroeflijn.

### - Cilindrische schroefdraad

Cilindrische schroefdraad ontstaat indien de basis van het profiel valt langs de beschrijvende lijn van een cilinder.

### - Conische schroefdraad

Conische schroefdraad ontstaat indien de basis van het profiel valt langs de beschrijvende lijn van een kegel.

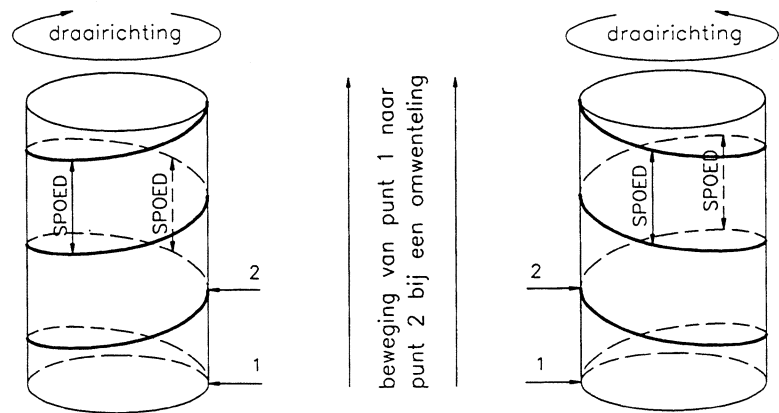
### - Rechtse schroefdraad

Neemt de schroeflijn van links naar rechts toe ten opzichte van de omwentelingsas dan wordt gesproken over rechtse schroefdraad. Er

ontstaat dan een beweging langs de as in dezelfde richting als de toename van de schroeflijn (figuur 7.4a).

- Linkse schroefdraad

Neemt de schroeflijn van links naar rechts af ten opzichte van de omwentelingsas dan wordt gesproken over linkse schroefdraad. Er ontstaat dan een beweging langs de as in dezelfde richting als de afname (figuur 7.4b).



a rechtse schroefdraad

b linkse schroefdraad

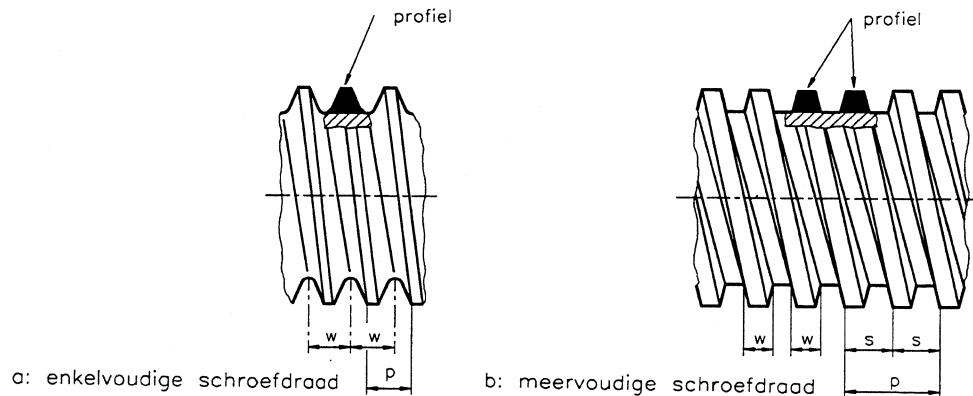
Figuur 7.4 Rechtse en linkse schroefdraad.

- Enkelvoudige schroefdraad

Enkelvoudige schroefdraad ontstaat door een enkelvoudig profiel te bewegen als omschreven bij schroefdraad (figuur 7.5a).

- Meervoudige schroefdraad

Meervoudige schroefdraad ontstaat door een meervoudig profiel te bewegen als beschreven bij schroefdraad; die voor n-voudige schroefdraad bestaat uit n profielen achter elkaar (figuur 7.5b). Deze schroefdraad wordt gebruikt als bewegingsschroefdraad voor b.v. schroefspillen bij gereedschapswerktuigen. Meervoudige schroefdraad wordt ook gebruikt voor de sluiting van glazen potten voor voedingsmiddelen (jam, augurken).



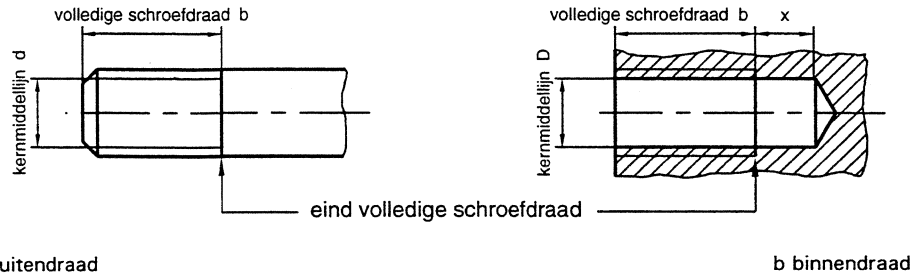
a: enkelvoudige schroefdraad

b: meervoudige schroefdraad

Figuur 7.5 Enkelvoudige en meervoudige schroefdraad.

- Volledige schroefdraad

Volledige schroefdraad is het gedeelte van de schroefdraad dat het volledige profiel bezit (figuur 7.6), aangeduid met  $b$ .



Figuur 7.6 Aanduiding volledige schroefdraad en kernmiddellijn ( $d_1$  of  $D_1$ ).

- Kernmiddellijn (kerndiameter)

De kernmiddellijn is de kleinste middellijn van de schroefdraad (de diameter van het omwentelingslichaam waar het profiel omheen loopt). De kernmiddellijn voor buitendraad wordt aangeduid met  $d_1$ , die voor binnendraad met  $D_1$ .

- Schroefdraaduitloop

De schroefdraaduitloop is dat cilindrische deel van de diepte van het geboorde gat onder de volle schroefdraad ( $x$ ).

nominale middellijn D	boormaat $D_1$ NPR 3189	uitloop x DIN 76T1
M3	2,5	3
M4	3,3	4
M5	4,2	4
M6	5,0	5
M8	6,8	5
M10	8,5	7
M12	10,2	8
M16	14,0	9
M20	17,5	11
M24	21,0	13
M30	26,5	15
M36	32,0	17

Tabel 7.1 Richtlijn voor boormaat en uitloop bij Metrische schroefdraad (De maat x is hierbij afgerond op hele mm"s.)

## - Boormaat

De boormaat is in beginsel gelijk aan de schroefdraadmiddellijn  $D$  minus de spoed, maar wordt afgerond (zie tabel 7.1). In NEN-bundel 1 staat NPR 3189 Boormaten voor kerngaten van schroefdraad, Richtwaarden; hierin staan behalve de boormaten voor metrische draad ook die voor andere schroefdraden vermeld.

### 7.2.3 Tekenwijze van schroefdraad

Een schroefdraad tekenen zoals die er in werkelijkheid uitziet is zeer omslachtig. Daarom is er een vereenvoudigde tekenwijze ontwikkeld zoals beschreven in NEN 2356 (NEN-bundel 16).

Belangrijke regels uit NEN 2356:

#### 1. Schroefdraad getekend in aanzicht

Buitendraad = uitwendige schroefdraad (figuur 7.7a).

De nominale middellijn  $d$  wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

De kernmiddellijn  $d_1$  wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

In boven- of zijaanzicht wordt de kernmiddellijn getekend met een dunne cirkellijn over ruim drie kwadranten, de opening in het derde kwadrant.

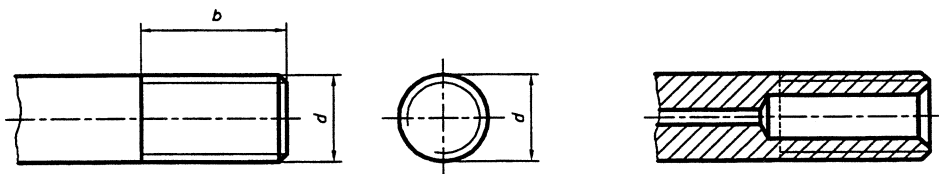
Het eind van de schroefdraadlengte  $b$  wordt getekend met een dikke lijn.

De schroefdraaduitloop wordt niet getekend.

Binnendraad = inwendige schroefdraad (figuur 7.8a).

De nominale middellijn  $D$  wordt in boven- of zijaanzicht getekend met een dunne cirkellijn over ruim drie kwadranten, de opening in het derde kwadrant.

De kernmiddellijn  $D_1$  wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).



a aanzicht

b doorsnede

Figuur 7.7 Tekenwijze en bemating van buitendraad

#### 2. Schroefdraad getekend in doorsnede

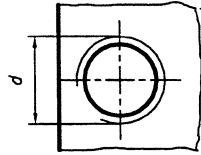
Buitendraad = uitwendige schroefdraad (figuur 7.7b).

De nominale middellijn  $d$  (de steel) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

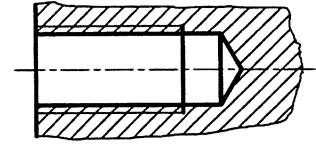
De kernmiddellijn  $d_1$  wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

Het eind van de schroefdraadlengte  $b$  wordt getekend met een niet-zichtbare begrenzingslijn.

De schroefdraaduitloop wordt niet getekend.



a aanzicht



b doorsnede

Figuur 7.8 Tekenwijze en bemating van binnendraad

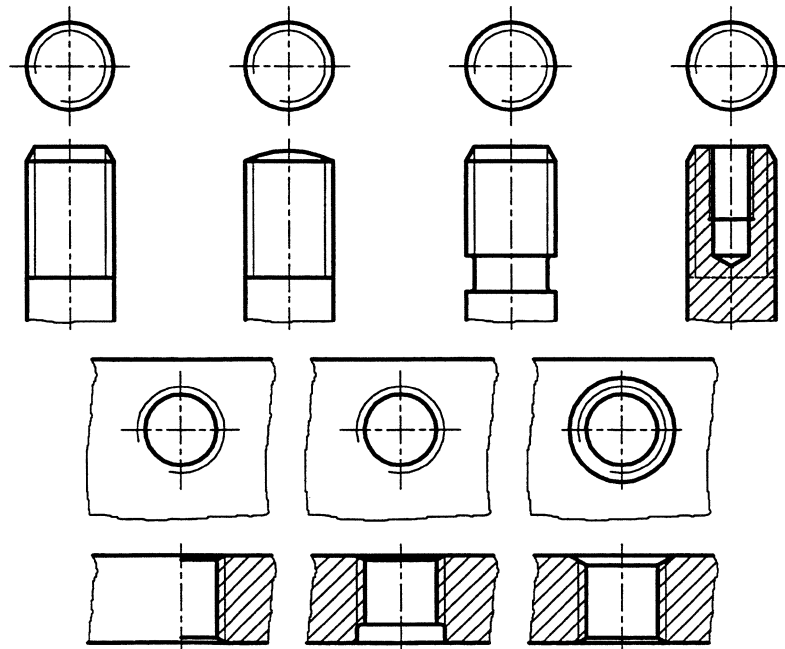
Binnendraad = inwendige schroefdraad (figuur 7.8b).

De nominale middellijn  $D$  wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

De kernmiddellijn  $D_1$  (het geboorde gat) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

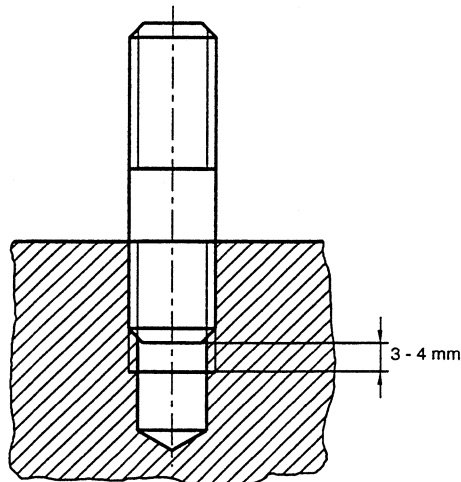
Het eind van de schroefdraadlengte  $b$  wordt getekend met een dikke lijn.

In een doorsnede loopt de arcering altijd door tot de dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).



Figuur 7.9 Voorbeelden van de tekenwijze van schroefdraad

In een doorsnede wordt een samenstelling van binnen- en buitendraad zo getekend dat de buitendraad de binnendraad bedekt. De arcering blijft, ook in een samenstelling, doorlopen tot de dikke lijn (figuur 7.10).



tapeind in draadgat geplaatst

Figuur 7.10 Samenstelling van buiten- en binnendraad

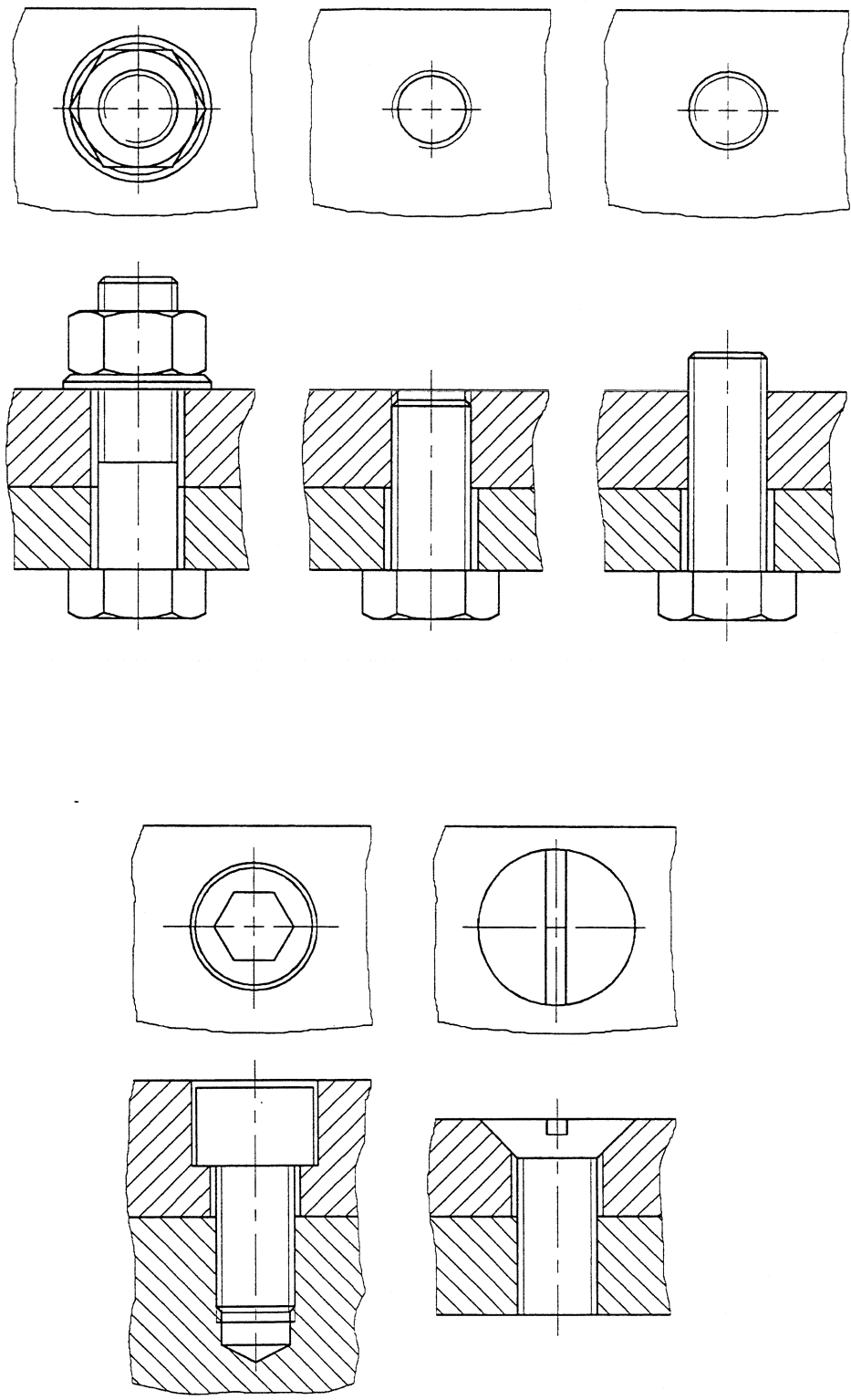
In NEN-bundel 1 staat NPR 2900 SCHROEFDRAAD, een overzicht van aanbevolen normen.

Raadpleeg voor een compleet overzicht de uitgave: Schroefdraad van het Nederlands Normalisatie-Instituut, o.a. in de Centrale Bibliotheek aanwezig; Het ISO Standards Handbook 18 Fasteners and screw threads (aanwezig in het Technisch Dokumentatie Centrum, TDC) geeft een vrijwel compleet overzicht van alle ISO-normen op het gebied van bevestigingsmiddelen.

Een aantal voorbeelden van verbindingen met schroefdraad wordt getoond in figuur 7.11. Hierin zijn de meest voorkomende situaties weergegeven. Merk op dat normdelen niet worden doorgesneden bij een doorsnede van een verbinding. Deze figuur toont ook het juiste gebruik van dikke en dunne lijnen bij het tekenen van schroefdraad.

Het tekenen van de juiste diepte van de schroefdraad en het boorgat moet gebeuren zoals aangegeven bij de cilinderkopschroef in figuur 7.11 linksonder.

LET OP: De arcering loopt altijd door tot aan de dikke lijn.



Figuur 7.11 Verbindingen met normdelen

#### 7.2.4 Bemating van schroefdraad

Bemating van voorwerpen met binnen- of buitendraad wordt gedaan zoals getoond in figuur 7.7 en 7.8.

Voor buitendraad moet de nominale maat  $d$ ; de lengte van de volle schroefdraad  $b$  en de eventuele afschuining aangegeven worden. De afschuining wordt gemakshalve getekend tot aan de kernmiddellijn.

Voor binnendraad moet de nominale maat  $D$ ; de benodigde lengte van de schroefdraad  $b$  en de diepte van het boorgat  $t$  worden aangegeven.

In tabel 7.1 wordt een richtlijn gegeven voor de uitloop  $x$  van blinde gaten, afhankelijk van de schroefdraadmiddellijn.

De benodigde lengte van de schroefdraad hangt af van de inschroeflengte van het onderdeel met buitendraad.

Houdt rekening met de lineaire voorkeermaten (NEN 1313, NEN-bundel 16). De maat  $b$  is de schroefdraadlengte naar boven afgerond tot de naast hogere voorkeurmaat.

Bij het maken van binnendraad met een tap ligt de diepte van het geboorde gat  $t$  vast door optelling van de lengte  $b$  en de uitloop  $x$ .

### 7.3 Weergeven van objectverbindingen; Norm- en standaarddelen

Dit zijn meestal onderdelen, die gebruikt worden voor het realiseren van verbindingen, bevestigingsartikelen genaamd. De omschrijving van deze bevestigingsartikelen is vastgelegd in normen of standaards.

NPR 1800 (NEN-bundel 1) toont een overzicht van de normen voor bevestigingsartikelen. Ook normdelen zonder schroefdraad vallen hier onder. In NEN-ISO 225 zijn de aanduidingen van afmetingen vastgelegd voor bouten, schroeven, tapeinden en moeren (NEN-bundel 1).

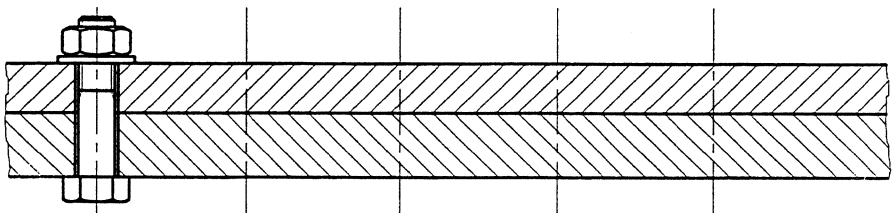
#### 7.3.1 Bout of schroef

Een kenmerk van een bout is dat de kop van de bout omvat wordt door het gereedschap voor het bevestigen. Voor de schroef is het kenmerk dat het gereedschap in de kop wordt gestoken.

#### 7.3.2 Tekenwijze van zeskantbout en zeskantmoer

Zie voor de (vereenvoudigde) tekenwijze van zeskantbout en zeskantmoer bijlage 6. Let daarbij vooral op de tekenwijze van de samenstelling van binnen- en buitendraad.

Norm- en standaarddelen worden in de samenstellingstekening slechts eenmaal volledig getekend (ook als ze meerdere malen in het produkt voorkomen). Volgende, zelfde, normdelen worden als het de duidelijkheid niet schaad, alleen schematisch met een hartlijn aangeduid (figuur 7.12).



Figuur 7.12 Aanduiding van normdelen in een samenstellingstekening



Norm- en standaarddelen worden volledig beschreven in de stuklijst. De beschrijving bestaat uit de **aanduiding** die onderaan de norm van het betreffende normdeel vermeld staat.

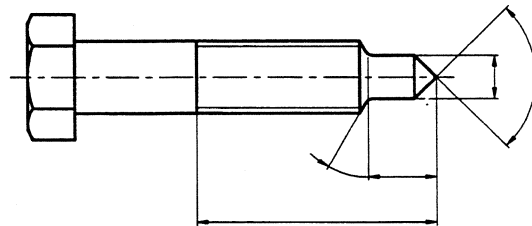
De volledige beschrijving bestaat uit de aanduiding zoals die gegeven wordt in de norm van het betreffende normdeel, of in de catalogus van de leverancier.

Voorbeeld: moer M12: Zeskantmoer M12-5 NEN-ISO 4034 (voorheen NEN 697), zonder verdere aanduiding wordt dan de uitvoering g (grof) met kwaliteitsklasse 5 geleverd.

Stelt men hogere eisen aan de kwaliteit dan moet daarvoor een afzonderlijke aanduiding toegevoegd worden.

Voorbeeld: Zeskantmoer M12-8 ISO 4032 (8 geeft de sterkteklasse weer).

Moeten norm- of standaarddelen worden aangepast dan worden ze wèl getekend in een monotekening; alleen de gewenste veranderingen worden dan bemaat (figuur 7.13).



figuur 7.13 Aanpassing van een normdeel

Gebruik van normdelen vereist meestal ook een aanpassing van het produkt: een bout wordt in een doorlopend gat gestoken; een asborgring wordt in een groef in de as geplaatst, etc.

De maten voor deze aanpassingen staan vermeld in normen of in tabellen die door de leverancier worden verstrekt.

Voorbeelden:

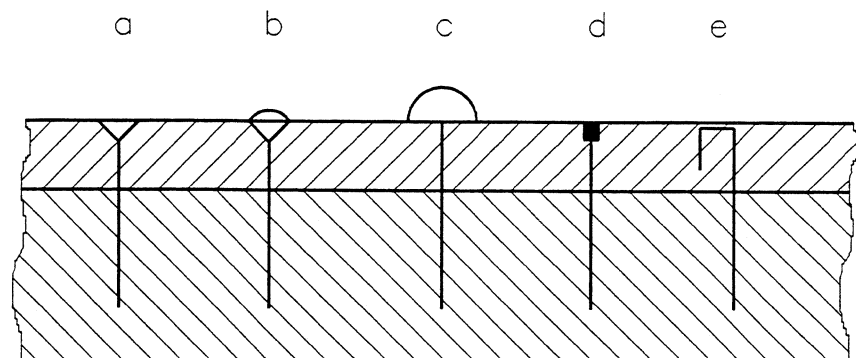
ISO 273, voorheen NEN 769 (NEN-bundel 1) Doorlopende gaten voor bouten en schroeven (metrische schroefdraad)

NEN 5534 Gaten voor plaatschroeven (z.g. parkers)

DIN 471 en DIN 472 borgringen voor assen en boringen

Het -pop- handboek voor blindklinken van de firma Onkenhout & Onkenhout.

### 7.3.3 Houtschroeven, draadnagels en nieten



Figuur 7.14 Weergave van: a: Platverzonken houtschroef b: Bolverzonken houtschroef  
c: Bolkopschroef d: Draadnagel e: Niet

Voor de weergave van houtschroeven, nagels en nieten bij houtverbindingen kan worden verwezen naar NEN 916 Tekeningen voor meubelen en betimmeringen (aanwezig in het TDC). Enige voorbeelden zijn opgenomen in figuur 7.14.

Voor houtschroefdraad geldt de vuistregel: gatdiameter voor voorboren in hout is ca. 0,7x de schachtdiameter van de houtschroef of houtdraadbout.

#### 7.4 Weergeven van vormverbindingen

Klikverbindingen zijn geïntegreerd in de te verbinden onderdelen en worden beschreven met de bemating in de (mono-)tekening van het onderdeel. Zie voor vorm en berekening de desbetreffende documentatie van de kunststofleveranciers en het dictaat IDE240 Konstruktieleer 2, hoofdstuk verbindingstechnieken .

Plaatwerkverbindingen worden in de samenstelling getekend zoals ze er in het produkt uit zien, vaak verdient het aanbeveling om een detail van de verbinding te tekenen (evt. op grotere schaal). In de mono-tekening wordt gewoonlijk het vervormde deel getekend; eventueel wordt met een gemengde streeplijn met dubbele onderbreking het deel vóór het vervormen getekend (zie Hoofdstuk 3 Afbeelding van een voorwerp, bijzondere aanzichten figuur 3.53 Vervormde delen).

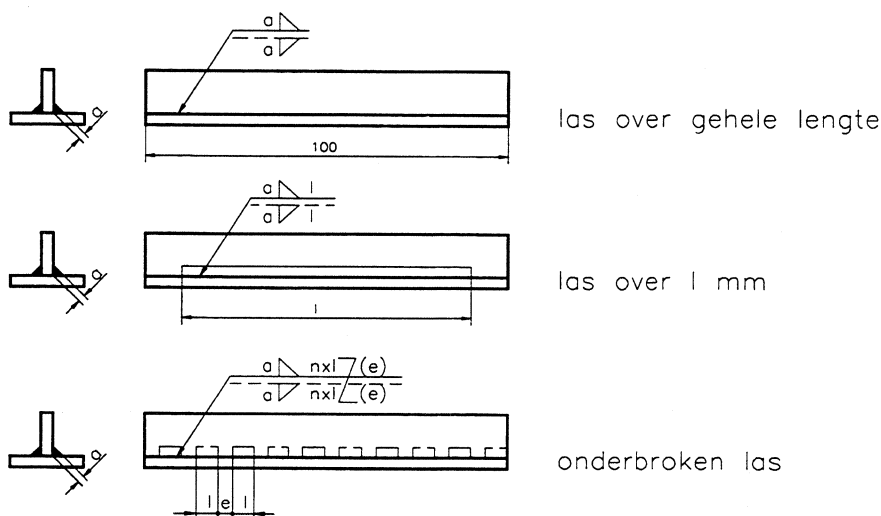
##### 7.4.1 Lassen, lijmen en solderen

Een las-, lijm- of soldeerbeschrijving wordt gegeven in de samenstellingstekening of in de las(lijm of soldeer)-samenstellingstekening opgenomen.

###### - Lassen

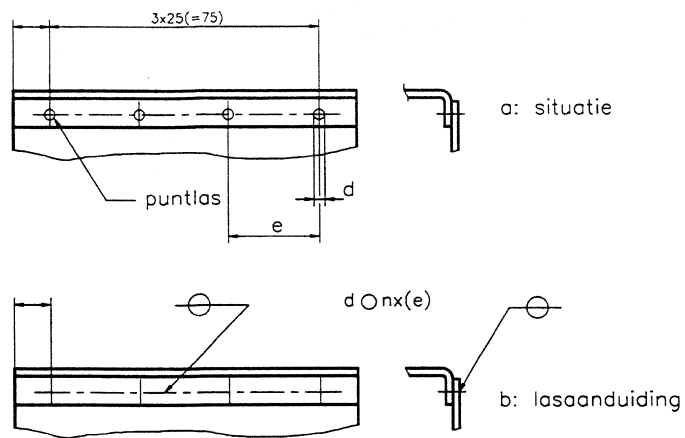
De lasnaadvorm wordt bepaald door de dwarsdoorsnede van de las en wordt aangeduid met een symbool (NEN 2755, NEN-bundel 16) op de samenstellings- of lassamenstellingstekening.

Voor de aanduiding van lasverbindingen moet NEN 2756 worden geraadpleegd.



Figuur 7.15 Drie voorbeelden van aanduiding van hoeklassen:

- a: las over de gehele lengte van het voorwerp
- b: las over een deel van de lengte
- c: onderbroken las



Figuur 7.16 Lasaanduiding van puntlassen

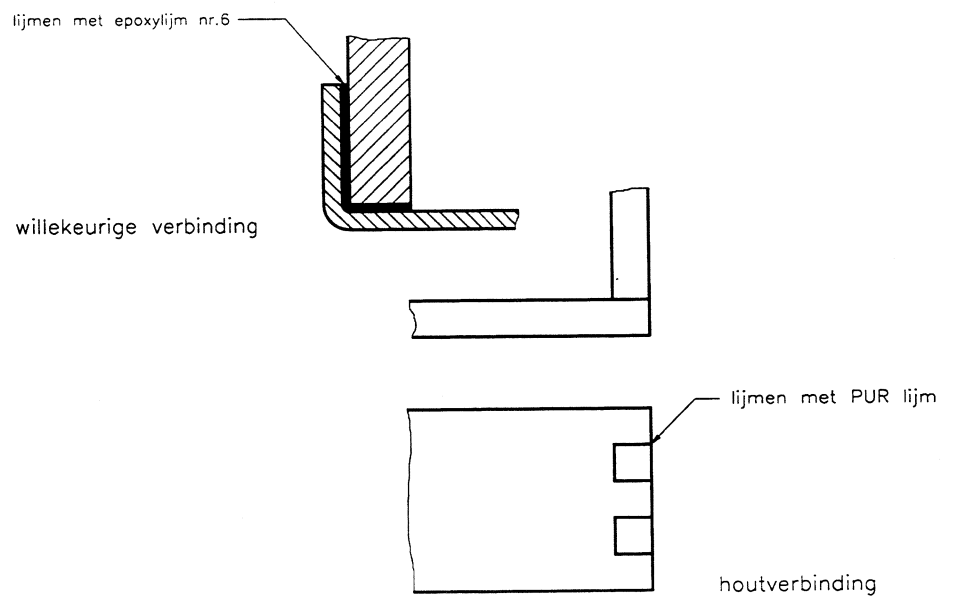
**- Lijmen**

De lijmnadvorm wordt bepaald door de dwarsdoorsnede van de lijmnad en wordt vereenvoudigd aangeduid op de samenstellings- of lijmsamenstellingstekening.

De lijmlaag wordt in een dwarsdoorsnede veelal aangeduid met een dikke lijn.

Lijmen, deel 13 uit de serie Industrieel Ontwerpen bijzondere onderwerpen geeft voldoende technische informatie over lijmvormingen.

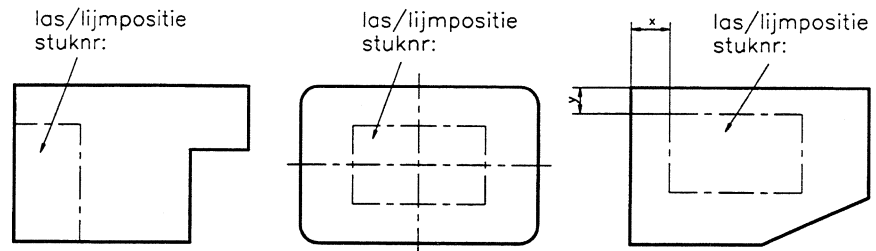
Het boek Lijmen voor houtverbindingen van Joh.C.A. Vroegindewij (1989) geeft voornamelijk over lijmvormingen voor meubilair veel informatie.



Figuur 7.17 Aanduidingen bij lijmvormingen

#### 7.4.2. Las- lijm- of soldeerpositie

Als geen las- of lijmsamenstellingstekening wordt gemaakt dan kan de positie van de verbinding worden aangegeven op de monotekening. Ook dan moet worden verwezen naar het archiefnummer van de monotekening van het te verbinden produkt. Figuur 7.18 geeft enige voorbeelden.



Figuur 7.18 Aanduiding las/lijm/soldeerpositie op mono-tekeningen

# Tekeningssystemen

## Inhoud

### **8.1 Computertekening**

8.1.1 Het opzetten van een computertekening

### **8.2 Tekeningssystemen**

8.2.1 Begrippen

8.2.2 De tekening

8.2.3 Het doel van technisch tekeningssystemen

8.2.4 Overzicht technisch tekeningssystemen

8.2.5 Het mono-tekeningstelsel

### **8.3 Stuknummering, stuklijst en rechteronderhoek**

8.3.1 De stuknummering

8.3.2 De stuklijst

8.3.3 De rechteronderhoek

### **8.4 Vouwen en inhechten van tekenvellen**

### **8.5 Voorbeelden van mono-tekeningpakketten**



# Tekeningssystemen

## 8.1 Het opzetten van een computertekening

### - Inleiding

Een computertekening wordt, hoe groot het te tekenen voorwerp ook is, altijd schaal 1:1 getekend. Als men met behulp van de juiste aanzichten en doorsneden het voorwerp heeft weergegeven kan men de tekening indien nodig verkleinen dan wel vergroten (schaal volgens NEN-ISO 5455). Voor het tekenen op schaal zie Handleiding AutoCAD.

Op het computersysteem van IO heeft men de onderstaande tekenvellen ter beschikking:

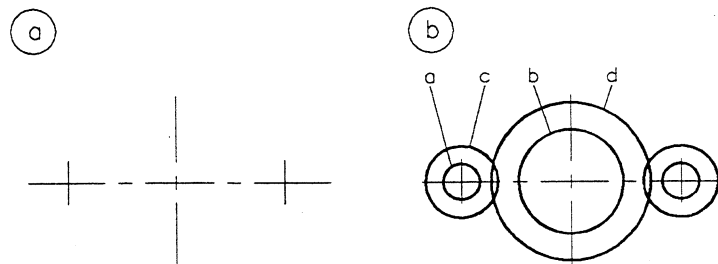
A4 horizontaal	limits (tekenvelafmetingen):	283x183
A4 verticaal		183x283
A3 horizontaal		390x277
A3 verticaal		277x390
A2 horizontaal		564x400
A2 verticaal		400x574
A1 horizontaal		811x574
A1 verticaal		574x811

Voor het juist plotten van een tekening zal men van deze tekenvellen gebruik moeten maken (zie ook hoofdstuk 16 Plotten, Handleiding AutoCAD).

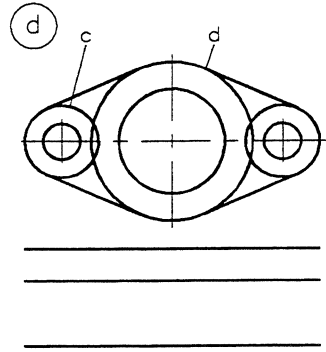
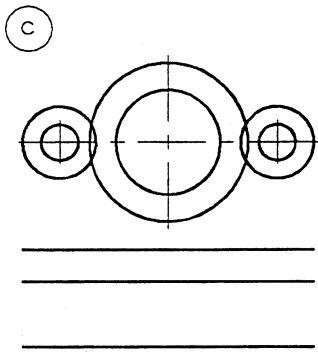
- Hoe men een computertekening kan opzetten zal aan de hand van onderstaande figuren stap voor stap worden beschreven.

LET OP: Teken hierbij altijd in de juiste laag (lijnsoort).

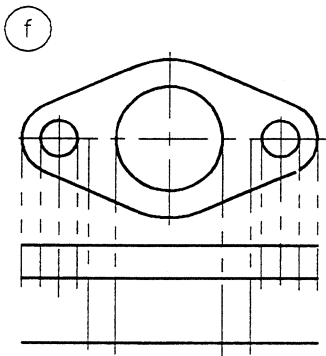
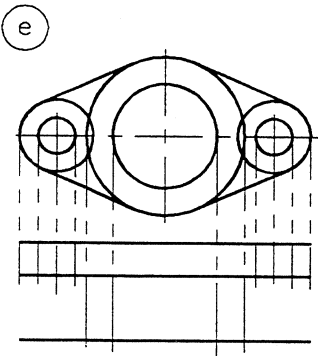
- Zet eerst de hartlijnen en steekcirkels op.
- Teken de cirkels a, b, c en d.



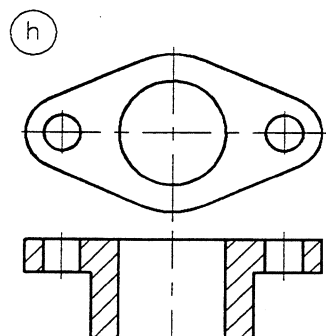
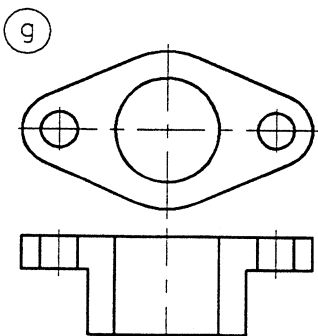
- Teken de bovenste horizontale lijn van het vooraanzicht ruim onder de cirkel d en zet op de juiste afstand met behulp van het OFFSET-commando de overige horizontale lijnen uit.
- Verbind de cirkels c en d met raaklijnen. Gebruik hiervoor van het Osnap-commando de optie "TANGent"



- e: Projecteer met behulp van constructielijnen vanuit het bovenaanzicht het vooraanzicht.  
 f: Trim de cirkels zodanig dat de juiste contour ontstaat.

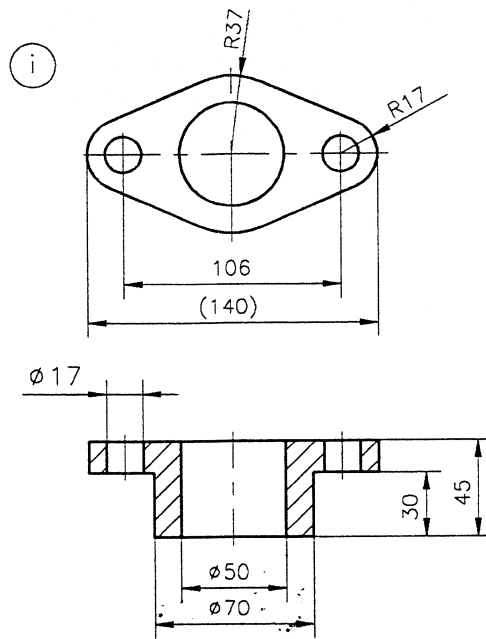


- g: Trim de horizontale- en verticale lijnen in het vooraanzicht tot hun juiste lengte; trek ze over met zichtbare begrenzingslijnen of wijzig de constructielijnen met behulp van het commando CHPROP in zichtbare begrenzingslijnen (ZBEGRL).  
 Bevries de constructielijnen.  
 h: Arceer het doorsnijdingsvlak.



- i: Bemaat het voorwerp volledig. Verplaats indien nodig de aanzichten orthogonaal.





## 8.2 Tekeningssystemen

Van oudsher is bij het ontwerpen van industriële producten gebruik gemaakt van visualiseringstechnieken. In het begin zal iedere ontwerper wel zijn eigen methode gehad hebben, maar geleidelijk ontstond meer kennisoverdracht en begrippen werden vastgelegd in normen.

Veel afspraken worden in dit dictaat besproken, want hoewel bijna alles vastligt in normen (NEN, DIN en ISO) moeten begrippen toch eenduidig zijn. Ondanks deze afspraken is er nog veel ruimte voor verwarring.

In het algemeen worden tekeningen gemaakt met een specifiek doel en gehanteerd binnen een eigen kader van afspraken, waarmee een bedrijf of instelling ter verhoging van de efficiency misverstanden wil voorkomen. Voor producten die men zelf handmatig maakt of waarvoor men de gegevens mondeling kan overdragen zal in het algemeen geen tekening noodzakelijk zijn. Voor industriële producten moeten noodzakelijkerwijs tekeningen gemaakt worden om de benodigde informatie van de ontwerper over te dragen aan opdrachtgever en producent.

### 8.2.1 Begrippen

Onder een industrieel product verstaan we een product dat als geheel kan functioneren en opgebouwd is uit één of meerdere samengestelde onderdelen en/of afzonderlijke onderdelen.

Een samengesteld onderdeel wordt als één geheel (functie-eenheid) in een product geplaatst en bestaat uit één of meerdere samengestelde onderdelen en/of afzonderlijke onderdelen.

Een onderdeel is een product dat (veelal) uit één stuk bestaat, waarvan de specificaties vastliggen en dat in het eigen bedrijf gefabriceerd wordt of ingekocht wordt bij toeleveranciers.

Een ingekocht onderdeel kan ook een normdeel of standaarddeel zijn.

Fabrikanten leveren vaak zogenaamde 'Normdelen'; deze zijn niet altijd in normen vastgelegd. De fabrikant levert een catalogus waaruit de klant een keuze kan maken. Dit betreft dan onderdelen als handwielen, knoppen en spangereedschappen; matrijsdelen zoals huizen, kolommen, geleidingen, etc.

Ook kennen we de standaarddelen, zoals kogellagers. De afmetingen daarvan liggen niet vast in normen maar fabrikanten houden mondiaal daarvoor dezelfde maten aan.

### 8.2.2 De tekening

Een produkt moet door middel van tekeningen vastgelegd worden. De geometrische vorm en afmetingen moeten ondubbelzinnig blijken uit de tekening. Ook het toe te passen materiaal (de eisen aan de structuur en hardheid), de oppervlaktegesteldheid, aan te brengen deklagen, etc. moeten worden vermeld. Dit alles moet in overeenstemming zijn met het gebruiksdoel waarvoor het produkt is ontworpen.

Uit tekeningen moet ook blijken hoe de onderdelen gemonteerd zijn. De montagevolgorde moet blijken uit montagehandleiding(en), exploded view(s) e.d., dit zijn echter geen technische tekeningen.

### 8.2.3 Het doel van technisch tekeningsystemen

De hoofddoelen van de technisch tekeningsystemen zijn in de loop van de tijd weinig veranderd en liggen op het terrein van de communicatie en documentatie.

Een belangrijke doel is de overdracht van informatie, als tweede doel moet worden genoemd het vastleggen van afspraken en gegevens.

Deze twee hoofddoelen zijn naar deelfuncties op te splitsen:

- het geven van informatie aan de opdrachtgever en aan de producent
- het geven van informatie voor fabricage en montage van het produkt
- het specificeren van in te kopen norm- en/of standaarddelen
- het specificeren van uit te besteden onderdelen vanwege capaciteitsproblemen of om onderdelen speciale bewerkingen te laten ondergaan

Deze deelfuncties zullen nooit allemaal tegelijk vervuld worden en ook nooit door dezelfde mensen of bedrijfsafdelingen beheerd worden.

Het tekeningenpakket zal dan ook op meerdere plaatsen, door meerdere mensen voor verschillende doeleinden en wensen gebruikt worden.

De administratie zal het pakket gebruiken voor in- en verkoop; de calculatieafdeling zal aan de hand van de vastgestelde gegevens de kostprijs moeten bepalen; de werkvoorbereiding zal op basis van het pakket de werkzaamheden verdelen over de verschillende productieafdelingen, etc..

Met het doel de juiste gegevens op de juiste plaats te krijgen, wordt een tekeningenpakket zo opgebouwd dat een onderverdeling naar verschillende afdelingen mogelijk is, zonder extra teken- of afdrukwerk.

### 8.2.4 Overzicht technisch tekeningsystemen

Afhankelijk van de organisatie van het bedrijf wordt hierbij meestal gekozen uit een aantal in de werktuigbouw gangbare systemen.

- combinatie-tekeningsysteem
- constructie-tekeningsysteem
- verzamel-tekeningsysteem
- mono-tekeningsysteem

### 1 Het combinatie-tekeningsysteem

Hierbij worden de samenstelling en de onderdelen afzonderlijk getekend, maar op één tekening geplaatst. De combinatie-tekening is dus een tekening van een industrieel produkt, of een samengesteld onderdeel waarop de gegevens nodig voor de montage en het vervaardigen van de onderdelen vermeld zijn. De stuklijst staat ook op deze tekening.

### 2 Het constructie-tekeningsysteem

Hierbij wordt alleen de afbeelding van een industrieel produkt of een samengesteld produkt getekend. De gegevens voor de montage en die voor het vervaardigen van de onderdelen staan in de samenstelling vermeld. De stuklijst staat ook op deze tekening.

### 3 Het verzamel-tekeningsysteem

Naast de samenstellingstekening, die alle gegevens bevat voor de montage van het produkt, bestaat dit systeem uit één of meerdere verzameltekeningen van onderdelen met een gelijksoortige bewerking zoals draaien, schaven etc.

### 4 Het mono-tekeningsysteem

Bij de 2D-oefeningen van het vak TPI1 van de faculteit van het Industrieel Ontwerpen wordt het mono-tekeningsysteem geëist. Hoewel dit systeem wat meer tekenwerk vergt, is het overzichtelijk en zeker voor de fabricage in het bedrijf efficiënter.

## 8.2.5 Het mono-tekeningsysteem

Een mono-tekeningen pakket bestaat uit: de samenstellingstekening en voor elk te vervaardigen onderdeel of te wijzigen ingekocht onderdeel een aparte tekening. Op deze aparte tekening, mono-tekening genaamd, staan alle gegevens nodig voor fabricage van dat onderdeel. In figuur 8.1 worden de soorten tekeningen en hun onderlinge relatie door middel van de rechteronderhoek voorgesteld.

### Eisen aan het tekeningenpakket

#### - De samenstellingstekening (afgekort samenstelling)

Deze tekening geeft meestal in twee aanzichten en/of gehele of gedeeltelijke doorsneden en details informatie over de onderlinge samenhang en bevestigingen van onderdelen en samengestelde onderdelen.

In de samenstellingstekening mogen alleen de maten benodigd voor de montage en enkele hoofdafmetingen van het industriële produkt voorkomen. De samenstelling bevat de stuknummering en de stuklijst.

#### - De sub-samenstellingstekening (afgekort subsamenstelling)

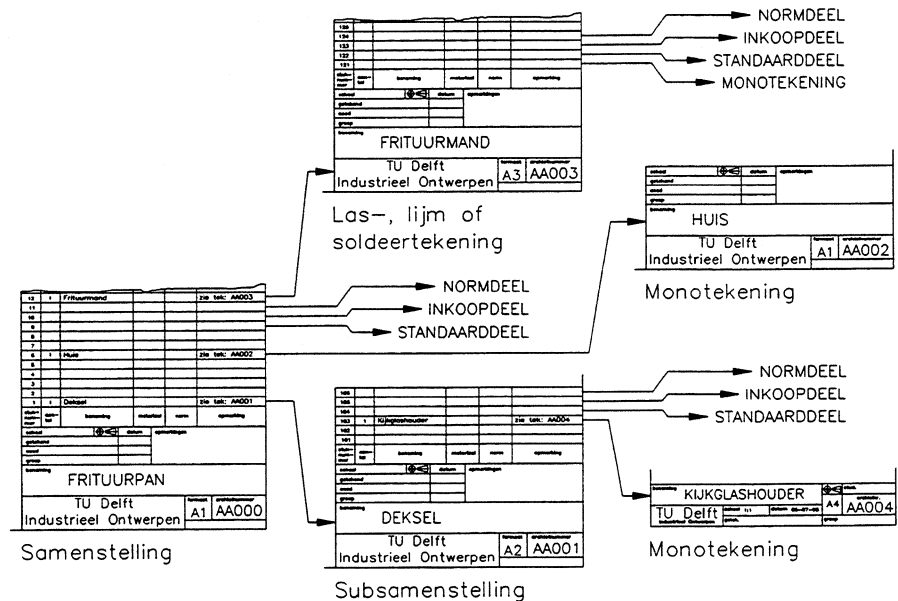
Om de vaak complexe samenstellingstekening te vereenvoudigen kan het industriële produkt opgedeeld worden in functie-eenheden. Men maakt dan één of meerdere sub-samenstellingen van deze functie-eenheden. Hierbij kan een andere schaal gebruikt worden dan bij de samenstelling. De functie-eenheid die in aanmerking komt voor een subsamenstelling moet een op zichzelf staand deel zijn. Het bestaat meestal uit meerdere onderdelen maar wordt in de stuklijst van de samenstelling slechts met één stuknummer aangeduid. Deze onderdelen worden door middel van bevestigingsartikelen of vormverbindingen met elkaar verbonden.

De subsamenstelling bezit zelf ook een stuklijst, hierin worden de onderdelen die deel uitmaken van de functie-eenheid genummerd. De stuknummers kunnen, om de onderdelen van de subsamenstelling te onderscheiden van die van de samenstelling, beginnen bij b.v. 100, 200, 300, enz..

Voor de stuklijst gelden dezelfde regels als voor de stuklijst op de samenstelling (zie bij stuklijst).

- De las, lijm- of soldeertekening

Dit is een soort subsamenstelling waarbij de onderdelen door middel van bewerkingen zoals lassen, lijmen of solderen met elkaar verbonden worden. Dit wordt aangegeven met las- en lijmaanduidingen (zie hoofdstuk 7). Op deze tekening komen in tegenstelling tot bij (sub)samenstellingen, wel bewerkingsmaten, toleranties en aanduidingen voor oppervlakteruwheden voor. Deze tekening bevat ook een stuklijst.



Figuur 8.1 Schema van het mono-tekeningsysteem

- De mono-tekening

De mono- of onderdeeltekening is een tekening waarop alle gegevens voor de vervaardiging van één onderdeel vermeld staan. Dit kunnen onderdelen zijn die geheel in eigen bedrijf vervaardigd worden, die uitbesteed worden aan derden, of ingekochte onderdelen (normdelen) die gewijzigd moeten worden. Hiervan moeten tekeningen gemaakt worden waarop alle maten staan (naar functie en/of naar bewerking). Van ingekochte onderdelen waaraan om gebruiks- en/of functionele eisen enkele wijzigingen moeten worden aangebracht, worden alleen die maten gegeven die betrekking hebben op de bewerking(en) voor realisatie van de wijzigingen (hoofdstuk 7, fig. 7.13). Indien deze wijzigingen met enkele woorden te omschrijven zijn, b.v. asgat opboren  $\varnothing 20H7$ ; dan kan dit in de kolom opmerkingen van de stuklijst achter het desbetreffende stuknummer worden vermeld. De gegevens uit de stuklijst van samenstelling of subsamenstelling, zoals materiaalsoort, stuknummer, te vervaardigen aantal, gewenste oppervlakteruwheid en opmerkingen, b.v. warmtebehandeling en oppervlakbehandeling moeten op de monotekening staan.

Geef de monotekening als 'Benaming' de naam zoals vermeld is in de stuklijst op de samenstelling of subsamenstelling.

Gegevens uit de stuklijst van de samenstelling of subsamenstelling, zoals materiaalsoort, stuknummer, te vervaardigen aantal, gewenste oppervlakteruwheid en opmerkingen over warmte- en oppervlakbehandelingen moeten in het informatieblok zijn vermeld.

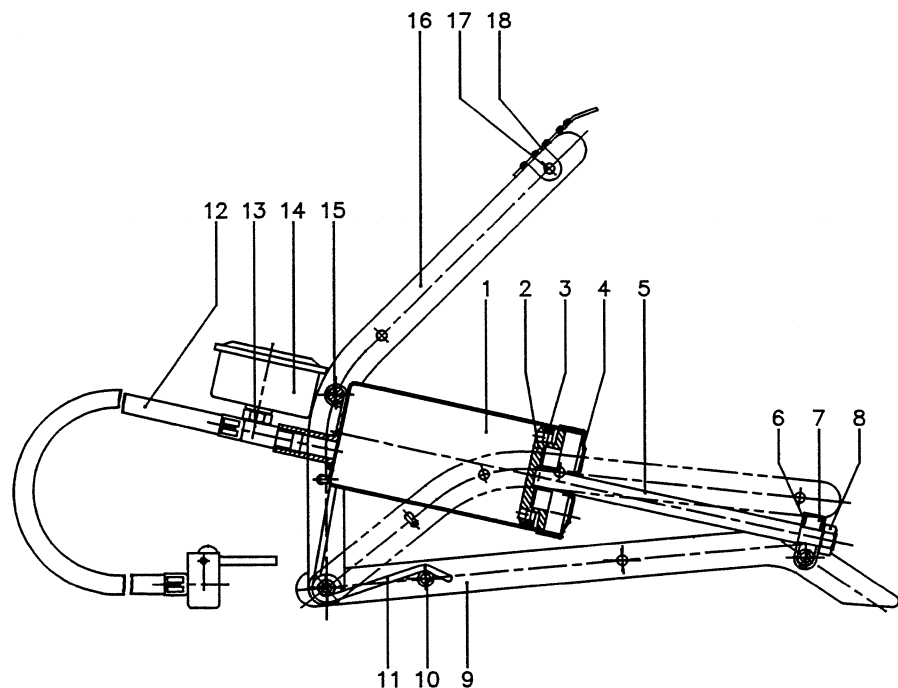
## 8.3 Stuknummering, stuklijst en rechteronderhoek

### 8.3.1 De stuknummering

Elk onderdeel en elke functie-eenheid krijgt in de samenstelling een zogenaamd stuknummer. In een tekeningenpakket is elk stuknummer uniek. Dit nummer wordt met een dunne lijn eindigend in een stip verbonden met het betreffende onderdeel. Deze lijnen moeten vanaf het stuknummer horizontaal of verticaal lopen; indien een knik nodig is dient deze buiten het onderdeel te staan (figuur 8.2).

TIP: zet alle knikken op één horizontale of verticale lijn.

De stuknummers moeten zo dicht mogelijk bij de betreffende onderdelen staan en zo veel mogelijk in horizontale of verticale rijen in numerieke volgorde om de samenstelling. (zie NEN 25, NEN-bundel 16). Het plaatsen van stuknummers in AutoCAD-tekeningen wordt beschreven in Handleiding AutoCAD, hoofdstuk 13.



Figuur 8.2 Plaatsing van de stuknummers

### 8.3.2 De stuklijst

In de stuklijst, die op elke samenstelling of subsamenstelling hoort te staan, treft men de volgende zes kolommen aan.

- stuknummer

De stuknummers worden in numerieke volgorde van onder naar boven ingevuld, latere uitbreiding verstoort dan niet de volgorde. Voor de subsamenstellingstekening kan de nummering beginnen met b.v. 100, 200, 300, enz..

- aantal

Geeft het aantal onderdelen dat nodig is om één geheel produkt zoals getekend in de (sub)samenstellingstekening te vervaardigen. Een functie-eenheid die uit meerdere onderdelen bestaat, wordt in de stuklijst op de samenstellingstekening met 1, of als deze meerdere malen voorkomt met dat aantal aangegeven.

- benaming

Hier wordt de naam van het onderdeel vermeld. Van een genormaliseerd onderdeel wordt de benaming uit het betreffende normblad, al dan niet afgekort en aangevuld met de norm (afmetingen). Voor ingekochte onderdelen wordt de naam uit de bestellijst gebruikt, eventueel aangevuld met het bestelnummer van de toeleverancier in de kolom 'opmerkingen'. Voor de benaming van te vervaardigen onderdelen wordt uitgegaan van de functie of vorm van het onderdeel. Een functie-eenheid krijgt een naam, die de functie aanduidt; deze naam is ook de 'Benaming' van de sub-samenstelling.

- materiaal

Hier wordt het gewenste materiaal ingevuld met de benaming uit de normen. Een genormaliseerd onderdeel is meestal maar in een beperkt aantal materialen leverbaar, raadpleeg hiervoor het desbetreffende normblad of de documentatie van de toeleverancier. Van een functie-eenheid wordt in deze kolom vanzelfsprekend niets vermeld. Immers deze functie-eenheid bestaat uit meerdere onderdelen met verschillende materialen. Voorbeelden van materiaal aanduidingen zijn hierna te vinden en in de figuren in dit hoofdstuk.

voorbeelden van materiaal aanduidingen:

Staal - meestal Fe360, soms Fe590 of verenstaal

Gietijzer; Nodulair gietijzer - GN540

Aluminiumgietlegering - G AlSi12

Zinkgietlegering - Zamak3 of Zamak5

Koperlegering - Brons

Kunststoffen:

Algemeen; ABS; nylon - PA66; PE; POM; PVC; plexiglas - PMMA

Composieten; glasvezelgevuld - GFRP, koolstofgevuld - CFRP

Rubber: neopreen; perbunan

Hout - Beukenhout; Vurenhout

- norm

Hier wordt het NEN, DIN, ISO of ander normbladnummer van het ingekochte onderdeel vermeld.


- opmerking

Deze kolom dient om het bestelnummer en de leverancier of fabrikant van het in te kopen onderdeel te vermelden. Voor functie-eenheden wordt hier verwezen naar het archiefnummer van de subsamenstelling en voor aparte onderdelen naar het archiefnummer van de monotekening.

LET OP: De benaming van de monotekening moet overeenkomen met de benaming gegeven in de stuklijst van de samenstelling of subsamenstelling.

Wordt de stuklijst, bij hoge uitzondering wegens ruimtegebrek, op een apart tekenvel (meestal A4-formaat) getekend, dan moet dit vel worden voorzien van een archiefnummer en in de (sub)samenstelling moet worden verwezen naar dit archiefnummer. Op de stuklijst dient dan naar het archiefnummer van de (sub)samenstelling verwezen te worden.

### 8.3.3 De rechteronderhoek

stuklijst	2					
	1					
rechteronderhoek	stuk- num- mer	aan- tal	benaming	materiaal	norm	opmerking
	schaal			datum	opmerkingen	
	getekend					
	gezien					
	gecontroleerd					
	benaming					
	TU Delft Industrieel Ontwerpen				formaat A3	archieffnummer

Figuur 8.3 De rechteronderhoek en stuklijst, zoals gebruikt bij io

NEN 2036, NEN-bundel 16 'Rechteronderhoek en stuklijst voor gebruik in het onderwijs' is de basis van de vereenvoudigde versie van de rechteronderhoek die bij de faculteit van het Industrieel Ontwerpen wordt gebruikt (figuur 8.3). In deze rechteronderhoek zijn de volgende vakken te onderscheiden:

- schaal

Vermeldt hierin de gebruikte schaal (b.v. 1:1).

NEN-ISO 5455 geeft een overzicht van de te gebruiken schalen.

Worden in een tekening meerdere schalen gebruikt dan moeten de afwijkende schalen bij de aanduiding van het aanzicht of het detail worden vermeld.

- getekend

Hier wordt de naam van diegene die de tekening heeft gemaakt vermeld; zet in het vak erachter de datum waarop met de tekening is begonnen.

- gecontroleerd en gezien

Deze twee vakken zijn bedoeld voor vermelding van de naam van de controleur of chef, die de tekening heeft gecontroleerd resp. heeft gezien en de datum waarop dit plaats vond.

- benaming

Op de samenstelling komt hier de naam van het industriële produkt te staan, in enkelvoud en met kapitalen van 7mm hoog.


Op de subsamenstelling, las-, lijm- of soldeertekening en op de monotekening komt hier de naam zoals in de stuklijst van de samenstelling is vermeld.

- opmerkingen

Hier kan men algemene kreten kwijt zoals: het geheel zwart spuiten, wijzigen, verwijzingen, e.d.

- archieffnummer

Hier moet een tekeningnummer vermeld worden. Het zal duidelijk zijn dat alle tekeningen van het pakket logisch en systematisch genummerd moeten zijn. Elk bedrijf heeft hiervoor zijn eigen nummeringssysteem ontwikkeld, afhankelijk van het soort bedrijf. Algemene richtlijnen hiervoor worden niet gegeven, zodat de vrijheid blijft een eigen systematische tekeningnummering te ontwikkelen.

8	1	BEUGELKLEM	Fe360		Zie tek. 123/458
7	1	KLEMBUIS $\varnothing 18 \times 1,5 \times 50$	Fe360		
6	1	VOORVORK	Fe360		Zie tek. 123/347
5	1	VOORAS	Fe360		Zie tek. 123/346
4	1	ZESKANTBOUT M6x16	8.8	NEN 1568	
3	4	VL. SLUITRING A 6,6	St	NEN2268	
2	3	LAGER		HFL 1022	INA
1	1	VOORWIEL 110.190.800			Konijnenburg
stuk- num- mer	aan- tal	benaming	materiaal	norm	opmerking
schaal	1:1		datum	opmerkingen	
getekend	jan		13-07-95		
gezien					
gecontr.	staf				
benaming					
Rolski					
TU Delft Industrieel Ontwerpen				formaat	archieffnummer
				A3	AB012340

Figuur 8.4 Voorbeeld van een ingevulde rechteronderhoek en stuklijst

#### 8.4 Vouwen en inhechten van tekenvellen

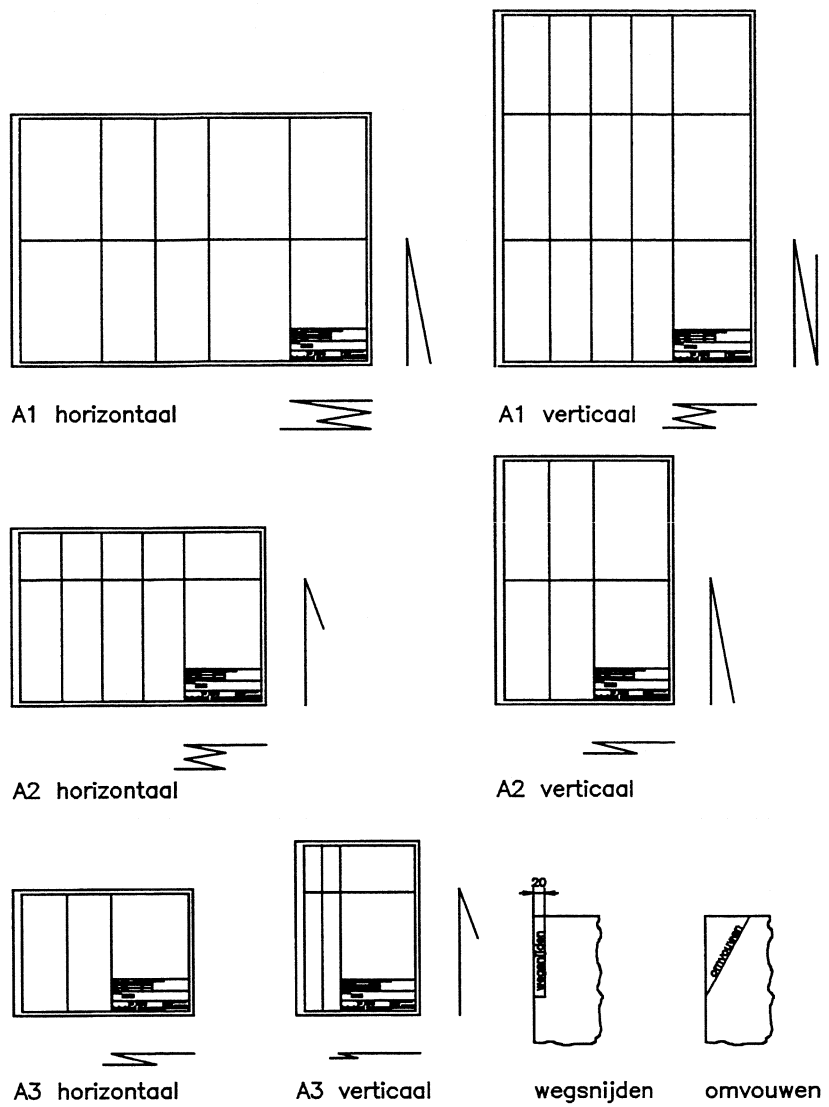
Het vouwen van tekeningafdrukken van formaat A3 of groter (liggend of staand) moet zo gebeuren dat formaat A4 wordt verkregen. Hierbij moet in gevouwen toestand de rechteronderhoek met benaming en archiefnummer zichtbaar zijn.

Afdrukken die worden ingehecht, moeten worden gevouwen zoals in figuur 8.5 is aangegeven.

Lange en bijzondere formaten dienen op soortgelijke wijze te worden gevouwen.

Om afdrukken met een grotere hoogte dan die van formaat A4 in gehechte toestand nog te kunnen uitvouwen, moet een strook van ca.20mm breed boven de hechtrand worden weggesneden of worden omgevouwen.



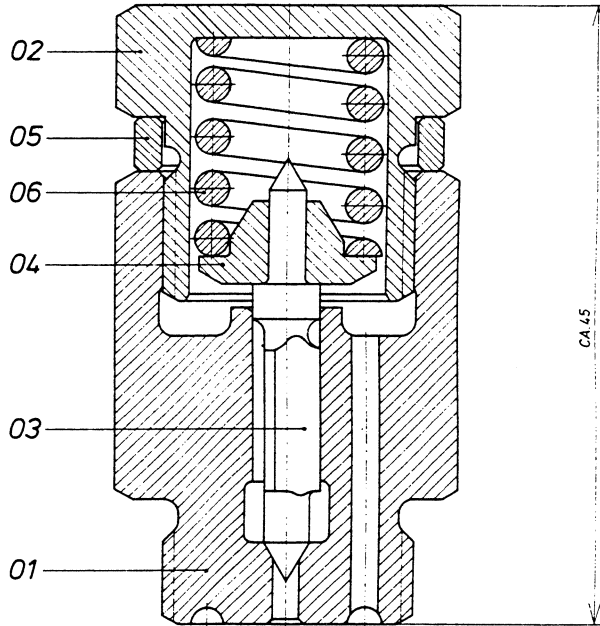
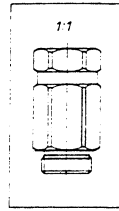


Figuur 8.5 Vouwen van tekeningafdrukken

### 8.5 Voorbeelden van mono-tekeningpakketten

Op de volgende pagina's zijn voorbeelden van mono-tekeningpakketten afgebeeld.

KLEP AFSTELLEN OP 500 bar.  
DE JUISTE HOOGTE VAN DE  
AFSTANDSRING STUKNR. 05  
BIJ HET AFSTELLEN BEPALEN



Stuklijst zie:  
tek. VB-002

benaming		VEILIGHEIDSKLEP BRANDSTOFFPOMP			
TU Delft		schaal 5:1	datum juni 1990	A4	archiefnr. VB-001
Industrieel Ontwerpen		getek. STAF			

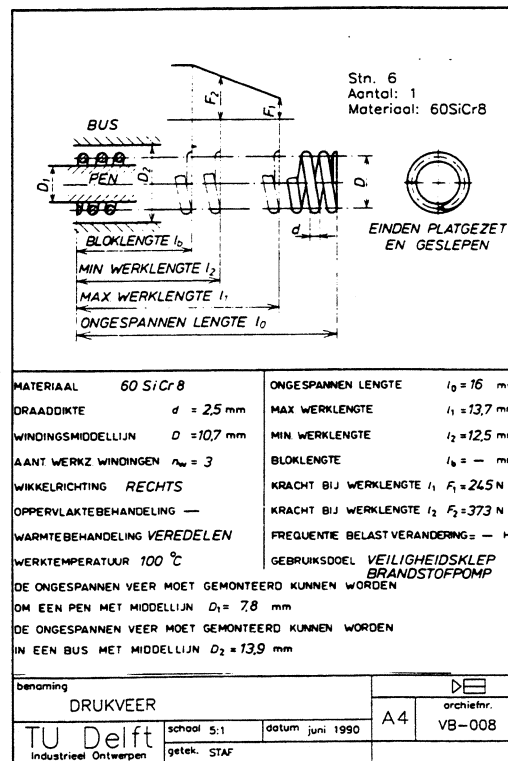
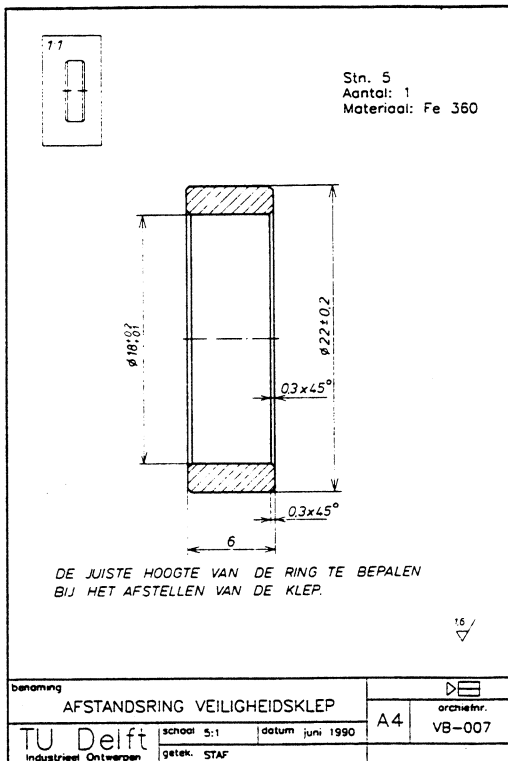
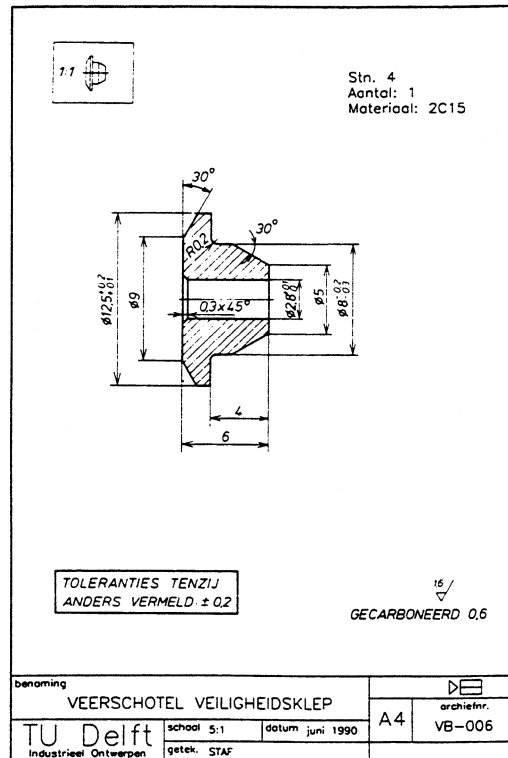
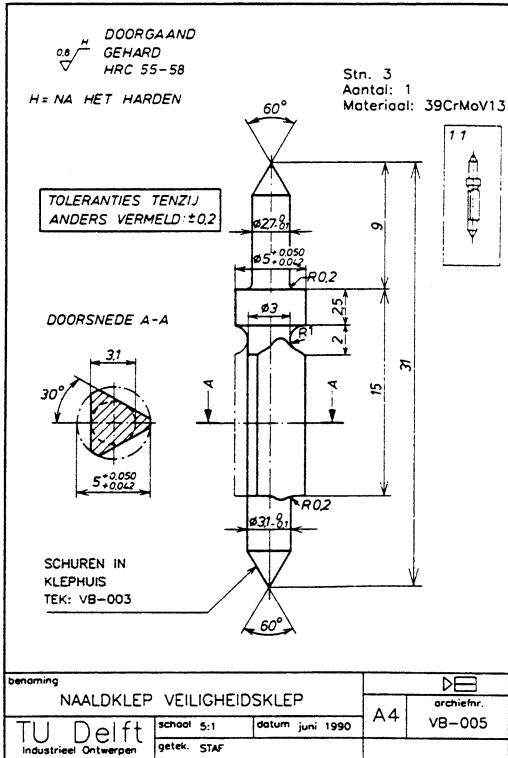
Samenstelling  
zie tek: VB-001

stuk- num- mer	aan- tal	benaming	materiaal	norm	opmerking
6	1	DRUKVEER	60SiCr8		zie tek: VB-008
5	1	AFSTANDRING	Fe 360		zie tek: VB-007
4	1	VEERSCHOTEL	ZC15		zie tek: VB-006
3	1	NAALDKLEP	39CrMoV13		zie tek: VB-005
2	1	DRUKSTUK	Fe 590		zie tek: VB-004
1	1	KLEPHUIS	31CrMo12		zie tek: VB-003

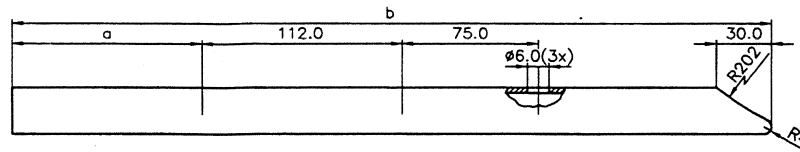
  

benaming		VEILIGHEIDSKLEP BRANDSTOFFPOMP			
TU Delft		schaal	datum juni 1990	A4	archiefnr. VB-002
Industrieel Ontwerpen		getek. STAF			





1  
 AANTAL: 1  
 MAT: Al 7129  
 extrusieprofiel:A-17615

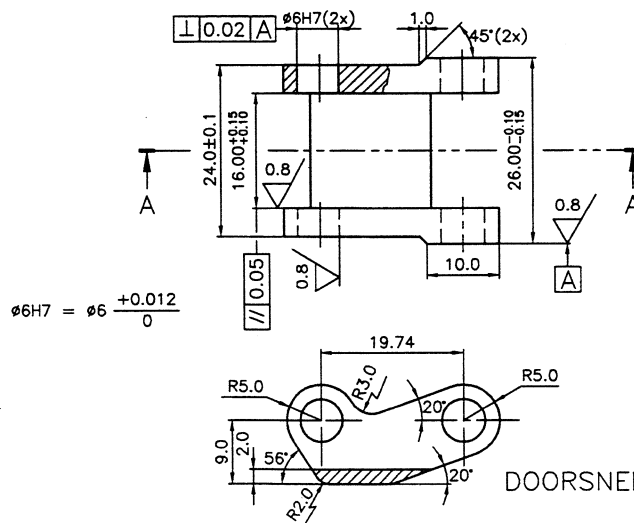


SCHOENMAAT

	33	35	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
	34	36												
lengte achter	a	63.7	74.7	82.7	82.7	94.2	100.7	107.2	112.2	120.2	124.7	130.2	134.7	138.2
totale lengte	b	350	373	390	390	405	405	420	420	439	439	450	450	450

TU Delft Industrieel Ontwerpen	benaming <b>BUIS</b>	datum 31-01-'96 schaal 2:1 groep AFSTUD. getek. D.H.A.HOL	gezien INTERRAPS
			archiefr.
			A4 9600010-03

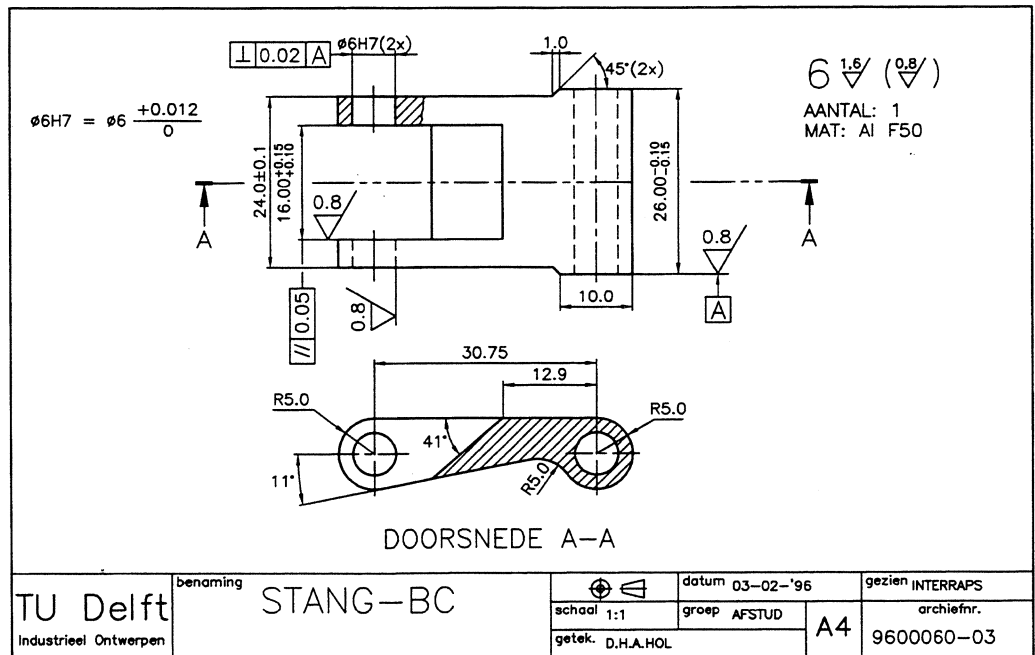
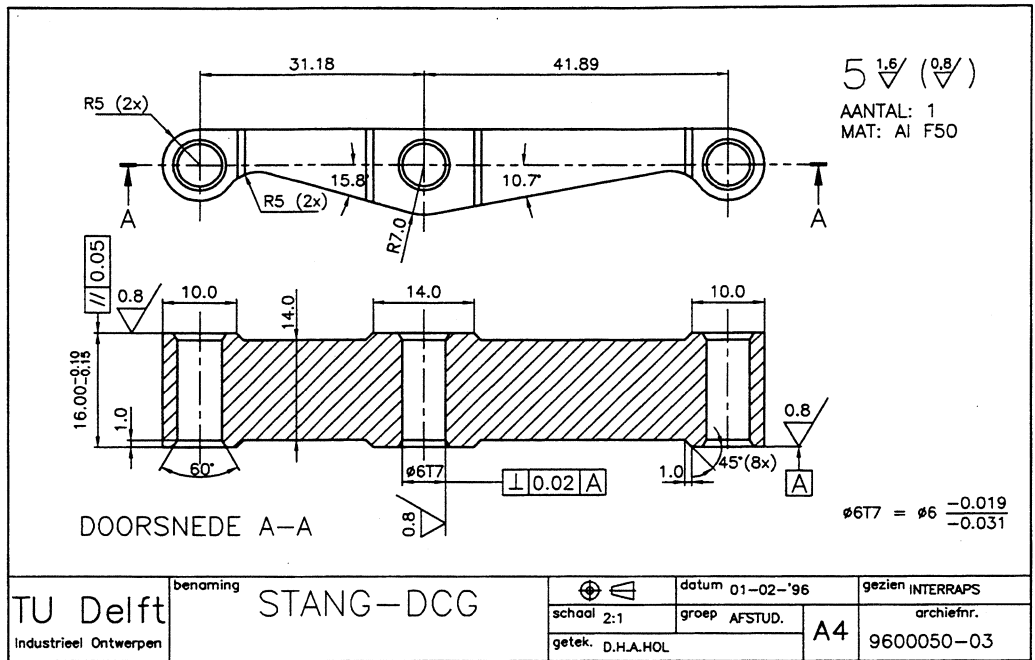
4  $\sqrt{\text{V}}$  ( $\frac{0.8}{\text{V}}$ )  
 AANTAL: 1  
 MAT: Al F50

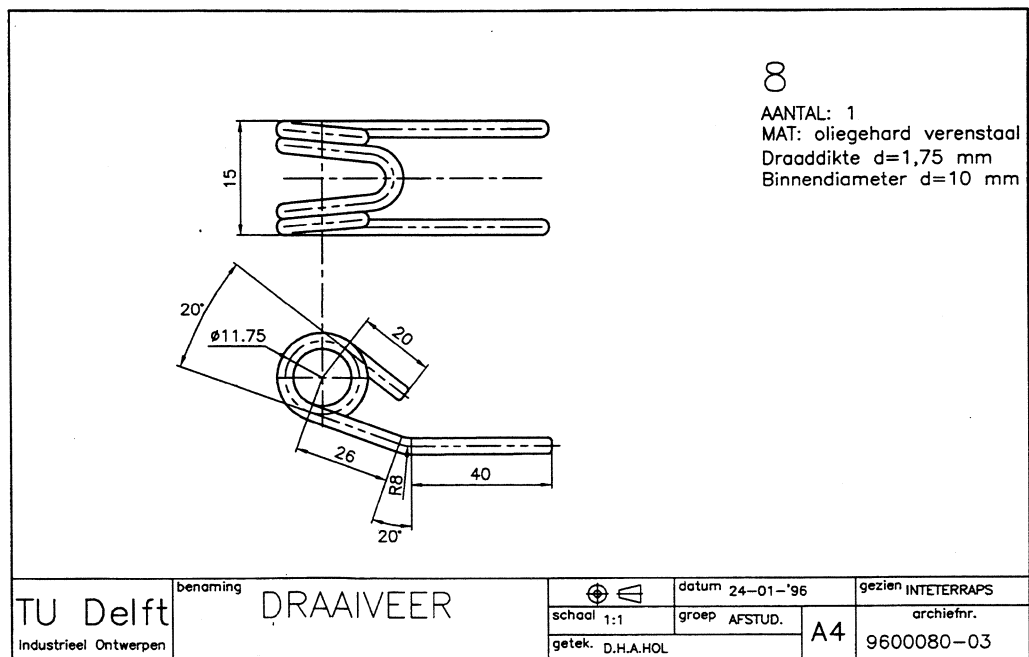
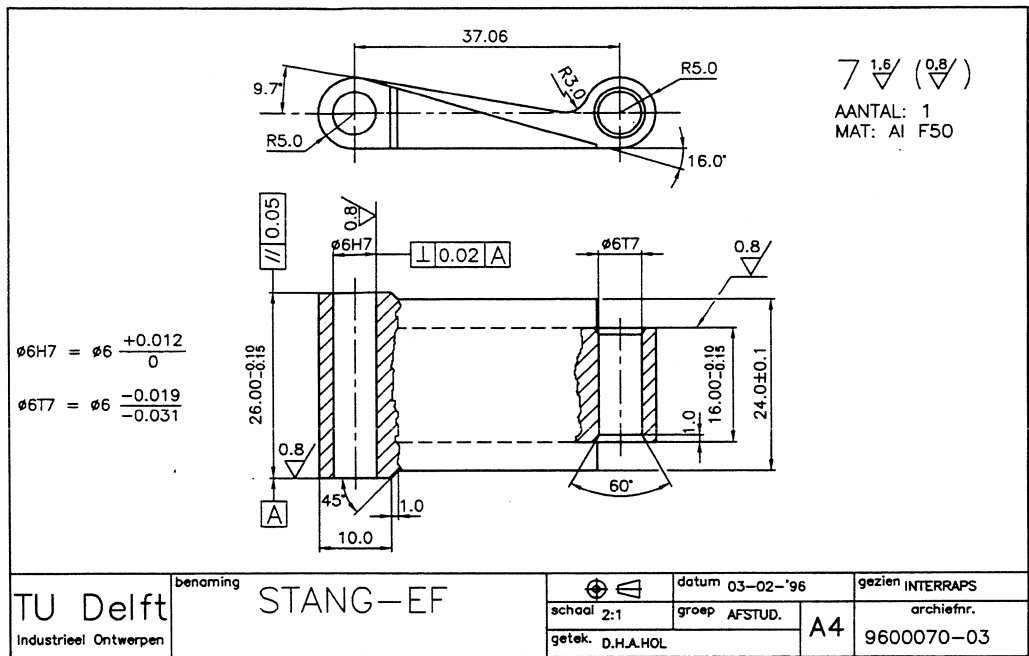


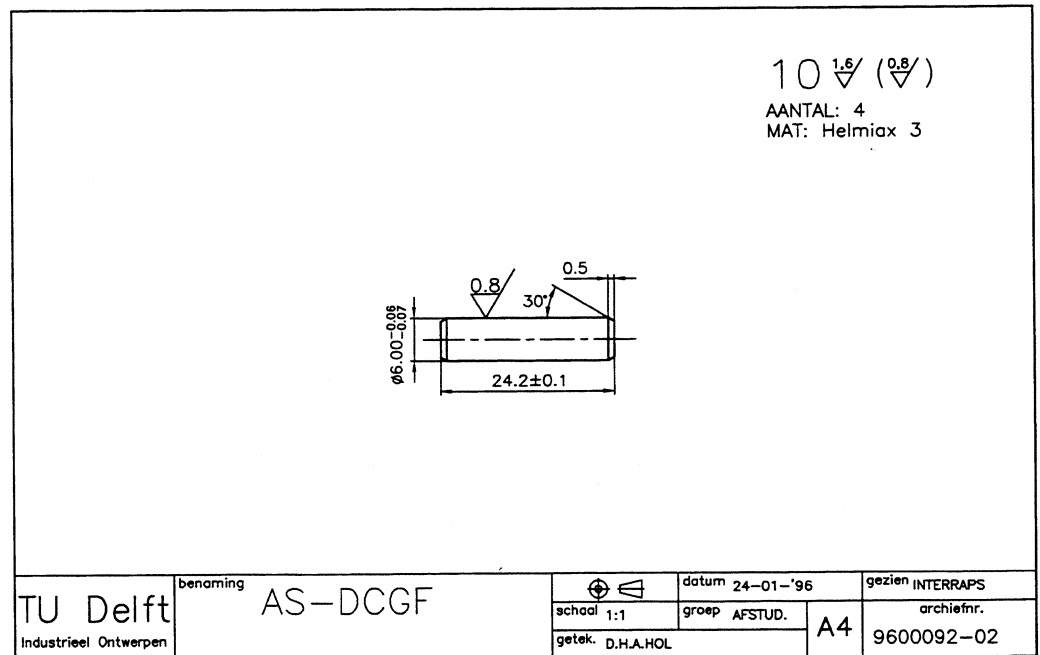
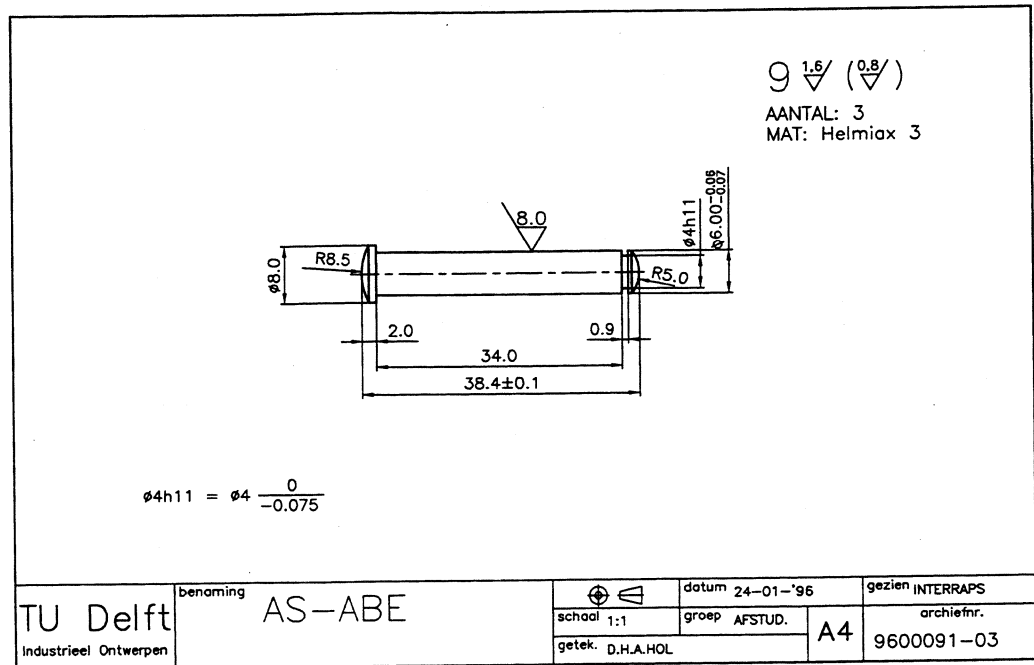
$\phi 6H7 = \phi 6 \frac{+0.012}{0}$

DOORSNEDE A-A

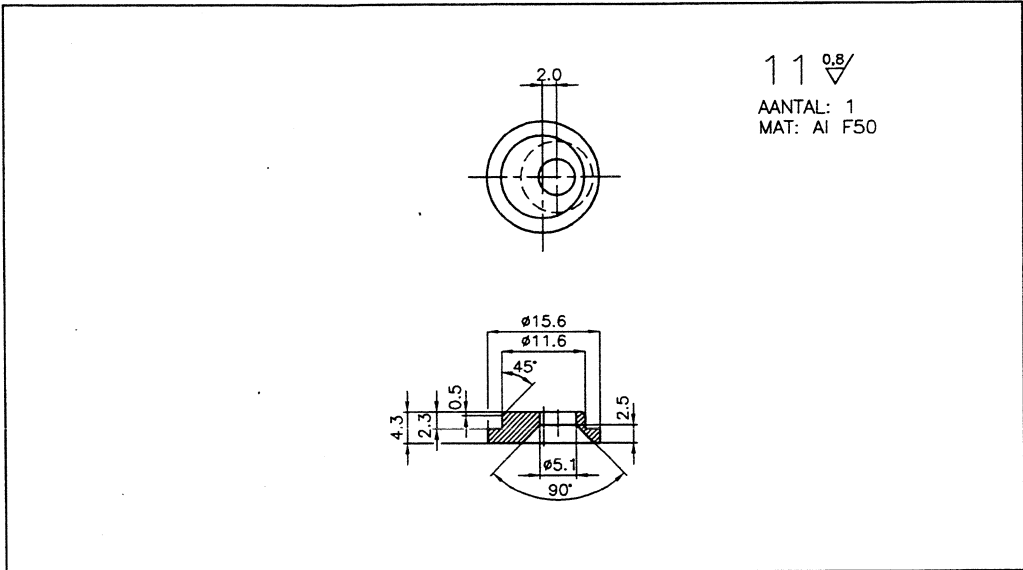
TU Delft Industrieel Ontwerpen	benaming <b>STANG-AD</b>	datum 03-02-'96 schaal 2:1 groep AFSTUD. getek. D.H.A.HOL	gezien INTERRAPS
			archiefr.
			A4 9600040-03











11  $\sqrt{0.8}$   
 AANTAL: 1  
 MAT: Al F50

TU Delft Industrieel Ontwerpen	benaming	EXCENTER		datum	8-02-'96	acad
	schaal	1:1	groep	Afstud	A4	archiefr.
	getek.	D.H.A..Hol				9600095-03



# Inbouw van radiale lagersystemen

## Inhoud

- 9.1 Benaming**
- 9.2 Axiale opsluiting van glijlagers**
- 9.3 Axiale opsluiting van wentellagers**
- 9.4 Lineaire uitzetting**
- 9.5 Oppervlakteruwheid van de lagerzitting**
- 9.6 Tolerantie as en huis**
- 9.7 Inbouwvoorbeelden**
- 9.8 Vereenvoudigde tekenwijze van wentellagers**



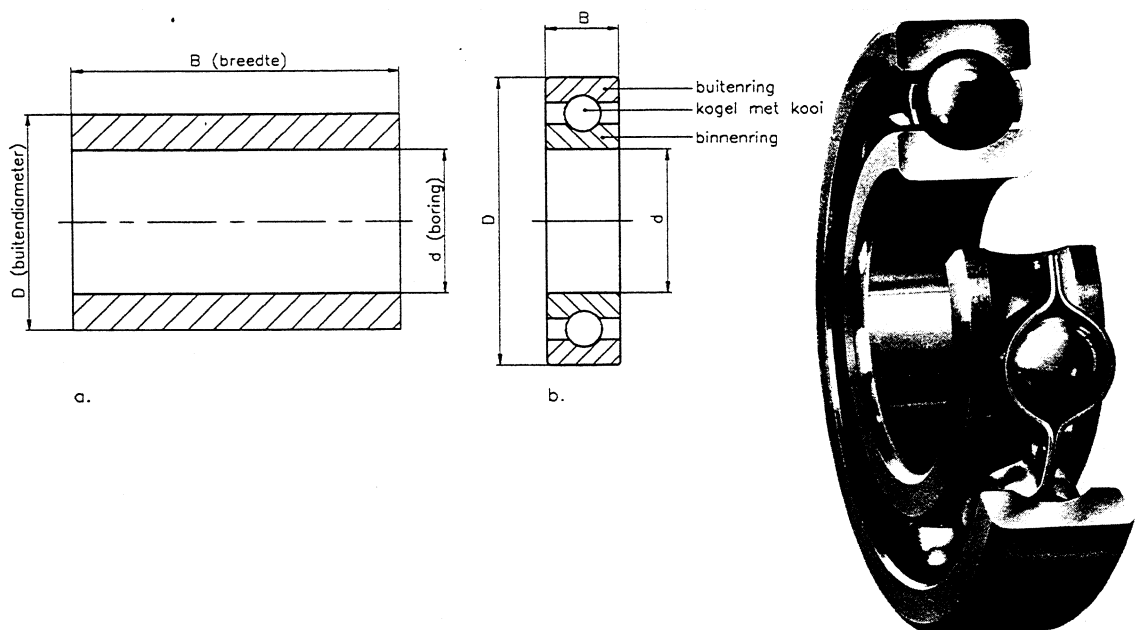
# Inbouw van radiale lagersystemen

Een lagersysteem bestaat uit een lager met een as en een huis. De as past in de boring van het lager en de buitendiameter van het lager is bevestigd in het huis.

Op de constructieve aspecten van de lagers (systemen) wordt hier niet ingegaan; dit gebeurt bij het vak constructie-elementen. Alleen voor glijlagers en wentellagers wordt slechts de inbouw bekeken. Voor alle andere lagertypen kunnen handboeken worden geraadpleegd.

## 9.1 Benaming

Voor een eenduidige begripsvorming worden de onderdelen van beide lagertypen in figuur 9.1 benoemd. Tevens worden de bijbehorende afmetingen vermeld, zoals boring  $d$ , buitendiameter  $D$  en breedte  $B$ .



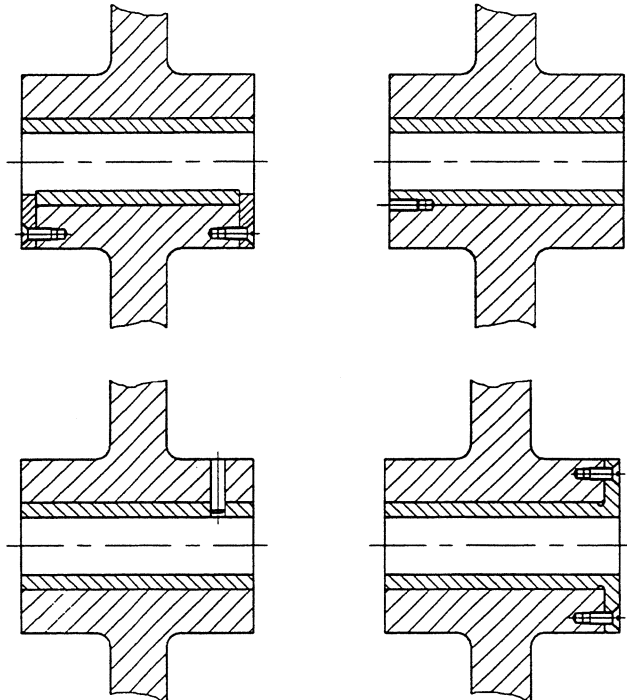
Figuur 9.1: Glijlager : Wentellager

Bij de inbouw van een radiaal lagersysteem moet rekening worden gehouden met twee hoofdaspecten deze zijn:

- \* radiaal: de passing as/lager en huis/lager; daar het lager altijd een standaard onderdeel is wordt de passing opgegeven door de fabrikant. Dit vereist slechts de tolerantie-aanduiding volgens het ISO- passingstelsel voor de as of het huis op de monotekening.
- \* axiaal: geen axiale verplaatsing toegestaan; het lager moet zijn opgesloten in axiale richting.

## 9.2 Axiale opsluiting van glijlagers.

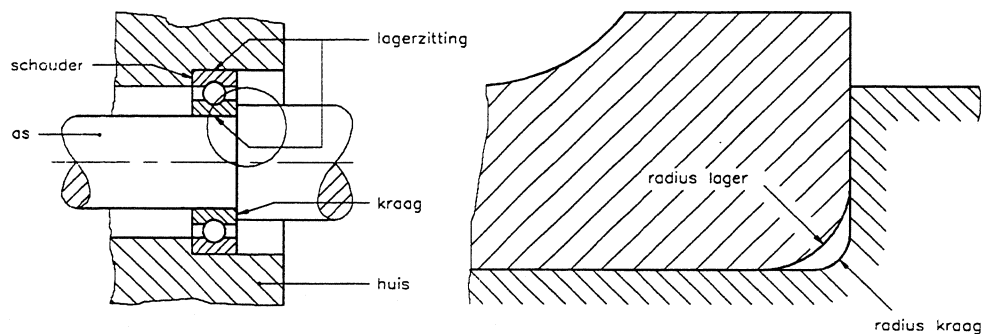
De meest eenvoudige maar wel verwerpelijke methode is het lager vastlijmen in het huis. Eigenlijk moet het lager op eenvoudige wijze uitwisselbaar blijven. Enige inbouwvoorbeelden worden gegeven in figuur 9.2. Orlov geeft meer inbouwvoorbeelden in zijn boek; Fundamentals of Machine Design, deel 4.



Figuur 9.2 Enige inbouwvoorbeelden glijlager.

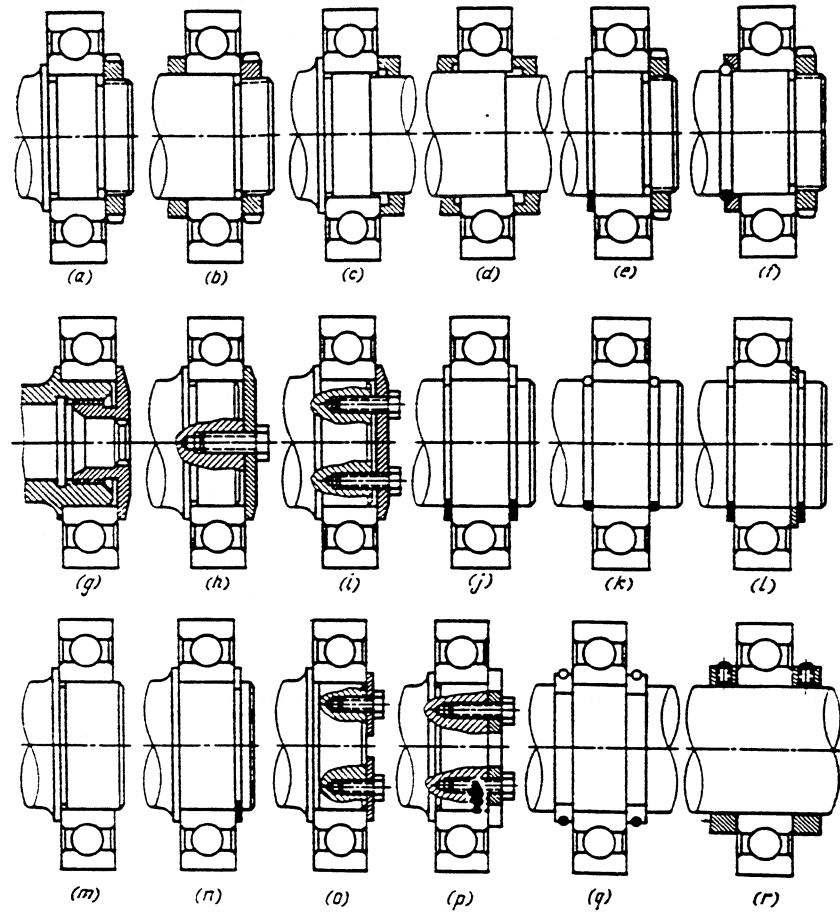
## 9.3 Axiale opsluiting van wentellagers

Denk er altijd aan dat het lager moet blijven draaien (functioneren), er mag dus geen contact zijn tussen stilstaande en draaiende delen. Enige begrippen voor de inbouw worden aangegeven in figuur 9.3. Let op dat de radius van de kraag beslist niet groter is als die van de binnenring van het lager.



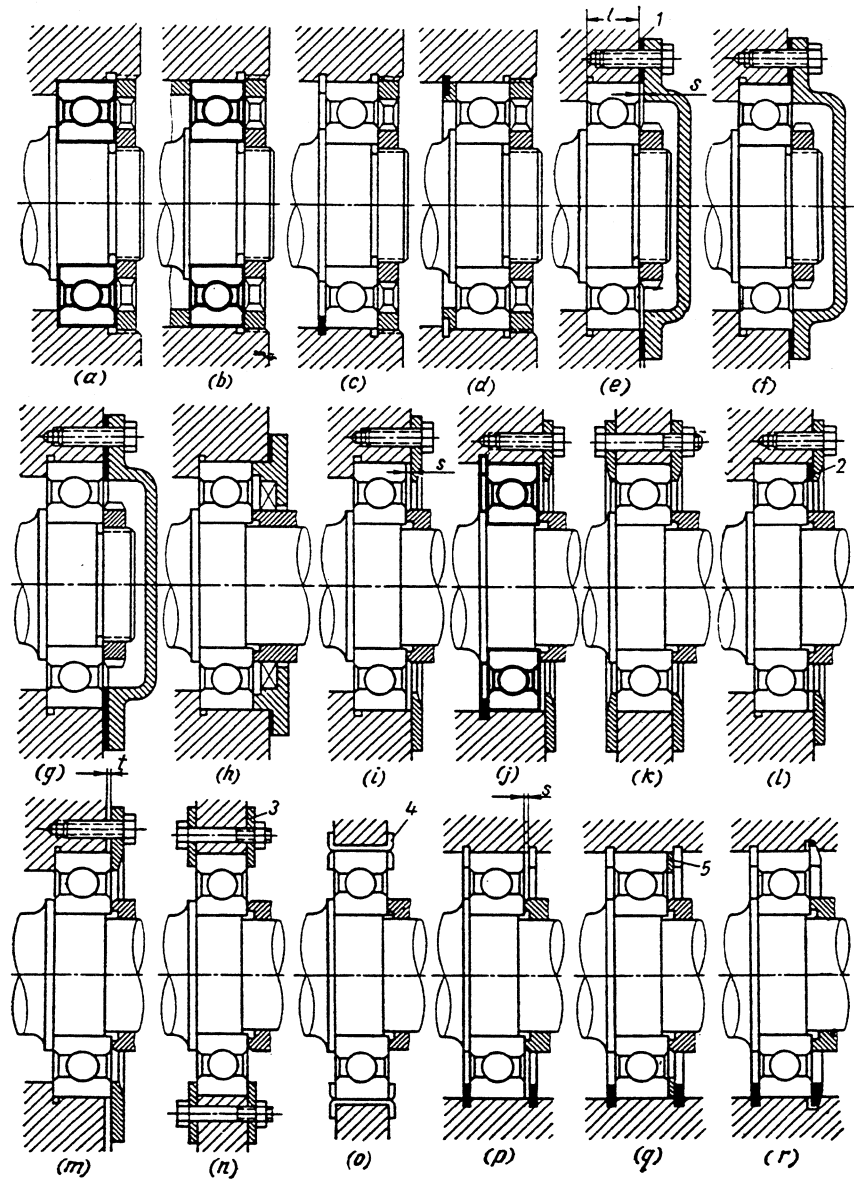
Figuur 9.3 Inbouwbegrippen wentellagers.

Figuur 9.4 geeft een aantal varianten voor axiale opsluiting van het lager op de as. Hierbij wordt vaak een kraag of borst gebruikt. Het lager kan overal op de as zitten, een specifieke plaats is bij één van de uiteinden.



Figuur 9.4 Axiale opsluiting van wentellagers op de as.

Figuur 9.5 geeft voorbeelden voor de axiale opsluiting van het lager in het huis. Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van een schouder. De plaats van het lager is veelal tegen deze schouder. Maar andere plaatsen in het doorlopende gat van het huis zijn ook mogelijk. Let op dat de radius van de schouder in het huis niet groter mag zijn als de radius van de buitenring.

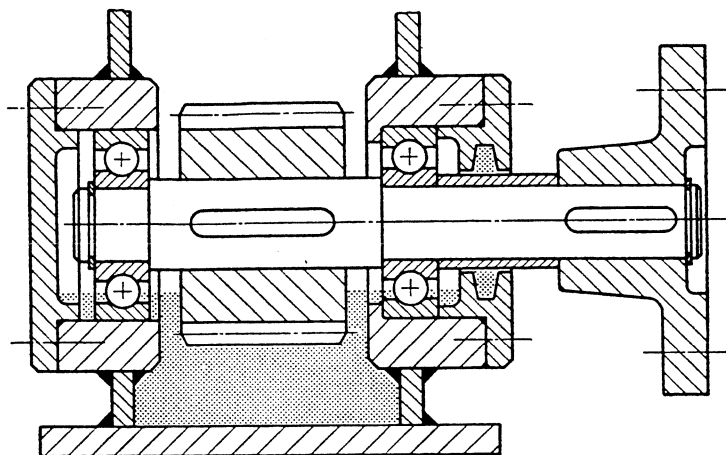


Figuur 9.5 Axiale opsluiting van wentellagers in het huis

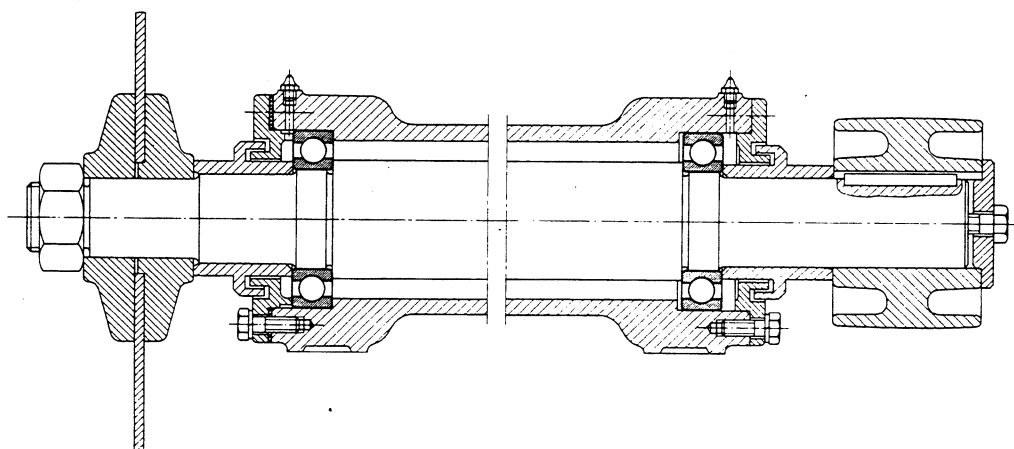


#### 9.4 Lineaire uitzetting

Bij een hoge bedrijfstemperatuur zet de as in lineaire richting meer uit dan het huis, doordat het huis meer warmte kan opnemen en afgeven dan de as. Om beschadiging van het lager te voorkomen moet deze lengtetoeename van de as worden opgevangen. Dit kan op verschillende manieren: figuur 9.6 laat zien dat het linker lager verschuifbaar is in het huis; in figuur 9.7 is het rechter lager verschuifbaar. De lengtetoeename kan bij een stilstande as ook op de as zelf worden opgevangen (fig. 9.8).



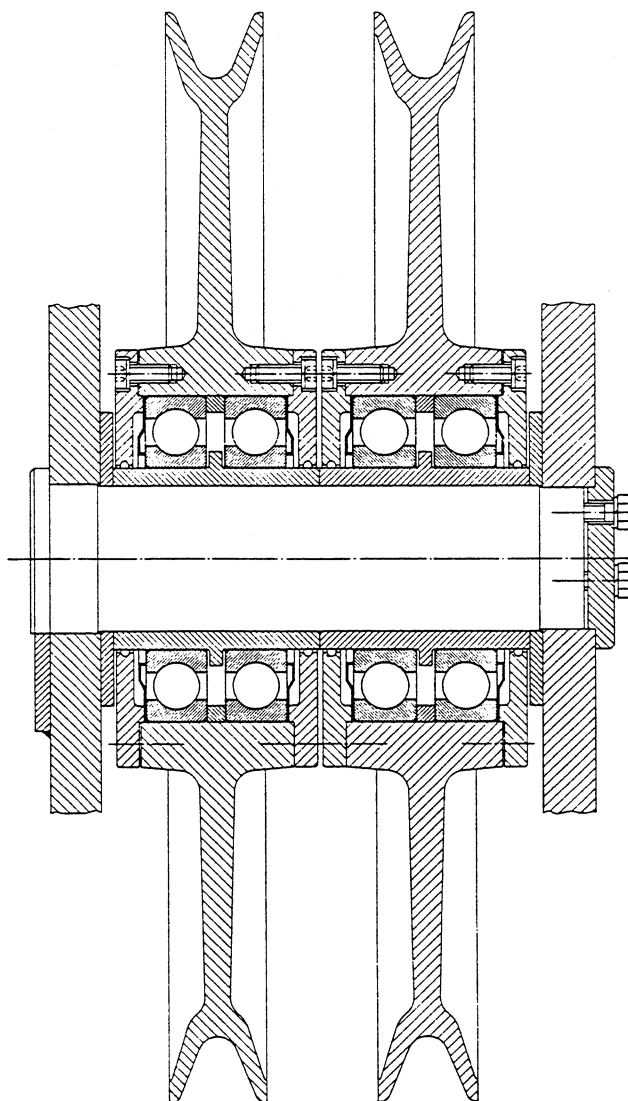
Figuur 9.6 Lagering van een as in een tandwielkast.



Figuur 9.7 Lagering van een as in een cirkelzaag.

#### 9.5 Oppervlakteruwheid van de lagerzitting

De lagerzitting is het oppervlak waar de kracht van het lager wordt doorgeleid van as naar huis of omgekeerd. Een te ruw oppervlak geeft aanleiding tot indrukking van de bewerkingstoppen met als gevolg een te grote speling. Dit kan leiden tot beschadiging van het lager. Schroefdraad is daarom totaal ongeschikt als lagerzitting. De aanbevolen oppervlakteruwheden voor de lagerzittingen staan meestal vermeld in de catalogi van de fabrikanten.



Figuur 9.8 Lagering van kabelschijven op een stilstaande as in een takel.

### 9.6 Tolerantie as en huis

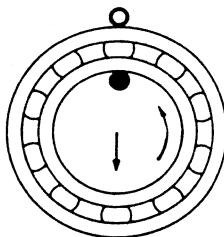
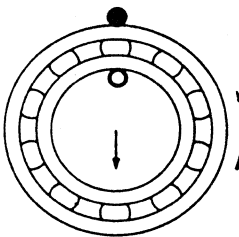
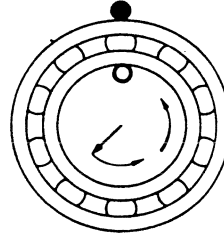
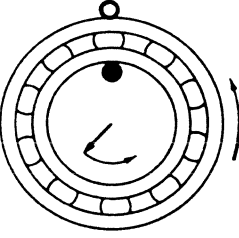
Voor het goed functioneren van het lager geven de fabrikanten tabellen, waarin afhankelijk van de aard van de belasting de ISO-toleranties staan.

De wijze, waarop de binnenring of de buitenring wordt belast bepaalt de keuze van de passing.

De binnen- of buitenring kan met een losse passing worden gemonteerd, als de ring stilstaat t.o.v. de belastingsrichting (d.w.z. de belasting is steeds naar hetzelfde punt op de ring gericht).

De binnen- of buitenring kan met een vaste passing worden gemonteerd, als de ring draait t.o.v. de belastingsrichting (d.w.z. dat alle punten op de loopbaan van de ring achtereenvolgens worden belast).

Met de belastinggegevens kan voor ieder lager de aard van de passing worden bepaald, zie tabel 9.1.

○ Losse passing	Roterende binnenring Stilstaande buitenring	Stilstaande binnenring Roterende buitenring
Stilstaande belasting	 1	 2
Roterende belasting	 3	 4
● Vaste passing	Stilstaande buitenring Roterende binnenring	Roterende buitenring Stilstaande binnenring

Tabel 9.1 Bepaling van de aard van de passing.

In tabel 9.2 staan de ISO-toleranties nodig voor de bemating in de monotekening van assen voor radiale lagers. In deze tabel zijn een aantal belastingsomstandigheden gegeven met voorbeelden, zoals: wiel op een stilstaande as, spanrollen en kabelschijven, etc..

Bedrijfsomstandigheden	Voorbeelden	Asmiddellijn, mm Kogel- <sup>1)</sup> lagers	Cilinder- <sup>2)</sup> en kegel- lagers	Tonlagers	Tolerantie
<b>Stilstaande binnenringbelasting</b>					
Binnenring moet gemakkelijk verschuifbaar zijn over de as	Wielen op stilstaande assen				g6 <sup>2)</sup>
Binnenring hoeft niet gemakkelijk verschuifbaar te zijn over de as	Spanrollen kabelschijven				h6
<b>Roterende binnenringbelasting of onbepaalde belastingsrichting</b>					
Lichte en variërende belastingen ( $P \leq 0,07 C$ )	Transportinrichtingen, licht belaste lagers in tandwielkasten	(18)–100 (100)–140	$\leq 40$ (40)–100	– –	j6 k6
Normale en zware belastingen ( $P > 0,07 C$ )	Lagerconstructies in het algemeen, elektromotoren, turbines, pompen, verbrandingsmotoren, tandwielkasten, houtbewerkingsmachines	$\leq 18$ (18)–100 (100)–140 (140)–200 (200)–280 – –	– $\leq 40$ (40)–100 (100)–140 (140)–200 (200)–400 –	– $\leq 40$ (40)–65 (65)–100 (100)–140 (140)–280 (280)–500 > 500	j5 k5 (k6) <sup>3)</sup> m6 (m6) <sup>3)</sup> n6 p6 r6 r7
Zware belastingen en stootbelastingen onder moeilijke omstandigheden ( $P > 0,15 C$ )	Aslagers voor zware railvoertuigen, tractiemotoren, walstuigen	– – –	(50)–140 (140)–200 > 200	(50)–100 (100)–140 > 140	n6 <sup>4)</sup> p6 <sup>4)</sup> r6 <sup>4)</sup>
Hoge eisen aan loopnauwkeurigheid bij lichte belastingen ( $P \leq 0,07 C$ )	Gereedschapswerktuigen	$\leq 18$ (18)–100 (100)–200	– $\leq 40$ (40)–140 (140)–200	– – –	h5 <sup>5)</sup> j5 <sup>5)</sup> k5 <sup>5)</sup> m5 <sup>5)</sup>
<b>Zuiver axiale belasting</b>					
	Alle soorten lagerconstructies	$\leq 250$ > 250	$\leq 250$ > 250	$\leq 250$ > 250	j6 js6

Tabel 9.2 Toleranties voor massieve stalen assen bij radiale lagers.

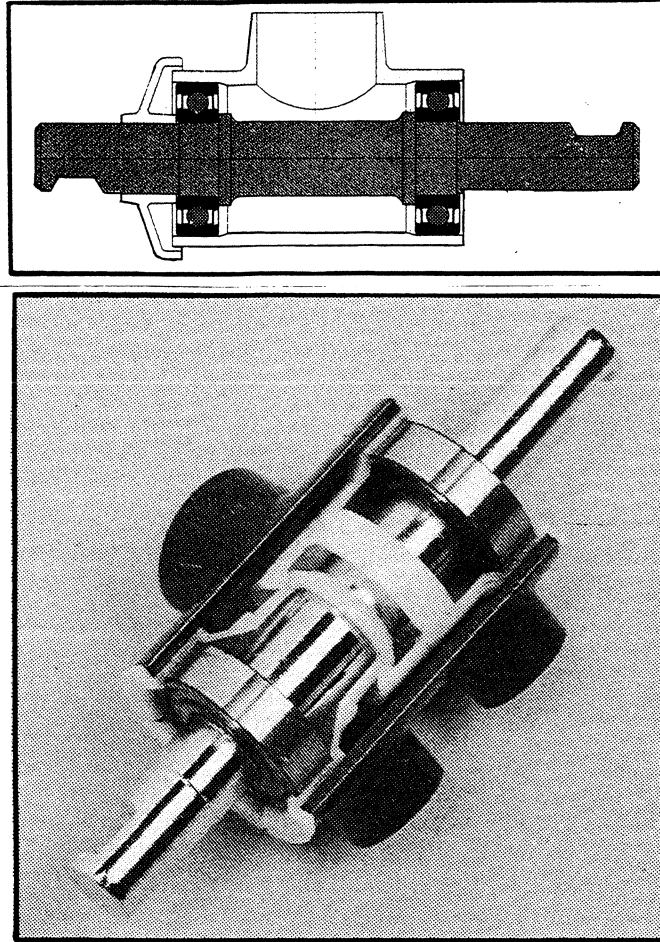
In tabel 9.3 wordt de ISO-tolerantie gegeven voor huizen van radiale lagers.

Bedrijfsomstandigheden	Voorbeelden	Tolerantie	Verschuifbaarheid van de buitenring
<b>Roterende buitenringbelasting</b>			
Zware belastingen op lagers in dunwandige lagerhuizen, zware stootbelastingen ( $P > 0,12 C$ )	Wielnaven met rollagers, drijfstanglagers	P7	niet verschuifbaar
Normale en zware belastingen ( $P > 0,06 C$ )	Wielnaven met kogellagers, drijfstanglagers, loopwielen van kranen	N7	niet verschuifbaar
Lichte en veranderlijke belastingen ( $P \leq 0,06 C$ )	Transportrollen, kabelschijven, riemspanrollen	M7	niet verschuifbaar
<b>Onbepaalde belastingsrichting</b>			
Zware stootbelastingen	Elektrische tractiemotoren	M7	niet verschuifbaar
Zware en normale belastingen ( $P > 0,06 C$ ) De buitenring behoeft niet verschuifbaar te zijn	Elektromotoren, pompen, hoofdlaters van krukassen	K7	in de regel niet verschuifbaar
<b>Nauwkeurige resp. geruisarme loop</b>			
	Rollagers voor hoofdspillen van gereedschapswerktuigen	K6 <sup>1)</sup>	in de regel niet verschuifbaar
	Kogellagers voor slijpspillen, kleine elektromotoren	J6 <sup>2)</sup>	verschuifbaar
	Kleine elektromotoren	H6	gemakkelijk verschuifbaar

Tabel 9.3 Toleranties voor huizen, radiale lagers.

## 9.7 Inbouwvoorbeelden

Uiteraard zijn legio toepassingen mogelijk, raadpleeg de catalogi van de fabrikanten. In figuur 9.9 is de toepassing te zien van wentellagers op de trapas van een fiets.



Figuur 9.9 Lagering van de trapas bij rijwielen.

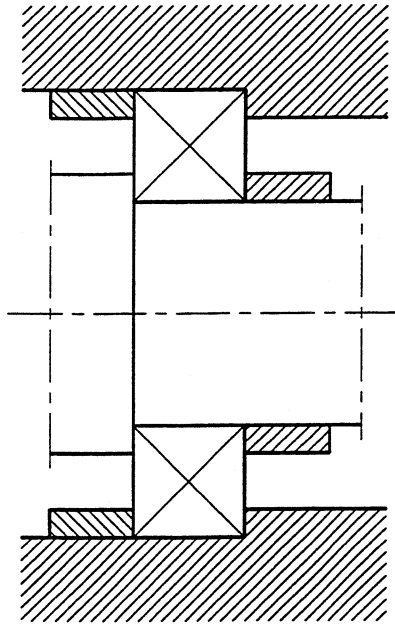
## 9.8 Vereenvoudigde tekenwijze van wentellagers

Een wentellager (groefkogellager, etc) in detail tekenen kan alleen met extra informatie van de fabrikant.

Daarom worden de lagers vereenvoudigd getekend, zoals aangegeven in figuur 9.10. De begrenzingen (breedte en hoogte) worden met zichtbare begrenzingslijnen getekend. Alle details worden weggelaten; ter verduidelijking wordt een kruis getekend met dunne lijnen.

Op de mono-tekeningen van huis en as wordt de radius van de kraag op de as (zie figuur 9.3) en van de schouder in het huis wel getekend en bemaat. Deze radius is te vinden in de lagertabellen bij de inbouwmaten.

Let op: de losse bussen afgebeeld in figuur 9.10 geven alleen aan dat het lager is opgesloten op de as en in het huis, gewoonlijk wordt de constructie uitgevoerd zoals in de voorbeelden van figuur 9.4 en 9.5 is te zien.



Figuur 9.10 Vereenvoudigde tekenwijze van wentellagers.

# Literatuurlijst

- 1 Giachino, JW and HJ Beukema, Engineering Technical Drafting, Chicago, American Technical Society 4<sup>e</sup> ed.
- 2 Giesecke, FE, e.a., Engineering Graphics, New York MacMillan Publ. Co. Inc, 1975
- 3 Heij, J Ia, e.a., Werktuigbouwkundig Tekenen voor het Hoger Technisch Onderwijs, Culemborg, Stam Educaboek, 1991
- 4 Bulletin 33, Kern Swiss, 1982
- 5 Luzadder, WJ, Fundamentals of Engineering Drawing, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1986
- 6 Mathé, Jean, Leonardo's Inventions, Fribourg-Genève, Miller Graphics, Production Liber SA, 1980
- 7 SKF Leerboek Wentellagers, Veenendaal, SKF Nederland B.V., 9<sup>e</sup> herziene druk 1985
- 8 Smit, JM, Technisch Tekenen en Construeren, Amsterdam, Elsevier, 1976
- 9 Orlov, P., Fundamentals of Machine Design, part 3 and 4, Moscow, MIR Publicers, 1980
- 10 Timmermans, ACW, Bevestigingsmiddelen, Eindhoven, TUE, 1990
- 11 Vroegindeweij, Joh CA, Lijmen voor houtverbindingen, 's Gravenhage, Lakerveld, 1989





# Aanbevolen naslagwerken

- 1 Barton HK, Product design for diecasting, Detroit, Society of Diecasting Engineers Inc., 1974
- 2 Beck DR, Plastic product design, New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1970
- 3 Beitz W und KH Küttner, Dubbel-Taschenbuch für den Maschinebau, Berlin, Springer Verlag, 1990
- 4 Earle JH, Graphics for Engineers, Reading (Mass), Addison-Wessley Publ. Comp., 1996
- 8 Mechanische techniek voor het voortgezet beroepsonderwijs, Meten 2, Culemborg, Educaboek, 1980
- 9 Fench ThE and ChJ Vierck, Engineering drawing & graphic technology, New York, McGraw-Hill Book Comp., 1986
- 10 Hemme AJ van en AT Hens, Tekenen in de werktuigbouwkunde, Overberg, Delta Press, 1989
- 11 Hewitt TH, Advanced geometrical and engineering drawing, London, The English Universities Press Ltd., 1974
- 12 Mott, Engineering drawing and construction (2<sup>e</sup> ed.), Oxford, Oxford University Press, 1976
- 13 Nutsch W, Handbuch Technisches Zeichnen und Entwurfzeichnen - Holz, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1984
- 14 Postams JH, Plastics mouldings, Oxford, Oxford Univ. Press, 1978
- 15 Roloff/Matek, Machine onderdelen, Schoonhoven, Academic Service, 1993
- 16 Rowbotham GE, Engineering and industrial graphics handbook, New York, McGraw-Hill Book Comp., 1982
- 19 Strebel O, Fertighauskatalog, Felbach, Fachschriften-Verlag GmbH
- 20 Terheijden C v, Gereedschapswerktuigen 3, Groningen, Wolters-Noordhoff, 1968
- 21 Veerman J en LA de Bruijn, Werktuigbouwkundig tekenen en tekeningelezen, Culemborg, Educaboek, 1978
- 22 Zandi M, Computer aided design and drafting, Albany, Delmar Publishers Inc, 1985



# Oefeningen 2D

$\emptyset$  7.7. c  
o 7.7. d  
± 7.7. p  
Verder maken

Inhoud

Leefregels

Programma

Beoordeling en vrijstelling

Oefeningen

Samenstelling

Rinus Grabijn  
Lau Langeveld  
Jan Witte

Delft juli 1996



# Leefregels 2D

Bij naleving van deze leefregels en een zekere mate van zelfdiscipline kan de student(e) het practicum Deel 2 Technische ProduktInformatie 1 zeker met een voldoende afronden.

- **Lees de te bestuderen stof voor elke oefening door**

Het bestuderen van de stof behoeft per oefening slechts 20 à 30 minuten in beslag te nemen. Dit levert een tijdwinst op van circa een half tot een heel uur per practicum eenheid (oefening).

Aan het begin van iedere practicum eenheid wordt gelegenheid gegeven tot het stellen van vragen over **de bestudeerde stof**. Deze stof staat voor elke oefening vermeld op het blad: alg.3 Programma.

- **Deel de tijd per practicum eenheid goed in !**

Een practicum eenheid bestaat meestal uit meerdere delen: tekenoefeningen, tekening lees oefeningen en invuloefeningen. Per practicum eenheid wordt de tijd beschikbaar voor de afzonderlijke delen aangegeven. Door strikt deze tijden aan te houden wordt uitloop voorkomen.

Practicum eenheid	ochtend	08.45 - 12.30 uur
	middag	13.30 - 17.15 uur

- **Kom op tijd en gebruik de beschikbare uren volledig!**

De antwoorden op de door andere studenten gestelde vragen bij de aanvang van een practicum eenheid kunnen ook voor jou verhelderend werken.

Het tijdstip voor de koffie- of theepauze wordt door de begeleider(s) aangegeven.

Houdt koffie- of theepauze zo kort mogelijk (max. 15 min.).

- **Het is niet mogelijk eerder weg te gaan.**
- **Lever op het eind van de practicum eenheid al je werk in, ook als het niet volledig klaar is!**

Het binnen een zekere tijd leren werken is onder andere een onderwijsdoel van deze cursus. In het begin kan dit betekenen dat je niet alles af hebt. Dit wordt wel in de beoordeling betrokken, maar heeft meestal geen zware gevolgen. Pas je werkwijze zo aan dat je wel met je tijd uitkomt, b.v. door een betere werkvoorbereiding.

Groepsindeling	De groepsindeling voor het 2D practicum is gelijk aan het 3D practicum.	
Gemiste oefeningen	Gemiste oefeningen kunnen, mits gemeld (ook telefonisch) èn als er naar het oordeel van de tekenstaf gegronde redenen voor zijn (ziekte of andere dwingende persoonlijke omstandigheden), worden ingehaald in de laatste twee weken van het betreffende blok.	
	Telefonische meldingen alleen aan de staf (bureau onderwijszaken of de studieadviseur geven meldingen meestal niet door aan alle onderwijstaven). Alle meldingen worden door de staf schriftelijk vastgelegd.	
Staf	Aad Bremer (docent), telefoon	(015-278)3270
	Marco Bolleboom	(015-278)2864
	Rinus Grabijn (coördinator)	(015-278)3176
	Lau Langeveld	(015-278)6366
	Jan Witte	(015-278)1802
	Tijdens de praktikumeenheden (zie Papieren Patroon) is het telefoonnummer van de practicumruimte (015-278)5130.	
	<b>ER IS ALTIJD WEL IEMAND VAN DE TEKENSTAF TE BEREIKEN !!</b>	
Inhalen	Inhalen van gemiste oefeningen kan alleen geschieden in de inhaalweken in hetzelfde blok, maar <b>altijd</b> in overleg met de tekenstaf.	
LET OP	Gemaakte afspraken daarover <b>MOETEN</b> , door de staf, op de afsprakenlijst worden genoteerd!	

**NEEM AL HET GECORRIGEERDE WERK MEE EN BEWAAR DEZE ALS BEWIJSMATERIAAL TOT HET EINDCIJFER BEKEND IS !!**

# Programma 2D

Voor het met succes kunnen maken van de oefeningen is het noodzakelijk de opgegeven delen uit ide 141, Diktaat 2D vooraf te bestuderen. Ter informatie is aangegeven welke hoofdstukken uit de Handleiding AutoCAD bij elke oefening worden gebruikt.

Oefening	stof	diktaat 2D	Handleiding AutoCAD
1	inleiding AutoCAD	2	De te bestuderen stof wordt uitgereikt bij de de handleiding.
2	idem		
3	Amerikaanse projectie	3.1 t/m 3.6	
4	doorsneden	3.7.2	
5	hulpprojecties	3.7.1	
6	buistekening	6	
7	verbindingen	7.3	
8	geometrische bemating	4	
9	bemating naar bewerking	4	
10	bemating naar functie maatafwijkingen	5.1 t/m 5.2	
11	geometrische toleranties ruwheidsaanduidingen	5.3 5.4	
12	complexe tekening		
13 - 17	eindopdracht	8 en 9	

ALLE OEFENINGEN VINDEN PLAATS IN DE COMPUTERZAAL  
LEEGHWATERSTRAAT 35 (begane grond)

**NEEM BIJ ELKE OEFENING A L T I J D DE MAP ide141 TPI 1 MEE**

Zorg ook voor een lineaal of een geodriehoek en schrijfgerei

**ZONDER MAP GEEN TOEGANG TOT DE PRAKTICUMZAAL !!**

# Beoordeling en vrijstelling 2D

Algemeen	<p>De oefeningen bestaan uit teken-, tekening lees- en invuloefeningen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- op elk werkstuk dient de naam van de student, inlognummer en de groep vermeld te worden</li><li>- van elk oefenonderdeel dient een plotfile aangemaakt te worden tijdens de practicum eenheid, zoals bij elke oefening is aangegeven.</li></ul>
Beoordeling	<p>De ingeleverde tekening lees- en invuloefeningen en de geplotte tekeningen worden zo mogelijk beoordeeld voor de aanvang van de volgende oefening. Het beoordeelde werk wordt bij de aanvang van de volgende oefening uitgereikt, zodat terugkoppeling mogelijk is (leerfase).</p>
Noot	<p>Bekijk deze gecorrigeerde oefeningen en bewaar ze voor eventuele vragen.</p> <p>Oefeningdelen worden beoordeeld met een <b>V</b> voor voldaan of een <b>O</b> voor niet (geheel) voldaan aan de minimale eis voor deze oefening.</p> <p>Deze gegevens worden per oefenonderdeel verwerkt in de cijferadministratie. Een niet ingeleverd of niet gemaakt deel wordt met een '--' gemerkt, in de cijferadministratie telt dit als <b>O</b>.</p> <p>De beoordeling geschiedt op de volgende hoofdpunten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- fouten gemaakt tegen de leerdoelen van de oefening; indeling van de tekening; bemating; gebruik juiste lijnsoort.</li></ul> <p>Bij elke oefening is vermeld op welke aandachtspunten wordt beoordeeld.</p> <p>Voor elk oefenonderdeel wordt ook beoordeeld op:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- netheid, zoals aansluitingen van lijnen, bogen en cirkels; afstanden van maatlijnen; invulling rechteronderhoek;</li><li>- het stadium van gevorderdheid van het oefenonderdeel, ontstaan door bijvoorbeeld werken in te laag tempo.</li></ul>
Eindopdracht	<p>Aan de eindopdracht kan alleen worden deelgenomen als minimaal <math>\frac{2}{3}</math> van de oefeningen met <b>V</b> is beoordeeld.</p> <p>De eindopdracht wordt individueel gemaakt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- de plotfiles van de eindopdracht moeten zijn aangemaakt tijdens de laatste practicum eenheid van de groep</li><li>- nadat de cijfers zijn opgehangen op het 1e jaarsbord (Jaffalaan) worden alle beoordeelde tekeningen nog vier (4) weken bewaard voor eventuele vragen etc.</li><li>- na het verstrijken van deze termijn is geen verhaal meer mogelijk!</li></ul>



Eindbeoordeling	<p>Practicum 2D voor ide141, TPI 1 - <b>deelcijfer 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- het deelcijfer 2 wordt bepaald door de beoordeling van de eindopdracht</li> <li>- Indien het eindcijfer voor ide141 een voldoende is, kan geen herkansing voor deelcijfer 2 plaatsvinden</li> <li>- Alleen als door een onvoldoende deelcijfer 2 ide141 onvoldoende is, kan een herkansing voor de eindopdracht worden gemaakt.</li> </ul>
Herkansing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de beoordeling van de herkansings-eindopdracht geldt als deelcijfer 2</li> <li>- de herkansings-eindopdracht wordt vanaf een nader te bepalen datum, (zie de mededelingenborden Jaffalaan 9) verstrekt door de tekenstaf;</li> <li>- de opdracht omvat maximaal 5 practicum eenheden</li> <li>- herkansingsperiode duurt tot een nader te bepalen datum in augustus 1998.</li> </ul>
Vrijstelling	<p>Studenten die menen voor een (gedeeltelijke) vrijstelling in aanmerking te komen moeten dit (onder overlegging van bewijsmateriaal) bij de tekenstaf aanvragen <b>ná de inleiding</b> van de eerste practicum eenheid van de groep waarbij zij zijn ingedeeld.</p> <p>Studenten met een gedeeltelijke vrijstelling moeten zelf in de gaten houden op welke datum zij moeten beginnen en moeten zich op die practicum eenheid vóór aanvang van de oefening melden bij de tekenstaf.</p>



# Oefening 1

# Oefening 2

Deze beide oefeningen worden aan het begin van de oefeningenreeks uitgedeeld.



# Oefening 3

## Amerikaanse projectie

Doel van de oefening	Het leren projecteren van aanzichten van een voorwerp volgens de Amerikaanse projectie-methode met behulp van constructielijnen en het leren bepalen van het benodigd aantal aanzichten nodig voor een juiste afbeelding van een voorwerp.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit 3 delen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Het maken van tekeninglees oefening 3.2.1 (30 minuten).</li><li>- Het opmeten van een voorwerp, het tekenen van alle aanzichten volgens de Amerikaanse projectiemethode en bepaling van het benodigd aantal aanzichten (2 uur).</li><li>- Het tekenen van de aanzichten van een isometrisch getekend blok (30 minuten) .</li></ul>
Deel 1	Iedere student vult na de instructie een lees oefening in: vul op elke lijn (duidelijk leesbaar) het bedoelde getal in. Na 30 minuten wordt de lees oefening opgehaald.
Deel 2	Pak voor dit deel een blok uit de doos, die voorin de zaal staat. Na het inloggen en het starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 3</b> , klik daarna op <b>Oefening 3.1</b> . Op het scherm komt een A2 met een dialoogbox. Vul de dialoogbox in: de benaming is: BLOK .. (.. is het nummer van het te tekenen blok). Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster <u>OE3-1</u> in. In de titelbalk (de bovenste regel op het scherm) komt deze naam dan te staan. Staat achter <b>AutoCAD</b> de naam van een tekening dan wordt niet meer om de naam gevraagd als het <b>Save</b> -icoon wordt aangeklikt.
LET OP:	Staat de juiste lijnsoort aan? (is de juiste 'layer' current?). In dit geval moet in de bovenste werkbalk staan: Zbegrl. Bepaal nu het vooraanzicht van het voorwerp en teken dit op de aangegeven positie op het tekenvel. Meet met een maatlat de juiste afmetingen, rond deze af op hele mm en teken direct op het scherm zoals hieronder aangegeven. <b>Maak in geen geval een schets op papier</b> (dit neemt teveel tijd in beslag). Activeer het Line-commando, ga met de cursor naar de aangegeven hoek van het vooraanzicht en klik erop. Teken van hieruit met gebruikmaking van relatieve coördinaten (@x,y) de gehele omtrek van het vooraanzicht.
Intermezzo	Klik regelmatig <b>Save</b> aan, bv elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat. Meet de afstand van het middelpunt (hart) van het gat tot de rechter- of linkerzijde van het vooraanzicht; plaats met <b>OFFSET</b> een verticale Cline op die positie. Doe hetzelfde met de afstand van hart gat tot onder- of bovenzijde van het voorwerp (horizontale Cline).

Vervolgens	<p>Activeer CIRCLE, geef als middelpunt het snijpunt van de zojuist getekende constructielijnen, meet de diameter van het gat op en tik de waarde van de radius in.</p> <p>De aanzichten moeten allen op dezelfde afstand van het vooraanzicht staan, neem hiervoor 30mm.</p> <p>Teken met een OFFSET van 30mm constructielijnen om de zijaanzichten en het boven- en onderaanzicht te positioneren.</p> <p>Teken uitgaande van de gevonden snijpunten en met behulp van relatieve coördinaten en constructielijnen de contouren van het rechterzij-, linkerzij, boven- en onderaanzicht.</p> <p>Teken daarna de contour van het achteraanzicht op de juiste plaats (zie Diktaat 2D, hoofdstuk 3, figuur 4b).</p> <p>Teken nu de overige zichtbare begrenzingslijnen in de aanzichten en daarna <b>alle</b> niet-zichtbare begrenzingslijnen (let op de juiste lijnsoort).</p> <p>Teken de hartlijnen in de aanzichten en in de projecties van het gat, laat de hartlijnen nooit verder uitsteken dan 3 á 4 mm.</p>
Deel 2b	<p>Ga na welke van de zes aanzichten niet nodig zijn voor een juiste afbeelding van het voorwerp.</p> <p>Maak nu de laag Tekst actief en plaats onder elk aanzicht de tekst: 'nodig' of 'niet nodig', gebruik hiervoor een teksthogte van 5 mm.</p> <p>Bevries de constructielijnen zoals dat eerder is geoefend.</p>
Plotfile 1	<p>De tekening is nu gereed; sla de tekening op voordat een plotfile wordt aangemaakt.</p> <p>Bekijk door op het <b>print preview</b> icoon te klikken of alles in orde is (constructielijnen bevroren) en maak daarna een plotfile aan:</p> <p>Klik daarvoor op het <b>print</b> icoon. AutoCAD maakt nu een file aan die geschikt is voor de ingestelde plotter. Deze file wordt in je eigen directory geplaatst. Alle aangemaakte plotfile(s) worden later verzameld, uitgedraaid en daarna beoordeeld door de tekenstaf.</p>
Deel 3	<p>Start een nieuwe tekening.</p> <p>Kies <b>Oefening 3</b>, daarna <b>Oefening3.2</b> en teken de drie aanzichten van het blok, waarvan in de linkerbovenhoek een isometrische schets staat.</p> <p>Teken alleen de zichtbare begrenzingslijnen.</p> <p>Geef als Benaming: Klok</p>
Plotfile 2	<p>Sla de tekening op als deze gereed is.</p> <p>Bekijk door op het <b>print preview</b> icoon te klikken of alles in orde is (constructielijnen bevroren), maak daarna een plotfile aan.</p> <p>Sluit AutoCAD af en log uit.</p>
Beoordeling	<p>Beoordeling geschiedt op juiste keuze van vooraanzicht, juiste toepassing Amerikaanse projectie-methode, aangeven overbodige aanzichten, gebruik juiste lijnsoorten en aansluiting van lijnen.</p>
Volgende oefening	<p><b>Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op doorsneden en arcering. Zie opgave op blad: alg.3 Programma.</b></p>

# Oefening 4

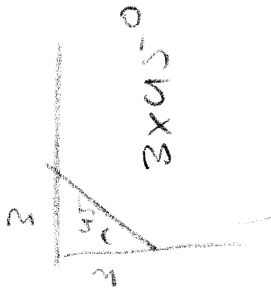
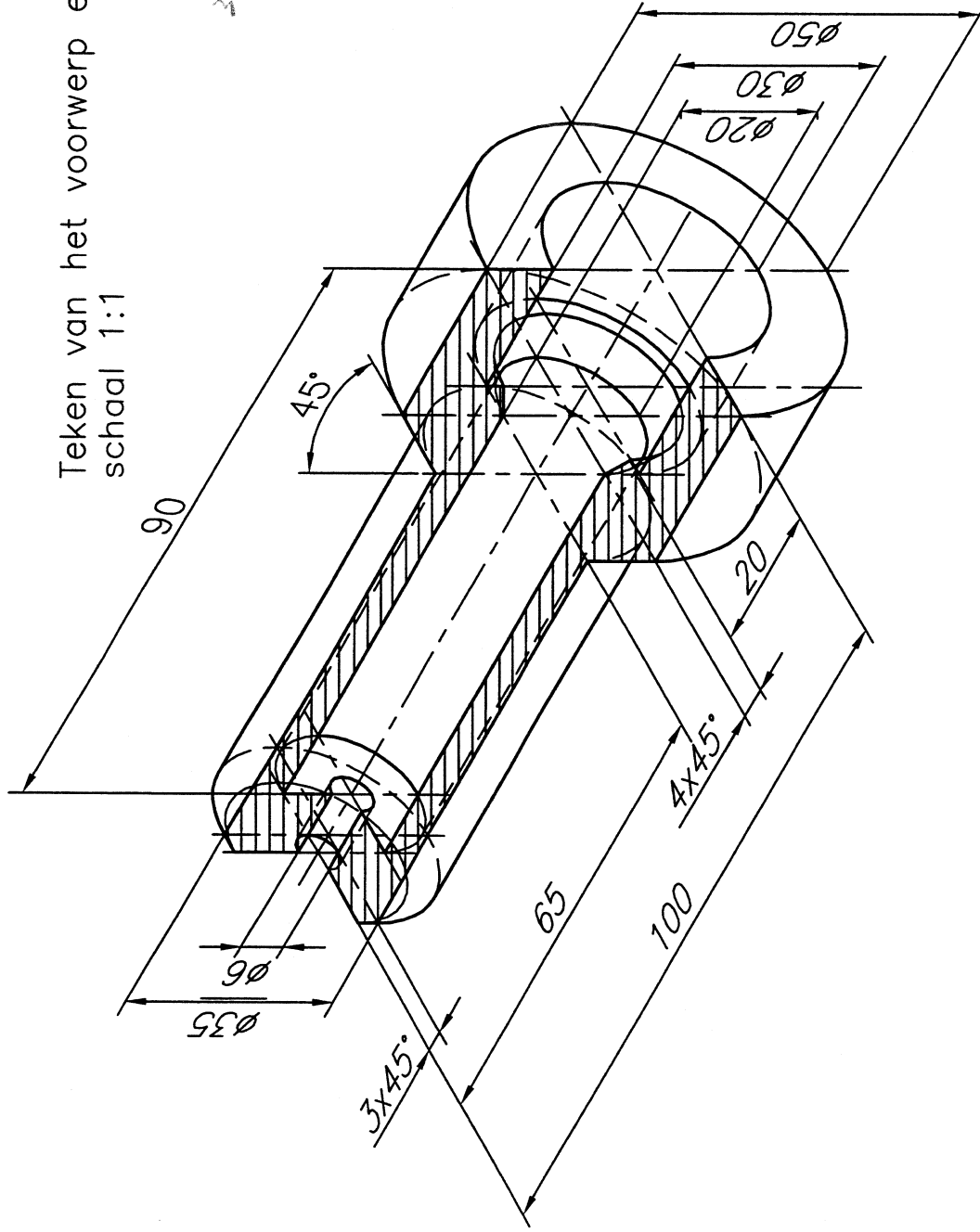
## Doorsneden

Doel van de oefening.	Het maken van bijzondere aanzichten met name doorsneden ter verduidelijking van de inwendige vorm(en).
Tijdsbesteding	<p>De oefening bestaat uit drie delen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Het maken van de tekeningleesoefeningen TL4.2.1 en TL4.2.2 (30min)</li> <li>- Het maken van een doorsnede van een rotatiesymmetrisch voorwerp (1uur)</li> <li>- Het maken van en versprongen doorsnede van een blok (1uur 30min)</li> </ul>
Deel 1	<p>Het invullen van tekeningleesoefeningen TL4.2.1 en TL4.2.2</p> <p>Omcirkel in de uitgereikte opgave de juiste doorsneden.</p> <p>Vergeet niet op elk blad je naam en groep te vermelden</p>
Deel 2	<p>Na het inloggen en het starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 4</b>, klik daarna op <b>Oefening 4.1</b>. Op het scherm komt een A4 met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in, de benaming is PIJPSTUK.</p> <p>Sla de tekening direct op.</p> <p>Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF4-1</u>.</p> <p>Teken nu de gevraagde doorsnede van opgaveblad 4.1.1; zet de hartlijn in het midden van het tekenvel. Selecteer voor het arceren de laag arcering als actieve laag. Het arceren geschiedt door op de <b>arceer</b>-icoon te klikken. Selecteer het te arceren veld zoals aangegeven in de Handleiding AutoCAD, hoofdstuk 5.</p>
Plotfile 1	De tekening is nu gereed; sla de tekening op voordat een plotfile wordt aangemaakt.
Deel 3	<p>Start een nieuwe tekening.</p> <p>Kies <b>Oefening 4</b>, klik daarna op <b>Oefening 4.2</b>. Vul bij benaming in BLOK.</p> <p>Sla ook deze tekening direct op.</p> <p>Vul als naam in: <u>OEF4-2</u>.</p>
Intermezzo	<p>Klik regelmatig op het <b>Save</b> icoon, b.v. elke 15 minuten, zodat bij eventuele storingen niet het werk van een heel dagdeel verloren gaat. Op de bovenste regel moet dan achter <b>AutoCAD</b> de naam staan van de tekening waar je op dat moment aan werkt.</p> <p>Teken vervolgens op de juiste plaatsen de gevraagde doorsnede B-B en C-C. Gebruik hierbij constructielijnen voor de juiste projectie.</p> <p>Voor de versprongen arcering in doorsnede B-B kiest men uit het <b>TOOLS</b>-menu <b>Drawing Aids</b>. Hier kan het verschoven 'Base point' bepaald worden. (zie Handleiding AutoCAD, hoofdstuk 5).</p> <p>Plaats de pijlen (met de verdikte lijnstukken) die de doorsnede aangeven op de doorsnijdingslijn. Laat deze hartlijn circa 10mm uitsteken buiten de zichtbare begrenzijingslijnen.</p> <p>Benoem vervolgens de doorsneden.</p>
Let op	Zorg dat je in de <b>juiste laag</b> werkt, zodat je met de <b>goede lijnsoorten</b> tekent

Plotfile 2	De tekening is nu gereed; sla de tekening op voordat een plotfile wordt aangemaakt.
Beoordeling	Beoordeling geschiedt op juiste toepassing van de Amerikaanse projectiemethode, juiste toepassing arcering, juiste toepassing van aanduidingen en beschrijvingen doorsnede, gebruik juiste lijnsoorten en aansluiting van lijnen.
Volgende oefening	<b>Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op hulpprojecties. Zie opgave op blad: alg.3 Programma.</b>



Teken van het voorwerp een doorsnede  
 schaal 1:1



TU Delft Industrieel Ontwerpen	benaming		PIJPSTUK		stud.
	IDET141/oeft4.1.1-97				
	datum			archiefnr. 4.1.1	
	groep	A4			
	schaal 1:1				
	getek. staf				

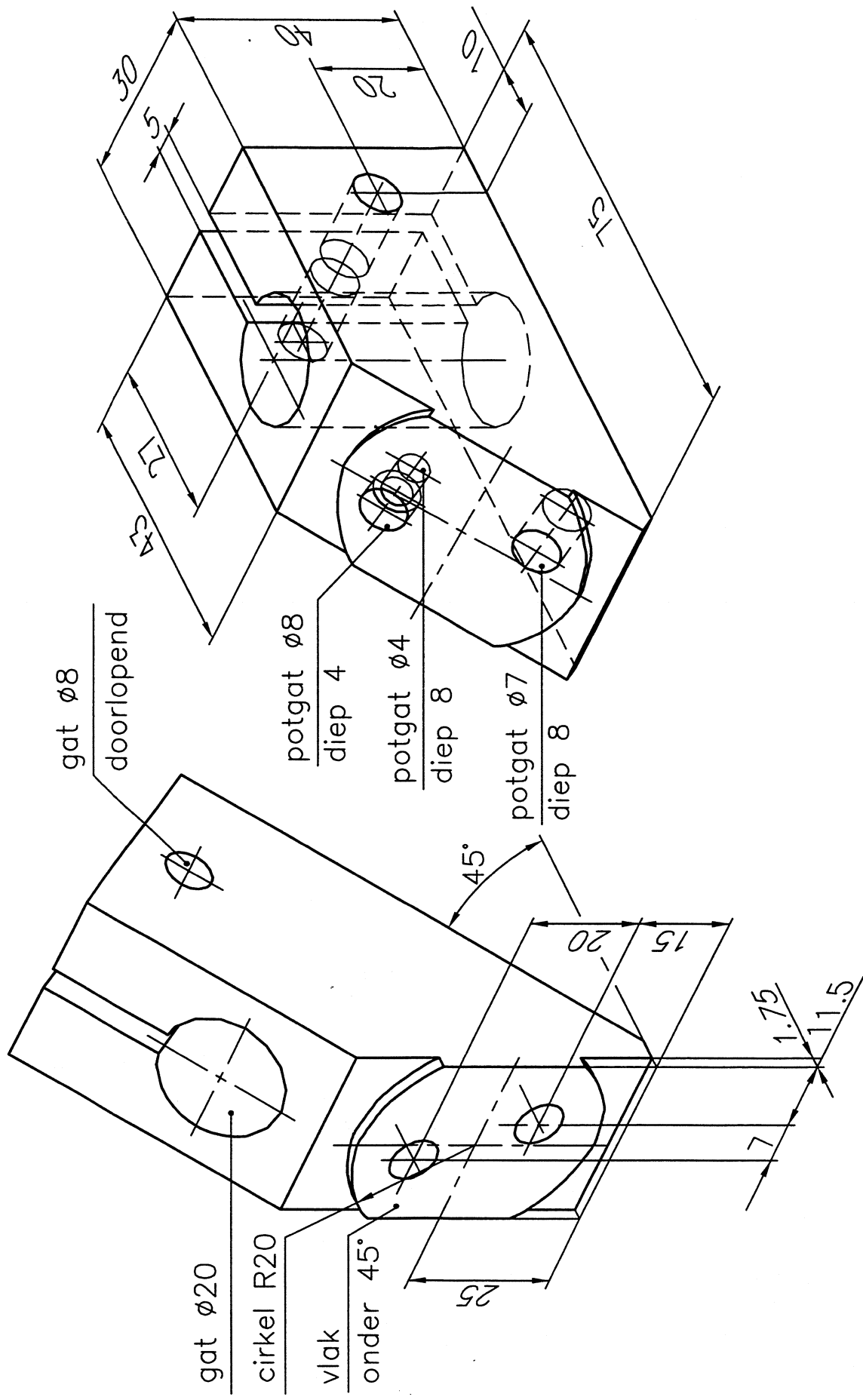


# Oefening 5

## Hulpprojecties

Doel van de oefening.	Het maken van bijzondere aanzichten met name hulpprojecties ter verduidelijking van de juiste vorm en afmetingen.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit drie delen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Het maken van tekeningleesoefening TL5.2.1 (30min).</li><li>- Het opmeten en tekenen van de uitwendige vormen van een uit te reiken puntenslijper (75min).</li><li>- Het tekenen van een stelblok in het juiste aantal aanzichten, hulpaanzichten en doorsneden (75min)</li></ul>
Deel 1	Het invullen van tekeningleesoefening TL5.2.1
Deel 2	<p>Na het inloggen en het starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 5</b>, klik daarna op <b>Oefening 5.1</b>. Op het scherm komt een A4 (horizontaal) met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in, bij benaming komt PUNTENSLIJPER.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF5-1</u>.</p> <p>Meet met behulp van een schuifmaat de uitgereikte puntenslijper op (rond de opgemeten maten af op een hele millimeter) en teken de uitwendige vormen met behulp van aanzichten en hulpaanzichten.</p> <p>Loodrecht op het vlak dat als hulpprojectie is geprojecteerd komt een pijl met de benamingsverwijzing van dit aanzicht naar de hulp-projectie (zie diktaat 2D hfdst. 3 blz 3.14). Kies uit het uitrolmenu Tekenhulpje's de optie <b>Hulpaanzichtpijl</b>. Wijs vervolgens het punt in de ruimte aan waar het eindpunt van de pijl moet komen te staan en selecteer de lijn, die het vlak aangeeft waarnaar de pijl moet wijzen, tik daarna de letter voor de benaming van het hulpaanzicht. Schrijf vervolgens bij het hulpaanzicht: Aanzicht X (X = de eerder gekozen letter).</p>
Plotfile 1	Sla de tekening op als deze gereed is en maak dan een plotfile aan.
Intermezzo	Klik regelmatig <b>Save</b> aan, b.v. elke 15 minuten, zodat bij eventuele storingen niet het werk van een heel dagdeel verloren gaat.
Deel 3	<p>Kies <b>Oefening 5</b>, klik op <b>Oefening 5.2</b>. Op het scherm komt een A4 (horizontaal), vul als benaming in: STELBLOK.</p> <p>Save de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF5-2</u>.</p> <p>Teken het STELBLOK van opgaveblad 5.1.2 in het benodigde aantal aanzichten en hulp-aanzichten zodat men een juiste voorstelling krijgt van vorm en afmetingen.</p>

Plotfile 2	Sla de tekening op als deze gereed is en maak dan een plotfile aan.
Let op	Zorg dat je in de <b>juiste laag</b> werkt, zodat je met de <b>goede lijnsoorten</b> tekent. Benoem de (gedeeltelijke) hulpaanzichten.
Beoordeling	Beoordeling geschiedt op de juiste projectiemethode van de hulpaanzichten, juiste toepassing van de beschrijvingen van hulpprojectie en doorsnede en het juiste gebruik van lijnsoorten.
Volgende oefening	<b>Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op buistekeningen.</b> <b>Zie opgave op blad: alg.3 Programma.</b>



gat  $\phi 8$   
doorlopend

potgat  $\phi 8$   
diep 4

potgat  $\phi 4$   
diep 8

potgat  $\phi 7$   
diep 8

gat  $\phi 20$

cirkel R20

vlak  
onder  $45^\circ$

TU Delft Industrieel Ontwerpen	benaming		STELBLOK		stud.
	datum		1997		
schaal		1:1		groep	A4
getek.		staf			



# Oefening 6

## Buistekening

Doel van de oefening	Het leren maken van een 2D - Buistekening met behulp van de omwentelingsaffiniteit zoals beschreven in hoofdstuk 6 dictaat 2D
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit één deel: het tekenen van een fietsstuur en het bemaaten volgens bemating van draad, staf en buis (zie dictaat 2D hoofdstuk 4).
Tekenoefening	<p>Na het inloggen en het starten van AutoCAD moet gekozen worden voor <b>Oefening 6</b>, klik nu op <b>Oefening 6.1</b>. Op het scherm komt een horizontale A1 met een dialogbox. Vul als benaming in: <b>Fietsstuur (met nummer)</b>.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF6-1</u>.</p>
Werkwijze	<p>Lees eerst het stappenplan door, dan hoeft geen overbodig werk gedaan te worden, wat bij een van de volgende stappen herhaald moet worden. Dit stappenplan staat beschreven in het <b>2D-diktaat, pagina 6.6</b>.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1 Begin met het opmeten van de buis.</li><li>2 Start met tekenen van het fietsstuur op het aangegeven punt zoals aangegeven in de figuur op de achterzijde van dit blad. Teken eerst in de laag Hartlijn de hartlijnen van het hulpaanzicht zonder de bocht. Maak hierbij gebruik van het tekenhulpje 'lijn onder een hoek'.</li><li>3 Construeer de hartlijnen van het vooraanzicht van het fietsstuur, volgens het stappenplan in dictaat 2D hoofdstuk 6 pagina 6.5 t/m 6.7. Teken deze constructie in de laag 'Construc'.</li><li>4 Roteer al het tekenwerk zodanig dat de hoofdbuis horizontaal komt te liggen (zie aanwijzing Rotate).</li><li>5 Teken de hartlijnen van het zijaanzicht.</li><li>6 Teken de symmetrielij van het fietsstuur met behulp van tekenhulpje 'symmetrie aanduiding'.</li><li>7 Teken de hartlijn van de onverkorte bochten met een straal.</li><li>8 Teken de hartlijn van de verkorte bochten (ellipsdeel) met behulp van tekenhulpje 'ellipsboog'.</li><li>9 Trim de overbodige lijnen weg bij de verkorte en onverkorte bochten.</li><li>10 Teken de buitencontour van de buis in alle aanzichten met behulp van tekenhulpje 'cilinderlijn'.</li><li>11 Bemaat de buistekening volledig.</li><li>12 Verwijder de overbodige hulplijnen, laat de constructie staan.</li></ol>
Intermezzo	Klik regelmatig <b>Save</b> aan, b.v. elke 15 minuten, zodat bij eventuele storingen niet het werk van een heel dagdeel verloren gaat.
Rotate	<p>Klik op de <b>Rotate</b> icoon en selecteer alle reeds getekende lijnen (inclusief de constructielijnen).</p> <p><b>Base point:</b> kies een handig punt (bv een snijpunt van de hoofdbuis met de</p>

opstaande poot).

<Rotation angle>/Reference: R

Reference angle <0.0>: wijs nu op de hoofdbuis twee punten aan die horizontaal moeten komen.

New angle: zet ortho (F8) aan en klik met de linker muisknop.

Plotfile

Sla de tekening op als deze gereed is.

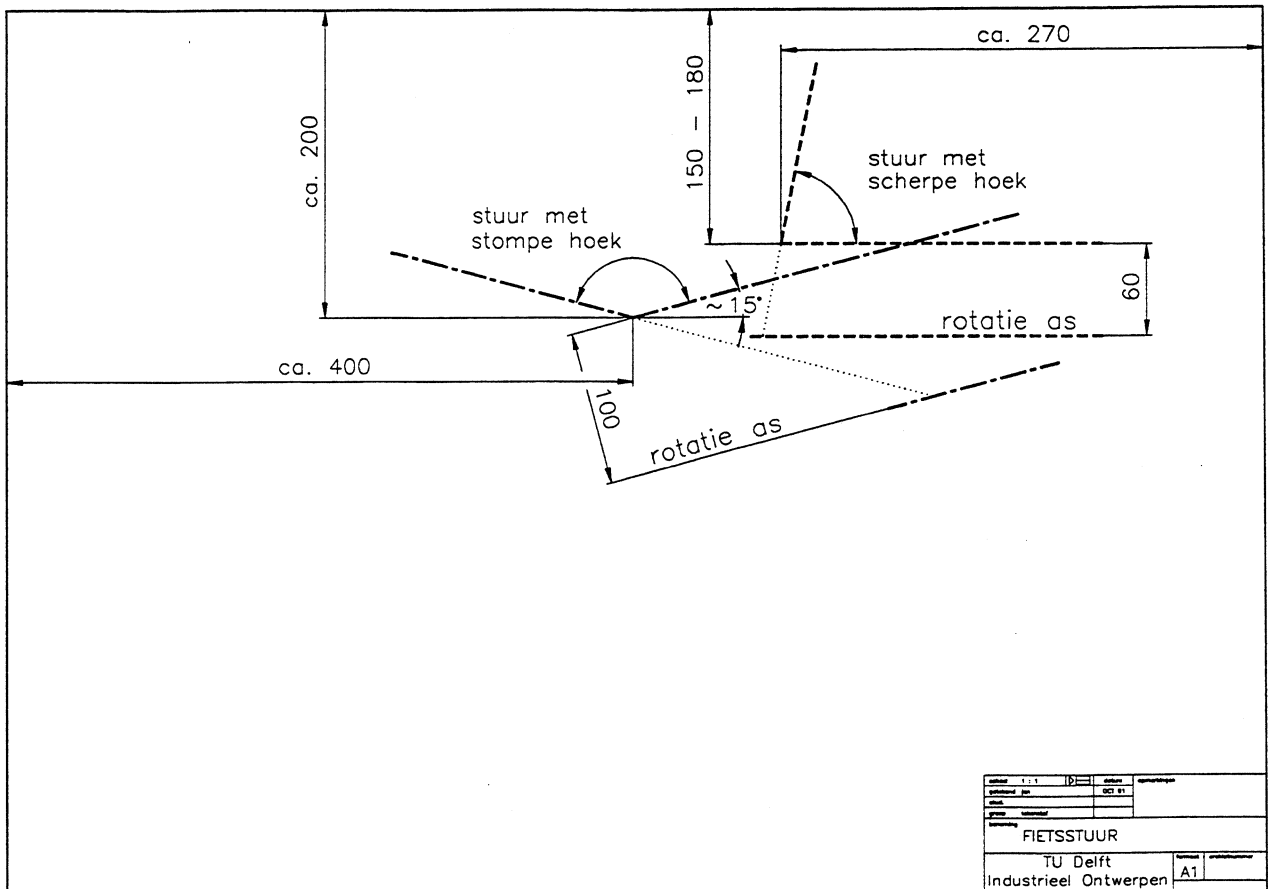
Klik op het **print** icoon om een plotfile aan te maken.

Beoordeling

Beoordeling geschiedt op de juiste toepassing van buisconstructie en bemating van het fietsstuur.

Volgende oefening

Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op verbindingen. Zie opgave op blad: alg.3 Programma





# Oefening 7

## Verbindingen

Doel van de oefening	Het leren werken met schroefdraadtabellen en bibliotheken.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit twee delen; invuloefening 7.3.1 (45 min.) en tekening 7.1.1 (2 uur en 15 min.)
Deel 1	<p>Na het inloggen en het starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 7</b>, klik op <b>Oefening 7.1</b>.</p> <p>Op het scherm komt een staand A4-vel met bovenaan een afwijkend titelblok. Vul in de dialoogbox bij Namen in: de namen van beide studenten.</p> <p>Sla eerst het vragenformulier op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF7-3-1</u>.</p> <p>Klik in het uitrolmenu op Vragen Klik nu op Vraag 1 De eerste vraag verschijnt op het tekenschermb. Klik nu op Antwoorden, daarna op Antwoord 1; vul met behulp van de NEN-bundels, het boekje Bevestigingsmiddelen en de uitgereikte documentatie de antwoorden in. Vul op deze manier ook de antwoorden van de volgende vragen in.</p>
Plotfile 1	Sla het vragenformulier op en maak een plotfile aan als alle vragen zijn beantwoord of als de staf meldt dat de tijd verstreken is.
Deel 2	<p>Kies nu <b>Oefening 7</b>, Klik op <b>Oefening 7.2</b>.</p> <p>Op het scherm komt een A3 horizontaal met een dialoogbox. Vul de rechteronderhoek in; vul bij Benaming in: VERBINDINGEN. Sla de tekening direct op met de naam: <u>OEF7-1</u></p> <p>Bekijk de tekening aandachtig, de letters A, B en C geven de positie van de te tekenen bevestigingsmiddelen aan. Start met het tekenen van de hartlijnen (laag!) in de doorsnede. Neem de posities over uit het bovenaanzicht. Verwijder nu de arceringen.</p>
Deel 2A	<p>Op de hartlijn gemerkt met A moet een cilinderkopschroef M12 (sterkteklasse 8.8) met een lengte van 25 mm (DIN 912) worden geplaatst. Deze schroef verbindt het stalen deksel (materiaal: Fe360) met het gietijzeren huis (materiaal: GN540).</p> <p>Teken in het deksel een doorlopend gat, klasse middel, volgens ISO 273 (NEN 796). Haal de schroef op door bij <b>Tekenhulpjes</b> te klikken op Normdelen en daarna het juiste aanzicht (BA staat voor bovenaanzicht, VA voor vooraanzicht) van deze cilinderschroef te selecteren. Wijs met behulp van de Osnap-optie Intersection het 'Insertion point' aan; kies hiervoor het snijpunt van hartlijn A met de begrenzingslijn van het deksel.</p> <p>Teken nu in het huis een schroefdraaduitloop van voldoende lengte (zie dictaat 2D, hoofdstuk 7 tekst bij tabel 7.1); maak gebruik van de <b>Tekenhulpjes</b> - booruitloop.</p>

Positioneer de uitloop op de hartlijn en verplaats de uitloop (Move) naar de gewenste plaats en verleng (extend) de lijnen van het boorgat en de schroefdraad tot aan de schroef.

- Intermezzo** Klik regelmatig **Save** aan, bv elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat.
- Deel 2B** Op de hartlijn gemerkt B moet het deksel op het huis worden geklemd met behulp van een zeskantbout M12 (sterkteklasse 5.6) met een lengte van 35 mm (ISO 4014) en een zeskantmoer (ISO 4032). Tussen moer en huis wordt een vlakke sluitring (DIN 125, uitvoering B) geplaatst. Deze sluitring verdeelt de druk uitgeoefend door de moer over een groot oppervlak. Het facet van de sluitring ligt altijd tegen de moer. Teken in deksel en huis een doorlopend gat.
- Deel 2C** Op de hartlijn gemerkt C wordt aan het deksel een kunststof (poly-propeneen - PP) frame bevestigd met behulp van een speciale schroef. Deze schroef (type WN 1413, nominale diameter 7 mm, lengte 30 mm, PZ-kruissleuf) vormt zelf zijn schroefdraad in het kunststof. Zie voor gegevens over deze schroef de op zaal aanwezige documentatie van de fabrikant EJOT (meer documentatie is te vinden in het Technisch Dokumentatie Centrum, Leeghwaterstraat 35, zaal 1.23). De verzinking (DIN 74T1 type B fijn) is reeds getekend; plaats de schroef door het 'insertion point' met Intersection op het snijpunt van hartlijn C met het deksel te positioneren.
- Afwerking** Completeer het bovenaanzicht en plaats hierin de juiste doorsnijdingslijn. Plaats hierop de verdikte delen (Doorsnede Hoekpunten) en de doorsnede-aanduiding (Doorsnede Eindpunten).  
Breng de arcering weer aan in de doorsnede, maak daarvoor de laag Arcering actief en denk aan de versprongen doorsnede. Geef de beschrijving van de doorsnede.  
Bevries de laag Construc om de letters A, B en C kwijt te raken.
- Aanwijzing** De bevestigingsmiddelen zijn niet doorzichtig, verwijder dus de alle lijnen die achter deze verbindingen vallen.
- Plotfile 2** Sla de tekening op en maak een plotfile aan.
- Beoordeling** Beoordeling geschiedt op het op de juiste wijze:
- gebruiken van de schroefdraadtabellen (invuloefening),
  - plaatsen van bevestigingsartikelen uit de bibliotheek (tekening),
  - afwerken van de doorsnede en bovenaanzicht (tekening)
- Noot**
- Voorbeelden van verbindingen met een cilinderkopschroef en zeskantbout zijn te vinden in Dictaat 2D, fig 7.11.
  - In de documentatie van EJOT staan voorbeelden van verbindingen met schroeven in kunststof.
- Volgende oefening** Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op maatinschrijving. Zie opgave op blad: alg.3 Programma

# Oefening 8

## Algemene bemating, Geometrische bemating

Doel van de oefening	De vorm van een onderdeel vastleggen met behulp van de algemene maatschrijving, geometrische bemating. Het aanleren van de procedures, die binnen AutoCAD R14 aanwezig zijn, voor de algemene maatschrijving.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit 2 delen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Het maken van tekeningleesoefening 8.2.1. en 8.2.2 (30 minuten).</li><li>- Het bematen van minimaal vier tekeningen (3 uur).</li></ul>
Deel 1	<p>Bij een tekeningleesoefening worden de vragen per aanzicht gesteld. Deze vragen worden aangeduid met een letter en staan in dat aanzicht aangegeven. Door middel van het lezen kun je de gevraagde informatie halen uit de andere aanzichten. Indien de informatie niet in een van de aanzichten staat, haal het dan uit het aangegeven aanzicht, gebruik hierbij eventueel een NEN-bundel. Soms zal je wat maten moeten optellen, aftrekken of delen (gebruik geen rekenmachine).</p> <p>Kleur de gevraagde vlakken in. Deze worden door een pijl met letter aangeduid per aanzicht. De gevraagde vlakken zijn begrensd met zichtbare en niet-zichtbare lijnen. In plaats van een kleur mag je ook een arceerpatroon voor het vlak gebruiken.</p> <p>Meet nooit de maten uit een tekening op.</p>
Deel 2	<p>Het geometrisch bematen</p> <p>De beschikbare tekeningen zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Rotatie symmetrisch produkt (onderdeel)</li><li>Blok, uitwendig freeswerkstuk</li><li>Plaat, stampwerkstuk</li><li>Standaard, draadfiguur</li><li>Beker, een keramisch werkstuk</li><li>Rotatie symmetrisch produkt met uit- en inwendige vormen.</li><li>Wijnkelk, bestaande uit kelk, staander, voet</li><li>Pulpzeef, dieptrek- en stanswerkstuk</li></ol>
Deel 2a	<p>Na het inloggen en starten van AutoCAD moet gekozen worden voor <b>Oefening 8</b>, klik daarna op <b>8.1</b>. Op het scherm verschijnt een tekening van een rotatie symmetrisch werkstuk.</p> <p>Vul de dialoogbox in; de benaming is: AS.</p> <p>Sla de tekening direct op.</p> <p>Vul in het dialoogvenster <u>OEF8-1</u> in.</p> <p>Dit product of onderdeel uit een samengesteld product, wordt vervaardigd op een draaimachine. Maak gebruik van de baseline en continue optie. Voor het vierkant of sleutelgedeelte van de as moet de optie leader gebruikt worden en de grootte SW14 ingevoerd. Maak de layer Bemating actief.</p>
Aanwijzing	Stel het grid in op 4mm, de eerste maat komt dan op 3 gridafstanden (12mm); elke volgende op 2 gridafstanden (8mm). Ook kan de positie van de maatlijn met relatieve coördinaten (@x,y) aangegeven worden.

Denk aan de algemene bematingsregels: geen kruisende maatlijnen, afstand 12mm voor eerste maat en daarna 8mm, gebruik het rondteken (symbool), lineaire maat, hoekmaat, hoofdafmetingen, kortste weg naar buiten de figuur, etc. .

Plotfile Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2b Kies nu oefening **8.2**, op het scherm verschijnt een tekening van een freeswerkstuk.  
Vul de dialoogbox in, de benaming is: TUIMELAAR.

Sla de tekening direct op.  
Vul in het dialoogvenster OEF8-2 in.

Dit werkstuk wordt op een freesmachine vervaardigd. Maak gebruik van de algemene bematingsopties. Denk aan het bematen van de hoofdafmetingen; de maten van een gat horen bij elkaar; **niet** bematen aan niet-zichtbare vormen.

Plotfile Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2c Kies nu oefening **8.3**, op het scherm verschijnt een tekening van een vlakgestampte plaat.  
Vul de dialoogbox in, de benaming is: STATORPLAAT.

Sla de tekening direct op.  
Vul in het dialoogvenster OEF8-3 in.

Dit werkstuk wordt op een pers vervaardigd met behulp van een compleetstempel. Maak gebruik van de algemene bematingsopties, gebruik snijdende hulplijnen. Denk aan het herhalingspatroon (de vier gleuven); hoe geef je de dikte van de plaat aan?

Plotfile Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2d Kies nu oefening **8.4**, op het scherm verschijnt een tekening van een draadfiguur.  
Vul de dialoogbox in, de benaming is: STANDAARD.

Sla de tekening direct op.  
Vul in het dialoogvenster OEF8-4 in.

Intermezzo Klik regelmatig **Save** aan, bv elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat.

Dit werkstuk wordt op een buigmachine vervaardigd. Maak gebruik van de algemene bematingsopties, gebruik hoekbemating en parallelle bemating voor schuine vormen. De schaal van de tekening is 2:1, stel daarom de waarde van de bematingsvariabele **dimlfac** in op 0.5. De bemating van een draadfiguur wordt altijd vanaf de hartlijn aangegeven. Dit geldt voor alle tekeningen van een gebogen buis, draad, staf of profiel. Deze hartlijn wordt ook wel buiglijn of neutrale lijn genoemd. Hoe geef je de draaddikte van de standaard aan?

Plotfile Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2e Kies nu oefening **8.5**, op het scherm verschijnt een tekening van een beker.  
Vul de dialoogbox in, de benaming is: BEKER.

Sla de tekening direct op.  
Vul in het dialoogvenster OEF8-5 in.

Dit keramische werkstuk wordt eerst met behulp van een mal gemaakt en daarna gebakken. Maak gebruik van de algemene bematingsopties en hoekbemating. Denk aan de hoofdafmetingen; hoe geef je de wanddikte van de beker aan? Beschrijf de algemene afrondingsstraal met een algemene opmerking.

Plotfile

Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2f

Kies nu oefening **8.6**, op het scherm verschijnt een tekening van een rotatie symmetrisch werkstuk.

Vul de dialoogbox in, de benaming is: TANDWIELAS.

Sla de tekening direct op.

Vul in het dialoogvenster OEF8-6 in.

Dit werkstuk wordt op een draaimachine vervaardigd. Maak gebruik van de algemene bematingsopties en van hoek- en afschuiningsbemating. Denk aan de verschillende diameters en het scheiden van de inwendige en uitwendige maten, zodat de bemating goed te lezen is. Hoe geef je de afschuining en het schroefdraadeind aan?

Plotfile

Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Deel 2g

Kies nu oefening **8.7**, op het scherm verschijnt een tekening van een metalen kelk.

Vul de dialoogbox in, de benaming is: WIJNKELK.

Sla de tekening direct op.

Vul in het dialoogvenster OEF8-7 in.

De drie onderdelen van dit werkstuk (kelk, steel en voet) worden met behulp van weerstandlassen aan elkaar gezet. Voorzie de tekening van stuknummers en stuklijst.

Plotfile

Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Kies nu oefening **8.8**, op het scherm verschijnt een tekening van een onderdeel van de wijnkelk, de kelk.

Vul de dialoogbox in, de benaming is: KELK.

Sla de tekening direct op.

Vul in het dialoogvenster OEF8-8 in.

Dit werkstuk wordt eerst diepgetrokken en daarna geforceerd. Maak gebruik van de algemene bematingsopties. Denk aan de hoofdafmetingen; hoe geef je de wanddikte van de kelk aan?

Plotfile

Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.

Kies nu oefening **8.9**, op het scherm verschijnt een tekening van een onderdeel van de wijnkelk, de voet.

Vul de dialoogbox in, de benaming is: VOET.

Sla de tekening direct op.

Vul in het dialoogvenster OEF8-9 in.

Dit werkstuk wordt op een pers in verschillende stappen diepgetrokken. Maak gebruik van de algemene bematingsopties, gebruik de snijdende hulplijnen. Denk aan de hoofdafmetingen; hoe geef je de wanddikte van de voet aan?

Plotfile	<p>Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.</p> <p>Kies nu oefening <b>8.10</b>, op het scherm verschijnt een tekening van een onderdeel van de wijnkelk, de steel. Vul de dialoogbox in, de benaming is: <b>STEEL</b>.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster <u>OE8-10</u> in.</p> <p>Dit werkstuk wordt vervaardigd op een draaimachine. Maak gebruik van de algemene bematingsopties. Denk aan de hoofdafmetingen; hoe geef je de straal aan?</p>
Plotfile	<p>Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.</p>
Deel 2h	<p>Kies nu oefening <b>8.11</b>, op het scherm verschijnt een tekening van een onderdeel van een citruspers; de pulpzeef. Vul de dialoogbox in, de benaming is: <b>PULPZEEF</b>.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster <u>OE8-11</u> in.</p> <p>Dit werkstuk wordt op een pers in verschillende stappen diepgetrokken en gestansd. Maak gebruik van de algemene bematingsopties; gebruik snijdende hulplijnen. Denk aan de hoofdafmetingen; hoe geef je de wanddikte en het herhalingspatroon aan?</p>
Plotfile	<p>Sla de tekening op als de bemating gereed is. Maak dan een plotfile aan.</p>
Intermezzo	<p>Klik regelmatig <b>Save</b> aan, bv elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat.</p>
Inleveren	<p>Minimaal worden vier tekeningen geëist, maak één of meerdere tekeningen extra voor compensatie. De vier verplichte tekeningen zijn: 8.1, 8.2, 8.3, 8.4. Voor compensatie mogen tekening 8.5 t/m 8.11 gemaakt worden.</p>
Aanbeveling	<p>Aanbevolen wordt om de tekeningen waar je dit dagdeel niet aan toe komt, op een ander tijdstip alsnog te maken.</p>
Beoordeling	<p>De beoordeling geschiedt op basis van een juiste toepassing van geometrische bemating nl. de eenduidige beschrijving van de vorm en de toepassing van de algemene maatinschrijvingsregels. Men krijgt twee V's als van de ingeleverde tekeningen vier tekeningen met een voldoende zijn beoordeeld.</p>
Volgende oefening	<p><b>Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op bemating naar bewerking. Zie opgave op blad: alg.3 Programma</b></p>

# Oefening 9

## Bemating naar bewerking

Doel van de oefening	Het leren bematen naar bewerking van een voorwerp met een stappenmethode die elke opeenvolgende bewerking en het gewenste eindprodukt aangeeft.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit vier delen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Het maken van tekeningleesoefening 9.2.1.(45 min).</li><li>- Het bematen van een draaiwerkstuk naar bewerking (45min).</li><li>- Het bematen van een freeswerkstuk naar bewerking (60min)</li><li>- Het maken van een tekening en het bematen van een voorwerp (tekenen 50min en bematen 30min).</li></ul>
Deel 1	Vul tekeningleesoefening 9.2.1 in.
Deel 2	Na het inloggen en het starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 9</b> , klik daarna op <b>9.1</b> . Op het scherm komt een A3 horizontaal met een afwijkend titelblok. Vul de dialoogbox in; er hoeft geen benaming ingevuld te worden.  Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF9-1</u>  De tekening laat de opeenvolgende bewerkingsstappen en tevens het eindprodukt zien. Bekijk eerst in de Handleiding AutoCAD hoofdstuk 8.4 en lees ook onderstaande aanwijzingen over views door.  Geef in elke figuur de maten aan die nodig zijn om die bepaalde bewerkingsstap te maken; bemaat het eindprodukt volledig met behulp van de bemating uit alle bewerkingsstappen.
Views	De tekening is opgebouwd uit een aantal views die overstemmen met het getal vermeld bij de figuur. Bijvoorbeeld '5. Uitwendig draaien diameter' komt overeen met view 5, etc.. Deze views worden geactiveerd door klikken op <b>View</b> , dan op <b>Named Views</b> . Kies uit het dialoogvenster het gewenste getal. Het gewenste deel van de tekening verschijnt nu groot op het scherm. <b>Zoom all</b> laat weer de gehele tekening zien.
Intermezzo	Klik regelmatig <b>Save</b> aan, bv elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat.
Plotfile 1	De tekening is nu gereed; sla de tekening op voordat een plotfile wordt gemaakt.
Deel 3	Kies <b>Oefening 9</b> , klik daarna op <b>9.2</b> . Er verschijnt een A1 horizontaal met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in; de benaming is: <b>FREESWERKSTUK</b> .  Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF9-2</u>

Geef in elke figuur de maten aan, die nodig zijn om die bepaalde bewerkingstap te maken; bepaal het eindproduct volledig met behulp van de bewerkingstappen.

Plotfile 2

Sla de tekening op en maak een plotfile aan.

Deel 4

Kies **Oefening 9**, klik daarna op **9.3**. Er verschijnt een A3 horizontaal met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in; de benaming is: CRANK.

Sla de tekening direct op.

Vul in het dialoogvenster in: OEF9-3.

Teken in voldoende aanzichten volgens de Amerikaanse projectie-methode de crank. De benodigde afmetingen zijn gegeven in de isometrische tekening, figuur 9.1.

Bemaat de tekening naar bewerking, zoals geoefend in de voorgaande tekeningen.

Plotfile 3

Sla de tekening op en maak een plotfile aan.

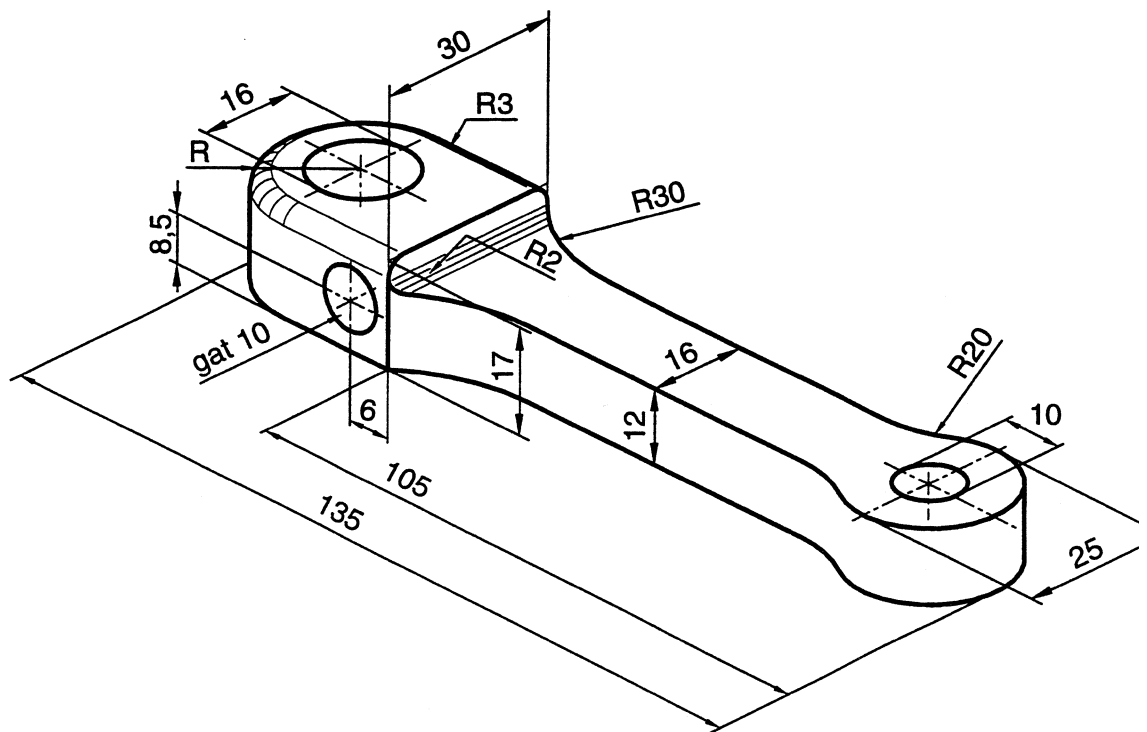
Beoordeling

Beoordeling geschiedt op de juiste toepassing van bemaatting naar bewerking bij iedere bewerkingstap, scheiding inwendige en uitwendige bemaatting en gebruik van de algemene bemaattingsopties.

Bij Oefening 9.3 (Crank) wordt ook gelet op het tekenen van het voorwerp.

Volgende oefening

Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op passingen en toleranties. Zie opgave op blad: alg.3 Programma



Figuur 9.1: Crank



# Oefening 10

## Bemating naar functie

Doel van de oefening	Het leren bematen naar functie; functie-eisen vertalen naar maattoleranties en bijhorende maatschrijving.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit vier delen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Het maken van de tekeningleesoefening 7.2.1 (40min).</li><li>- Het invullen van vragenblad toleranties (40min).</li><li>- Het bematen van een tekening van een zuiger naar functie (1uur).</li><li>- Het bematen van een tekening van een handgreep naar functie (1uur).</li></ul>
Deel 1	Vul de uitgereikte tekeningleesoefening 10.2.1 in.
Deel 2	Vul het uitgereikte vragenblad toleranties 10.3.1 volledig in.
Deel 3	Na het inloggen en het opstarten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 10</b> , klik daarna op <b>10.2</b> . Op het scherm verschijnt een samenstellingstekening van een voetspomp.
Blokken	<p>Een complexe tekening, zoals de samenstelling van deze voetspomp, is opgebouwd uit een aantal blokken (Blocks). Deze blokken bestaan ieder uit een aantal elementen, die één objekt vormen.</p> <p>De blokken zijn meerdere malen te gebruiken in een tekening.</p> <p>Wil men een blok ook buiten de tekening gebruiken, zoals bij deze oefening, dan moet van dat blok een <b>Wblock</b> worden gemaakt.</p> <p>Maak nu een wblock aan van een onderdeel met de blockname 'zuiger' (stuknr. 2). Tik achter Command: <b>wblock</b>.</p> <p>Er verschijnt een 'Create Drawing File' venster, voer hier de bestandsnaam zuiger in. Klik op 'Save' en vul achter Block name: zuiger of het = teken in. Het block 'zuiger' is nu als tekening-file 'zuiger.dwg' in de werkdirectory terug te vinden.</p> <p>Start nu een nieuwe tekening. Kies <b>Oefening 10</b>, Klik op <b>10.3</b>. Er verschijnt een A4 horizontaal met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in; de benaming is: ZUIGER.</p> <p>Sla de tekening direct op.</p> <p>Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF10-1</u>.</p> <p>De tekening die nu op het scherm staat bevat twee aanzichten van de zuiger, maar het vooraanzicht van de zuiger ontbreekt.</p> <p>Klik op INSERT, dan op BLOCKS. Kies in het 'Insert' dialoogvenster de bestandsnaam: zuiger.dwg; deze file wordt nu in de nieuwe tekening binnengehaald (zie Handleiding AutoCAD, hoofdstuk 10). Dit blok is een aanzicht van de zuiger; plaats het midden op het tekenvel, liefst met Snap aan.</p> <p>De juiste stand wordt verkregen door het roteren (zie aanwijzing Rotate) van het aanzicht met een referentie-hoek.</p>
LET OP	In het aanzicht ontbreken nog enkele essentiële lijnen!

Plaats de drie aanzichten volgens de Amerikaanse projectie methode uitgaande van het vooraanzicht, zodanig dat er voldoende ruimte is voor de bemating. Bemaat nu de tekening, geef de zuigerdiameter een maatafwijking van  $\pm 0,2$  mm. Voor de breedte en diameter van de groef wordt een maatafwijking van  $\pm 0,1$  mm geëist.

Rotate	<p>Klik op de <b>Rotate</b> icoon en selecteer het zojuist geplaatste blok. <b>Base point:</b> kies een handig punt (bv een snijpunt van twee begrenzingslijnen). &lt; <b>Rotation angle</b> &gt; / <b>Reference:</b> <u>R</u> <b>Reference angle</b> &lt; <b>0.0</b> &gt; : wijs nu twee punten aan die verticaal moeten komen. <b>New angle:</b> zet ortho (F8) aan en klik met de linker muisknop.</p>
Plotfile 1	<p>Sla de tekening op en maak daarna een plotfile aan.</p>
Intermezzo	<p>SAVE de tekening regelmatig, bijvoorbeeld elk kwartier, om in onverwachte situaties, b.v. bij storing van het computersysteem niet het werk van een heel dagdeel kwijt te zijn.</p>
Deel 4	<p>Kies <b>Oefening 10</b>, klik nu op <b>10.4</b>. Er verschijnt een A4 horizontaal met een dialoogbox. Vul deze dialoogbox in, de schaal is 2:1 en de benaming is HANDGREEP.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: <u>OEF10-2</u>.</p> <p>De schaal van de tekening is 2:1, stel daarom de waarde van de bematingsvariabele <b>dimlfac</b> in op 0.5. Bemaat de tekening volledig. Denk aan de functionele eisen van het gat, dat met een passing draait om de pen van de rotor. De grootste basisgrensmaatafwijking is 0,20 mm en de kleinste basisgrensmaatafwijking 0,0 mm. Zie Handleiding AutoCAD hoofdstuk 11.9-F voor een asymmetrische tolerantie.</p>
Slides	<p>Ter ondersteuning van de bemating zijn een aantal slides oproepbaar. Tik achter Command: <b>vslide</b>, kies de gewenste slide uit het 'Select Slide File' venster.</p> <p>Nu verschijnen tekeningen, die nadere informatie geven over de positie en de functie van de handgreep:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Samenstelling Sla-centrifuge</li><li>2. Detail, waarin werking handgreep naar voren komt</li><li>3. Samenstelling ingezoomd op stuklijst en samenstelling</li><li>4. Mono van stuknummer 6 Handgreep, bovenste deel.</li></ol> <p>Met Redraw komt de oorspronkelijke tekening terug, zodat verder gewerkt kan worden.</p>
Plotfile 2	<p>Sla de tekening op en maak daarna een plotfile.</p>
Beoordeling	<p>Beoordeling geschiedt op de juiste toepassing van bemating naar functie, hoe de functie-eisen vertaald zijn in maattoleranties en maatschrijving.</p>
Volgende oefening	<p><b>Bestudeer voor de volgende oefening de hoofdstukken uit het Diktaat 2D en de Handleiding die betrekking hebben op geometrische toleranties en ruwheidswaarden. Zie opgave op blad: alg.3 Programma</b></p>

# Oefening 11

## Geometrische toleranties en ruwheidsaanduidingen

Deze oefening wordt tijdens de cursus uitgereikt.



# Oefening 12

## Complexe tekening

Deze oefening wordt tijdens de cursus uitgereikt.



# Oefening 13

## Stuknummering en stuklijst

Doel van de oefening	Het leren werken met stuknummering en stuklijst.
Tijdsbesteding	De oefening bestaat uit: het plaatsen van de stuknummering en een stuklijst op een samenstelling (tekening 13.1.1. ca. 45min).
Tekenoefening 13.1.1	<p>Na het inloggen en starten van AutoCAD, moet gekozen worden voor <b>Oefening 13</b>. Op het scherm verschijnt een samenstellingstekening met een dialoogbox. Vul de dialoogbox in.</p> <p>Sla de tekening direct op. Vul in het dialoogvenster in: OEF13-1.</p> <p>De tekening laat een samenstelling met verschillende onderdelen zien. Bekijk eerst Handleiding AutoCAD hoofdstuk 13 en plaats daarna de stuknummering; kijk ook in het diktaat 2D, 8.3.1.</p> <p>Vul daarna de stuklijst in, zie hiervoor Handleiding AutoCAD hoofdstuk 13 en in het 2D diktaat: 8.3.2. Gebruik voor het invullen van de stuklijst de gegevens van de onderdelen die verstrekt zijn bij Oefening 7.</p>
Plotfile	Sla de tekening op en maak daarna een plotfile aan.
Intermezzo	Klik regelmatig <b>Save</b> aan, b.v. elke 15 minuten, zodat bij een eventuele storing niet het werk van vele uren verloren gaat.
Aanwijzing	Onderbreek het stuklijst-commando <b>NOOIT</b> met de 'Esc' toets; gebruik altijd de menu-optie <b>Stoppen</b> van het stuklijstmenu. Vul <b>ALTIJD</b> in één van de regels iets in als het dialoogvenster voor een stuklijst-regel verschijnt. Dan kunnen later eventuele wijzigingen nog worden ingevoerd.
Beoordeling	Beoordeling geschiedt op de juiste toepassing van stuknummering en het op de juiste wijze invullen van de stuklijst.





# Eindopdracht 1997/1998

Deze oefening wordt uitgereikt tijdens de cursus.



ide141 - TPI 1  
(608)

# Technisch Tekenen met behulp van AutoCAD Release 14

HANDLEIDING AutoCAD Release 14  
voor gebruik bij de TPI 1 oefeningen

Samenstelling:

Jan Witte

met medewerking van:

Marco Bolleboom

Delft, september 1997, 5e druk  
(AutoCAD Release 12, zie 4e druk, 1996)



# Inhoud

- 1 Inleiding
  - 1.1 Algemeen
  - 1.2 Aanzetten apparatuur
- 2 Conventies
  - 2.1 Notatie van de commando's
  - 2.2 Invoer van commando's
    - 2.2.1 Commando-invoer met de PC-muis
    - 2.2.2 Commando-invoer via het toetsenbord
  - 2.3 Verwijzingen
- 3 Inloggen en uitloggen
  - 3.1 Inloggen
  - 3.2 Uitloggen
- 4 Basisbegrippen
  - 4.1 Indeling scherm
  - 4.2 Menu-indeling
    - 4.2.1 Uitrolmenu
    - 4.2.2 Standaard knoppenmuenu
    - 4.2.3 Muismenu
    - 4.2.4 Pictogrammenmenu
    - 4.2.5 'Fly-out' iconen menu
  - 4.3 Dialoogvenster
  - 4.4 Speciale commando's
    - 4.4.1 Help
    - 4.4.2 Transparante commando's
  - 4.5 Aanmaken, oproepen en opslaan van tekeningen
    - 4.5.1 Aanmaken nieuwe tekening
    - 4.5.2 Oproepen bestaande tekening
    - 4.5.3 Opslaan van tekeningen
  - 4.6 AutoCAD afsluiten
  - 4.7 Rechteronderhoek
    - 4.7.1 Invullen van de rechteronderhoek bij de oefeningen
    - 4.7.2 Invullen van de rechteronderhoek bij de eindopdracht en bij vrij werken
    - 4.7.3 Verbeteren van de rechteronderhoek
- 5 Tekenen van elementen
  - 5.1 Verbinden van elementen
  - 5.2 Invoer van gegevens
    - 5.2.1 Muisinvoer
    - 5.2.2 Tekenrichting
    - 5.2.3 Absolute coördinaten
    - 5.2.4 Relatieve coördinaten
    - 5.2.5 Poolcoördinaten
  - 5.3 Lijnen
  - 5.4 Cirkels
  - 5.5 Bogen

- 5.6 Ellipsen
- 5.7 Veelhoeken
- 5.8 Doughnut
- 5.9 Offset
- 5.10 Polylijn
- 5.11 Arceren
- 5.12 Teksten
  - 5.12.1 Het plaatsen van teksten
  - 5.12.2 Uitlijnen van teksten
  - 5.12.3 Wijzigen van teksten
- 5.13 Schetsen
  
- 6 Selecteren van elementen (objects)
  - 6.1 Maken van een selectie-set
  - 6.2 Selectie-opties
  - 6.3 Grips
  
- 7 Wijzigen van elementen
  - 7.1 Verwijderen van elementen
  - 7.2 Onderbreken van elementen met Break
  - 7.3 Afsnijden en verlengen
    - 7.3.1 Trim
    - 7.3.2 Extend
    - 7.3.3 Lengthen
  - 7.4 Afrondingen en afschuiningen
    - 7.4.1 Fillet
    - 7.4.2 Chamfer
  - 7.5 Aard of eigenschap van een element wijzigen
    - 7.5.1 Explode
    - 7.5.2 Layer explode
    - 7.5.3 Change
    - 7.5.4 Modify
    - 7.5.5 Stretch
    - 7.5.6 Offset
  - 7.6 Verplaatsen
    - 7.6.1 Move
    - 7.6.2 Rotate
    - 7.6.3 Scale
    - 7.6.4 Align
  - 7.7 Kopiëren
    - 7.7.1 Copy
    - 7.7.2 Copy Rotate
    - 7.7.3 Mirror
    - 7.7.4 Array
  - 7.8 Verdelen
    - 7.8.1 Divide
    - 7.8.2 Measure
  
- 8 Beeldscherm aansturing
  - 8.1 Transleren
  - 8.2 Vergroten of verkleinen
    - 8.2.1 Zoom
    - 8.2.2 Aerial View
  - 8.3 Tekenvel schoonmaken
  
- 9 Lijnsoorten
  - 9.1 Uitrolmenu Layers
  - 9.2 Freeze en Thaw
  - 9.3 Constructielijnen
    - 9.3.1 Naar de achtergrond drukken van elementen
  - 9.4 Rays

- 10 Blokken
  - 10.1 Aanmaken van een blok voor gebruik binnen een tekening
    - 10.1.1 Gebruik van het klembord
  - 10.2 Aanmaken van een blok voor gebruik buiten een tekening
    - 10.2.1 Wblock
    - 10.2.2 Gebruik van het klembord
  - 10.3 Oproepen van blokken of uit een bibliotheek afkomstige objecten
    - 10.3.1 Oproepen van aangemaakte blocks
    - 10.3.2 Oproepen van Wblocks en tekeningen in een tekening
  - 10.4 Bewerken van blokken
  
- 11 Bemating
  - 11.1 Algemene bemating
    - 11.1.1 Algemene vorm van bemating vanuit het uitrolmenu
    - 11.1.2 Iconen voor bemating
    - 11.1.3 Algemene vorm van bemating met behulp van iconen
  - 11.2 Maatinschrijvingsopties
  - 11.3 Instellingen voor bemating
    - 11.3.1 Dimvars
    - 11.3.2 Instellingen voor het plaatsen van toleranties bij maten
    - 11.3.3 Instelling van de decimale waarden
    - 11.3.4 Instelling van de schaal voor de bemating
    - 11.3.5 Weglaten van hulplijnen
    - 11.3.6 Instelling voor de markering van het middelpunt van cirkels en bogen
    - 11.3.7 Wijzigen van bemating
    - 11.3.8 Wijzigen van maattekst
    - 11.3.9 Aanpassen van bemating aan gewijzigde instellingen
    - 11.3.10 Bemating schuin plaatsen
  - 11.4 Vormen van bemating
  - 11.5 Voorbeelden bij de vormen van bemating
  - 11.6 Geometrische bemating
  
- 12 Instellingen en het opvragen van informatie
  - 12.1 Instellingen
    - 12.1.1 Grid
    - 12.1.2 Snap
    - 12.1.3 Ortho
    - 12.1.4 Units
  - 12.2 Informatie opvragen
    - 12.2.1 Distance
    - 12.2.2 Area
    - 12.2.3 List
    - 12.2.4 Status
  
- 13 Stuknummering en stuklijst
  - 13.1 Stuknummering
  - 13.2 Stuklijst
  - 13.3 Stuklijst op subsamenstelling
  - 13.4 Verbeteren en stuknummer toevoegen
  
- 14 Tekenhulpjes
  - 14.1 Beschrijving van doorsneden
    - 14.1.1 Eindpunten doorsnede aangeven
    - 14.1.2 Verspringing doorsnede aangeven
  - 14.2 Informatie toevoegen aan een monotekening
    - 14.2.1 Het informatieblok
    - 14.2.2 Ruwheidswaarden
  - 14.3 Hulpaanzichtpijl
  - 14.4 Snijdende hulplijnen voor bemating

- 14.5 Speciale hulpjes voor cilindrische voorwerpen
  - 14.5.1 Lijn onder een hoek
  - 14.5.2 Loodlijn
  - 14.5.3 Symmetrie aanduiding
  - 14.5.4 Ellipsboog
  - 14.5.5 Cilinderlijn
- 14.6 Tekenhulpjes voor (draad)gaten en bussen
  - 14.6.1 Boorpunt
  - 14.6.2 Booruitloop
  - 14.6.3 Bus
  - 14.6.4 Draadgat
- 14.7 Normdeel
  - 14.7.1 Schroefdraadartikelen en ringen
  - 14.7.2 Kogellagerbibliotheek
- 15 Plotten en bestandsbeheer
  - 15.1 Plotten van tekeningen
    - 15.1.1 Regels voor het plotten bij het IDE141practicum 2D
    - 15.1.2 Regels voor het plotten bij algemeen gebruik
  - 15.2 Bestandsbeheer
- 16 Literatuurlijst
- 17 Register



# Inleiding

Doel van deze handleiding is het leren gebruiken van een computer gestuurd tekensysteem.

Het hiervoor gebruikte tekenpakket AutoCAD is een van de meest verkochte tekenprogramma's voor Personal Computers en Workstations werkend onder Windows95 en Windows NT.

Deze handleiding is een, gedeeltelijke, vertaling van het AutoCAD User's Guide, deze gids ligt op de zaal ter inzage.

Voor de 2D-oefeningen wordt gebruik gemaakt van PC's met Windows NT, deze bestaan uit een grafisch scherm met multi-window faciliteiten, een toetsenbord en een muis.

Voor ontwerp oefeningen kan ook gebruik worden gemaakt van de PC-clusters, waarop ook elders gemaakte tekeningfiles (zie pagina 1.2) bewerkt kunnen worden.

## 1.1 Algemeen

In de computerruimtes mag **niet gerookt** worden, het meenemen van **drank en etenswaren** is **verboden**. Tijdens de oefening wordt een korte pauze ingelast van ca. 10 minuten, door te brengen buiten deze ruimte.

Iedere student krijgt aan het begin van het eerste studiejaar een 'inlognummer' en een 'password' toegewezen. Deze inlognaam kan tijdens de gehele studie gebruikt worden.

Aan elke PC werken twee studenten, volgens indeling van de tekenstaf. Zij die **niet** werken onder hun eigen inlognummer worden direct van verdere deelname **uitgesloten**.

Tijdens de oefeningen van IDE 141 mag **alleen** worden gewerkt in het aangeboden programma; de student die buiten het tekenprogramma in het systeem werkt (of een poging daartoe onderneemt) wordt van verdere deelname aan de oefeningen **uitgesloten**.

Alleen bij de eindopdracht wordt individueel gewerkt.

## 1.2 Aanzetten apparatuur

Bij de aanvang van de oefening staat alle apparatuur, behalve de beeldschermen, aan. De PC's zijn gekoppeld in een netwerk en maken gebruik van een gezamenlijk schijfgeheugen.

### DE APPARATUUR MOET INGESCHAKELD BLIJVEN.

Schakel het beeldscherm in met de knop rechts onderaan.

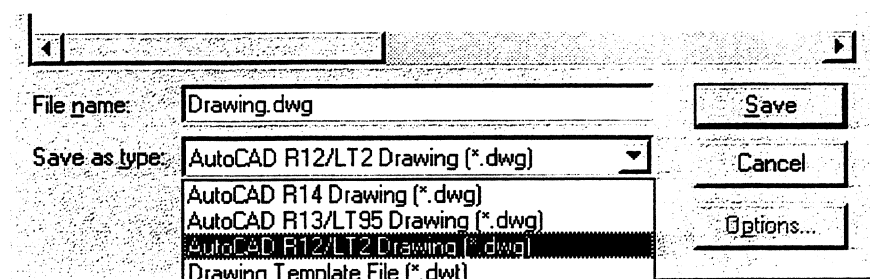
## 1.3 Elders gemaakte tekeningen

Bij de faculteit io wordt gewerkt met AutoCAD Release 14.

Elders gemaakte tekeningen kunnen worden ingelezen en bewerkt op de PC's.

Release 12 en 13

Tekeningen gemaakt met AutoCAD Release 12 en 13 kunnen ingelezen en geplot worden. Moeten tekeningen gemaakt in AutoCAD Release 14 thuis worden bewerkt met Release 12 of 13 sla dan in Release 14 de tekeningen op als Release 12 of Release 13 tekening. Gebruik daarvoor het **Save As** commando, te vinden onder **File**.



Figuur 1.1 Tekening opslaan als R12 of R13 file

Plot-uitvoer is mogelijk, zie daarvoor hoofdstuk 15 van deze handleiding.

Gebruik de door de tekenstaf gemaakte standaard tekenvellen voor IO. Deze kunnen van de PC's via het keuzemenu worden gekopieerd naar een geformatteerde diskette. Volg de aanwijzingen uit de file LEESMIJ.TXT om de tekenvellen en het keuzemenu op de eigen PC te installeren. Deze tekenvellen bevatten ook de 'layers' (lijnsoorten) die bij het practicum IDE141 worden geoefend (de tekenhulpjes zijn NIET te gebruiken).

Zie verder 3.1 en 3.2 voor in- en uitloggen en 15.1 voor plotten en 15.2 voor bestandsbeheer.

# Conventies

## 2.1 Notatie van de commando's

- 1 De tekst die op de commando-regels verschijnt is in deze handleiding vetgedrukt en wordt weergegeven zoals deze wordt getoond.
- 2 De in te tikken opdrachten en opties zijn onderstreept.
- 3 Commando's zijn weergegeven zoals ze in de menu's verschijnen.
- 4 Opties binnen een commando worden met kleine letters weergegeven, zoals ze in de submenu's of commandobalk zijn vermeld.
- 5 Het gebruik van een toets op het toetsenbord wordt weergegeven door `<..>`.  
Voorbeeld: Het geven van een 'enter' vanaf het toetsenbord of met de middelste muisknop wordt aangegeven met: `<↵>`. Later wordt dit als bekend verondersteld en wordt `<↵>` niet meer na elk commando vermeld.
- 6 Aanklikken van een menucommando of aanklikken van een punt in het tekenveld met de linkermuisknop wordt aangegeven met `<lmk>`.
- 7 Het gebruik van de rechtermuisknop samen met de SHIFT toets om de 'OSNAP' keuzelijst (muismenu) op te roepen wordt aangegeven met `<shift + rmk>`.

## 2.2 Invoer van commando's

Commando's kunnen worden ingevoerd door:

- 1 het commando in het menu met de cursor aan te wijzen, gevolgd door het indrukken van de linker muisknop.
- 2 een klik op het icoon van het commando.
- 3 het commando op het toetsenbord in te tikken, gevolgd door het indrukken van de return-toets, verder aangegeven met `<↵>`.

**Het laatst ingevoerde commando kan ongedaan worden gemaakt met behulp van Undo (u).**

### 2.2.1 Commando-invoer met de PC-muis (twee muisknoppen):

- de linker muisknop, aangeduid met `<lmk>`, wordt gebruikt om een door de kruisdraden aangewezen punt in te voeren; selecteert een element of activeert een commando.
- de rechter muisknop, aangeduid met `<rmk>`, ook wel bevestigingsknop genoemd, geeft een return (`<↵>`); dit kan ook met de 'Enter' toets op het toetsenbord worden gegeven, voor beëindiging van een commando of een selectie.
- het zogenaamde 'object snap'- of muismenu wordt opgeroepen door de 'Shift' toets in te drukken en met de rechter muisknop te klikken. Zie voor de werking van object snap hoofdstuk 5.1 Verbinden van elementen.

### 2.2.2 Commando-invoer via het **toetsenbord**.

Let goed op wat er, na het ingeven van een commando achter de prompt **Command:** op de commandobalk staat. Vaak kan een keus worden gemaakt door aanklikken van een optie in het menu of door het intikken van de beginletter(s) van de opties vermeld achter het commando. Wordt **geen** keus gemaakt dan geeft <↵> de 'default' waarde, deze staat altijd aangegeven tussen < >.

Als een commando invoer vereist, gebruik dan het toetsenbord of de muis. Een commando kan worden afgebroken door <ESC> te geven (de ESC-toets indrukken). Een commando kan direct worden herhaald door na 'Command:' een <↵> te geven, of de spatiebalk in te drukken.

Het programma bevat een uitgebreide help-functie, op te roepen door het indrukken van <F1>, dit commando wordt in hoofdstuk 4.4.1. besproken.

De AutoCAD User's Guide ligt in de zaal ter inzage.

### 2.3 Verwijzingen

Wordt in de tekst verwezen naar een beschrijving van een handeling dan is het nummer van de betreffende pagina vermeld.

Voorbeeld:

3. Stel het grid in op 4 mm (zie 15.1.2) om.....

15.1.2 duidt hier op hoofdstuk 15, paragraaf 1, sub 2.

# Inloggen en uitloggen

## 3.1 Inloggen

Als er twee studenten werken aan een werkstation moet de student met het **laagste** nummer inloggen.

Schakel, als het scherm niet aanstaat, eerst met de knop rechts onder het scherm de monitor in.

### BLIJF VAN ALLE ANDERE KNOPPEN VAN DE COMPUTER AF.

Tik de eerder verstrekte loginnaam in, druk op enter <↵> ;

Tik achter **password**: het verstrekte password en druk op <↵>. Zijn beide goed ingevoerd dan wordt Windows NT opgestart.

Dit opstarten duurt even!

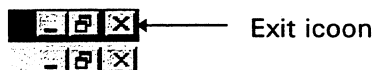


Klik op het AutoCAD icoon, na enige tijd verschijnt het grafische scherm van het tekenprogramma.

Tijdens de oefeningen werken steeds twee studenten achter één werkstation, de tekenstaf bepaalt wie met wie samenwerkt. Tijdens de eindopdracht werkt iedere student individueel.

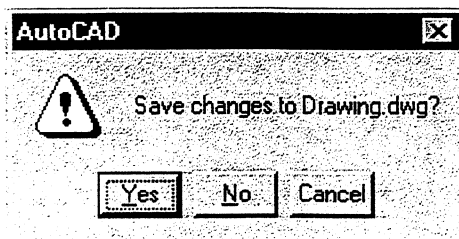
## 3.2 Uitloggen

Nadat de tekening is voltooid of als gestopt moet worden, kan door vanuit het File-menu op **Exit** of op het exit-icoon (figuur 3.1) te klikken worden teruggesprongen naar Windows NT.



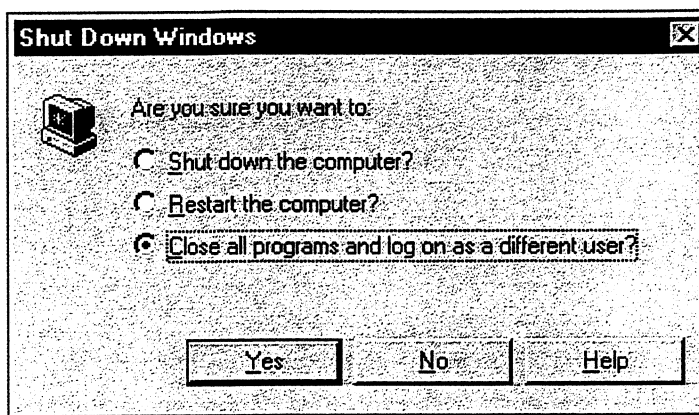
Figuur 3.1 Iconen in rechterbovenhoek van het scherm

Is de tekening niet ge'saved' dan komt een waarschuwingvenster op het scherm (figuur 3.2); kies daaruit de gewenste optie.



Figuur 3.2 Waarschuwingvenster

Log daarna uit door in de onderbalk te klikken op het Start icoon, klik dan op **Shut Down...**, kies uit het **Shut Down Windows** venster de optie **Close all programs and logon as a different user?** (figuur 3.3).



Figuur 3.3 Shut Down Windows venster

Blijf van de ander twee opties af.  
Schakel als Windows NT is afgesloten het scherm uit.

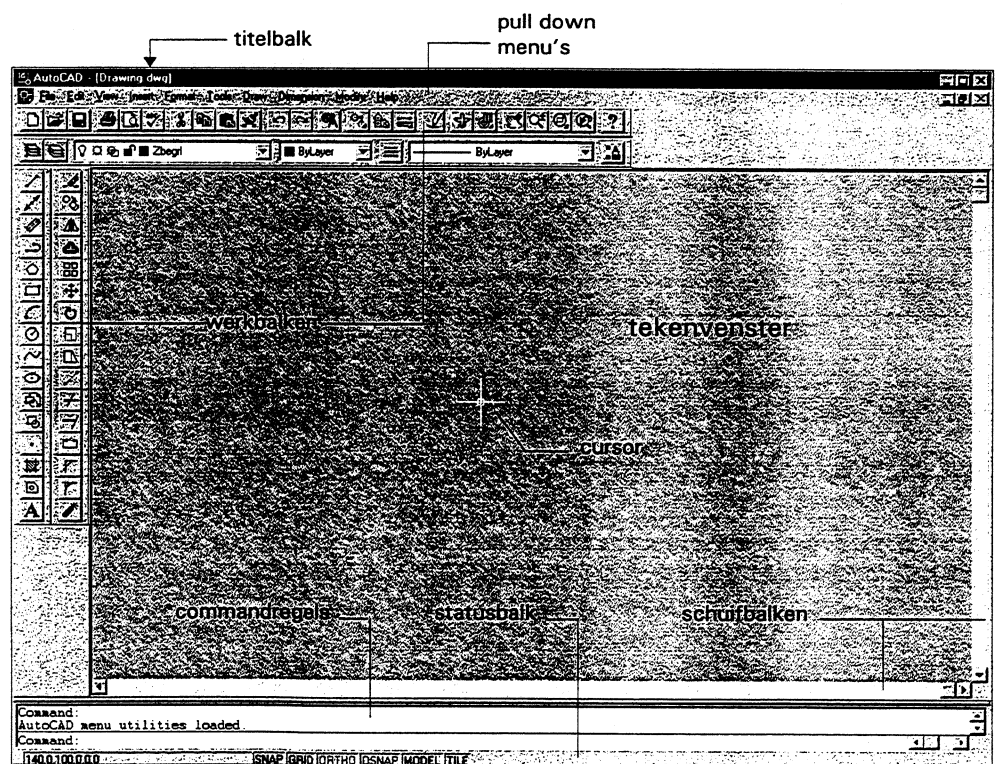
# Basisbegrippen

Na het opstarten verschijnt direct de AutoCAD interface, in figuur 4.1 is het scherm afgebeeld.

## 4.1 Indeling scherm

### Tekenvenster

In het tekenvenster van het grafische scherm, is de cursor te zien als twee kruisdraden met een vierkantje. De cursor is te verplaatsen met behulp van de muis. Het tekenvenster staat in het cartesisch stelsel met de x-as en y-as vanuit de oorsprong (0,0; de linkeronderhoek). In het midden van dit scherm wordt na het indrukken van de functietoets F2 en bij sommige commando's een tekstwindow geopend.



Figuur 4.1 AutoCAD interface

### Titelbalk

Deze bevat achter **AutoCAD** - de naam van de tekening waaraan wordt gewerkt.

### Pull-down menu's

Deze regel bevat uitrolmenu's; File en Edit zijn standaard voor de windows programma's. De overige menu's bevatten specifieke AutoCAD commando's.

### Werkbalken

In de bovenste balk staan een aantal iconen die in alle windows programma's voorkomen en iconen specifiek voor het tekenprogramma. De balk daaronder geeft in een venster de naam en de status van de laag waarin gewerkt wordt (current layer). In deze balk staan ook iconen voor het oproepen van de oefeningen van TPI 1.

De icoon gemerkt met **E** geeft een uitrolmenu met de tekenvellen. Links van het tekenvenster staan werkbalken met veel gebruikte commando's.

### Schuifbalken

De schuifbalken rechts en onder het tekenveld maken het mogelijk om een ander deel van de tekening zichtbaar te maken zonder uit- en weer inzoomen.

### Commandobalk

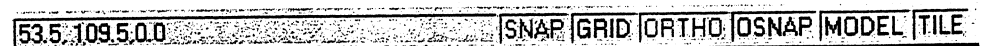
Elk commando wordt hierin weergegeven met de opties waaruit kan worden gekozen.

LET OP

Hou deze commandoregel dan ook **altijd** in de gaten, omdat het lezen van de hierin gepresenteerde informatie zeer verhelderend werkt. Als er staat **Command:** dan kan een nieuw commando worden gekozen.

### Statusbalk

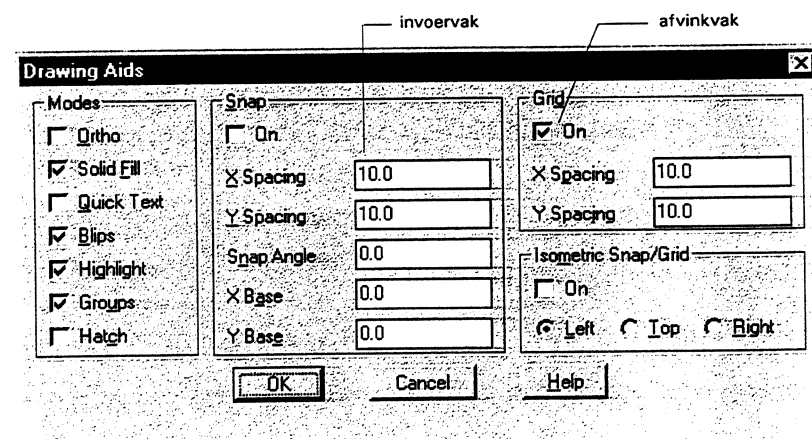
Hierin staat op welke coördinaten de kruisdraden zich bevinden. Rechts staan zes knoppen (figuur 4.2); door dubbelklikken er op met <Imk> wordt een tekenhulpje in- of uitgeschakeld. Met de Functie-toetsen op het toetsenbord kunnen deze hulpjes ook aan- of uitgeschakeld worden.



Figuur 4.2 Statusbalk

Als een tekenhulpje is ingeschakeld is de tekst duidelijk leesbaar, van een uitgeschakeld tekenhulpje is de tekst vaag weergegeven.

**SNAP** - hierbij springt de cursor van punt naar punt afhankelijk van de 'snap' afstand. Deze afstand is in te stellen door uit het **Tools** menu op **Drawing Aids** te klikken. In dit dialoogvenster (figuur 4.3) kunnen de instellingen gewijzigd worden. Standaard staat de snap afstand voor de X-as en de Y-as op 10 mm ingesteld. Functietoets: **F9**.



Figuur 4.3 Dialoogvenster Drawing Aids

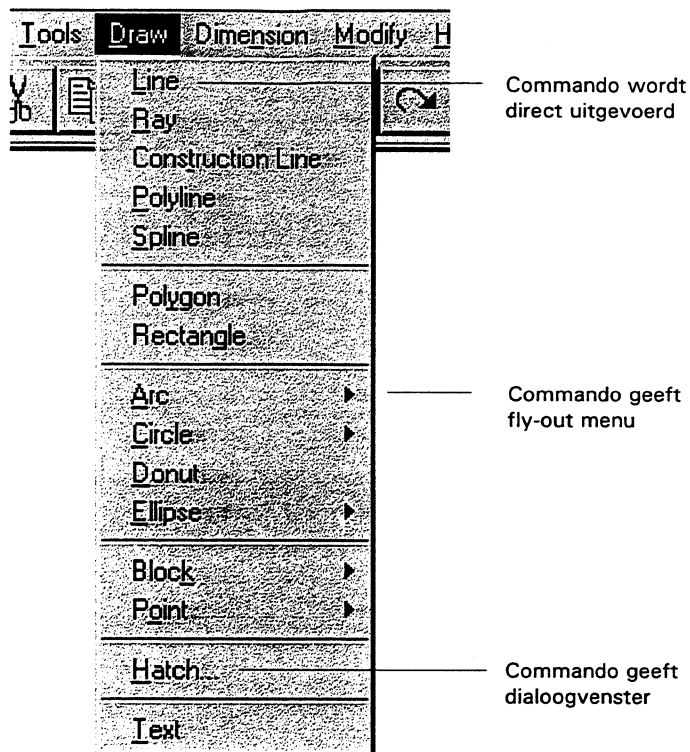
**GRID** - Het 'grid' wordt in een tekenvel getoond als een aantal stippen, standaard instelling op 10 mm. In figuur 4.3 is aan het 'afvinkvak' voor On te zien dat het grid in de tekening zichtbaar is; in figuur 4.2 is het ook zichtbaar doordat de tekst leesbaar is. Functietoets: **F7**.



**Ortho** - Met ortho ingeschakeld kunnen alleen nog maar horizontale of verticale lijnen getekend worden. Functie toets: **F8**.

**OSNAP** - Ook wel magneetmode genoemd, hiermee kunnen elementen exact op bepaalde punten met eerder getekende elementen verbonden worden. Dit wordt uitgelegd in hoofdstuk 5.1 Verbinden van elementen.

De knoppen **MODEL** en **TILE** worden bij 2D tekenen niet gebruikt.



## 4.2 Menu-indeling

De menu's die worden aangeboden bij het TPI 1 - Prakticum 2D zijn aangepast aan de oefeningen.

### 4.2.1 Uitrustmenu

Door het plaatsen van de cursor op één van de titels en door <Imk> komt onder de gekozen titel een uitrustmenu. Hieruit kan een optie worden gekozen, er zijn dan drie mogelijkheden:

Figuur 4.4 Uitrustmenu Draw

1. **Commando** (zonder toevoeging); het commando wordt direct geactiveerd.
2. **Commando...**, het dialoogvenster van het commando verschijnt.
3. **Commando ►**, waarmee een submenu wordt geopend.

Een uitrustmenu blijft zichtbaar:

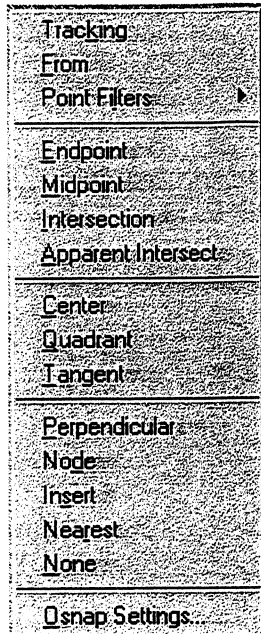
- totdat een optie uit dat menu is gekozen
- totdat een ander uitrustmenu wordt gekozen
- als een punt in het scherm buiten het menu wordt aangeklikt
- als de onderstreepte letter van een commando ingetikt wordt.

### 4.2.2 Standaard knoppenmenu

Hieronder worden de opties verstaan die met de muisknoppen kunnen worden opgeroepen. De werking van deze knoppen is reeds besproken bij invoer van commando's (2.2.1).

### 4.2.3 Muismenu

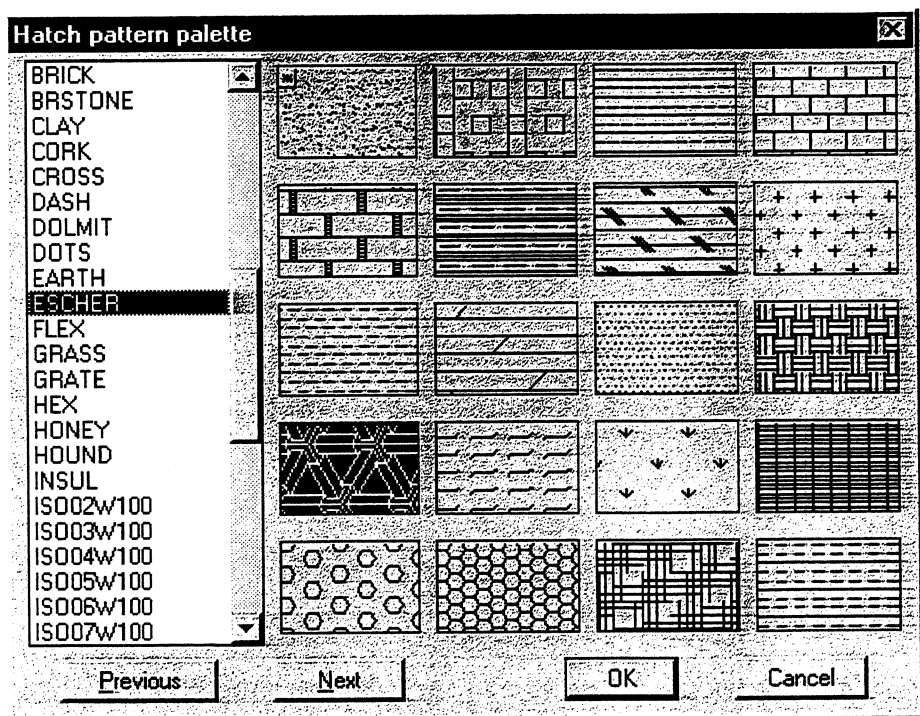
Houdt de Shift-toets (hoofdlettertoets) ingedrukt en klik met <rmk>, er verschijnt een menu (figuur 4.5) dat de opties voor de magneet-mode (Osnap) bevat. Het muismenu verdwijnt als een optie uit dit menu is gekozen.



Figuur 4.5 Muismenu

#### 4.2.4 Pictogrammenmenu

Bij diverse commando's verschijnt een pictogrammenmenu (figuur 4.6), waaruit bijvoorbeeld normdelen, arceringen en lettertypen kunnen worden gekozen. De opties worden links van de schuifbalk als tekst en rechts als afbeelding weergegeven. De cursor verandert in een pijl en met <Imk> kan een keuze uit de tekst of uit één van de plaatjes gemaakt worden. Met de knoppen **Next** en **Previous** wordt door de pagina's gebladerd.



Figuur 4.6 Pictogrammenmenu

Het menu verdwijnt als een pictogram is aangeklikt, als op de knop **Cancel** is gedrukt of als de ESC toets wordt ingedrukt.

#### 4.2.5 'Fly-out' iconenmenu

In de werkbalken staat bij sommige iconen in de rechteronderhoek een driehoek (figuur 4.7). Deze iconen geven als er op geklikt wordt en de muisknop <LMK> wordt vastgehouden een reeks andere iconen (figuur 4.7) te zien, waaruit een keus gemaakt kan worden. De aangeklikte icoon wordt nu in de werkbalk getoond. Daardoor kunnen de figuren in deze handleiding afwijken van het getoonde beeld op de monitor.

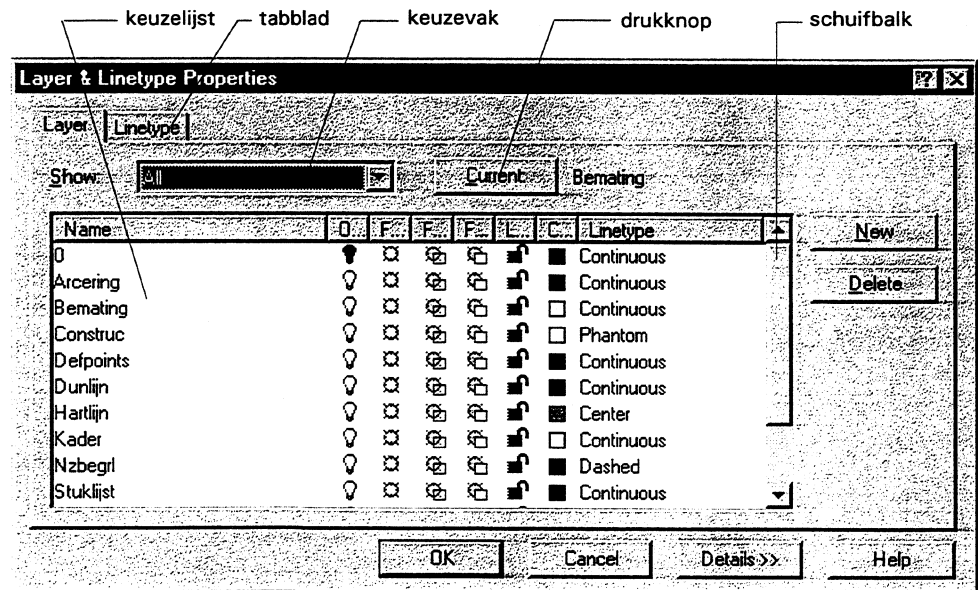


Figuur 4.7 Icoon met fly-out iconen menu

#### 4.3 Dialoogvenster

Bij het aanklikken van sommige commando's verschijnt een dialoogvenster. Dit venster maakt een interactieve communicatie mogelijk tussen het tekenprogramma en de gebruiker. AutoCAD-modi instellen en andere bewerkingen kunnen worden uitgevoerd door in een dialoogvenster opties of knoppen aan te klikken, afvinkvakjes actief te maken, tekst in te tikken of een schuifbalk te bedienen (figuur 4.8). De kruisdraden veranderen in een pijl, waarmee met <Imk> op de gewenste optie wordt geklikt.

De meeste dialoogvensters bevatten tabbladen en verschillende knoppen, onder andere een knop **OK** en een knop **Cancel** om het venster te sluiten. Het geven van <J> op het toetsenbord heeft hetzelfde effect als het aanklikken van **OK** en <ESC> doet hetzelfde als **Cancel**. Veel dialoogvensters hebben een knop **Help** waarmee in een sub-dialoogvenster een uitleg over het gebruik van het venster wordt gegeven.



Figuur 4.8 Dialoogvenster Layer & Linetype Properties

##### - Keuzelijst

Uit een keuzelijst (figuur 4.8) kan een element worden gekozen, bijvoorbeeld namen van bestanden of lagen; is de keuzelijst langer dan het vak dan komt er een schuifbalk rechts naast het vak (zie bij schuifbalk).

Door een naam aan te klikken wordt deze geaccentueerd. In sommige dialoogvensters, bijvoorbeeld voor bestandskeuze kan met dubbelklikken worden gekozen.

Dit heeft dezelfde werking als klikken op de naam en dan **OK** kiezen. In het dialoogvenster Layer Control bijvoorbeeld kunnen alle lagen tegelijk worden geselecteerd door met <rmk> te klikken. Een venster met **Select All** en **Clear All** verschijnt.

Met <shift+lmk> kunnen meerdere lagen worden gekozen om deze bijvoorbeeld te bevriezen of te ontdooien (zie 9.2).

- Tabblad

Bestaat een dialoogvenster uit meerdere bladen, klik dan op de tab om een achterliggend blad naar voor te halen.

- Keuzevak

Een keuzevak (figuur 4.8) is een deel van een groep opties die elkaar uitsluiten. In een groep kan slechts één keuzevak zijn ingeschakeld. Inschakelen gebeurt door aanklikken.

- Drukknop

Een knop met een dikke rand, zoals **OK**, is voor acties die direct worden uitgevoerd als de knop wordt gekozen. Een knop met achter de titel '>>' geeft een sub-dialoogvenster, dit komt vóór het dialoogvenster te liggen. Eerst moet dan in het sub-dialoogvenster iets worden opgegeven voordat verder kan worden gegaan met het onderliggende venster.

- Schuifbalk

Sommige van deze vensters hebben schuifbalken waarmee door een lijst met bestandsnamen of files kan worden gebladerd (figuur 4.8).

- Toetsenbordequivalent

Op de knoppen staat de actie vermeld, waarbij één letter is onderstreept; wordt deze onderstreepte letter op het toetsenbord ingedrukt dan wordt de bijbehorende actie uitgevoerd.

- Afvinkvak

Een afvinkvak (figuur 4.3) kan door erop te klikken worden in- of uitgeschakeld. Een 'vink' geeft aan dat de optie is ingeschakeld.

- Invoervak

Een invoervak (figuur 4.3) is een vak waarin een getal of een tekst kan worden ingevoerd. Het wordt actief door op het vak te klikken, het knipperend staande streepje geeft de cursor weer. Tekst kan worden ingevoerd en eventueel met een bewerkingstoets worden gewijzigd.

- Bewerkingstoetsen op het toetsenbord

met de **Insert** toets kan worden geschakeld tussen de invoegmode en de overschrijfmode.

Invoegmode

is deze actief dan is de cursor in het invoervak zichtbaar als een verticaal streepje en elk ingetikt teken wordt tussengevoegd, waarbij tekens achter de cursor naar rechts schuiven. Is de cursor aan het eind van het vak dan wordt de tekst naar links geschoven en blijft de cursor op dezelfde plaats. Door dubbelklikken kan tekst worden geaccentueerd met een donkere balk. Het eerste teken dat nu wordt ingetikt vervangt de accentueerde tekst. Daarna kan op de normale wijze weer tekst worden ingevoerd.

Overschrijfmode

als deze actief is wordt de cursor een blokje. Ingetikte tekens vervangen de bestaande tekens.

### Home

met deze toets wordt de cursor naar het begin van de tekst verplaatst.

←

cursor links, een druk op deze toets verplaatst de cursor één positie naar links zonder de tekst te wijzigen. Wordt de toets ingedrukt gehouden dan gaat hij snel naar het begin van de tekst.

→

cursor rechts, een druk hierop verplaatst de cursor één positie naar rechts; blijvend ingedrukt snel naar het einde van de tekst springen.

### End

de tekstcursor springt naar het einde van de tekst.

### Del(ete)

het teken op de plaats van de cursor wordt verwijderd, alle volgende tekens schuiven naar links, de cursor blijft op zijn plaats.

### Shift + →

selecteert de tekst naar rechts.

### Shift + ←

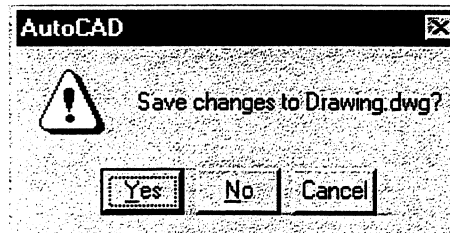
selecteert de tekst naar links.

### Backspace

het teken of de geaccentueerde tekst links van de cursor wordt verwijderd.

### - Voorbeeldvak

Dit is een kleine afbeelding die aangeeft hoe een geselecteerd element eruit gaat zien. Sommige werken als knop, bijvoorbeeld in het pictogrammenmenu.



Figuur 4.9 Waarschuwingvenster

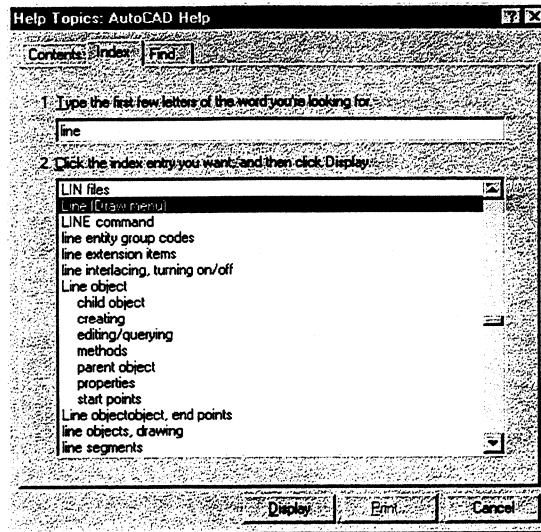
### - Waarschuwing

Als een fout wordt geconstateerd kan er een waarschuwing (figuur 4.9) verschijnen. Soms verschijnt een apart dialoogvenster met de waarschuwing en knoppen zoals **YES**, **NO** of **OK**. Door één van deze knoppen te kiezen verdwijnt de waarschuwing.

## 4.4 Speciale commando's

### 4.4.1 Help

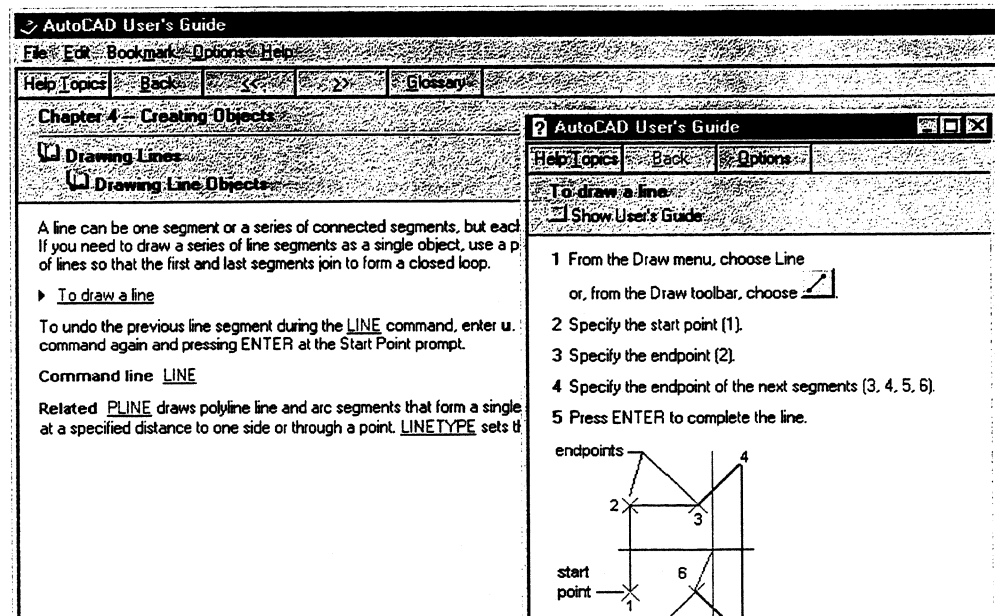
Met het commando **HELP** (of **?**) kan informatie worden opgevraagd over alle standaard AutoCAD-commando's, systeemvariabelen, etc.. Wordt een ongeldig of foutief getikt commando gegeven, dan komt de melding: **Unknown command "..." Press F1 for help.**



Figuur 4.10 Dialoogvenster Help Topics

Druk op functietoets 1 en het dialoogvenster "Help Topics: AutoCAD Help" verschijnt (figuur 4.10).

Type het commando waarover informatie wordt gewenst in en zoek dan in de lijst eronder het item op. Klik op **D**isplay en het tekstvenster verschijnt.



Figuur 4.11 User Guide met uitleg over het commando Line

### 4.4.2 Transparante commando's

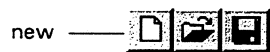
Een transparant commando kan worden opgeroepen binnen een ander commando, zonder dat dit actieve commando wordt onderbroken. Dit gebeurt door voor het commando een ' (quote) te plaatsen. De aanwijzingen van de transparante commando's worden voorafgegaan door >>.

De meest gebruikte transparante commando's zijn ZOOM, PAN, REDRAW, OSNAP en VIEW. Sommige dialoogvensters kunnen worden opgeroepen tijdens de uitvoering van een ander commando waarbij de instellingen in dit venster gedaan, pas actief worden bij een volgend commando. Na uitvoering van dit transparante commando wordt het actieve commando voortgezet, soms verschijnt de melding: **Resuming ... command.** waarbij ... de naam van het actieve commando geeft; hierachter volgt dan de volgende prompt van het actieve commando. Verlangt het transparante commando een regeneratie dan komt de waarschuwing: **\*\* Requires a regen, cannot be transparent,** het transparante commando wordt afgebroken en het actieve commando wordt vervolgd.

#### 4.5 Aanmaken, oproepen en opslaan van tekeningen

##### 4.5.1 Aanmaken nieuwe tekening

Met het commando **NEW** kan een nieuwe tekening worden aangemaakt. Klik in de balk met pull down menu's op **File**, het uitrolmenu voor bestandsbehandeling verschijnt, kies daaruit **New**, en kies uit een van de genummerde vakjes de gewenste oefening of klik op het icoon 'New'.

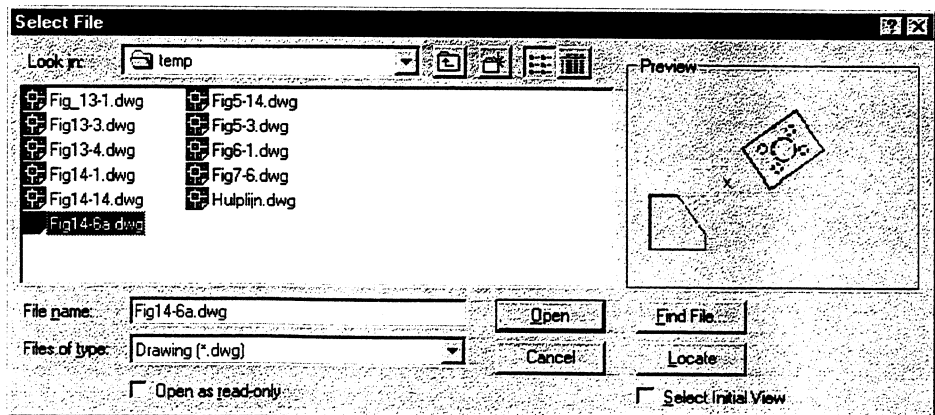


##### 4.5.2 Oproepen bestaande tekening

Dit gebeurt met het commando **OPEN**. Klik in de balk met pull down menu's op **File**, het uitrolmenu voor bestandsbehandeling verschijnt, kies daaruit **Open**, of klik op het icoon 'Open'.



Het dialoogvenster **Select File** (figuur 4.12) verschijnt, kies de tekening die geopend moet worden; in het Preview venster komt de afbeelding te staan (als het een Release14 tekening is). Klik op de knop **Open** en de gekozen tekening wordt in het grafische venster geladen.



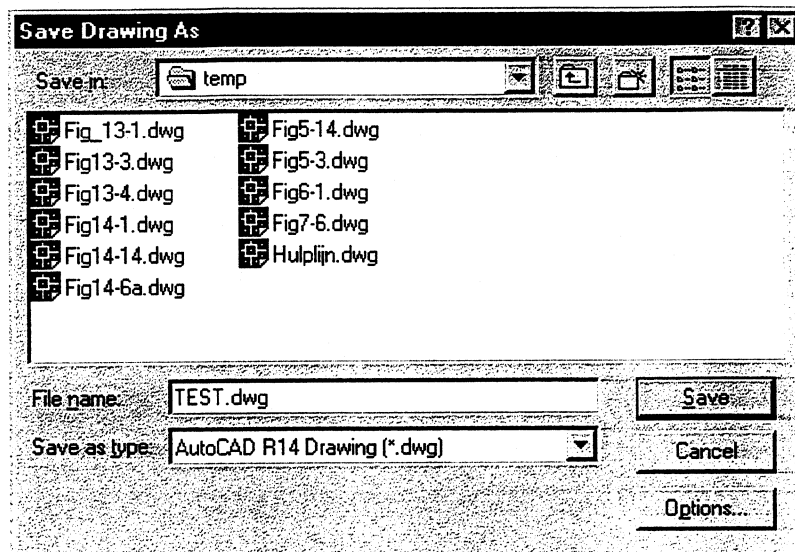
Figuur 4.12 Dialoogvenster Select File

##### 4.5.3 Opslaan van tekeningen

Dit gebeurt met het commando **SAVE**. Klik in de balk met pull down menu's op **File**, het uitrolmenu voor bestandsbehandeling verschijnt, kies daaruit **Save**, of klik op het icoon 'Save'.



Wordt gepoogd een tekening zonder naam op te slaan dan geeft **Save** het dialoogvenster **Save Drawing As** (figuur 4.13), voer in het invoervak achter **File name**: de naam van de tekening in. Eventueel kan eerst achter **Save in**: de gewenste directory geselecteerd worden.



Figuur 4.13 Dialoogvenster Save Drawing As

- Met de optie **Save As...** (onder het **File** uitrolmenu) is het mogelijk bestaande tekeningen een andere naam te geven of ze in een andere directory te plaatsen. Het hiervoor getoonde venster verschijnt weer. Bestaat de tekeningnaam reeds in de directory, dan volgt een waarschuwing.

Het icoon **SAVE** geeft de mogelijkheid snel een tekening op te slaan en weer door te gaan met dezelfde tekening.



**GEBRUIK DEZE ICOON REGELMATIG, BIJVOORBEELD OM DE 15 MINUTEN.**

Gaat door de een of andere oorzaak het systeem 'plat' of blijft AutoCAD 'hangen' dan gaat niet het werk van vele uren verloren!!

#### 4.6 AutoCAD afsluiten

AutoCAD kan worden afgesloten met de commando **EXIT** of door het aanklikken van de sluitknop van Windows NT:

Zijn de laatste wijzigingen van een tekening opgeslagen dan kan vanuit het uitrolmenu **File** door te klikken op **Exit** het programma worden afgesloten. Zijn de laatste wijzigingen nog niet opgeslagen dan verschijnt het waarschuwingsvenster (zie figuur 4.9). Drie knoppen bieden volgende mogelijkheden:

**Yes** - om de tekening alsnog op te slaan;

**No** - om AutoCAD te verlaten zonder de laatste wijzigingen op te slaan;

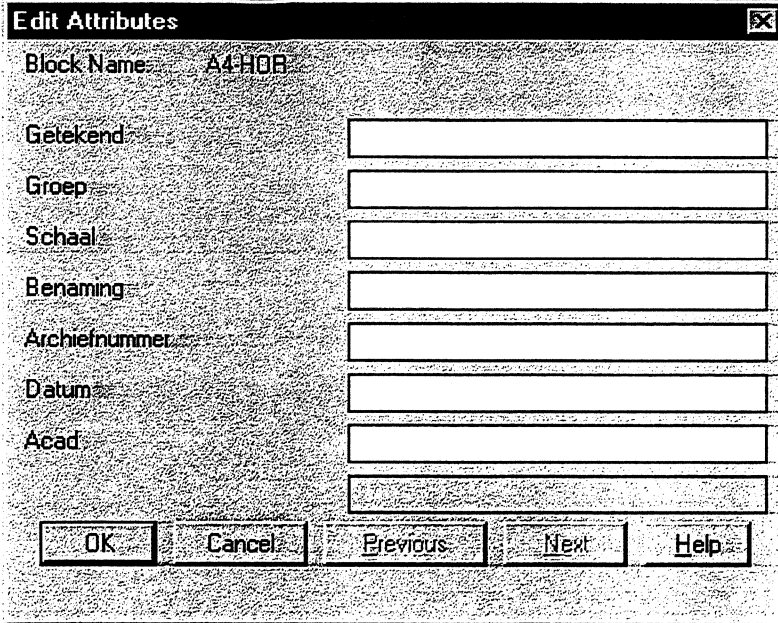
**Cancel** - om het afsluiten te annuleren.



## 4.7 Rechteronderhoek

### 4.7.1 Invullen van de rechteronderhoek bij de oefeningen

Is gekozen voor een oefening dan verschijnt meestal een dialoogvenster (figuur 4.14). In dit dialoogvenster kunnen de voor de rechteronderhoek noodzakelijke gegevens worden ingevuld. Door met de cursor een (lege) regel aan te wijzen wordt die actief: tik in dat veld de gegevens in, laat de cursor naar de volgende regel springen met <↓>.



Figuur 4.14 Invulvenster rechteronderhoek

<b>Getekend:</b>	achternaam van de student die ingelogd heeft.
<b>Groep:</b>	letter van de groep.
<b>Schaal:</b>	zie de opgave.
<b>Benaming:</b>	zie de opgave (vaak niet gelijk aan de file-naam).
<b>Archiefnummer:</b>	xxx/yyy, de loginnummers van beide studenten (zonder ACAD !).
<b>Datum:</b>	datum waarop de oefening wordt gemaakt: dd/mm/jj
<b>Stud:</b>	deze code is al ingevuld.

Klik nu op **OK** en het tekenvel verschijnt met ingevulde rechteronderhoek. **Controleer** de ingevulde gegevens, past de tekst niet in de vakjes kort deze dan in.

Zijn de gegevens niet juist ingevuld dan kan **geen beoordeling** van het gemaakte werk volgen.

### 4.7.2 Invullen van de rechteronderhoek bij de eindopdracht en bij vrij werken

<b>Getekend:</b>	achternaam van de student die ingelogd heeft.
<b>Groep:</b>	letter van de groep.
<b>Schaal:</b>	gekozen schaal voor de tekening (zie NEN-ISO 5455).
<b>Benaming:</b>	- bij een samenstellingstekening: de naam van het getekende produkt, b.v. rolschaats (met hoofdletters). - bij een monotekening: de naam van het getekende onderdeel, zoals in de stuklijst is vermeld.
<b>Archiefnummer:</b>	creër een systeem, waarmee samenstellings- en monotekeningen worden genummerd.
<b>Datum:</b>	vul de datum in waarop met de tekening begonnen is.
<b>Stud:</b>	deze code is al ingevuld.

#### 4.7.3 Verbeteren van de rechteronderhoek

Verbeteren is mogelijk door een klik op het onderzoek icoon: , nu verschijnt het dialoogvenster weer op het scherm en kunnen wijzigingen worden ingevoerd.

NOOT

Komt een venster op het scherm met: **Entity is not a block** tik dan in **Command: \_ddatte**,  
**Select block:** wijs een lijn van de onderzoek aan en het dialoogvenster verschijnt.

# Tekenen van elementen

Het tekenen van elementen kan op verschillende manieren worden gestart:

- 1 door gebruik te maken van het uitrolmenu Draw.
- 2 door het aanklikken van een icoon in een werkbalk.
- 3 door in de commandoregel het commando voor het tekenen van lijnen, cirkels, etc. zelf in te tikken.

## 5.1 Verbinden van elementen

Voor het verbinden van elementen met eerder getekende elementen moet de OBJECT SNAP MODE (osnaps), magneetmode genaamd, worden gebruikt. De opties hiervan verbinden het in te voeren punt met een reeds bestaand punt.

Het menu hiervoor kan op vier manieren worden opgeroepen:

- 1 door dubbelklikken op **OSNAP** in de statusbalk, als nog geen instelling is gemaakt.
- 2 door in het uitrolmenu **Tools** te klikken op **Object Snap Settings**, de keuzelijst verschijnt en de gewenste optie kan worden aangeklikt. Wordt de kruisdraad over een element bewogen dan wordt het teken zichtbaar dat voor het afvinkvak staat (figuur 5.1)
- 3 door klikken op het **Object Snap Settings** icoon; een iconen menu klapt uit.
- 4 door het indrukken van  $\langle \text{shift} + \text{rmk} \rangle$ , zal op de plaats waar de cursor op dat moment staat de Object Snap keuzelijst verschijnen.



Meerdere opties kunnen tegelijk actief zijn; met  $\langle \text{TAB} \rangle$  kan dan gekozen worden welke op dat moment moet werken.

Door het intikken van de eerste drie (hoofd)letters kan de gewenste optie ook worden opgeroepen.

De volgende object snaps staan ter beschikking:

### ENDpoint



er wordt gesprongen naar het dichtstbij gelegen eindpunt van een element.

### MIDpoint



het midden van een element wordt opgezocht.

### CENter

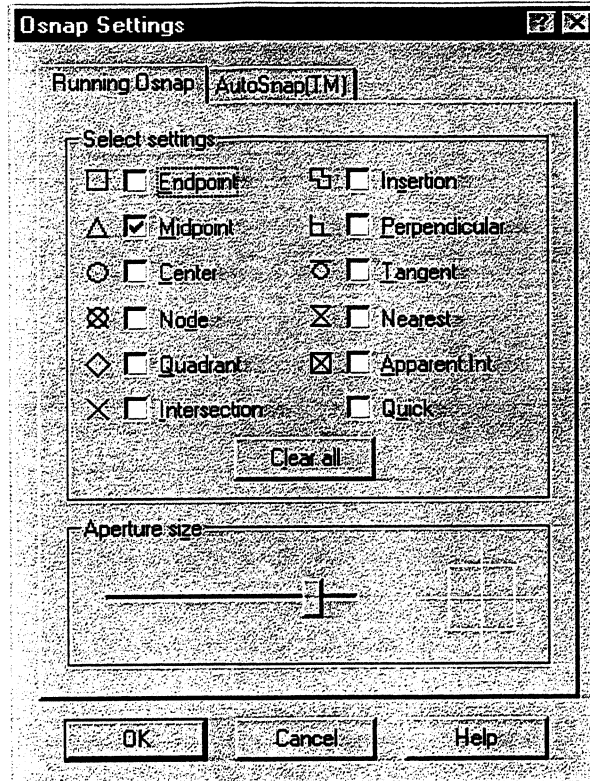


met de pickbox'(zoeker) wordt een cirkel of boog aangeklikt, het programma kiest het middelpunt van de cirkel of boog.

### NODe



een zelf aangemaakt 'point' in een tekening of een 'Block' wordt opgezocht.



Figuur 5.1 Dialoogvenster voor Object Snap Settings

### QUAdrant

het dichtstbij gelegen quadrant punt van een cirkel of boog wordt aangegeven.



### INTersection

het snijpunt van twee lijnen dat binnen de zoeker ligt wordt geselecteerd.



### INSertion

het 'ophang'punt van een blok, tekst, attribuut of shape wordt geselecteerd.



### PERpendicular

vanuit een eerder aangegeven punt wordt een loodlijn neergelaten op het aangeklikte element.



### TANgent

trekt een raaklijn vanuit het aangegeven punt naar de cirkel of boog die wordt aangeklikt.



### NEArest

het dichtstbij liggende vaste punt van een element wordt opgezocht.



### Extended Apparant Intersection

zoekt het denkbeeldig snijpunt van twee elementen.



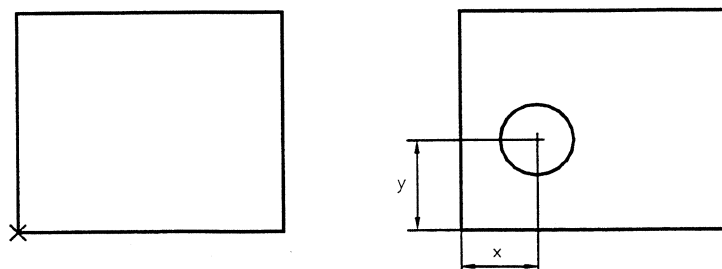
### None

is één van de opties vast ingeschakeld, dan kan met None deze weer van de cursor worden losgekoppeld.



### From ( figuur 5.2)

is een hulp om bij het tekenen of bij wijzigen van bogen, cirkels, lijnen, tekst, etc. een punt op te geven ten opzichte van een bestaand punt.



Figuur 5.2 gebruik van From voor positinering van een gat op afstand x,y van basispunt

Voorbeeld:

Command: **Circle**

**CIRCLE 3P/2P/TTR/ <Center point>**: klik nu op het **From** icoon uit het **SNAP** 'fly-out' menu of klik op **From** in het muismenu.

**Base point**: wijs het basispunt aan met bijvoorbeeld **Int**.

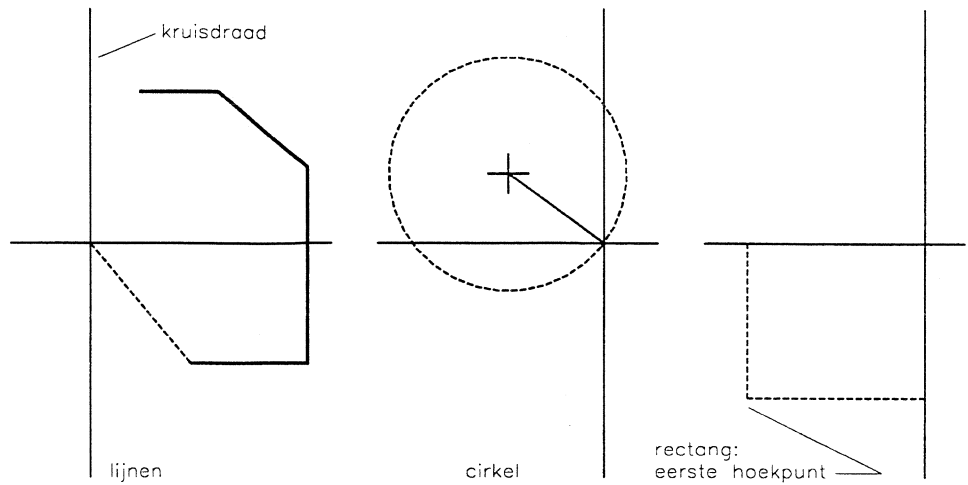
**<Offset>**: tik de gewenste afstanden in @ x,y ,

**Diameter/ <Radius>**: geef de radius op.

## 5.2 Invoer van gegevens

### 5.2.1 Muisinvoer

Bij **LINE**, **ARC**, **CIRCLE**, etc. kunnen punten met de muis worden ingevoerd. De kruisdraden zijn dan elastisch verbonden met het laatst ingevoerde punt (rubber-banding), waarmee een indruk wordt gegeven van de vorm van het ingevoerde element (figuur 5.3).



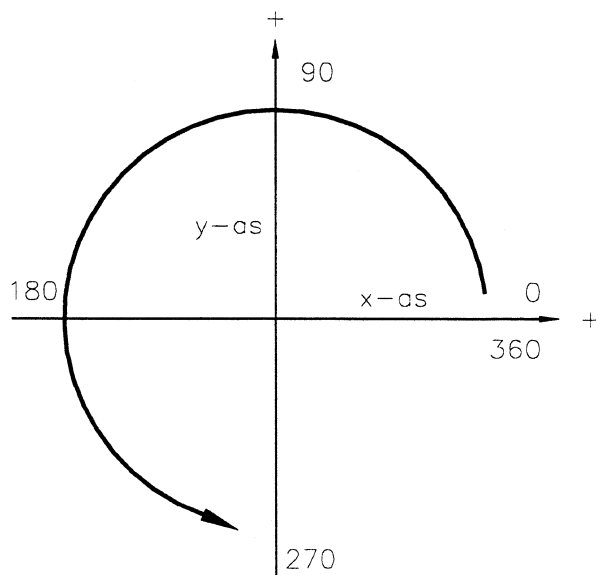
Figuur 5.3 Rubber-banding of drag

De elementen in een afbeelding van een voorwerp worden onderling verbonden, het tweede lijnstuk wordt sluitend aan het eerste getekend, etc.. De muis wordt gebruikt voor de invoer van de benodigde punten.

LET OP

Bij het tekenen met behulp van het grid zijn de lijnstukken niet altijd met elkaar verbonden.

### 5.2.2 Tekenrichting



Figuur 5.4 Tekenrichting

Elementen worden getekend vanaf de horizontale (positieve) as. Het tekenveld op het beeldscherm ligt in het eerste kwadrant. De X-coördinaat geeft de horizontale verplaatsing en de Y-coördinaat een verticale.

Tijdens het tekenen kunnen coördinaten op verschillende manieren worden opgegeven.

### 5.2.3 Absolute coördinaten

Een punt kan worden ingevoerd door absolute waarden ten opzichte van de oorsprong op te geven. Deze oorsprong (0,0) ligt gewoonlijk op de linkeronderhoek van de tekening.

Voorbeeld: 25.75,131.095 geeft een punt waarvan  $X = 25,75$  en  $Y = 131,095$ .

LET OP

Bij dit tekenprogramma wordt de **decimale . (punt)** gebruikt, het **scheidingsteken** voor de waarden van X en Y is een **, (komma)**.

### 5.2.4 Relatieve coördinaten

Een punt kan ook worden ingevoerd door de coördinaten op te geven ten opzichte van het voorgaande punt. Daarvoor moet het teken @ (<shift+2>) worden gebruikt.

Voorbeeld: @37,-55.9, dit punt ligt 37 mm naar rechts (positieve x-richting) en 55,9 mm naar onder (negatieve y-richting), ten opzichte van het voorgaande punt.

Meestal wordt voor deze invoermethode van relatieve coördinaten gekozen.

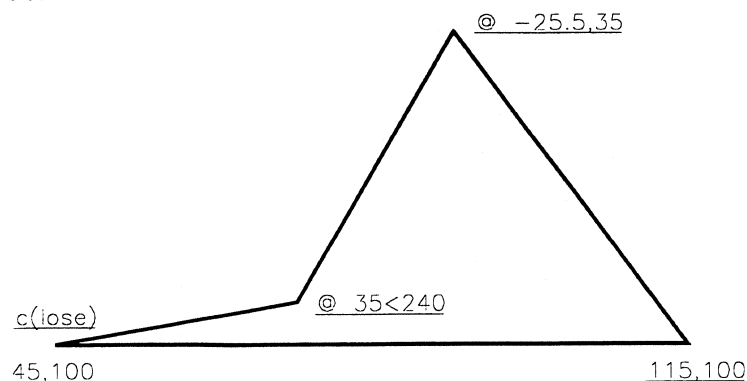
### 5.2.5 Poolcoördinaten

Door een straal en een hoek op te geven kan een punt worden ingevoerd. Voorbeeld: @35<40, dit geeft een punt dat op een straal ligt van 35 mm ten opzichte van het vorige punt en onder een hoek met de horizontaal van 40 graden.

De richting van de hoek is positief tegen de wijzers van de klok in (counterclockwise: ccw).


Door alleen @ (overeenkomend met @0,0) in te voeren worden de absolute coördinaten van het laatst ingevoerde punt gegeven.

Command: **LINE**  
From point: **45,100**  
To point: **115,100** <↵>  
To point: **@-25.5,35** <↵>  
To point: **@45<-240** <↵>  
To point: **(c)lose** <↵>  
Command:



Figuur 5.5 Elementen getekend met coördinaten

### 5.3 Lijnen

Kies voor het tekenen van lijnen uit de pull down menu's **Draw** en klik op **Line**, of klik op het Line icoon: 

Door het intikken van **line** of alleen de letter **I** is het ook mogelijk om lijnen te tekenen.

**line From point:** nu kunnen door het invoeren van coördinaten lijnen worden getekend; na elk ingevoerd punt komt:

**To point:** dit herhaalt zich tot met <↵> het commando wordt afgesloten.

Om punten in te voeren kan met <shift+rmk> het muismenu (zie 4.2.3) worden opgeroepen om punten van lijnen vast te maken aan bestaande punten.

### 5.4 Cirkels

Cirkels worden altijd linksom (ccw) getekend. Kies uit het **DRAW** menu: **Circle**; de circle-keuzelijst geeft nu een aantal mogelijkheden om cirkels te tekenen. Klikken op het cirkel icoon geeft een fly-out menu:



iconen voor het tekenen van cirkels

**Centre, Radius** - invoer van het middelpunt en de straal.

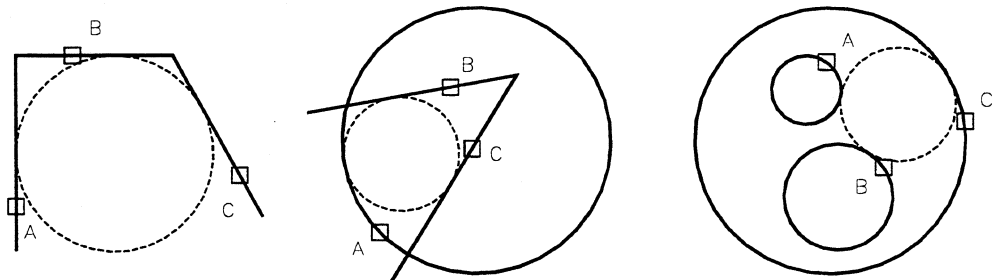
**Centre, Diameter** - invoer van het middelpunt en de diameter.

**2-Points** - invoer van de coördinaten van de uiteinden van de middellijn van de cirkel.

**3-Points** - invoer van drie punten gelegen op de omtrek van de cirkel.

**Tan, Tan, Radius** - hiermee kan een cirkel getekend worden rakend aan twee elementen met een opgegeven straal.

**Tan, Tan, Tan** - een cirkel rakend aan drie lijnen, rakend aan twee lijnen en een cirkel of rakend aan drie cirkels worden getekend (figuur 5.6).



Figuur 5.6 Cirkels (gestippeld) getekend met Tan, Tan, Tan

## 5.5 Bogen

Bogen zijn delen van een cirkelomtrek, ze kunnen worden getekend met het **Arc** commando uit het **Draw** uitrolmenu of door het aanklikken van een icoon.



iconen voor het tekenen van bogen

Ook hier zijn veel mogelijkheden: de meeste opties lijken op elkaar, het verschil zit in de volgorde van invoeren van het begin- (S), middel- (C) en eindpunt (E), koorde (L), radius (R), richting (D) of ingesloten hoek (A).

**3-Points** - net als bij de cirkel kunnen drie punten worden ingevoerd, het eerste en het derde punt zijn respectievelijk het beginpunt en het eindpunt van de boog.

**Start, Center, End** - boog getekend tegen de wijzers van de klok in, met gegeven beginpunt, middelpunt en eindpunt. De boog hoeft niet door het eindpunt te gaan, omdat de straal bepaald is door de afstand beginpunt-middelpunt.

**Start, Center, Angle** - boog bepaald door beginpunt, middelpunt en ingesloten hoek. De boog wordt tegen de wijzers van de klok in getekend: wordt een negatieve hoek gegeven, dan wordt de boog met de wijzers van de klok mee getekend.

**Start, Center, Length** - het beginpunt, het middelpunt en de lengte van de koorde (afstand tussen begin- en eindpunt) worden gegeven. AutoCAD tekent deze boog altijd tegen de wijzers van de klok in. Wordt een negatieve waarde voor de koorde gegeven, dan wordt een grotere boog getekend.

**Start, End, Angle** - het beginpunt, eindpunt en de ingesloten hoek bepalen de boog; een negatieve waarde van de hoek tekent de boog met de wijzers van de klok mee.

**Start, End, Direction** - het beginpunt, het eindpunt en de beginrichting in graden wordt gegeven; hiermee kan het beginpunt van een boog raken aan een eerder getekende lijn.

**Start, End, Radius** - het beginpunt, het eindpunt en de straal van de boog wordt hier gegeven.

**Center, Start, End** - middelpunt, beginpunt en eindpunt zijn gegeven.

**Center, Start, Angle** - middelpunt, beginpunt en ingesloten hoek bepalen de boog.

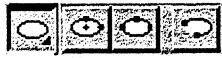
**Center, Start, Length** - middelpunt, beginpunt en de lengte van de koorde bepalen de boog.

**CONTINUE** - dit geeft een voortzetting aan het eindpunt van de laatst getekende lijn of boog.



## 5.6 Ellipsen

Een ellips kan worden getekend door na het **Ellipse** commando (**Draw** menu) op één van keuzes te klikken of op een ellips icoon.



iconen voor het tekenen van ellipsen

Ellips gedefinieerd door een middelpunt en twee assen, kies: **Center**.

**\_ellipse**

**<Axis endpoint 1>/Center: \_c**

**Center of ellipse:** door nu een punt te kiezen wordt het middelpunt bepaald,

**Axis endpoint:** vervolgens wordt het eindpunt van een as aangewezen.

**<Other axis distance>/Rotation:** de rest gaat als hierboven beschreven.

Ellips gedefinieerd door de lengte van de assen.

**\_ellipse**

**Arc/Center/<Axis endpoint 1>:** geef het eerste eindpunt van een as,

**Axis endpoint 2:** dit punt kan zowel op de lange als op de korte as liggen.

**<Other axis distance>/Rotation:** deze afstand wordt de helft van de andere as. Wordt gekozen voor **Rotation** (door R in te tikken) dan wordt de eerste as de lange as van de ellips.

**Rotation round major axis:** voer de hoek voor de lange as in. De getekende ellips is de projectie van deze cirkel op het tekenvlak. Bij invoer van 0 (graden) ontstaat een cirkel, hoeken groter dan 89.4 graden worden met: **\*Invalid\*** genegeerd.

Wordt een negatieve hoek ingevoerd dan komt de mededeling: **Value must be positive and nonzero**

Ellipsboog

**Arc/Center/<Axis endpoint 1>: \_a**

**<Axis endpoint 1>/Center:** geef het eerste eindpunt van een as,

**Axis endpoint 2:** dit punt kan zowel de lange als de korte as voorstellen.

**<Other axis distance>/Rotation:** deze afstand wordt de helft van de andere as.

Een complete ellips wordt nu getekend, dan volgt de vraag:

**Parameter/<start angle>:** geef de beginhoek op,

**Parameter/Included/<end angle>:** geef de hoek op. Het resultaat is afhankelijk van de tekenvolgorde van de van de eindpunten.

## 5.7 Veelhoeken

Een gesloten regelmatige veelhoek of polygoon (figuur 5.6) bestaat uit 3 of meer (max. 1024) zijden en wordt getekend door het commando **Polygon** uit

het **Draw** menu of klik op de polygon icoon: 

Een polygoon wordt getekend als gesloten polylijn (zie 5.10).

Teken een veelhoek waarvan de lengte van een zijde is gegeven.

**\_polygon Number of sides <4>:** vraagt een getalwaarde, deze moet tussen 3 en 1024 liggen.

**Edge/<Center of Polygon>: \_edge**

**First endpoint of edge:** voer dat punt in,

**Second endpoint of edge:** geef het eindpunt van een zijde. De veelhoek wordt direct getekend.

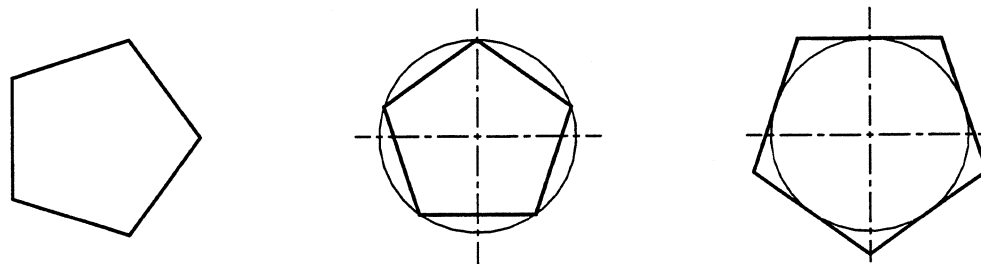
Door **Ortho** aan of uit te zetten wordt één van de zijden exact horizontaal of verticaal geplaatst.

Teken een veelhoek waarvan het middelpunt is gegeven, hierbij zijn twee mogelijkheden.

1: **Command: \_polygon Number of sides <4>**: geef het aantal zijden.  
**Edge/<Center of Polygon>**: voer het middelpunt van de veelhoek in, nu komt de prompt:  
**Inscribed in circle/Circumscribed about circle (I/C) <C>**: tik nu een c in  
**Radius of circle**: voer de diameter van de ingeschreven cirkel in (de veelhoek wordt om de cirkel getekend).

Door slepen (dragging) van de cursor, die vastzit aan het midden van één der zijden, en aanklikken van een punt op het scherm kan de stand van de veelhoek worden beïnvloed. Kijk voor de waarde van de radius dan naar de meelopenende coördinaten op de statusbalk.

2: na keuze van: **Inscribed** volgen dezelfde vragen, alleen zit de cursor nu vast aan het eind van één van de zijden. De veelhoek wordt in de cirkel getekend.



Figuur 5.7 Het tekenen van polygonen

Een bijzondere veelhoek is de rechthoek, AutoCAD kent hiervoor een apart commando: **Rectangle**.

Klik op het **rectangle** icoon:



**Command: \_rectang**

**Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width/<First corner>**: wijs het beginpunt aan.

**Other corner**: voer de andere hoek in; dit kan ook door de coördinaten in te voeren.

Een rectangle wordt ook getekend als gesloten polylijn (zie 5.10)

## 5.8 Doughnut

Het **Doughnut** of **Donut** -commando (**Draw**-menu) tekent een binnen- en een buitencirkel, met 'filled on' geeft dit een dikke ring.

Een stip wordt getekend met diameter binnencirkel = 0 en diameter buitencirkel ca. 1. Deze stip wordt gebruikt aan het uiteinde van een lijn om bijvoorbeeld een stuknummer aan te geven.

Klik op **donut** in het **Draw** uitrolmenu of klik op het **donut** icoon:



**Inside diameter <...>**: voer een 0 in als er een stip getekend moet worden.

**Outside diameter <...>**: voer de buitendiameter in.

**Center of doughnut**: voer de coördinaten van het middelpunt in of wijs het aan met OSNAP-opties.


Centre of doughnut: <↵>, en de DONUT wordt getekend.

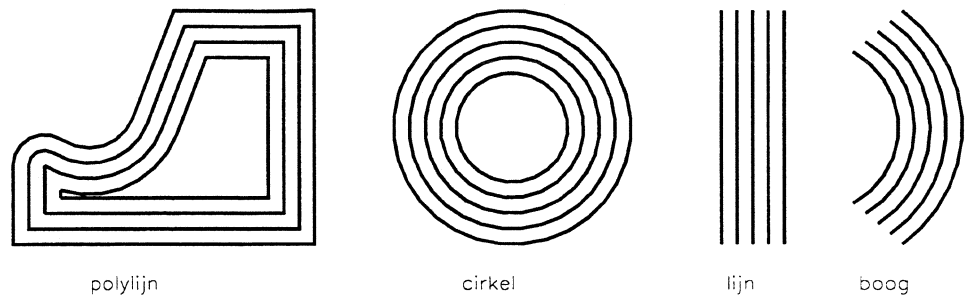
<...> geeft de default-waarde van de laatst getekende donut.

Het plaatsen van donuts kan steeds worden herhaald.

## 5.9 Offset

Het **Offset**-commando tekent elementen evenwijdig of concentrisch aan en op een bepaalde afstand van reeds getekende elementen (figuur 5.8).

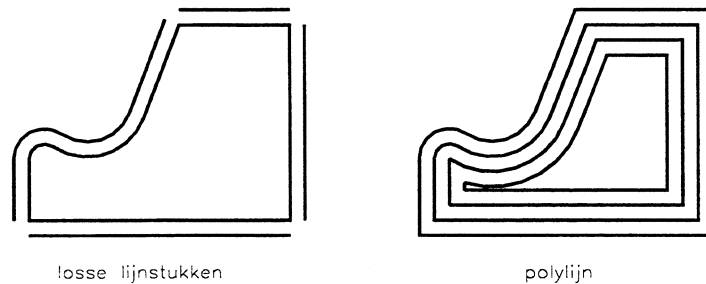
Klik op **Offset** in het uitrolmenu **Modify** of klik op het offset icoon:   
**Offset distance or Through <...>**: voer hier de gewenste afstand in ten opzichte van het reeds getekende element, of de default-waarde (<...>).  
**Select objects to offset**: selecteer het element, of de polylijn. Het geselecteerde element wordt geaccentueerd (highlight) weergegeven.  
**Side to offset?** ga met de cursor naar de zijde waar de offset moet komen. Deze laatste twee vragen worden herhaald tot <↵> wordt gegeven.  
Wordt na de eerste vraag **T**(hrough) ingetikt:  
**Through point**: dan kan een punt aangewezen worden waardoor het nieuwe element moet gaan.



Figuur 5.8 Gebruik van offset bij verschillende elementen

LET OP


Het 'offset' element wordt getekend in dezelfde laag (lijnsoort) als die van het oorspronkelijke element.



Figuur 5.9 Gebruik van offset bij losse lijnstukken

## 5.10 Polylijn

Een polylijn is een reeks met elkaar verbonden lijn- en/of boogsegmenten, die als een enkelvoudig element worden behandeld (figuur 5.8). Voor elk segment kan een beginbreedte en een eindbreedte worden opgegeven. Een polylijn komt in de actieve laag (current layer).

Klik op **Polyline** in het **Draw** uitrolmenu of klik op het **polyline** icoon: 

Waarna op de wijze zoals bij lijnen beschreven getekend kan worden. Eventueel kan een begindikte (width) en een einddikte worden opgegeven. Polylijnen kunnen ook gemaakt worden door gewone lijnen met PEDIT te wijzigen.

## 5.11 Arceren

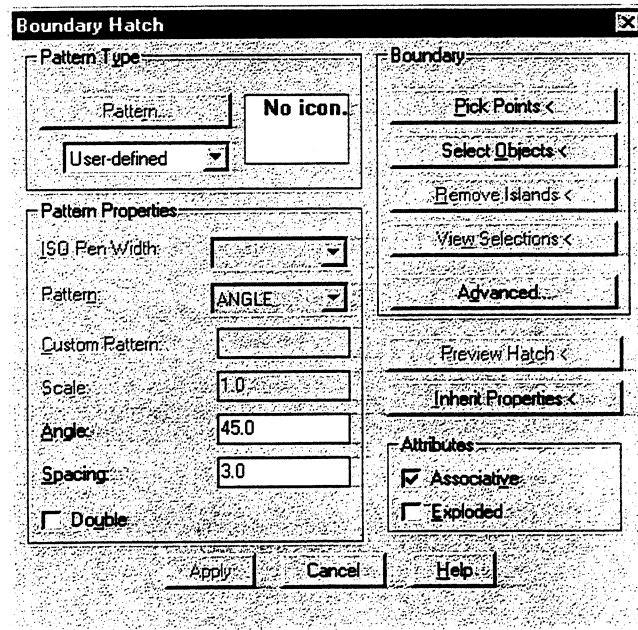
Bij het tekenen van doorsneden wordt gebruik gemaakt van arcering om te laten zien waar het materiaal (denkbeeldig) is doorgesneden. Het moet de computer duidelijk gemaakt worden welke vlakken gearceerd moeten worden. De vlakken zijn gewoonlijk begrensd door lijnen, cirkels, bogen, polylijnen of afbreeklijnen.

LET OP

Zet voor het arceren eerst de laag **Arcering** aan, bevries hartlijnen en dunne lijnen van schroefdraad .

Kies in het **Draw** menu **Hatch...** of klik op het arceer icoon: 

Het dialoogvenster **Boundary Hatch** komt op het scherm; arcering heet in het Engels: crosshatching.



Figuur 5.10 Dialoogvenster voor arcering

Zorg dat in het keuzevak **User-Defined Pattern (U)** staat, de invoervakken **Angle:** en **Spacing:** worden geaccentueerd.

Vul bij **Angle** in: 45 of 135 al naar gelang de gewenste richting (rechts- of linkshellend) van de arcering. Vul bij **Spacing** de arceerafstand in.

Standaard staan deze waarden op 45 (graden), respectievelijk 3 mm.

Bij **Advanced Options** staat als default de **Hatching Style Normal** ingesteld. Kies in het vak **Boundary** de knop **Pick Points**; in de commandoregel staat achter de prompt:

**Select Internal Point:** klik met <Imk> in het te arceren vlak, de grenzen worden geaccentueerd in de kleur van de laag **ARCERING**;

**Selecting everything...**

**Selecting everything visible...**

**Analyzing internal islands...**; zijn alle gewenste vlakken geselecteerd, geef dan <J>, kies in het dialoogvenster **Preview Hatch** < en de arcering wordt tijdelijk in de tekening geplaatst. Controleer of alle geselecteerde vlakken correct zijn gearceerd en een klein venster met een **Continue** knop verschijnt. Klik op **continue:** <J>, het **Boundary Hatch** dialoogvenster komt weer, is alles in orde klik dan op de knop **Apply** en de arcering komt definitief in de tekening.

OPMERKING

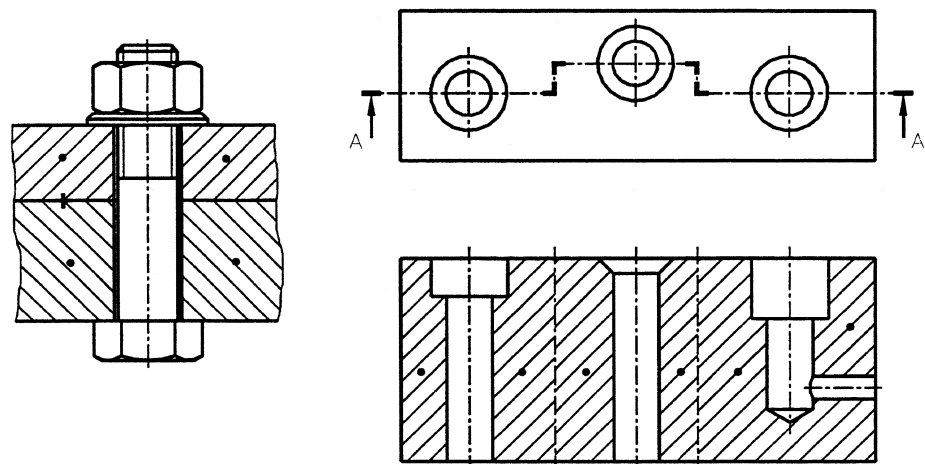
Om teksten en maattekst wordt een rechthoek zonder arcering uitgespaard als **Island Detection** is ingeschakeld in het **Advanced Options** dialoogvenster.

Indien het voorwerp bestaat uit aan elkaar grenzende vlakken (figuur 5.11), dan moeten de arceringen correct aansluiten. Het uitgangspunt (Base point) van een arcering is de oorsprong 0,0. Om een aansluitend arceerpatroon te krijgen moet het uitgangspunt van de arcering worden verlegd. Kies hiervoor een snijpunt van gemeenschappelijke lijnen van twee vlakken (onderdelen).

Bij een versprongen doorsnede (hoofdstuk 3, diktaat ide141 2D) moet ook de arcering versprongen worden getekend (figuur 5.11). Hiervoor zal het uitgangspunt van de arcering een halve arceerafstand moeten verschuiven. Verschuif het uitgangspunt (base point) met behulp van het commando **Snap rotate** uit **Tools** uitrolmenu.

Daarna kan het arceercommando uitgevoerd worden zoals hierboven besproken. In het **Tools** uitrolmenu is **Snap rotate** als apart commando ingebouwd; na aanklikken kan direct het nieuwe Base point worden aangewezen (gebruik hierbij de magneet-mode INT of NEA).

Het aangeven van een doorsnede met verdikte lijnstukken, pijlen en letters en het aangeven van een verspringing in een doorsnede wordt behandeld bij: Tekenhulpjes, 14.1.



+ = punt voor SNAP - Rotate

- aan te wijzen punt voor selectie van de te arceren vlakken

Doorsnede A-A

Figuur 5.11 Aansluitende en versprongen arcering

## 5.12 Teksten

Om teksten in tekeningen te plaatsen wordt gebruikt gemaakt van een tekstsoort, die vooraf is aangemaakt. Bij IDE141 2D-practicum staat als style voor de tekst de ROMANS met een teksthooft van 3,5 mm vast ingesteld.

### 5.12.1 Het plaatsen van tekst

Klik op **Text** in het **Draw** uitrolmenu of klik op het text icoon: 

**\_dtext Justify/Style/ <Start point>**: wijs het punt aan waar de tekst moet beginnen.

**Rotation angle <0>**: voer de hoek in voor de tekst: 0 = horizontaal, 90 = van beneden naar boven (leesbaar van rechts).

**Text**: nu verschijnt op het beginpunt van de text een rechthoek die overeenkomt met de grootte van de (hoofd)letter, bij het intikken van de tekst schuift dit blok mee. Na <↵> springt de rechthoek naar de volgende regel en kan weer tekst worden ingevoerd. Met de 'backspace' toets kan de

voorgaande letter worden gewist en worden vervangen door een andere. Met <↵> zonder invoer van tekst wordt het commando afgesloten. Wordt het commando weer actief gemaakt, dan wordt de laatste regel van de reeds geplaatste tekst geaccentueerd, AutoCAD neemt aan, dat als geen nieuw beginpunt wordt aangegeven de tekst onder de voorgaande tekst moet beginnen.

Tijdens het invoeren van tekst kan de kruisdraad worden verplaatst en met <Imk> wordt een nieuw beginpunt voor tekst aangegeven.

### 5.12.2 Uitlijnen van tekst

Wordt na: **Command: \_dtext Justify/Style/<Start point>**: de letter J ingetikt dan verschijnt in de commandoregel:

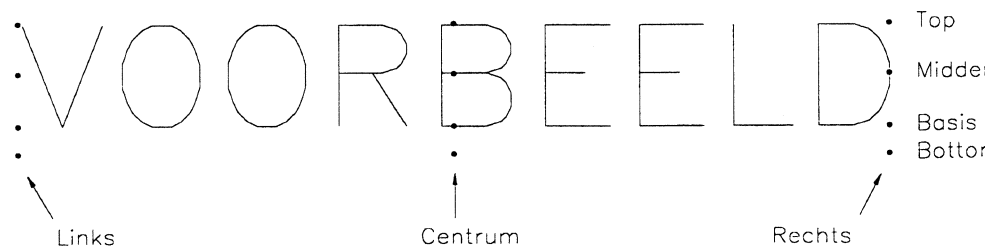
**Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR:**

- bij Align wordt gevraagd om een begin- en eindpunt voor de tekst aan te geven, de tekst wordt tussen deze punten geplaatst waarbij de hoogte en breedte van de karakters aan de beschikbare ruimte wordt aangepast. Dit is in technische tekeningen natuurlijk niet toelaatbaar, er wordt altijd gewerkt met vaste letterhoogtes.
- Fit werkt ongeveer hetzelfde als Align, hierbij wordt gevraagd om een letterhoogte en wordt de karakterbreedte aangepast aan de ruimte.

Figuur 5.12 geeft een tekstvoorbeeld waarin deze posities zijn aangeduid.

De opties Center, Middle en Right spreken voor zichzelf, de overige opties zijn combinaties van de beginletters van de in figuur 5.12 aangegeven posities. Opgemerkt moet worden dat M(iddle) en MC (Middle/Center) niet op hetzelfde punt ligt bij gebruik van kapitalen en onderkast.

Normaal wordt de tekst links uitgelijnd en bij het gebruik van bovenstaande opties lijkt dat ook te gebeuren, maar na <↵> wordt de tekst pas op de juiste positie geplaatst.



Figuur 5.12 Uitlijnen van tekst

### 5.12.3 Wijzigen van tekst

Om alleen de tekst zelf te wijzigen:

Klik op **Text...** in het **MODIFY** uitrolmenu of klik op het **Edit Text** icoon: 

**Command: \_ddedit**

<Select an annotation object>/Undo: wordt de tekstregel geselecteerd dan verschijnt een dialogbox, waarin deze regel geaccentueerd staat.

Door met de cursor op het invoervak te klikken verschijnt een staande streep als tekstcursor, nu kan de regel worden gewijzigd. De cursor kan met de pijltjestoetsen naar links of rechts door tekst bewegen, met <Delete> wordt het karakter direct achter de cursor gewist, met <Backspace> het karakter voor de cursor.

Om behalve de tekst ook eigenschappen van deze tekst te wijzigen: kies in het **MODIFY** uitrolmenu voor **Properties...**:

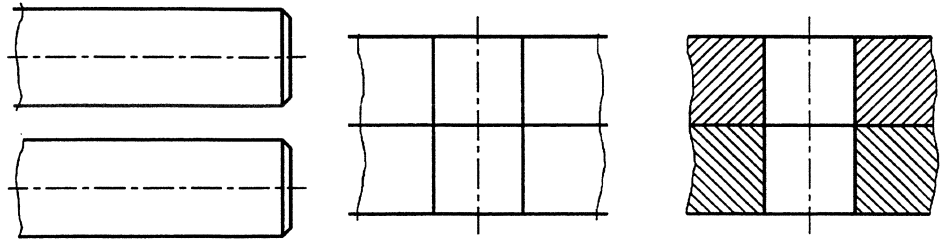
**Select object** : klik de tekst aan, dan verschijnt het **Modify Text** dialoogvenster: behalve de tekst zelf kan hierin ook de style, laag, teksthoogte, etc. worden aangepast.

New rotation angle <0.0>: voer eventueel een ander hoek in

New text <oude tekst>: tik nu de gewijzigde tekst in: <↵>

### 5.13 Schetsen

Uit de vrije hand schetsen wordt gebruikt om bijvoorbeeld afbreeklijnen te tekenen (figuur 5.13).



Figuur 5.13 Afbreeklijnen met SKETCH

Zet eerst ORTHO uit.

Klik op **Sketch** in het **Draw** uitrolmenu:

**Command:** sketch

**Record increment** <0.1>: <↵>

**Sketch. Pen eXit Quit Record Erase Connect** . plaats de kruisdraad op het beginpunt van de afbreeklijn en klik met <LMK>: <Pen down>

Teken nu met een soepele polsbeweging de gegolfde afbreeklijn en klik met <LMK>: <Pen up>. De kruisdraad kan worden verplaatst naar de beginpositie van de volgen afbreeklijn, etc.

Met: <↵> of een X wordt het commando beëindigd, de lijn wordt getekend en er verschijnt:

.. **polylines with ... edges recorded.**

Verwijder de uitstekende lijnstukken met TRIM, zie 7.3.1.

LET OP

Zorg ervoor dat ORTHO en SNAP beide uit staan, controleer dit in de statusbalk.





# Selecteren van elementen (objects)

Om reeds getekende elementen te bewerken of te verwijderen moeten deze elementen in de tekening worden geselecteerd.

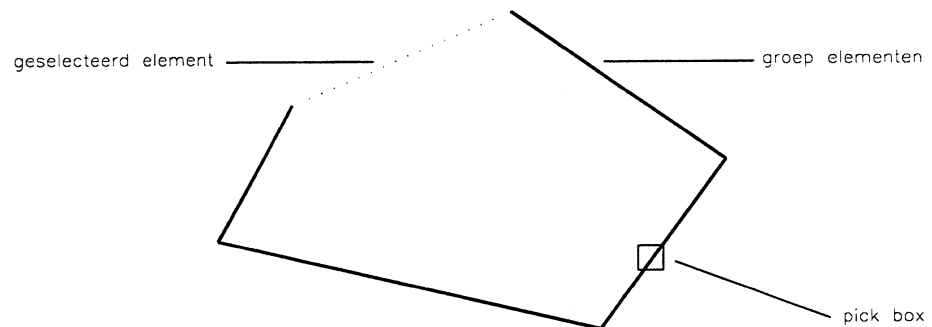
Na de meeste commando's verschijnt:

**Select objects:** nu is een selectie van elementen te maken: de 'selectie-set'. Interactief kunnen elementen worden toegevoegd of verwijderd uit deze selectie-set. Niet alleen elementen die geheel of gedeeltelijk op het scherm zichtbaar zijn kunnen worden geselecteerd, de optie **All** selecteert alle elementen uit een tekening, ook het kader met rechthoek!

Op het scherm worden deze elementen dan gestippeld (highlight) weergegeven, zie figuur 6.1.

**Select objects:** de kruisdraden worden vervangen door een vierkantje (object selection target of pickbox genaamd).

Het element (object) wordt aangewezen met behulp van deze pickbox en bevestiging volgt met <lmk>.



Figuur 6.1 Selecteren van elementen

## 6.1 Maken van een selectie-set

Soms kan het handig zijn om vóór het geven van een commando al zo'n selectie-set aan te maken; kies als de selectie-set gereed is het gewenste commando, tik dan als **Select objects:** verschijnt: p (Previous) en op de elementen van de vooraf gemaakte selectie-set wordt het commando uitgevoerd.

Toets SELECT in op het toetsenbord, selecteer de elementen door ze met de kruisdraad aan te wijzen en te klikken met <LMK>.

De opties die gebruikt kunnen worden worden nu achtereenvolgens besproken.

Achter elke optie staat tussen haakjes de afkorting die ingetikt kan worden.

## 6.2 Selectie-opties

Het selecteren van objecten is eigenlijk het toevoegen van aangewezen elementen aan de selectie-set (de ADD mode).

### Add (A)

Met **A** wordt de 'Add' mode ingeschakeld en de 'Remove' mode uitgeschakeld, waarna weer elementen kunnen worden toegevoegd.

### ALL

Alle elementen van de tekening worden geselecteerd, behalve de elementen op bevroren lagen. Met **R** (Remove) kunnen daarna die elementen worden verwijderd die niet in de selectieset moeten worden opgenomen.

### CPolygon (CP)

Vergelijkbaar met de optie Crossing en WPolygon.

### Crossing (C)

Deze optie selecteert alle elementen binnen het venster **en** de elementen die de grenzen van het venster snijden. Een meelopende rechthoek geeft, met gestippelde lijnen, de grootte van het venster aan.

- 1 Tik als het commando om een selectie vraagt de letter **C** in:  
**First corner:** wijs een hoek aan waar de selectie moet beginnen,  
**Other corner:** sleep met de cursor de rechthoek over de te selecteren elementen.
- 2 Klik <Imk> op een lege plaats op het scherm en sleep van rechtsboven naar links om een rechthoek te vormen **of** sleep van rechtsonder naar linksboven om de rechthoek te vormen. De **gestippelde** rechthoek laat zien welke elementen worden geselecteerd.

### Fence (F)

Hiermee kan een selectielijn worden gemaakt, alle elementen die de lijn snijden worden geselecteerd:

**First fence point:** geef een punt aan,

**Undo/<Endpoint of line>:** geef een volgend punt, etc.; de lijn kan ook zichzelf snijden, afsluiten met <↵>.

### Last (L)

Selecteert alleen het laatst getekende element: dit element kan ook een 'block' zijn.

### Previous (P)

Wordt gebruikt om verschillende 'edit' bewerkingen op dezelfde groep elementen te maken. Het tekenprogramma onthoudt de voorgaande selectie-set, die met **P** opnieuw gekozen kan worden. Handig als b.v. een groep elementen verplaatst is, maar nog niet goed staat en weer verplaatst moet worden. Previous werkt **niet** als een groep is verwijderd met ERASE, de selectie-set is dan leeg.

### Remove (R)

Met **R** kunnen elementen op elk moment uit de selectie-set verwijderd worden.

### Window (W)

Selecteert alleen elementen die **geheel** binnen het aangewezen venster liggen. Het window wordt voorgesteld door een rechthoek van continue lijnen.

- 1 Tik als het commando vraagt om een selectie de letter **W** in.  
**First corner:** wijs de eerste hoek van de rechthoek aan.

**Other corner:** sleep met cursor tot de gewenste grootte van de rechthoek is bereikt.

- 2 Plaats de cursor op een lege plaats op het scherm, klik <Imk>  
**Select objects:** <Imk>: **Other corner:** een met de kruisdraden meelopende rechthoek geeft aan hoe groot het venster wordt. (alleen als het tweede punt rechtsboven het eerste wordt geplaatst, in andere gevallen wordt het een 'crossing').

#### **WPolygon (WP)**

Vergelijkbaar met de optie Window, maar nu is het mogelijk om een veelhoekige vorm van het selectiegebied rond de elementen te bepalen:

**First polygon point:** klik een punt aan;

**Undo/<Endpoint of line>:** er wordt steeds gevraagd om een volgend punt tot <↵> wordt gegeven.

De veelhoek kan zichzelf niet snijden, probeert men dit toch, dan volgt: **Invalid point, polygon segments cannot intersect.**

#### **Undo (U)**

Als bij vergissing een element aan de selectie-set wordt toegevoegd dan kan met **U** dit laatste element uit de selectie gehaald worden. Er kan teruggestapt worden; elke **U** verwijdert het voorgaande element.

#### **a point**

Wordt een punt aangewezen dan wordt het element dat het punt snijdt geselecteerd. Ligt het aangewezen punt op het snijpunt van twee elementen, dan wordt het laatst getekende element geselecteerd. Het punt kan ook worden aangewezen door het intikken van de absolute of de relatieve coördinaten.

#### **Box**

Er wordt gevraagd om twee punten in te geven: de optie Box werkt als Window als het tweede punt rechts van het eerste wordt gekozen, in elk ander geval werkt Box als Crossing.

#### **Multiple (M)**

Kan gebruikt worden om in een complexe tekening verschillende elementen te kiezen. Twee elkaar snijdende elementen kunnen beide gekozen worden door de 'Multiple' mode te gebruiken en het snijpunt tweemaal aan te wijzen.

<↵>

Telkens als een van de bovenstaande handelingen is uitgevoerd verschijnt:

**Select/Remove objects:** De selectie-set kan verder worden uitgebreid.

Om aan te geven dat de selectie compleet is: <↵>.

#### **Esc**

Door het ingedruken van de 'Esc' toets wordt het selectie-proces gestopt. Alle gestippelde elementen worden weer normaal en het commando wordt afgebroken.

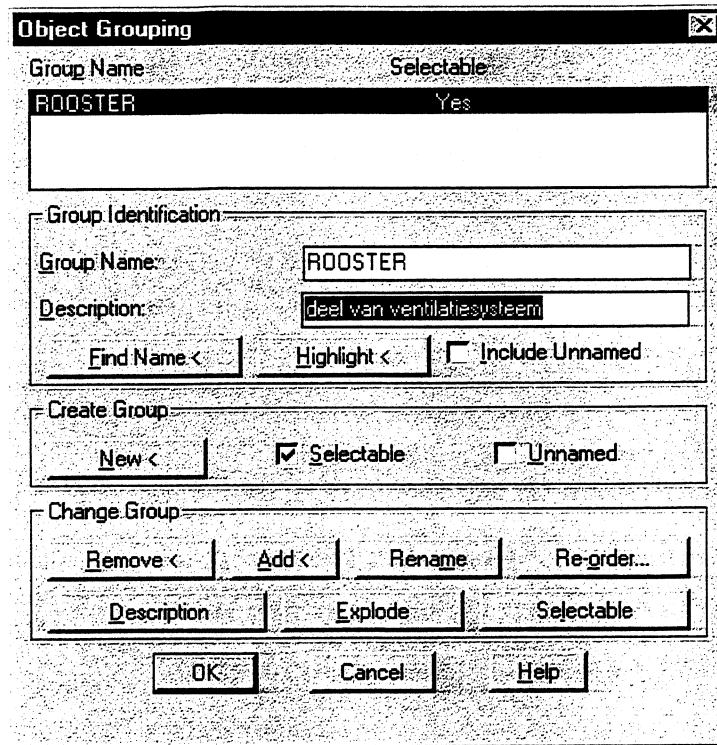
#### **GROUP**

Een groep is een selectieset waaraan een naam is toegekend.

Kies uit het **TOOLS** uitrolmenu **Object Group** en het **Object grouping** dialoogvenster verschijnt (zie figuur 6.2). Geef in de Group Identification box de **Group Name** op en geef eventueel een beschrijving, klik op **New <**; op de commandoregel staat dan: **Select objects:** selecteer de elementen die deel van de groep moeten worden.

<↵> en klik op **OK**.

De groep is nu aangemaakt en kan nu gebruikt worden om de gekozen elementen tegelijk te wijzigen (zie hoofdstuk 7).



Figuur 6.2 Dialoogvenster voor Object Grouping

### 6.3 Grips

Elementen kunnen ook direct met de kruisdraad geselecteerd worden, ze worden dan gestippeld getoond, met aan het midden en de uiteinden van een lijn zogenaamde 'grips'. Bij een cirkel staan deze grips op het middelpunt en op de quadranten. Bij een boog op de uiteinden en soms ook op het midden van de boog. Bij een blok staat een grip op het 'insertion' punt.

Is een element voorzien van grips dan kan door het klikken op een icoon het element worden gewijzigd.

Wordt bijvoorbeeld het **Erase** aangeklikt dan verdwijnt het element direct.

Door het toepassen van grips kan met kruisdraad en een toetsaanslag een commando worden gegeven. Door met de kruisdraad op een grip te klikken wordt deze rood geaccentueerd, in de commandobalk staat dan:

**Command:**

**\*\* STRETCH \*\***

<Stretch to point>/Base point/Copy/Undo/eXit: Deze rode grip vormt het basispunt voor het commando. Met <↵> kan door een reeks commando's worden gelopen:

**\*\* MOVE \*\***

<Move to point>/Base point/Copy/Undo/eXit:

**\*\* ROTATE \*\***

<Rotation angle>/Base point/Copy/Undo/Reference/eXit:

**\*\* SCALE \*\***

<Scale factor>/Base point/Copy/Undo/Reference/eXit:

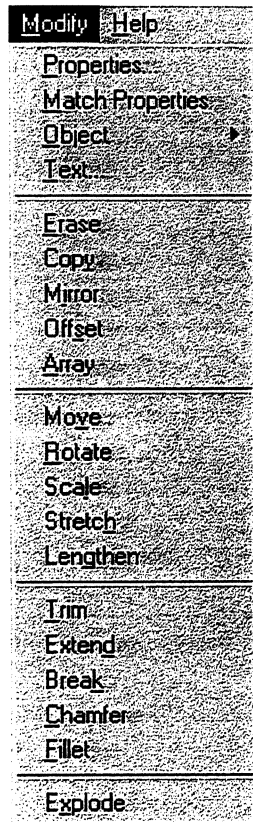
**\*\* MIRROR \*\***

<Second point>/Base point/Copy/Undo/eXit:

Wordt een c ingetoetst dan komt er: **\*\* MOVE (multiple) \*\*** en kan de handeling zo vaak als nodig herhaald worden.

Tweemaal <ESC> laat de grips weer verdwijnen.

# Wijzigen van elementen



In het uitrolmenu **MODIFY** (figuur 7.1) zijn commando's opgenomen waarmee fouten worden hersteld of wijzigingen worden aangebracht in de tekening.

**INDIEN NIET ANDERS VERMELD WORDT GEBRUIK GEMAAKT VAN HET UITROLMENU MODIFY.**

## 7.1 Verwijderen van elementen

Kies **Erase** in het uitrolmenu of klik op het **erase** icoon:



**Select objects:** De pickbox verschijnt, selecteer daarmee de te verwijderen elementen.

De geselecteerde elementen worden gestippeld afgebeeld en na het geven van <↵> uit de tekening verwijderd.

Wordt bij vergissing iets uitgewist dan kan met: **oops** of **u(ndo)** direct na het erase commando de verwijderde elementen worden teruggeroepen.

**Redo** maakt alleen de laatste **undo** ongedaan.



Undo icoon

Redo icoon

figuur 7.1 uitrolmenu Modify

Na het wissen blijven op het tekenveld nog markeringen (blips) van de aangeklikte punten zichtbaar en is het grid ter plaatse van de gewiste lijnen verdwenen. Door achter **Command: redraw** te tikken en <↵> wordt het actieve venster geheel gewist en de tekening opnieuw opgebouwd. Met het tweemaal indrukken van de functie-toets F7 (grid) wordt hetzelfde resultaat bereikt. Bij een ingewikkelde tekening vergt een 'redraw' wat tijd.

Verwijder het laatst getekende element:

Kies **Erase** in het uitrolmenu:

**Select objects:** |(ast)

1 found

**Select objects:**

**Command:** en het laatst getekende element is verwijderd.

LET OP

Zijn twee lijnen over elkaar heen getekend, dan wordt door **ERASE:** alleen de laatst getekende lijn verwijderd. De onderliggende lijn wordt direct weer zichtbaar.

## 7.2 Onderbreken van elementen met BREAK

### BREAK

Dit commando verwijdert een deel van een element tussen twee aangewezen punten; of onderbreekt een element, zodat twee delen ontstaan (figuur 7.2).



Kies **B**reak in het uitrolmenu of klik op het **break** icoon:

**Select object:** selecteer het gewenste element; aangenomen wordt dat de onderbreking op het geselecteerde punt ligt.

**Enter second point (or F for first point):** kies nu het tweede punt voor het onderbreken. Moet het eind van een lijn verwijderd worden, dan mag het tweede punt in de buurt van het eindpunt buiten de lijn gekozen worden.

Is het geselecteerde punt niet het beginpunt van de onderbreking, handel dan als volgt:

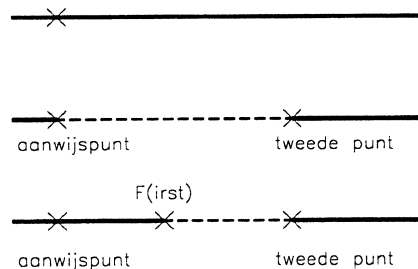
**Enter second point (or F for first point):** door **F** in te tikken kan nu het juiste beginpunt voor het onderbreken aangewezen worden.

**Enter first point:** wijs het punt aan waar de lijn moet worden onderbroken met één van de OSNAP-opties.

**Enter secondpoint:** wijs het tweede punt aan.

- Moet een lijn in twee delen worden gesplitst, tik dan **@** in als gevraagd wordt om het tweede punt.

**Enter second point (or F for first point): @; @** (overeenkomend met @0,0) wil zeggen dit punt exact ligt op het voorgaande punt.



Figuur 7.2 Het onderbreken van elementen met BREAK

## 7.3 Afsnijden en verlengen

### 7.3.1 TRIM

Verwijdert een deel van een element of elementen vanaf grenzen die worden gevormd door de eerst aangewezen elementen of liggen tussen twee aangewezen elementen (grenzen).

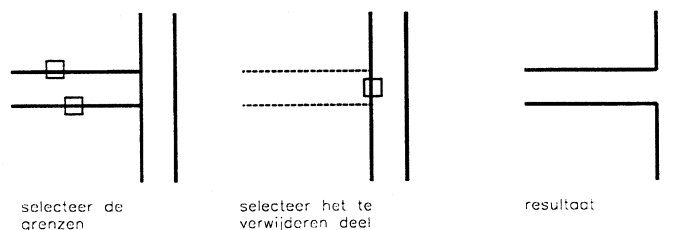


Kies **T**rim in het uitrolmenu of klik op het **trim** icoon:

**Select cutting edges: (Projmode = UCS, Edgemode = Extend)**

**Select objects:** wijs alle elementen (de grenzen) aan, waartussen de lijnstukken liggen die verwijderd moeten worden.

<↵>



Figuur 7.3 Het TRIM commando

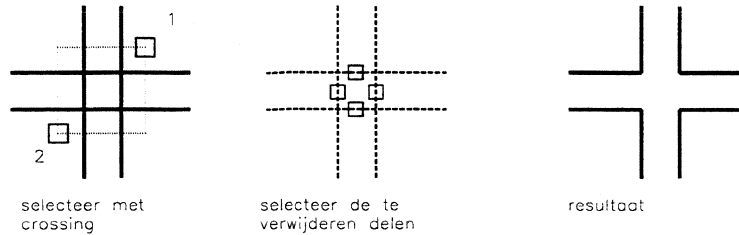
<Select object to trim>/Project/Edge/Undo: wijs het(de) lijnstuk(ken) aan dat(die) verwijderd moet(en) worden. Deze prompt wordt herhaald zodat meerdere lijnen kunnen worden aangewezen.

- Trimmen met de selectie **crossing**

**Select cutting edges: (Projmode = UCS, Edgemode = Extend)**

**Select objects:** wijs de elementen (de grenzen) nu aan door crossing te gebruiken (zie hoofdstuk 6) .

<↵>



Figuur 7.4 Trimmen met crossing als selectie

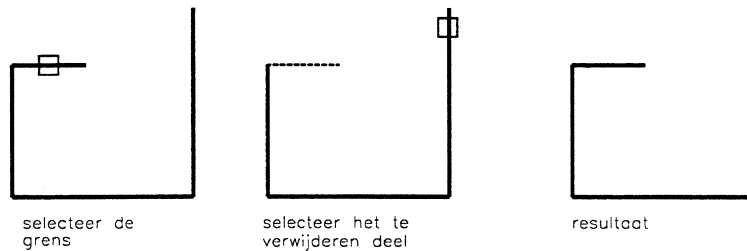
- Trimmen vanaf een denkbeeldige grens

**Select cutting edges: (Projmode = UCS, Edgemode = Extend)**

**Select objects:** wijs het elementen aan dat de denkbeeldige grens vormt.

<↵>

Wijs nu het te verwijderen deel aan.



Figuur 7.5 Trimmen met een denkbeeldige grens

- Trimmen van een complex object

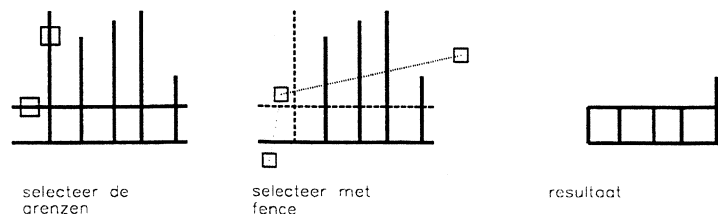
**Select cutting edges: (Projmode = UCS, Edgemode = Extend)**

**Select objects:** wijs de elementen aan die de grenzen vormen.

<↵>

<Select object to trim>/Project/Edge/Undo: tik F(ence) in en maak een lijn die alle te trimmen objecten snijdt

<↵> alle lijnen gesneden door de 'fence' lijn worden op de grenzen afgesneden.



Figuur 7.6 Trimmen met Fence als selectie

### 7.3.2 EXTEND:

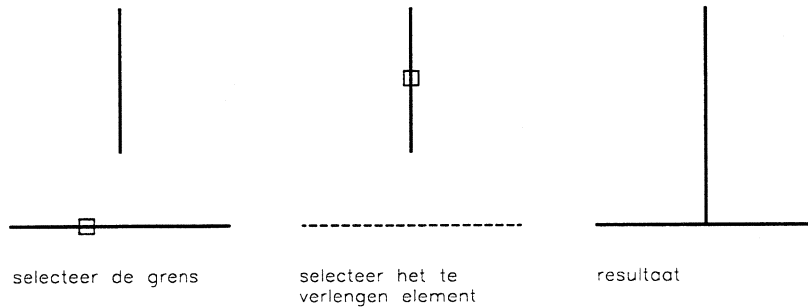
Bestaande elementen kunnen worden verlengd tot ze een ander element (grens) raken. Er hoeft geen snijpunt te bestaan tussen het verlengde element en het andere element (figuur 7.8).



Kies **Extend** in het uitrolmenu of klik op het **extend** icoon.

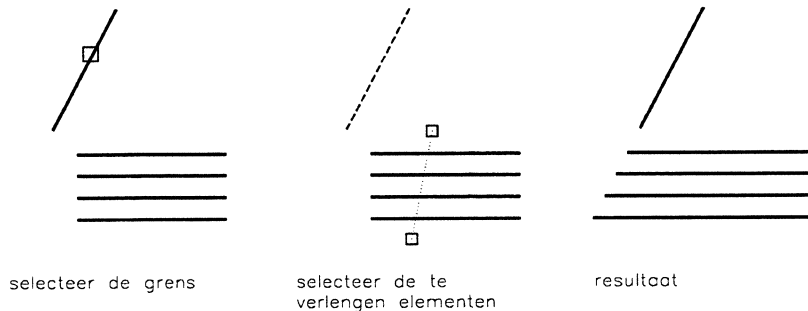
**Select boundary edge(s)...** wijs het element aan waarnaar het lijnstuk verlengd moet worden.

**Select objects to extend:** wijs het te verlengen element aan.



Figuur 7.7 Gebruik van het EXTEND-commando

Verlengen van element(en) tot een denkbeeldig snijpunt met een geselecteerd element.



Figuur 7.8 Verlengen tot een denkbeeldige grens

### 7.3.3 LENGTHEN

Dit commando biedt de mogelijkheid op vier manieren de lengte van een element (lijn, boog of open polylijn) te veranderen.



Kies **Lengthen** in het uitrolmenu of klik op het **Lengthen** icoon:

**DElta/Percent/Total/DYnamic/<select object>**: wordt een lijn geselecteerd dan wordt de lengte gegeven:

**Current length:** ...

Bij selectie van een boog: **Current length ..., included angle:** ...

1 Verlengen of verkorten van een element met een bepaalde lengte:

**DElta/Percent/Total/DYnamic/<select object>**: **DE**

**Angle/<Enter delta length(0.0)>**: geef nu de gewenste verlenging

**<Select object to change>/Undo**: wijs de lijn aan aan de zijde waar de verlenging moet komen.

2 Verlengen of verkorten met een percentage van de bestaande lengte:

**DElta/Percent/Total/DYnamic/<select object>**: **P**

**Enter percent length <100.0>**: geef hier het gewenste percentage waarmee de lijn moet worden verlengd. Een getal <100> verkort de lijn.



3 Verlengen of verkorten tot een gewenste totaallengte:

**DElta/Percent/Total/DYnamic/ <select object> : I**

**Angle/ <enter total length (...)> :** geef de gewenste totaalmaat

**<Select object to change>/Undo:**

4 Dynamisch verlengen of verkorten door 'dragging' met de cursor:

**DElta/Percent/Total/DYnamic/ <select object> : DY**

**Specify new end point.**

**<Select object to change>/Undo:** kies een punt op het element in de buurt van het te verlengen of te verkorten eindpunt en beweeg met de kruisdraad tot de gewenste lengte is bereikt.

## 7.4 Afrondingen en afschuiningen

### 7.4.1 FILLET:

Hiermee kunnen afrondingen worden getekend tussen twee lijnen, tussen twee cirkels (bogen) of tussen een lijn en een cirkel, een polylijn, etc. (figuur 7.9). De overblijvende delen van de elementen kunnen automatisch verwijderd worden als de juiste instellingen gekozen worden (zie figuur 7.10).

Kies in **Fillet** in het uitrolmenu of klik op de fillet icoon:



**(TRIM mode) Current fillet radius = 0.0**

**Polyline/Radius/Trim/ <Select first object> : R**

**Enter fillet radius <0.0> :** voer de gewenste afrondingsstraal b.v. 5 in.

Bij herhaling van het 'fillet' commando wordt de reeds eerder ingevoerde straal gebruikt, totdat een nieuwe waarde wordt ingevoerd.

Door <↵> wordt het commando herhaald en kunnen de twee elementen waar tussen de afronding moet komen geselecteerd worden.

**(TRIM mode) Current fillet radius = 5.0**

**Polyline/Radius/Trim/ <Select first object> :** wijs een element aan

**Select second point:** wijs het tweede element aan, de afronding wordt getekend.

Wordt een polylijn geselecteerd dan krijgen alle hoekpunten dezelfde straal.

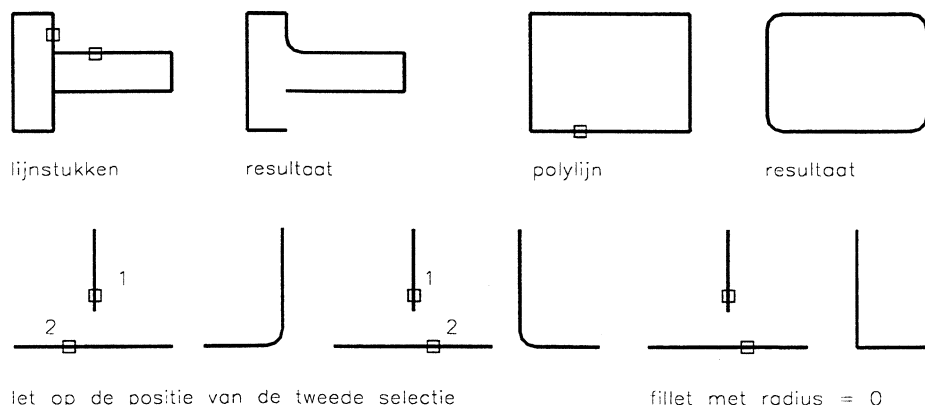
**Polyline/Radius/Trim/ <Select first object> : P**

**Select 2D polyline:** selecteer de polylijn

**.. lines were filleted** gegeven wordt uit hoeveel elementen de polylijn bestaat.

LET OP

Wijs steeds de punten zo dicht mogelijk bij het snijpunt aan, meestal wordt dan automatisch het gewenste resultaat bereikt.



Figuur 7.9 Gebruik van het FILLET-commando

OPMERKING

Twee lijnen die **niet op elkaar aansluiten** kunnen met 'fillet' (radius 0) worden aangesloten (zie figuur 7.9).

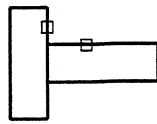
Soms kan het handig zijn als de lijnen niet door de afronding afgebroken worden:

**Polyline/Radius/Trim/**<Select first object>: T(rim)

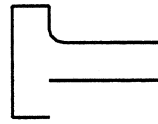
**Trim/No trim** <Trim>: N

**Polyline/Radius/Trim/**<Select first object>:

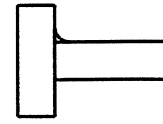
**Select second point:**



lijnstukken



resultaat met 'trim'



resultaat met 'no trim'

Figuur 7.10 Gebruik van het FILLET-commando met TRIM optie

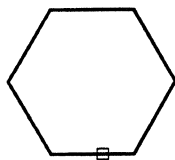
#### 7.4.2 CHAMFER:

Dit commando maakt het mogelijk om afschuiningen tussen twee lijnen aan te brengen.

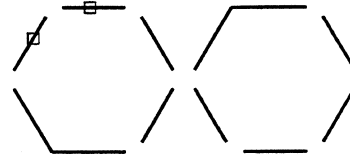
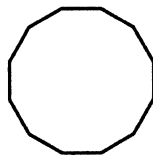
Kies **Chamfer** in het uitrolmenu of klik op het **chamfer** icoon:



1 De lijnen worden verlengd tot ze elkaar snijden, daarna wordt de eerste aangewezen lijn verkort met de eerste afstand en de tweede lijn met de tweede afstand (figuur 7.11). Dan worden deze beide uiteinden verbonden door een rechte lijn.



polylijn: afstand 1 = afstand 2



losse elementen: afstand = 0

Figuur 7.11 Gebruik van het CHAMFER-commando

**(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0, Dist2 = 0.0**

**Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/**<Select first line>: D

**Enter first chamfer distance <0.0>**: geef de rechte lengte van de afschuining, bv 3

**Enter second chamfer distance <3.0>**: default is de waarde voor de eerste afstand, een andere waarde invullen kan ook. Standaard wordt dus een symmetrische afschuining verkregen.

<↵> herhaalt het commando, wijs nu de elementen aan.

2 De lijnen worden verlengd tot ze elkaar snijden, daarna wordt de eerste lijn verkort met een afstand, de afschuining wordt daarna onder de ingegeven hoek met de eerste lijn gemaakt.

**(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 2.0, Dist2 = 4.0**

**Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/**<Select first line>: m

**Distance/Angle** <Distance>: a

**Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/**<Select first line>: a

**Enter chamfer length on the first line <0.0>**: geef de afstand

**Enter chamfer angle from the first line <0.0>**: geef de hoek op

<↵> herhaalt het commando, wijs nu de elementen aan.

**(TRIM mode) Current chamfer Length = 3.0, Angle = 25.0**

**Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/**<Select first line>:

**Select second line:**

Afschuinen van polylijnen: **Polyline/Distance/**<Select first line>: P; alle hoeken krijgen dezelfde afschuining.

Met: **Trim/No trim** kan ook hier ingesteld worden of de elementen afgesneden worden door de afschuining (zoals bij fillet beschreven is)


OPMERKING: ook met het CHAMFER: commando kunnen lijnen die niet op elkaar aansluiten met dist = 0 aangesloten worden.

LET OP Bij 'fillet' en 'chamfer' kan het selecteren met **w(window)** aanleiding tot fouten geven. Zijn er meer dan twee elementen in het 'window' dan wordt gewoonlijk voor die twee elementen gekozen, die het laatst zijn getekend.

## 7.5 Aard of eigenschap van een element wijzigen

### 7.5.1 EXPLODE:

Deelt een 'blok' (zie hoofdstuk 10), arcering of een polylijn in afzonderlijke elementen. Dit is nodig om bewerkingen op die elementen te kunnen doen, zoals verlengen, afsnijden, verwijderen, etc.

Kies **Explode** in het uitrolmenu of klik op het **explode** icoon: 

**Select objects: 1 found** als een element is gevonden, het gehele blok licht op als teken dat het is geselecteerd.

**Select objects:** <↵>

LET OP Gebruik NOOIT explode om bemating te kunnen wijzigen, de bemating verdwijnt dan van je scherm.

### 7.5.2 LAYER EXPLODE:

Bij de faculteit Industrieel Ontwerpen gebruiken we de zogenaamde **associatieve bemating**.

Dit is bemating die automatisch wordt aangepast als het bijbehorende object wordt gewijzigd. Een nadeel is dat de aanhaal- en maatlijnen, de maatpijlen en maatteksten één geheel vormen (block).

Soms is het nodig de bemating die AutoCAD genereert aan te passen aan onze tekenconventies, klik op **Layer Explode** in het **Modify** uitrolmenu of klik

op het **Layer explode** icoon: 

Bij gebruik van het gewone commando **Explode** uit het Modify menu verdwijnt de aangeklikte bemating (deze wordt op laag 0 geplaatst).

**Layer Explode** voorkomt dit door de aangeklikte objecten terug te plaatsen op de laag waarin ze zijn getekend.

### 7.5.3 CHANGE:

Wijzigt aard en eigenschappen van bestaande elementen.

**Change \_**, geeft twee opties:

1 **Change point** wijzigt punten

2 **Properties** wijzigt eigenschappen van elementen.

ad 1 Als een element is geselecteerd kan een punt worden ingevoerd, dit punt wordt beschouwd als het 'wijzigingspunt' (WP), het wordt gebruikt om bepaalde kenmerken te wijzigen.

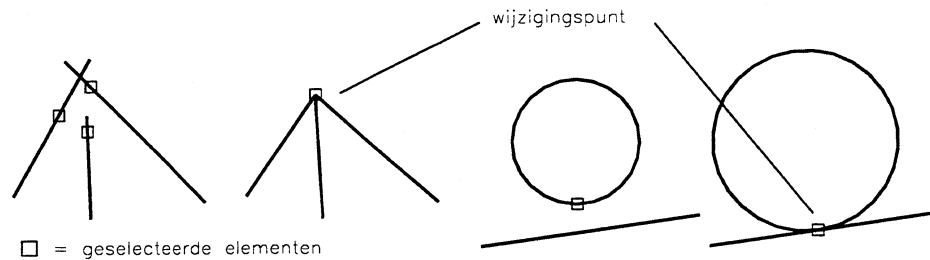
Lijn: het eindpunt van een lijn dat zich het dichtst bij het WP bevindt wordt verplaatst naar het WP. Als Ortho aan staat komt de lijn altijd horizontaal of verticaal.

Cirkel: de radius wordt gewijzigd, zodat de cirkel door het opgegeven WP gaat.

Tekst: Het WP wordt het basispunt van de tekst. Wordt geen WP ingevoerd maar <↵>, dan wordt de tekst niet verplaatst maar kan achtereenvolgens de stijl, hoogte, rotatiehoek en de tekst zelf worden gewijzigd.

Klik op **Points**: er verschijnt **Select objects**:, wijs de te wijzigen elementen aan, bijvoorbeeld enkele lijnen die elkaar moeten snijden (figuur 7.12)  
**Select objects: 1 found** wijs andere elementen aan, etc., geef na de selectie van de gewenste elementen <↵> er komt:  
**Properties/<Change point>** : wijs het punt aan (met OSNAP-optie) waarnaar de dichtsbijliggende punten van de elementen moeten worden verplaatst.

Op deze wijze kan ook een cirkel worden aangesloten op een bepaald punt van een ander element.



Figuur 7.12 Wijzigen van lijnen en cirkels met CHANGE

ad 2 Bij elk element hoort een laag (layer), kleur (color), lijnsoort (ltype) en breedte (thickness van een 3D object). Moet één van deze kenmerken worden gewijzigd kies dan:

**Properties/<Change point> : P**  
**Change what property (Color/Elev/Layer/LType/Thickness) ?** na intikken van de hoofdletters van de gewenste eigenschap komt:  
**New 'property' <...>** : waarbij in plaats van property de gekozen optie staat, tussen < > staat de huidige waarde van de optie.

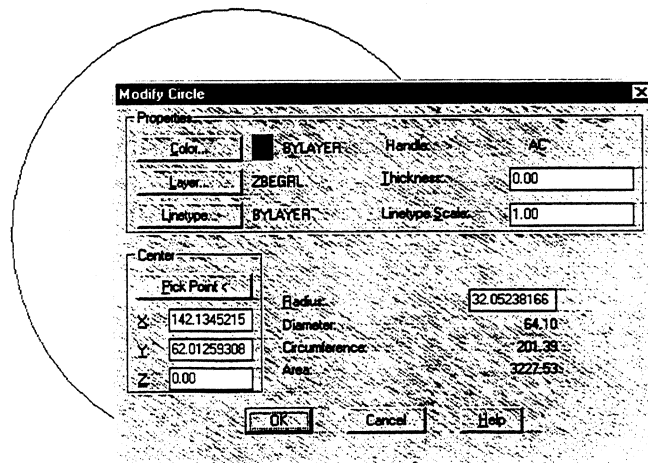
#### 7.5.4 MODIFY

Klik **Properties...** in het **Modify** uitrolmenu of klik op het **Properties** icoon:



**Select objects**: selecteer de objecten die gewijzigd moeten worden.  
 <↵>

Het dialoogvenster **Modify...** verschijnt, waarin de huidige instellingen van de kenmerken zijn vermeld en eventueel gewijzigd kunnen worden.



In dit venster kunnen van de geselecteerde cirkel o.a. de laag, de radius en de positie van het middelpunt worden gewijzigd. Het wijzigen van kleur en lijntype heeft geen zin; deze worden bepaald door de laag.

Figuur 7.13 Dialoogvenster voor Modify Circle

### 7.5.5 STRETCH:

Dit commando rekt een geselecteerd deel van de tekening uit.



Kies **Stretch** in het uitrolmenu of klik op het **stretch** icoon:

**Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon...**

**Select objects:** c

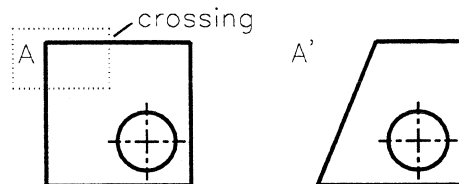
**First corner:** na aanwijzen van het eerste punt verschijnt de prompt:

**Other Corner: x found,** x geeft het aantal elementen wat geselecteerd is.

**Select objects:** <↵>

**Base point or displacement:** geef het referentiepunt aan,

**Second point of displacement:** geef het punt aan waar het nieuwe referentiepunt moet komen, dit kan door 'slepen' (dragging) of door de absolute of relatieve coördinaten in te voeren.



Figuur 7.14 Gebruik van het STRETCH-commando

### 7.5.6 OFFSET:

Zie hoofdstuk 5.9

## 7.6 Manipulatie methoden

### 7.6.1 Verplaatsen

**MOVE:**

Verplaatst één of meer bestaande elementen naar een andere positie in de tekening (figuur 7.15).

Kies **Move** in het uitrolmenu of klik op het move icoon:

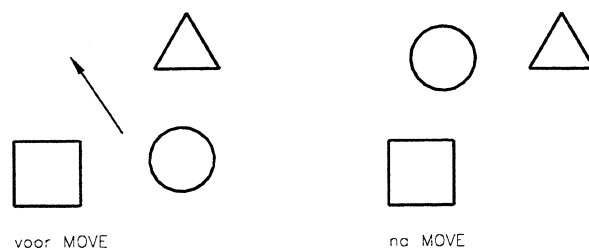


**Select objects:** kies elementen.

**Base point or displacement:** wijs een punt van het te verplaatsen element aan, of voer de absolute coördinaat van dat punt in.

**Second point of displacement:** voer een tweede punt in.

Dragging staat toe dat het element naar de gewenste positie wordt gesleept.



Figuur 7.15 Verplaatsen van een element met het MOVE-commando

Moeten elementen horizontaal of verticaal worden verplaatst, zet dan Ortho (F4) aan.

### 7.6.2 ROTATE:

Rotatie van een of meerdere elementen om een punt.



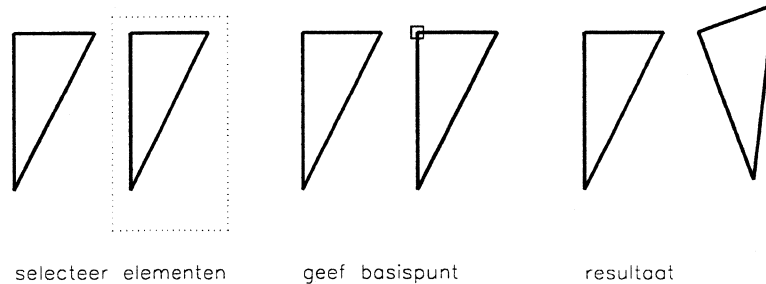
Kies **Rotate** in het uitrolmenu of klik op het **rotate** icoon:

#### Select objects:

**Base point:** geef het basispunt voor de rotatie aan (figuur 7.16).

**<Rotation angle>/Reference:** voer de hoek in, of geef **R** om met drag een referentiepunt te kunnen invoeren (bijvoorbeeld om verschillende standen van een draaiend voorwerp te bekijken).

**OPMERKING:** Denk aan de tekenrichting (zie figuur 5.4); een negatieve waarde wordt ook geaccepteerd.



Figuur 7.16 Roteren van een element (hoek 20°)

### 7.6.3 SCALE:

Het veranderen van de schaal van een element, vergroten of verkleinen (figuur 7.17).



Kies **Scale** in het uitrolmenu of klik op het **scale** icoon:

#### Select objects:

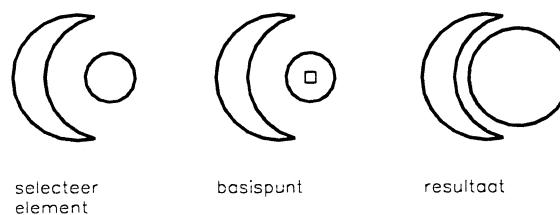
**Base point:** wijs het basispunt aan; ten opzichte van dit punt wordt het element vergroot of verkleind.

**<Scale factor>/Reference:** voer de schaalfactor in, deze moet altijd groter dan 0 zijn.

Als de **R** van Reference wordt ingetikt,

**Reference length <1>:** voer de oude lengte in of geef met de OSNAP-opties twee punten op.

**New length:** voer de nieuwe lengte in.



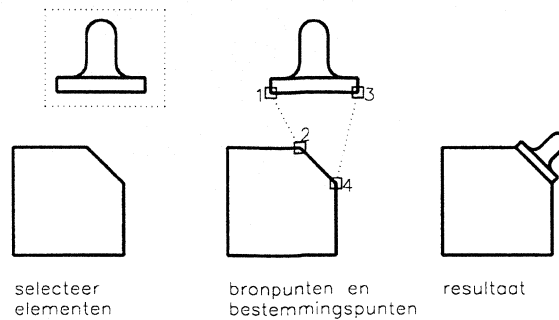
Figuur 7.17 Vergroten van een cirkel met een factor 2

### 7.6.4 ALIGN

Hiermee kunnen een aantal elementen in één keer verplaatst, geroteerd en verschaald worden.



Kies **Align** in het uitrolmenu of klik op het **align** icoon:



Figuur 7.18 Gebruik van het ALIGN commando

**Select objects:** selecteer bijvoorbeeld met window alle elementen, die ge-'align'-ed moeten worden

**Specify 1st source point:** wijs het eerste punt (1) aan op het element

**Specify 1st destination point:** wijs aan waar dit punt naar toe moet (2); wordt nu <↵> gegeven dan worden de elementen alleen verplaatst.

**Specify 2nd source point:** wijs het volgende punt (3) aan

**Specify 2nd destination point:** wijs aan waar punt 3 naar toe moet (4)

**Specify 3rd source point or <continue>:** <↵>

**Scale objects to alignment points? [Yes/No] <No>:** tik y in als de geselecteerde elementen verschaald moeten worden.

De elementen worden verplaatst, geroteerd en daarna verschaald. Het eerste bestemmingspunt (2) is het basispunt voor verschalen; de afstand tussen het eerste (1) en het tweede (3) bronpunt is de referentielengte. De afstand tussen de bestemmingspunten 2 en 4 wordt de nieuwe lengte.

Moeten de elementen niet verschaald worden geef dan <↵> na:

**Scale objects to alignment points? [Yes/No] <No>:**

De objecten worden dan alleen verplaatst en geroteerd.

## 7.7 Kopiëren

### 7.7.1 COPY:

Plaatst kopieën van het element op de gewenste positie(s).

Kies **Copy** in het uitrolmenu of klik op het **copy** icoon:



**Select objects:** kies elementen.

**<Base point or displacement>/Multiple:** Geef voor één kopie direct het basispunt aan; geef voor meerdere kopieën M.

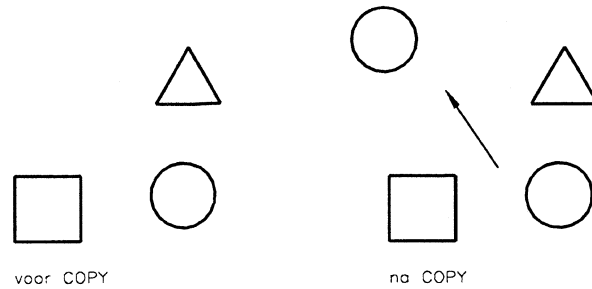
**Base point:** wijs een punt aan of voer de absolute coördinaat van dat punt in.

**Second point of displacement:** geef aan waar de kopie moet komen. Is gekozen voor **Multiple** dan wordt deze vraag herhaald totdat het commando wordt afgesloten met <↵> (figuur 7.19).

Zijn meerdere kopieën volgens een regelmatig patroon nodig gebruik dan het **ARRAY** commando (7.7.4).

Kopiëren via het klembord (clipboard): selecteer de elementen en kies **Copy** in het **EDIT** uitrolmenu of <CTRL+C>.

Daarna kan het element van het klembord met **Paste** in het **EDIT** uitrolmenu of met <CTRL+V> in de tekening worden geplaatst op een aan te wijzen positie.



Figuur 7.19 Kopiëren van een element met het COPY-commando

### 7.7.2 COPY ROTATE (zie figuur 7.20)

Dit is een combinatie van de commando's **COPY**: en **ROTATE**:

Één of meerdere elementen kunnen worden gekopieerd en geroteerd. Er is geen mogelijkheid om meermalen te kopiëren, wat bij **COPY**: wél mogelijk is.

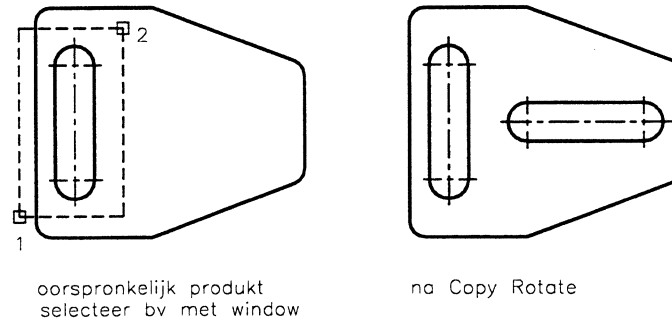
Klik **Copy Rotate** in het uitrolmenu of klok op het **Copy rotate** icoon: 

**Select objects**: wijs element(en) aan.

**Base point**: wijs een basispunt aan.

**Second point**: wijs het punt aan waar naartoe het basispunt moet worden verplaatst.

**Rotation angle**: geef de hoek op.



Figuur 7.20 Gebruik van Copy Rotate bij een stelplaat


LET OP

Dit is ook een door ons gemaakt commando; het werkt alleen met AutoCAD op de machines van de faculteit!

### 7.7.3 MIRROR:

Spiegelt één of meerdere elementen om een aangegeven lijn.

De 'mirror line' is de as waarom de elementen gespiegeld worden, deze as mag een hoek met de horizontaal maken (figuur 7.21).

Kies **Mirror** in het uitrolmenu of klik op het **mirror** icoon: 

**Select objects**: kies element(en)

**First point of mirror line**: voer het eerste punt in van de lijn waar om gespiegeld moet worden.

**Second point**: voer het tweede punt van deze lijn in.

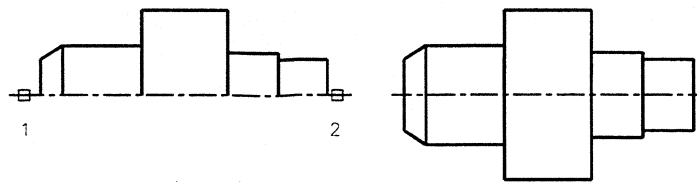
**Delete old objects?** <N>: <J> als het oorspronkelijke element moet blijven staan.

Bevat het te spiegelen deel van de tekening teksten dan worden deze ook gespiegeld; om dit te voorkomen moet de variabele **MIRRTXT** op 0 worden gesteld.

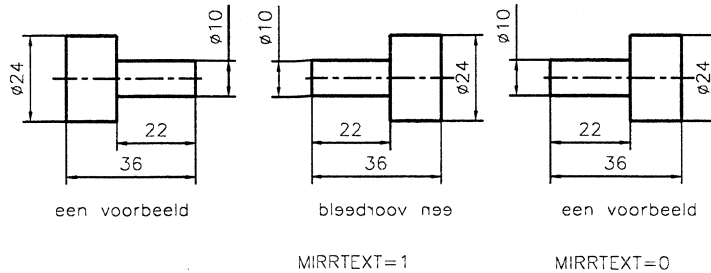
OPMERKING

Met **F4** (Ortho on) kan gemakkelijk horizontaal of verticaal worden gespiegeld.





punten van de 'mirror' lijn



Figuur 7.21 Spiegelen van een element met het MIRROR-commando (let op maatteksten)

**OPMERKING**

Mirrtext heeft geen invloed op het spiegelen van associatieve bemating .

**7.7.4 ARRAY:**

Met het ARRAY commando is het mogelijk een aantal kopieën van elementen te rangschikken in een regelmatig rechthoekig of cirkelvormig patroon.

Kies **Array** in het uitrolmenu of klik op het **array** icoon:



**Rechthoekig patroon:**

**Select objects:** kies één of meerdere elementen.

**Rectangular/Polar array (R/P):**

De werking van het commando hangt af van het patroon. Bij keuze van: Rectangular of **R** wordt gevraagd om het aantal (horizontale) rijen op te geven en het aantal (verticale) kolommen:

**Number of rows (---) <1> :**

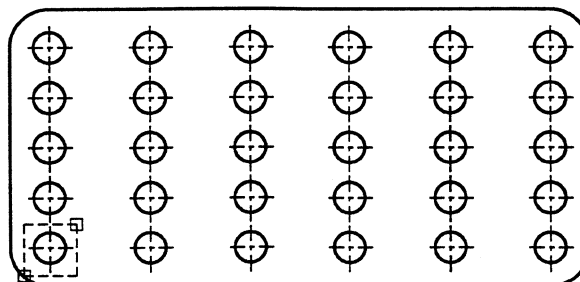
**Number of columns (|||) <1> :**

Alleen gehele getallen mogen worden ingevuld, waarbij slechts één van beide de waarde 1 mag hebben.

**Unit cell or distance between rows (---):** geef hier de verticale afstand tussen de rijen.

**Distance between columns (|||):** geef de afstand aan tussen de kolommen.

Het geselecteerde element wordt in een rechthoekig patroon geplaatst, waarbij het originele element rechtsonder staat.

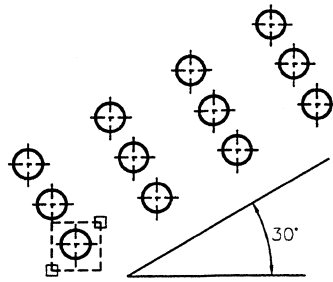


selecteer  
origineel

rows = 5  
afstand 6,5

columns = 6  
afstand 13

Figuur 7.22 Gebruik van het ARRAY-commando



selecteer origineel      hoek voor rotatie  
SNAPANG = 30

Figuur 7.23 Het array met snap rotate

Bij negatieve waarden worden de rijen naar onder en de kolommen naar links geplaatst.

Schuin patroon:

Hiervoor moet de SNAP ROTATION ANGLE ingesteld worden, het gehele 'array' wordt dan verdraaid (figuur 7.23), de elementen worden evenwijdig aan de kruisdraden getekend.

Voor het instellen van de snap rotate: zie 5.11.

Rond array:

Is de keuze Polar of P dan wordt gevraagd:

**Base/ <Specify center point of array > :**

geef het middelpunt waar om de array wordt geroteerd.

Het middelpunt voor de 'array' kan een basispunt zijn of het middelpunt van een cirkel of boog.

Wordt een 'block' gebruikt dan zal dit 'block' eerst met INSERT in de tekening geplaatst moeten worden. Het 'insertion base point' van het 'block' wordt gebruikt als 'insertion point' voor de 'array'.

**Number of items:** geef het gewenste aantal, inclusief het origineel.

Worden meerdere elementen gekozen, dan geldt het geheel als één item.

Wordt <↵> gegeven dan moeten beide volgende vragen worden beantwoord.

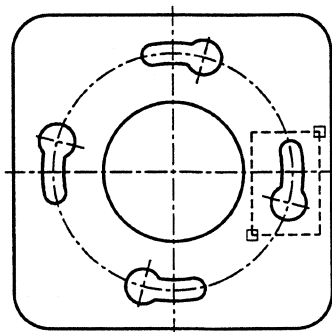
**Angle to fill (+ = ccw, - = cw) <360 > :** een positief getal laat het 'array' tegen de wijzers van de klok indraaien, een negatieve waarde draait het 'array' met de klok mee. Het 'array' wordt getekend (figuur 7.24).

Wordt hier in plaats van 360° echter 0 ingevuld, dan komt:

**Angle between items (+ = CCW, - = CW):** hier moet dan de hoek ingevuld worden.

De laatste vraag is:

**Rotate objects as they are copied? <Y> :, <↵>** sluit het commando af en tekent de 'array'.



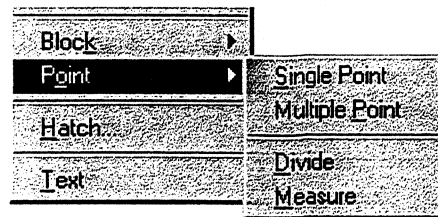
selecteer origineel

Figuur 7.24 Een polar array

## 7.8 Verdelen

### 7.8.1 DIVIDE:

Een getekend element in een aantal gelijke delen verdelen.

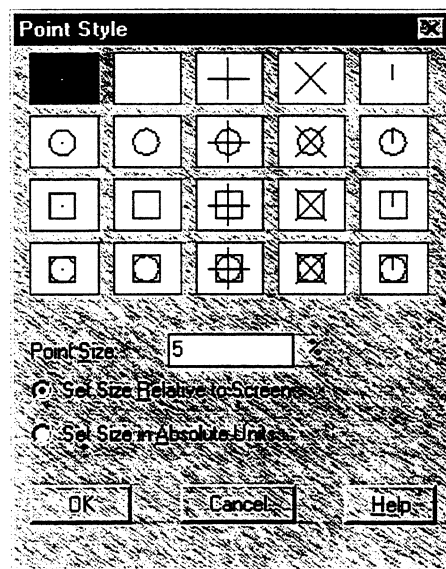


Figuur 7.25 Submenu voor Divide en Measure

Verdeelt een getekende lijn, polylijn, cirkel of boog in een aantal gelijke delen. Kies in het **DRAW** uitrolmenu **Point**>, en klik dan op **Divide**. **Select object to divide:** selecteer een lijn, polylijn, boog of circle met de 'pickbox'. Window, Last of Crossing is hier niet toegestaan. **<Number of segments>/Block:** twee of meerdere delen invoeren. Het element wordt niet gesplitst in afzonderlijke segmenten, maar 'Point' elementen worden op gelijke afstanden verdeeld over de lengte op het element geplaatst. Met de OSNAP-optie **NODE** kan aan deze punten worden gerefereerd.



Figuur 7.26 Een lijnstuk in vier gelijke stukken verdeeld



Het POINT-element wordt pas zichtbaar als de systeemvariabele PDMODE op een bepaalde waarde wordt gezet en regeneratie van de tekening volgt (zie figuur 7.26).

Kies daarvoor in het **FORMAT** uitrolmenu de optie **Point style** en klik in het pictogrammenmenu op het gewenste teken. De **Point Size** staat op de waarde van 5% ingesteld en is naar wens te veranderen. Tik om de points zichtbaar te maken: regen.

Figuur 7.27 dialoogvenster voor Point Style

Een aantal eerder aangemaakte 'blocks' kan op een in een aantal gelijke delen verdeeld element geplaatst worden (figuur 7.28).

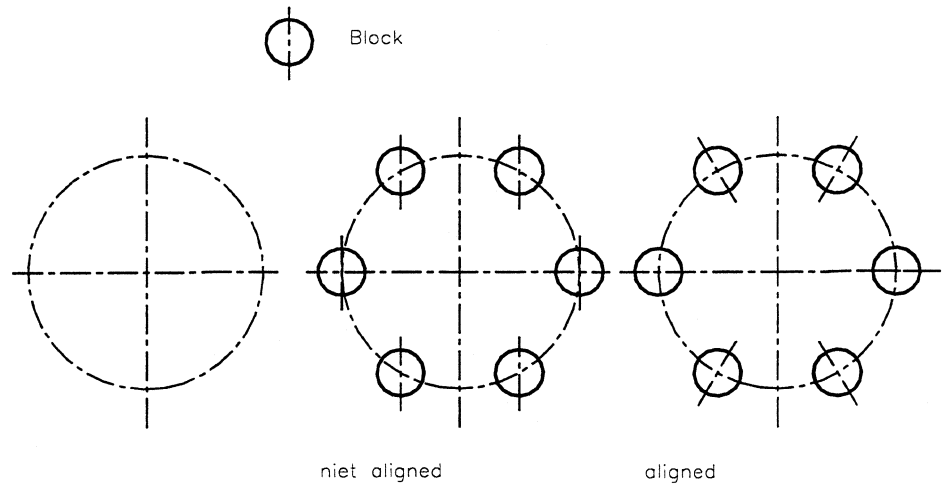
Geef nu in plaats van het aantal delen: block

**Select object to divide:** <Number of segments>/Block: B(lock)

**Block name to insert:** alleen als het 'block' binnen de tekening bestaat kan het gebruikt worden.

**Align block with object? <Y>:** <J> zorgt dat het blok tangentiëel aan het element geplaatst wordt (figuur 7.28).

**Number of segments:** na beantwoording worden de blokken geplaatst op de scheiding van de segmenten.



Figuur 7.28 Een blok (gat en hartlijn) verdeeld over een cirkel

LET OP

**Vóór het plotten moet de PDMODE op 1 worden gezet anders wordt het 'point' zichtbaar geplott, klik daarvoor in het 'lege' (tweede) pictogram en sluit af met OK**

#### 7.8.2 MEASURE:

Plaatst punten of blokken op vaste afstanden op een lijn, polylijn, cirkel of boog.

**Select object to measure:** selecteer het element

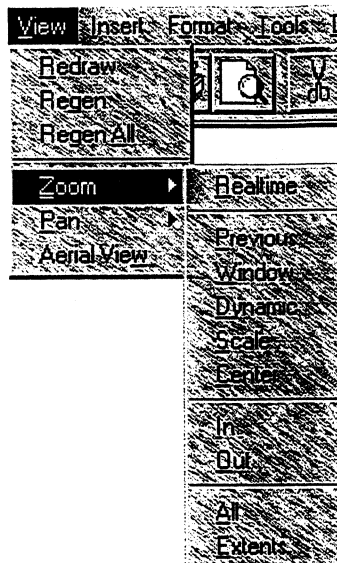
**<Segment length>/Block:** geef de onderlinge afstand tussen de punten aan.

Op het element worden op de gekozen afstand punten geplaatst.

Het overblijvende deel wordt aan het laatst getekend uiteinde geplaatst.

Op dezelfde wijze als boven bij divide beschreven kunnen ook 'blocks' op vaste intervals worden geplaatst.

# Beeldschermansturing



De commando's opgeroepen met het **VIEW** uitrolmenu (figuur 8.1) of het gebruik van de **view** iconen (zie figuur 8.2) geven de mogelijkheid om een deel van de tekening vergroot of getransleerd op het scherm te krijgen.

Neveneffect is dat de tekening ontdaan wordt van alle 'verontreinigingen', restanten van gewiste elementen en 'blips'. Dit laatste gaat ook automatisch bijvoorbeeld bij het aan- en uitzetten van het grid.

De meeste van deze opties werken transparant, ze kunnen tijdens het werken met een commando gegeven worden.

Figuur 8.1 Uitrolmenu Zoom



Figuur 8.2 View iconen

**Command:** `_line` From point:

**To point:** `'_zoom`

`>> All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale(X/XP)/Window/<Realtime> :`

`_w` (`>>` laat zien dat een ander commando actief is)

`>>First corner: >>Other corner:` Na het afsluiten van pan of zoom komt op de commandoregel:

**Resuming LINE command.**

**To point:** nu kan het commando worden vervolgd.

## 8.1 Transleren

PAN laat een getransleerd deel van de tekening zien, in dezelfde grootte.

Kies **Pan** in het **View** uitrolmenu en daarna **Realtime** of klik op het **pan** icoon:



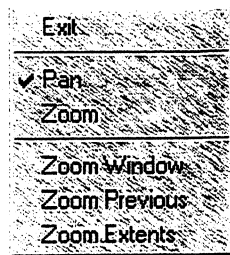
en op het scherm verschijnt een handje in plaats van de kruisdraad.

Door 'dragging' kan het gewenste deel van de tekening zichtbaar gemaakt worden.

Door de schuifbalken te gebruiken kan ook door de tekening worden bewogen, alleen verplaatsen de schuifbalken horizontaal of verticaal.

**Press Esc or Enter to exit, or right-click to activate pop-up menu.**

Om het commando af te sluiten moet op de **Esc** toets of op <↵> worden gedrukt; wordt <Imk> gebruikt dan verschijnt een cursormenu waaruit **Exit** gekozen wordt. Nu kan verder getekend worden. Moet echter het voorgaande beeld weer verschijnen, kies dan **Zoom previous**.



Figuur 8.3 Kruisdraadmenu voor het verlaten van Pan en Zoom

## 8.2 Vergroten of verkleinen

### 8.2.1 ZOOM

Dit commando kan een deel van de tekening vergroot of verkleind op het scherm afbeelden. Om het commando te versnellen worden cirkels en bogen met rechte lijnsegmenten getoond, op de uitvoer (plot) worden ze wel weer als cirkels en bogen weergegeven.

Er kan gekozen worden voor een aantal zoom opties:

#### 1 REAL TIME

Kies **Z**oom in het **V**iew uitrolmenu en daarna **R**ealtime of klik op het



**zoom realtime** icoon:

Op het tekenscherf verschijnt het beeld zoals op het icoon staat. Verplaats het vergrootglas met de muis naar het middelpunt van het deel waarop moet worden ingezoomd. Druk nu <Imk> en houd deze ingedrukt, verplaats de cursor en de tekening wordt vergroot. Is de gewenste vergroting bereikt handel dan zoals bij het afsluiten van pan is beschreven.

#### 2 ZOOM PREVIOUS

Kies **P**revious in het **Z**oom uitrolmenu of klik op het **zoom previous** icoon:



zonder verdere vragen wordt het voorgaande beeld weer getoond. Dit commando kan worden herhaald om voorgaande zooms weer ongedaan te maken.

#### 3 ZOOM WINDOW

Kies **W**indow in het uitrolmenu of klik op het **zoom window** icoon:

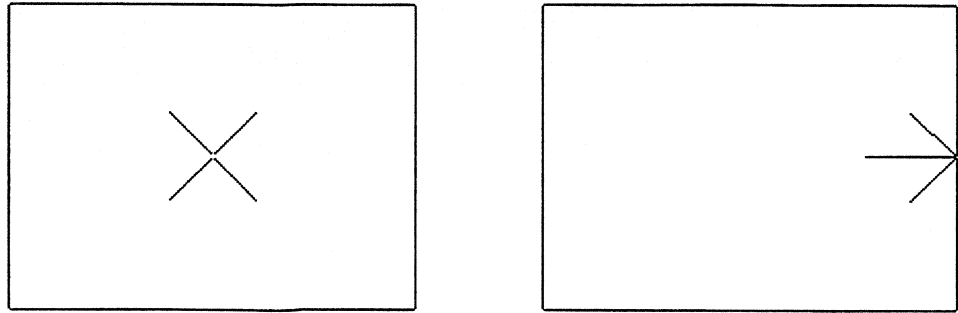


Klik in het scherm om het eerste punt van het venster aan te geven en beweeg de cursor naar het overliggende hoekpunt. Wordt dit aangeklikt dan wordt de gemaakte rechthoek beeldvullend.

#### 4 DYNAMIC ZOOM

Druk <Imk>: het kruis verdwijnt, er komt een pijl in het midden van de rechterzijde van de rechthoek.

Door de muis te bewegen kan de grootte van de rechthoek worden veranderd, geef <↵> als de gewenste elementen binnen de rechthoek liggen.



Figuur 8.4 Viewbox voor Dynamic Zoom

Een gestippelde groene rechthoek geeft de huidige beelduitsnede aan. De grootte van het gehele tekenveld (extends) worden aangegeven door een blauw gestippelde rechthoek.

Deze wijze van zoom werkt zeer snel en doordat de gehele tekening op het scherm staat blijft het overzicht behouden.

## 5 SCALE

Kies **S**cale in het uitrolmenu

Relatief tot de limieten van de tekening:

**Enter scale factor:** door hier een getal te kiezen wordt uitgaande van de limieten van de tekening de tekening met die factor vergroot of verkleind weergegeven.

Relatief tot de huidige weergave:

Door een x achter het getal te tikken wordt uitgaande van het midden van het zichtbare deel van de tekening met die factor vergroot of verkleind.

## 6 CENTER

Kies **C**enter

**Center point:** geef aan waar het middelpunt van de zoom moet liggen.

**Magnification or Height <..>:** geef een waarde gevolgd door x, bijvoorbeeld 3x dan wordt alles met een factor 3 vergroot weergegeven.

Wordt alleen een waarde gegeven, dan krijgt het vergrote deel de hoogte in tekeningeenheden, hier dus in mm.

## 7 IN en OUT

Versneld met een vaste factor van 2 vergroten (IN) of met een factor 0,5 verkleinen (OUT)

## 8 ALL

Geeft de gehele tekening weer (de limits), is er echter buiten de limieten getekend dan wordt alles wat getekend is weergegeven (de extends).

Wordt de tekening hierdoor ineens erg klein dan is een element buiten het kader van het tekenvel terecht gekomen. Spoor dit element op, verwijder het en geef, om de tekening weer beeldvullend te maken **Zoom All**.

## 9 EXTENTS


Laat alleen dat deel van de tekening zien, dat begrensd wordt door de uiterste zijden van de getekende elementen.

LET OP

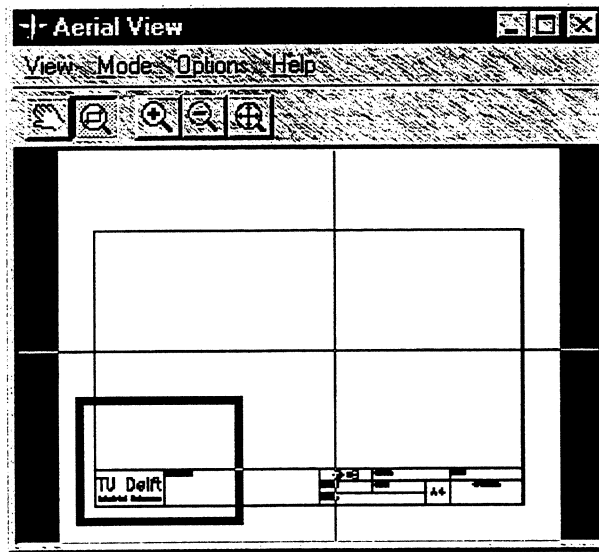
**Zoom Extents is geen transparant commando**

### 8.2.2 Aerial View

Bij het werken met een complexe tekening is het nodig om vaak heen en weer te schakelen tussen de verschillende aanzichten. Aerial view geeft een overzicht van de gehele tekening in een apart venster (figuur 8.5); zonder menu's of iconen te gebruiken kan nu door de gehele tekening worden 'gezoomd' en 'gepand'.

Dit venster kan worden opgeroepen door het kiezen van **Aerial View** in het uitrolmenu **View** of door klikken op het **aerial view** icoon: 

Door de cursor in de bovenste balk van het venster te plaatsen, kan dit met ingedrukte <Imk> naar een geschikte positie in de tekening worden verslept.



Figuur 8.5 Aerial View venster

Een dikke zwarte rechthoek laat zien welk deel van tekening vergroot is weergegeven op het tekenveld. Door in dit venster op het **pan** icoon te klikken kan de rechthoek op een ander deel van de tekening worden geplaatst.

Is het icoon met het **zoom window** icoon actief, dan kan met ingedrukte <LMK> een rechthoek gemaakt worden. Na loslaten van <Imk> wordt het deel omsloten door de rechthoek direct vergroot weergegeven.

### 8.3 Tekenveld schoonmaken

Met **REDRAW**: kan het tekenveld worden schoongemaakt, ook tijdens de uitvoering van andere commando's (transparant).

Door <ESC> in te drukken kan een redraw op elk gewenst moment worden onderbroken.

NOOT

Bovenstaand commando kan verkort worden gekozen door het intikken van **r**



# Lijnsoorten

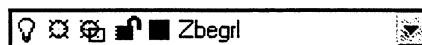
In het dictaat TPI 1 2D en de NEN-bundels 1 en 16 worden de lijnsoorten behandeld.

Alle lijnsoorten bij AutoCAD voor ide141 zijn gekoppeld aan een laag.

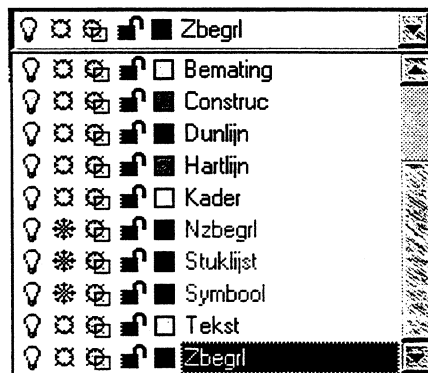
## 9.1 Uitrolmenu Layers

Alle getekende elementen worden in de laag geplaatst die op het moment van invoer actief (current) is. Lagen kunnen zichtbaar (on) of onzichtbaar (off) zijn; alleen de zichtbare lagen worden afgebeeld op het scherm en op de uitvoer (plot).

Klik op het driehoekje bij **Layer Control** (figuur 9.1) en een uitrolmenu (figuur 9.2) verschijnt. Kies hierin de gewenste laag door op de naam van de laag te klikken.



Figuur 9.1 Layer control



Figuur 9.2 Uitrolmenu Layer

Het lampje geeft aan of een laag aan (lampje brandt) of uit (lampje is grijs) staat.

Hieronder staan de benamingen en de toepassingen van de lagen zoals bij het TPI 1 2D-practikum worden toegepast:

### ARCERING

dunne ononderbroken lijn: arceringen.

### BEMATING

dunne lijn voor maataanduiding: maatlijnen, hulplijnen, aanhaallijnen, pijlen en maatbeschrijving.

### CONSTRUC

dunne gemengde streeplijn met dubbele onderbreking: constructielijnen.

### DUNLIJN

dunne ononderbroken lijn: denkbeeldige snijlijnen, begrenzingslijnen van gekantelde doorsneden en vouw- of zetlijnen.

### HARTLIJN

dunne gemengde streeplijn: hartlijnen, symmetrielijnen en banen van bewegende punten.

#### KADER

de laag waarin het kader en de rechteronderhoek is geplaatst.

#### NZBEGRL

dunne streeplijn: niet-zichtbare begrenzingslijnen.

#### STUKLIJST

De laag waarin de stuklijst en stuknummers worden geplaatst.

#### SYMBOOL

hierin worden tekens voor ruwheidswaarden en vorm- en plaatstoleranties geplaatst.

#### TEKST

voor materiaalaanduidingen, verwijzingen en opmerkingen.

#### ZBEGRL

dikke lijn: zichtbare begrenzingslijnen.

De lagen STUKLIJST en SYMBOOL worden automatisch actief als de bijbehorende commando's worden gekozen, na uitvoering van het commando worden de oorspronkelijke laag weer de actieve laag.

In het uitrolmenu **Layer Control** kunnen de lagen geselecteerd worden.

Selecteer de laag door op de laagnaam te klikken, deze naam blijft zichtbaar boven de tekening staan. De elementen in de tekening krijgen de kleur zoals in het vierkantje voor de naam van de laag aangegeven wordt.

Zijn elementen in een verkeerde laag (= lijnsoort) getekend dan kan met het CHANGE-(zie 7.5.3) of MODIFY-commando (7.5.4) van laag worden gewisseld.

Zijn de onderbroken lijnsoorten (niet-zichtbare begrenzingslijn en hartlijn) zeer kort dan worden ze afgebeeld als ononderbroken dunne lijn!

## 9.2 FREEZE en THAW

Bevriezen en ontdooien (freeze/thaw) zijn extra eigenschappen van lagen. Alleen in niet-bevroren lagen kunnen elementen worden getekend. Het bevriezen van een laag schakelt de laag uit; het bevriezen van onnodige lagen levert bij regeneratie en zoom tijdsbesparing op.

LET OP

**Een laag bevriezen kan alleen als deze laag niet actief is (in het Layer control venster moet dan een andere laagnaam staan).**

Rol het Layer control venster uit en klik op het gele zonnetje, dit verandert in een blauwe ijskristal; de laag is bevroren. Alle elementen in bevroren lagen worden niet getoond op het scherm en ook niet geplot.

Klik voor het ontdooien van de laag op de ijskristal en de laag wordt weer zichtbaar.

## 9.3 Constructielijnen

Constructielijnen zijn een krachtig hulpmiddel om snel een tekening op te zetten, waarover later met de gewenste lijnsoort onderdelen getekend kunnen worden.

Vanuit een getekend aanzicht kunnen projectielijnen worden getrokken om een ander aanzicht te voltooien (fig. 9.3).

Constructielijnen worden niet vermeld in de NEN-bundel.

Kies eerst **CONSTRUC** als actieve laag.

Kies dan in het **Draw** uitrolmenu **Construction Line** of klik op het **construction line** icoon:

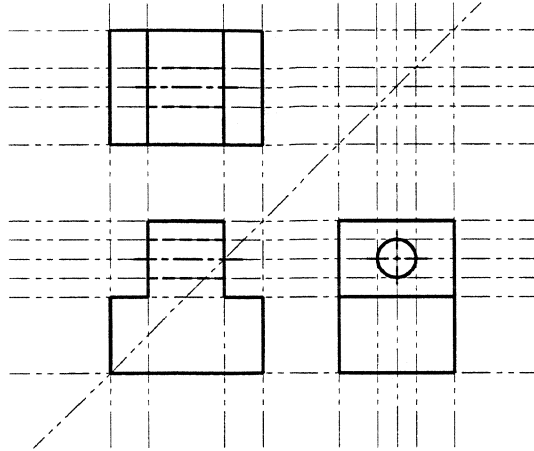


**Command:** `_xline Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset/<From point>`: voer een H in voor horizontale of een V voor verticale constructielijnen.

**Through point:** wijs met een OSNAP optie het punt aan waar de constructielijn door moet gaan.

**Through point:** dit kan herhaald worden tot met `<↵>` wordt afgesloten.

De constructielijnen lopen oneindig door (in figuur 9.3 zijn ze echter eindig getekend).



Figuur 9.3 Gebruik van constructielijnen

De verschillende opties zijn:

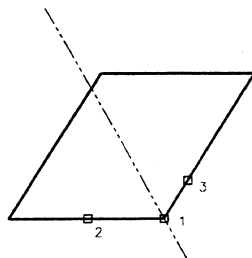
**Hor** Horizontale constructielijnen

**Ver** Verticale constructie lijnen

**Ang** Lijnen onder een hoek met de keuze:

**Reference/<Enter angle (0.0)>**: voer direct een waarde voor de hoek in, of gebruik reference. Wijs in dat geval twee punten aan waar de constructielijn door moet lopen.

**Bisect** Deze optie geeft de bissectrice tussen twee lijnen; geef de gevraagde punten in de volgorde zoals in figuur 9.4 getoond.



Figuur 9.4 Volgorde van de punten voor een bissectrice

**Offset** Plaatst een lijn evenwijdig aan een geselecteerde lijn:  
**Offset distance or Through <15.0>**: geef hier de afstand aan waarop de lijn van de gekozen lijn moet staan.

**Select a line object:** selecteer de lijn

**Side to offset?** wijs de richting aan waar de 'offset' constructielijn moet komen.

**From point** Natuurlijk is ook mogelijk op de gebruikelijke wijze lijnen te tekenen door het aanwijzen van begin- en eindpunt.

### 9.3.1 Naar de achtergrond drukken van elementen

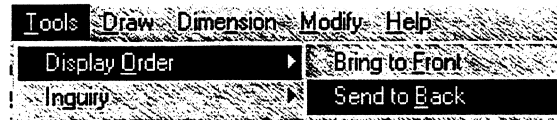
Als er lijnen, bogen of cirkels getekend worden verdwijnen de eerder getekende elementen onder de later getekende.

Vooraf bij het gebruik van constructielijnen kan dit veel verwarring geven. AutoCAD selecteert meestal de bovenste (=laatst getekende) lijn.

Om problemen te voorkomen bij bewerkingen zoals TRIM, EXTEND en andere MODIFY commando's kunnen de volgende oplossingen geboden worden.

1 Wordt de tekening onoverzichtelijk door het gebruik van constructielijnen of rays, bevries dan alle lagen behalve **CONSTRUC**, zodat alleen de constructielijnen nog zichtbaar zijn.

Kies **Display Order** in het **Tools** uitrolmenu, daarna **Send to Back**:  
Tik na **Select objects: all**, en ontdooi alle lagen.

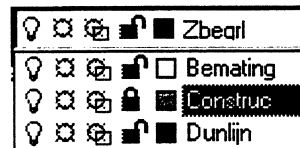


Figuur 9.5 Send to Back commando

Nu zijn alle constructielijnen naar de achtergrond verplaatst. Worden later meer constructielijnen getekend dan komen deze uiteraard weer bovenop te liggen en moeten de voorgaande handelingen herhaald worden.

2 Het niet-bewerkbaar maken van elementen (lock).

Klik op het hangslot voor de naam van de laag die 'gelocked' moet worden. Het resultaat is dat elementen in deze laag niet geselecteerd kunnen worden; de laag is wel actief te maken, er kan nog in deze laag getekend worden. Een niet-bewerkbare laag wordt wel geplot!



Figuur 9.6 Laag CONSTRUC niet bewerkbaar

LET OP

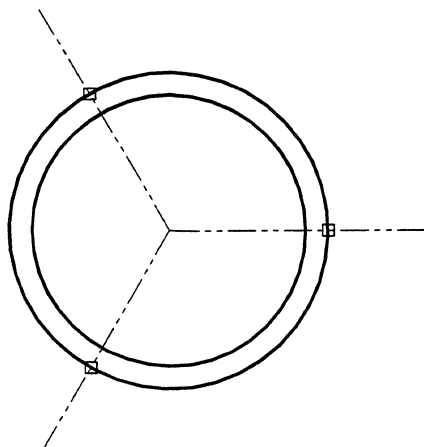
Vóór het plotten van een tekening moeten de constructielijnen in de tekening worden bevroren (zie 9.2) of verwijderd (erase).

## 9.4 Rays

Een ray heeft een beginpunt en loopt door tot in het oneindige. Het voordeel ten opzichte van constructielijnen is dat de tekening iets overzichtelijker blijft

Zorg dat de laag **CONSTRUC** de actieve laag is.

Kies **Ray** in het **DRAW** uitrolmenu en selecteer een beginpunt voor de ray, selecteer dan een punt waar de ray door moet gaan en herhaal dit zo vaak als nodig (figuur 9.7); <↵> sluit het commando af.



Figuur 9.6 Cirkel met drie 'Rays'

# Blokken

Een blok bestaat uit een aantal elementen die als één object zijn samengevoegd. Dit blok krijgt dan een bloknaam. Wordt een deel van een tekening als blok gedefinieerd, dan kan dit blok meermalen in dezelfde tekening worden geplaatst.

Met blokken is het mogelijk bibliotheken op te bouwen van norm- en standaarddelen. Deze onderdelen kunnen eenvoudig in een tekening geplaatst worden en dan eventueel gewijzigd worden.

1 gebruik BLOCK voor meermalig gebruik van een groep elementen binnen een tekening; dit kan met het commando **BMAKE**.

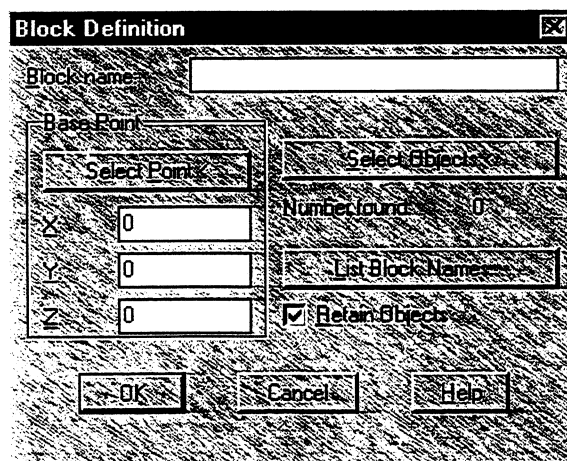
2 gebruik WBLOCK voor het verplaatsen van een groep elementen naar een andere tekening.

## 10.1 Aanmaken van een blok voor gebruik binnen een tekening

1 Klik op het **make block** icoon:



Er verschijnt een dialoogvenster (figuur 10.1), waarin de naam van de groep elementen moet worden ingevoerd.

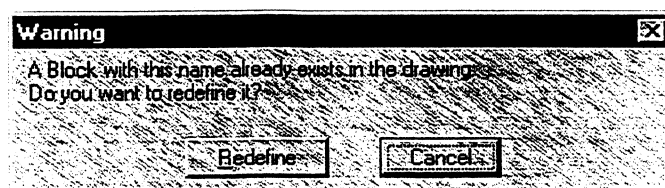


Figuur 10.1 Venster Block Definition

Klik vervolgens op de knop **Select Point** < en selecteer een handig punt als basispunt (insertion base point).

Klik dan op **Select Objects** < en selecteer alle elementen die in het blok moeten komen. Geef na de selectie <↵> en klik op **OK** of geef <↵>.

Bestaat de bloknaam reeds dan verschijnt een waarschuwing (figuur 10.2).



Figuur 10.2 Waarschuwing

Maak nu de gewenste keuze.

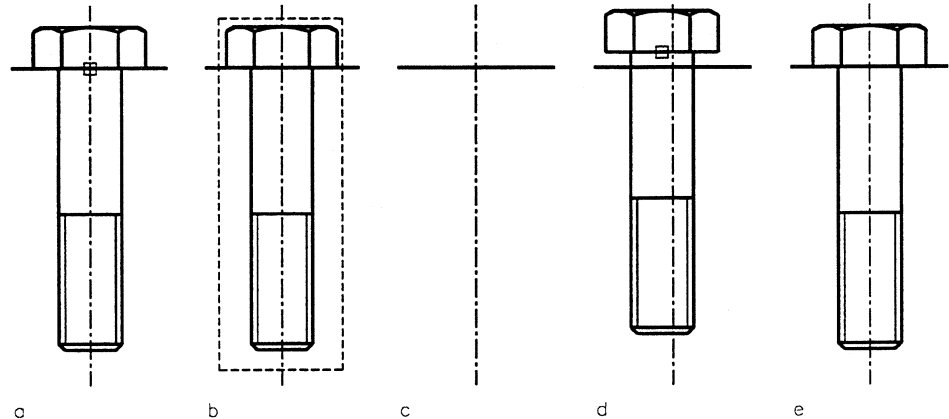
Na het afsluiten van het commando verdwijnen de gekozen elementen uit de tekening:

1 met **OOPS**: kan de afbeelding worden hersteld.

2 Klik in het afvinkvak **Retain Objects**, staat daar een vinkje in dan blijven de geselecteerde elementen in de tekening staan.

LET OP

Blokken gemaakt met het BMAKE commando worden opgeslagen in de tekening waarin het blok is gecreëerd; ze kunnen niet in andere tekeningen gebruikt worden.



- a. basispunt aanwijzen voor te maken blok
- b. window voor selectie van elementen voor het blok
- c. nieuwe positie voor het blok
- d. positie (insertion point) van opgeroepen blok
- e. kopie van het blok

Figuur 10.3. Gebruik van het BLOCK-commando in stappen

### 10.1.1 Gebruik van het klembord

Het verplaatsen van een deel van de tekening naar het klembord kan op twee manieren:

1 klik op het **Copy to Clipboard** icoon:



Het commando **\_copyclip** verschijnt en vraagt:

**Select objects**: selecteer de elementen en ze worden gekopieerd naar het klembord, terwijl de oorspronkelijke elementen in de tekening blijven staan.

2 <CTRL + C> indrukken en in de commandoregel verschijnt:

**Select objects**: selecteer deze.

Het terugroepen van elementen geplaatst op het klembord:

1 klik op op het **Paste from Clipboard** icoon:



**'\_pasteclip Insertion point**: de elementen verschijnen in de tekening, het insertion point is meestal de linkeronderhoek van de verzameling elementen.

**X scale factor <1> / Corner / XYZ**:

**Y scale factor (default = X)**:

**Rotation angle <0.0>**:

2 <CTRL + V>, geef het basispunt op, daarna de eventuele verschalingsfactor en een kopie staat in de tekening.

LET OP

Het gebruik van het klembord is alleen mogelijk binnen een inlogsessie, uitloggen wist alle gegevens van het klembord.

Moet het blok later nogmaals in de tekening gebruikt worden, dan moet met BMAKE een blok aangemaakt worden.

## 10.2 Aanmaken van een blok voor gebruik in een andere tekening

Een deel uit een tekening of een gehele tekening in een andere tekening plaatsen kan met het WBLOCK commando (**W**rite **B**LOCK to disk).

### 10.2.1 WBLOCK

Op de commandoregel moet wblock ingetikt worden.

Gebruik voor het selecteren van het deel 'window' om te voorkomen dat elementen die niet tot dat deel behoren worden meegenomen.

Het enige verschil met MAKE BLOCK is, dat WBLOCK het aangemaakte blok naar een file schrijft met de extensie .dwg.

**File name:** geef de naam van de te maken tekening

**Block name:** geef <J> of geef de naam van een reeds in de tekening gedefinieerd blok

**Insertion base point:** kies het basispunt.

**Select objects:** selecteer met b.v. w(indow) het onderdeel, of kies met behulp van de pick-box alle elementen van het onderdeel.

LET OP

Een WBLOCK wordt als een tekening opgeslagen; bestaat er in de directory al een tekening met dezelfde naam dan verschijnt een waarschuwing.

**A file with this name already exists.**

**Do you want to replace it? <N>**

door intikken van **Y(es)** of <J> kan worden vervolgd met de procedure.

### 10.2.2 Gebruik het klembord

Er wordt dan een kopie van de tekening gemaakt op het klembord. Dit kan dus alleen binnen een AutoCAD sessie, bij het uitloggen wordt het klembord gewist.

**ER WORDT GEEN TEKENINGFILE AANGEMAAKT IN DE WERKDIRECTORY!**

Kopieer geselecteerde elementen naar het klembord zoals bij 10.1.2 is beschreven.

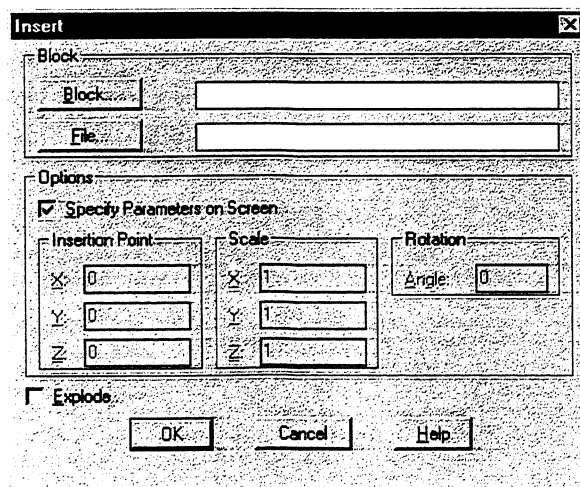
Sla de huidige tekening op en open een nieuwe tekening.

Roep dan de inhoud van het klembord terug zoals eerder beschreven.

## 10.3 Oproepen van blokken of uit een bibliotheek afkomstige objecten

### 10.3.1 Oproepen van aangemaakte blocks

Voor het oproepen van blokken wordt het INSERT-commando gebruikt: kies in het **Draw** uitrolmenu **Insert...**, het dialoogvenster **Insert** verschijnt.



figuur 10.4 Dialoogvenster Insert

Na drukken op de knop **Block...** verschijnt het subdialoogvenster **Defined Blocks**, alle aangemaakte blokken in deze tekening zijn hier vermeld. Door op een van de namen te klikken en daarna op **OK** komt deze naam in het invoervak te staan, het is natuurlijk ook mogelijk om zelf een naam in te tikken.

Geef nu bij **Options** aan hoe het blok moet worden ingelezen. Als in het aankruisvakje **Specify Parameters on Screen** een vink of kruis staat dan moeten de gegevens in de commandobalk worden ingevoerd. Door aanklikken van dit vakje zodat de vink verdwijnt, worden de invoervakken actief. Hier kunnen **Insertion Point**, **Scale** en **Rotation** worden ingevuld.

Moeten de parameters op het scherm worden ingevoerd dan volgt:

**Command: ddinsert**

**Insertion Point:** hier kan het punt waar het blok moet komen worden gedefinieerd. Dit kan door met de magneetmode een punt aan te wijzen, door een X- en een Y-coördinaat in te voeren of door met de kruisdraad een punt aan te wijzen.

**X scale factor <1> / Corner / XYZ:** bewegen van de kruisdraad geeft verscaling van het blok, geef daarom <↵>.

**Y scale factor (default=X):** <↵>

**Rotation angle <0>:** <↵>

Er wordt een kopie van het blok getekend, het 'base point' van het blok komt te liggen op het aangegeven 'insertion point'.

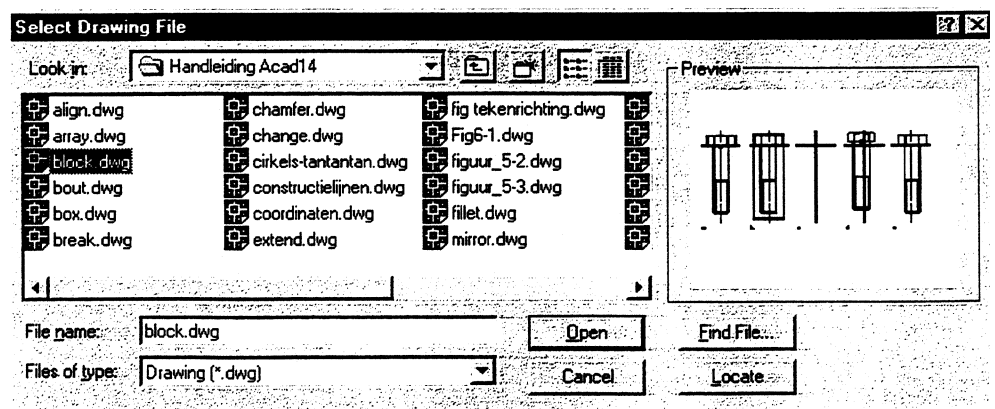
Wordt **INSERT** herhaald dan is de naam van het laatst teruggeroepen blok de 'default' naam.

Ook kan het vak **Explode** worden aangeklikt; zie 10.4 voor uitleg.

### 10.3.2 Oproepen van Wblocks en tekeningen in een tekening

Klik in het dialoogvenster **Insert** (figuur 10.4) op de knop **File...**, dan komt het **Select Drawing File** venster (figuur 10.5) naar voren, kies daaruit de naam van de tekening die als blok in de huidige tekening moet komen. Deze naam komt in het invoervak van het **Insert** venster te staan.

Na een klik op **OK** kunnen de parameters bij **Options** worden ingevuld, zoals hierboven beschreven.



Figuur 10.5 Dialoogvenster Select Drawing File

## 10.4 Bewerken van blokken

Moet het ingevoerde blok worden gewijzigd of is het nodig om een element van een (W)BLOCK te wijzigen dan moet het blok eerst worden bewerkt met **EXPLODE**: uit het **Edit** uitrol- of schermmenu (zie 7.5.1).

Ook van het klembord gekopieerde elementen moeten met explode behandeld worden, voordat ze gewijzigd kunnen worden.



TIPS

Vergroot of verklein met SCALE pas **nadat** het (W)Block met Explode is bewerkt.

Spiegel (mirror) ook pas **nadat** het (W)block met Explode is bewerkt.

LET OP

EXPLODE: op een (W)BLOCK werkt **alleen** maar als bij het plaatsen van een (W)BLOCK de X, Y en Z schaalfactoren dezelfde waarde hebben en als het blok niet is gespiegeld



# Bemating

In AutoCAD kan een groot aantal bematingsvariabelen (DIMVARS = dimensioning variables) worden ingesteld en vastgelegd. De standaard bematingshandelingen kunnen dan worden afgewerkt.

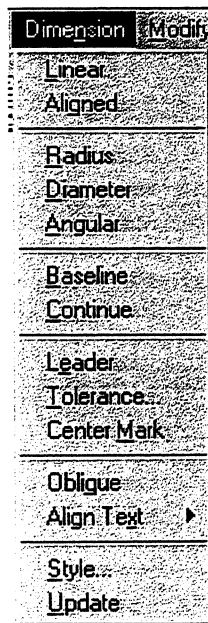
Aan de hand van een aantal voorbeelden zullen de mogelijkheden worden uitgelegd met vastgelegde en met aangepaste instelling van de variabelen.

LET OP

**Voordat met bemating wordt begonnen:**

1. Zorg dat de tekening gereed is op de arcering na en sla deze op.
2. Zet eerst de laag bemating aan.
3. Stel het grid in op 4 mm (zie 15.1) om de afstand van de maatlijnen te kunnen schatten.
4. Ga nu pas bematen.

Het gewone tekenwerk moet dus eerst gereed zijn voordat wordt begonnen met bemating.



## 11.1 Algemene bemating

### 11.1.1 Algemene vorm van bemating vanuit het uitrolmenu

Klik op **Dimensions** en het uitrolmenu verschijnt, kies hieruit de gewenste optie.

Een andere mogelijkheid is direct een bematingsicoon in de bematingwerkbalk (zie 11.1.2) te kiezen.

Algemene vorm van een bematingcommando:

1 **\_dimlinear** voor lineaire bemating

**First extension line origin or press ENTER to select:** geef <↓> ,

**Select object to dimension:** selecteer het element.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** wijs de positie van de bematingslijn aan.

**Dimension text = <...>** , tussen de haken staat de maat zoals in de tekening wordt gemeten.

### 2 **\_dimlinear**

**First extension line origin or press ENTER to select:** int of wijs het eerste punt van het te bematen element aan.

**Second extension line origin:** wijs het tweede punt aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):**

**Dimension text = <...>** .

### 11.1.2 Iconen voor bemating

Voor de algemene bematingsvormen kan ook op de volgende iconen in de bematingwerkbalk geklikt worden:



Linear Dimension: voor horizontale of verticale bemating; dit wordt automatisch bepaald door de positie van de kruisdraad.



Aligned Dimension: voor bemating evenwijdig (aligned) aan een element onder een hoek.



Radius Dimension: voor het bematen van een radius van een boog. Automatisch wordt de letter R voor de maat geplaatst.



Diameter Dimension: voor het bematen van de diameter van cirkels. Automatisch wordt het rond-symbool voor de maat geplaatst.



Angular Dimension: voor het bematen van een hoek tussen twee elementen of de hoek van een boog. Automatisch wordt het °-teken geplaatst.



Baseline Dimension: voor de tweede maat en volgende maten van een basislijnbemating.



Continue Dimension: voor de tweede maat van een aansluitbemating.



Leader: voor het plaatsen van een aanwijspijl met tekst.



Tolerance: voor het plaatsen van geometrische toleranties.



Referentie: voor het plaatsen van een referentie bij geometrische toleranties.



Center Mark: voor het plaatsen van een kruis in het middelpunt van een boog of een cirkel.

Voor het wijzigen van reeds geplaatste bemating zijn de volgende iconen:



Dimension Edit: voor het wijzigen van een bemating.



Dimension Text Edit: voor het wijzigen van de bematingstekst.



Dimension Style: voor het wijzigen van de bematingsvorm, aantal decimalen van de bematingstekst en aantal decimalen bij de maattoleranties.



Dimension Update: voor het wijzigen van bemating nadat de stijl gewijzigd is.

### 11.1.3 Algemene vorm van bemating met behulp van iconen.

Klik op het icoon voor lineaire bemating:



**First extension line origin or press ENTER to select:**

Kies nu uit de volgende twee mogelijkheden:

1. <↵> geeft de volgende vraag:

**Select object to dimension:** wijs het te bemaaten element aan met de pickbox. Het geselecteerde element wordt bemaat.

2. wijs het eerste punt voor de bemaating aan, gebruik hierbij **ALTIJD** de OSNAP-opties uit het muismenu, zoals bijvoorbeeld **Intersection**.

Het gebruik van OSNAP-opties zorgt ervoor dat de maathulplijn precies aansluit op het te bemaaten punt.

**Second extension line origin:** voer nu het tweede punt in, ook weer met een OSNAP-optie.

Zowel bij 1 als bij 2 komt dan de volgende prompt:

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):**,

wijs de plaats aan waar de maatlijn komt (zie hiervoor ook het hoofdstuk 4 Bemaating van een voorwerp in Diktaat 2D IDE 141).

Met behulp van de eerder instelde grid-maat van 4 mm kan nu gemakkelijk de afstand van circa 12, respectievelijk circa 8 mm geschat worden.

Geef <↵> en de maat wordt geplaatst met de maattekst zoals door

AutoCAD in de tekening opgemeten. Het is ook mogelijk zelf een andere waarde of één van de symbolen in te voeren, zie hiervoor de beschrijvingen bij de voorbeelden.

Moet de waarde aangepast worden tik dan: I: en voer de gewenste waarde in.

**Dimension text <...>:** <↵> geeft de waarde tussen de haken (default) als maattekst boven de maatlijn.

## 11.2 Maatinschrijvings-opties

De maatinschrijvings-opties zijn te verdelen in:

1. **Linear** bemaating (maat tussen twee punten), hiermee kunnen zowel horizontale als verticale maten worden gemaakt.

**Aligned** - maat evenwijdig aan een schuine lijn

**Rotated** - maat onder een hoek

**Baseline** - maat vanaf een basislijn

**Continue** - opeenvolgende maten (aansluitmaat)

2. Radiale bemaating (maat voor cirkels en bogen)

**Diameter** - middellijn van cirkels

**Radius** - maat van het middelpunt van een cirkel of boog tot aan de omtrek

**Centre Mark** - een kruis in het middelpunt van een cirkel of een boog

3. Overige bemaatingscommando's

**Angular** - maat van de scherpe of stompe hoek

**Leader** - pijlpunt met een lijn waarboven een maattekst is geschreven, bijvoorbeeld voor de bemaating van een afronding.

## 11.3 Instellingen voor bemaating

### 11.3.1 DIMVARS

Dimension System Variables geven vorm aan de wijze waarop een bemaating in de tekening wordt geplaatst.

Een belangrijke dimvar is **DIMASO**, staat de waarde ervan op 1, dan wordt de zogenaamde associatieve bemaating in de tekening geplaatst (zie 11.3.7).

Om het aantal aanzichten te beperken wordt bij het technisch tekenen gebruik gemaakt van symbolen.

Deze symbolen zijn:

- het rond-teken  $\emptyset$

- het vierkant-teken  $\square$

- het graden-teken  $^\circ$

- het plus-minus-teken  $\pm$

in AutoCAD: %%c

&

%%d

%%p



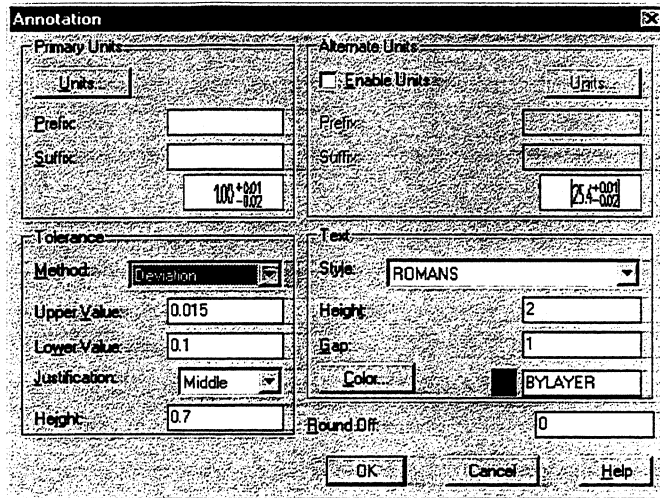
### 11.3.2 Instellingen voor het plaatsen van toleranties bij maten

Klik op **Style...** in het uitrolmenu **Dimension** of klik op het **Dimension Style**

icoon, kies daarna uit het venster de knop: **Annotation**

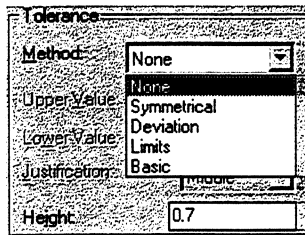


Nu verschijnt het venster waar onder andere de toleranties ingesteld kunnen worden:



instelvenster voor notaties

Kies de tolerantiesoort in het Tolerance vak door te klikken op het driehoekje achter **Method**:

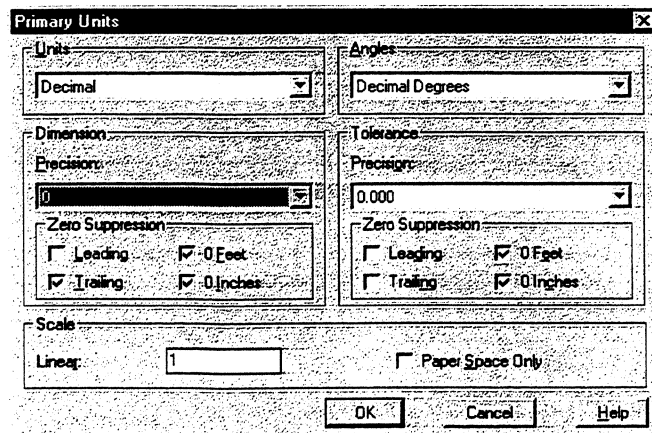


Nu kan een keuze gemaakt worden uit: geen tolerantie, een symmetrische of een a-symmetrische tolerantie (Deviation). Limits wordt bij het 2D practikum niet gebruikt. Basic alleen om absolute maten aan te geven. Standaard staat **None** ingesteld, plaats de maten met tolerantie als laatste maten of stel na de maten met toleranties de waarde weer op **None**.

Tolerantie soorten

Is de keuze gemaakt voor een symmetrische of a-symmetrische tolerantie dan kunnen in de vakken **Upper Value**: en **Lower Value**: de tolerantiewaarden ingevuld worden. De tolerantie voor de grootste grensmaat krijgt een + - teken (plus) en die voor de kleinste grensmaat een - teken (min). Wordt een tolerantie geeist met twee positieve of twee negatieve waarden dan moet de bemating met **Lexplode** uit elkaar worden gehaald, daarna moet de maattekst nog met **Explode** worden behandeld. Nu kan met **Modify Text** de gewenste - of + tekens worden ingevoerd.

### 11.3.3 Instelling van de decimale waarden



instelvenster voor units

De decimale waarden kunnen, zowel voor de maten als voor de toleranties apart worden ingesteld in het **Primary Units** venster. Klik op het driehoekje en kies uit de uitrollijst de waarde die van toepassing is.

#### 11.3.4 Instelling van de schaal voor de bemating

Moet een op schaal getekend voorwerp worden bemaat dan zullen alle maten met de schaalfactor moeten worden vermenigvuldigd. Door het instellen van de schaalfactor als bematingsvariabele kan een voorwerp toch van de juiste maten voor fabricage worden voorzien.

Dit kan met de Dimension Variable **DIMLFAC**; onderin het instelvenster voor units (zie afbeelding hiervoor) staat het vak **Scale**.

Vul achter **Linear**: de gewenste waarde in

Voorbeeld: Is het voorwerp met schaal 2 : 1 (tweemaal zo groot) getekend, dan moeten de maten (berekend door AutoCAD) gedeeld worden door twee: **dimlfac = 0.5**.

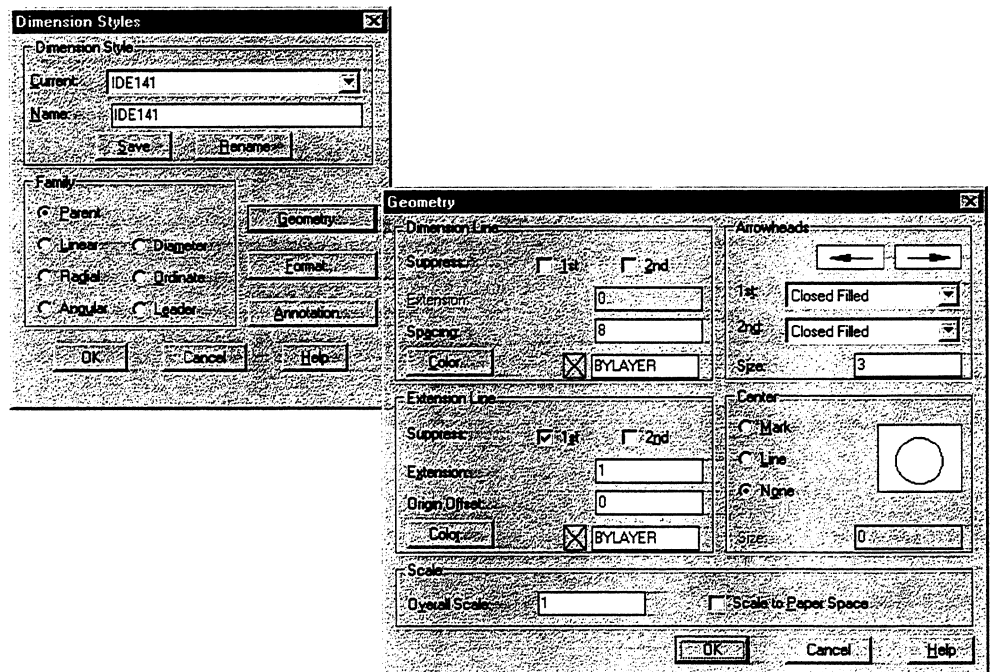
Is de schaal 1 : 5 (vijfmaal zo klein getekend), dan wordt **dimlfac = 5**.

#### 11.3.5 Weglaten van maathulplijnen

Klik op **Style...** in het uitrolmenu of op het **Dimension Style** icoon:

Het venster **Dimension Styles** verschijnt, klik op **Geometry** en klik in het veld **Extension Line** op het blanco vakje voor **Suppress: 1st**, zodat daar een vinkje staat (DIMSE1 = on). De eerste hulplijn wordt nu niet getekend totdat het vakje weer blanco gemaakt wordt (DIMSE1 = off).

Op dezelfde wijze kan de tweede maathulplijn worden onderdrukt.

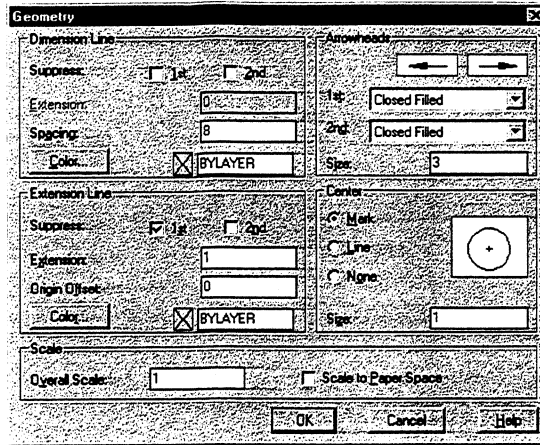


Instelvenster voor de vorm van de bemating

#### 11.3.6 Instelling voor markering van het middelpunt van cirkels en bogen

Doe dit door in het **Geometry** venster in het veld **Center: Mark** aan te klikken en in het invulvak **Size: 1** in te vullen.

Dit geeft een kruis (+) op het middelpunt van de radius (de waarde geeft de helft van de horizontale lijn aan, deze wordt evenals de verticale nu 2 mm lang).



Markeren middelpunt van cirkels

### 11.3.7 Wijzigen van bemating

De bemating gebruikt bij de oefeningen 2D is associatieve bemating. Dat wil zeggen dat de maatlijn, maattekst, pijlpunten en aanhaallijnen één geheel vormen ('block'). Voordeel hiervan is dat als een voorwerp met bijvoorbeeld het commando 'STRETCH' of scale wordt veranderd, de bemating automatisch wordt aangepast.

Een nadeel is dat maatteksten niet zomaar kunnen worden gewijzigd of verplaatst

Verplaatsen van maattekst met het **Dimension Text Edit** icoon:



**Command: \_dimtedit**

**Select dimension:** selecteer de bemating

**Enter text location (Left/Right/Home/Angle):**

Sleep met de muis de tekst naar de gewenste plaats, zet ORTHO aan voor horizontale of verticale verplaatsing (voorbeeld: maat 11.8-D). De maatlijn en de pijlpunten worden, indien nodig automatisch aangepast.

Blijkt dat door eventuele latere wijziging de oorspronkelijke situatie moet worden hersteld: kies dan **Home** en selecteer de verplaatste tekst.

Het kan in soms nodig zijn de maatlijn te verlengen; controleer of de laag BEMATING aan staat en teken met ORTHO aan en OSNAP-optie INT een lijn vanaf de pijlpunt tot het einde van de maattekst (voorbeeld: 11.8-D).

### 11.3.8 Wijzigen van maattekst

Hiervoor zijn een aantal mogelijkheden beschikbaar:

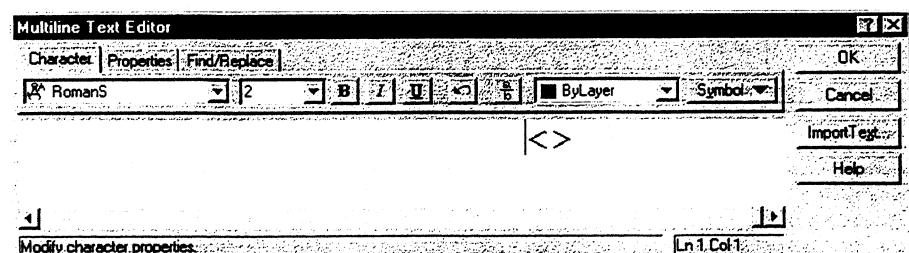
1. direct ingrijpen in de associatieve bemating:



Klik op **Text...** uit het **Modify** uitrolmenu of klik op het **Edit Text** icoon:

**Command: \_ddedit**

**<Select an annotation object> /Undo:** selecteer de maattekst en het **Multiline Text Editor** venster verschijnt.



Venster voor het wijzigen van tekst



In dit venster wordt de maattekst getoond als <>. De nieuwe maattekst kan hier worden ingevoerd; moet alleen een symbool voor de maattekst komen: %%c<>.

Een andere mogelijkheid:



Klik op het **Dimension Edit** icoon:

**Command:** dimedit

**Dimension Edit (Home/New/Rotate/Oblique) <Home>:** N(ew)

**Dimension text <0>:** voer de nieuwe maattekst in <↵>

**Select objects:** selecteer de te wijzigen bemating.

2. indirect wijzigen van maattekst



Klik op **Lexplode** in het **Modify** uitrolmenu of op klik op het **Layer explode** icoon:

**Command:** lexplode

**Select block reference, polyline, dimension or mesh:** selecteer de maat:

**Entities exploded onto layer BEMATING.**

De elementen van het bematingsblok kunnen nu als losse elementen worden behandeld.

De maattekst kan nu gewijzigd worden:



Klik op **Text...** in het **Modify** uitrolmenu of klik op het **Edit Text** icoon:

**Command:** dedit

**<Select an annotation object>/Undo:** selecteer de maattekst en wijzig deze in het venster zoals hiervoor beschreven

11.3.9 Aanpassen bemating aan gewijzigde instellingen

Wordt een tekening op schaal getekend, maar is bij het bematen 'vergeten' de DIMLFAC op de juiste waarde in te stellen, dan kan achteraf de gehele bemating worden aangepast:

Stel de juiste DIMLFAC waarde in (zie 11.3.4),



Klik op **Update** in het **Dimension** uitrolmenu of klik op het **Update Dimension** icoon:

**Dim:** uppdate

**Select objects:** selecteer alle bematingen (dit kan eenvoudig door **All** in te tikken), <↵> en alle bematingen zullen met de schaalfactor opnieuw worden berekend.

Ook als achteraf nog toleranties toegevoegd moeten worden kan met Update worden gewerkt.

LET OP

Update werkt alleen als de bemating **NIET** met Layer Explode is behandeld!

11.3.10 Bemating schuin plaatsen

In bijzondere gevallen kan het nodig zijn de bemating zo te plaatsen dat de aanhaallijnen een hoek maken met de normaal, bijvoorbeeld als ze nagenoeg samenvallen met begrenzingslijnen (zie figuur 11.1A).

Bemaat eerst zoals gebruikelijk met horizontale of verticale bemating; kies **Oblique** in het **Dimension** uitrolmenu

**Command:** dimedit

**Dimension Edit (Home/New/Rotate/Oblique) <Home>:** o

**Select objects:** selecteer de bemating,

**Enter obliquing angle (press ENTER for none):** geef de hoek op, in figuur 11.1A is -70° gekozen

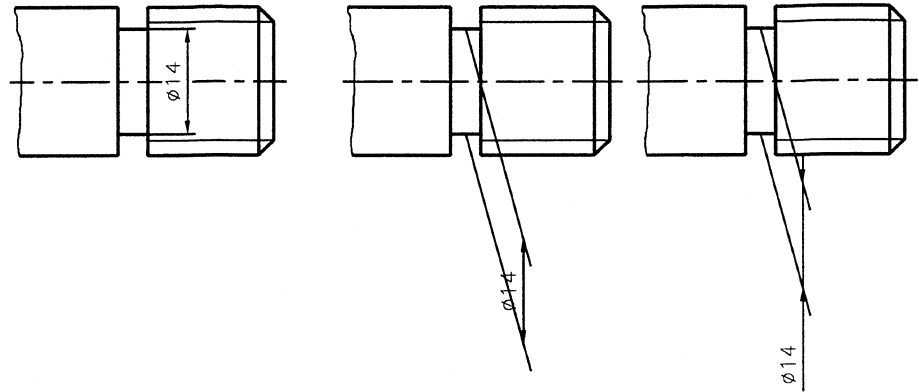
Nu ontstaat het resultaat zoals figuur 11.1B toont, wijzig dit met:



**Command: \_dimtedit**

**Select dimension:** selecteer de maat

**Enter text location (Left/Right/Home/Angle):** sleep de tekst naar de gewenste positie (figuur 11.1C).



A: ongewenst, maataanhaallijnen bijna op begrenzingslijnen

B: ongewenst resultaat na gebruik 'OBLIQUE' met hoek  $-70^\circ$

C: resultaat na gebruik 'DIMTEDIT'

Figuur 11.1 'Oblique' bemating.

#### 11.4 Vormen van bemating

Onderstaande tabel geeft de meest gebruikte vormen van bemating.

Figuurnummer en letter verwijzen naar de bijbehorende figuur en de omschrijving.

Lengtemaat:	figuurnummer en letter
- één	11.2-F
- meerdere vanaf één zijde, basislijn-bemating	11.2-G; 11.2-H; 11.4-E
- meerdere op één lijn, aansluitbemating	11.4-D; 11.7-F; 11.7-G
- meerdere als reeds één hulplijn aanwezig is	11.2-J; 11.2-L
- kort, maat buiten de maathulplijnen	11.3-C
- kort, maat binnen de maathulplijnen	11.4-B; 11.9-E
- schuin vlak	11.6-A; 11.6-D
- herhalingspatroon	11.9-D
<b>Diameter:</b>	
- uitwendige cilinder	11.2-A; 11.2-B; 11.2-D; 11.2-E
- inwendige cilinder	11.3-A; 11.3-B; 11.3-E
- steekcirkel voor gaten verdeeld over een cirkel	11.9-C
<b>Radius:</b>	
- inwendig (met fillet)	11.9-A
- uitwendig	11.4-A
- bemaat middelpunt	11.2-K
- afronding aan cilindrisch deel	11.3-D; 11.8-E
<b>Vierkant:</b>	
- uitwendig	11.2-C
<b>Bol:</b>	11.8-A
<b>Gat:</b>	
- cilindrisch	11.6-C
- verzonken cilindrisch	11.7-D; 11.7-F
- verzonken, hoek $90^\circ$	11.7-A; 11.7-C

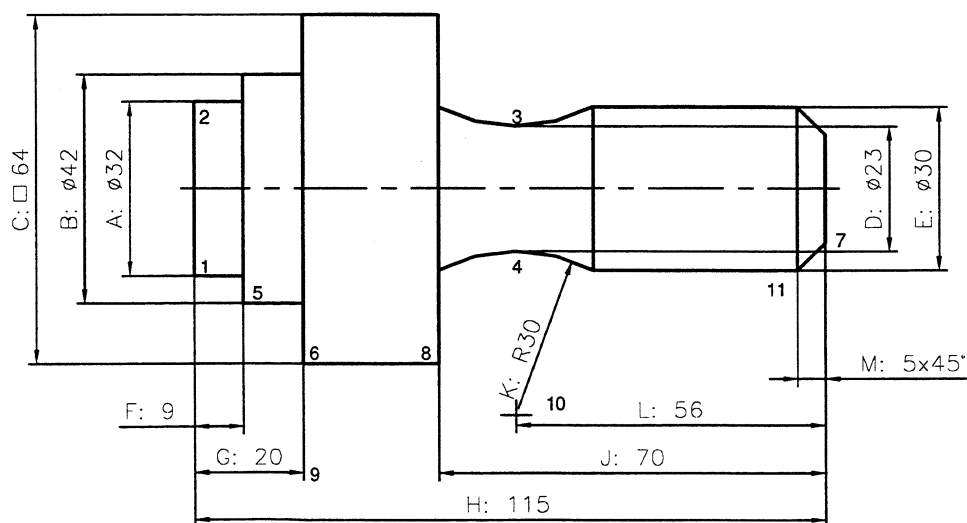
Schroefdraad:	
- uitwendig	11.8-G
- inwendig	11.3-F; 11.7-B
Groef:	
- inwendig (kamer)	11.3-G
- uitwendig	11.9-F
Afschuining:	
- hoek 45°	11.2-M
- inwendig	11.3-C
Hoekmaat:	11.6-B; 11.7-A
Sleutelwijdte:	11.8-B
Tolerantie:	
- symmetrisch ( $\pm$ waarde)	11.9-B
- asymmetrisch	11.9-F
- ISO aanduiding	11.8-C

### 11.5 Voorbeelden bij de vormen van bemating

In de volgende voorbeelden zullen de handelingen voor bemating worden beschreven om tot een correcte bemating in een technische tekening te komen.

Per produkt worden een aantal vormen van bemating beschreven; deze zijn aangeduid met een letter vóór de maat.

Het figuurnummer en deze letter staan ook voor de omschrijving, gevolgd door de handelingen voor die bemating. Vermeld is ook welke icoon gebruikt wordt. De aan te wijzen punten in de figuur zijn met een cijfer met een kleiner corps vermeld.



Figuur 11.2 Rotatie-symmetrisch voorwerp - draaiwerkstuk alleen uitwendige maten

#### 11.2-A Uitwendige cilinder, het dichtst bij de begrenzingslijn



Klik op **Linear** in het **Dimension** uitrolmenu of klik op het **Linear Dimension** icoon:

**Command:** `_dimlinear`

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het eerste punt (1) aan.

**Second extension line origin:** wijs het tweede punt (2) aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** aan de cursor verschijnen nu de maathulplijnen, maatlijn met pijlen en een maattekst. Deze maattekst kan gewijzigd worden: tik een T in, nu verschijnt: **Dimension text <32>: %%C<>**; met '%%C' wordt het rondsymbol ingevoerd, terwijl <> aangeeft dat de door AutoCAD gemeten lengte moet worden overgenomen.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** geef nu de positie van de maatlijn, neem daarvoor drie grid-afstanden ( $\approx 12$  mm).  
**Dimension text = 32**, nogmaals wordt de originele maat aangegeven.

11.2-B Uitwendige cilinder, opzij van, boven of onder een bestaande maatlijn

Hetzelfde als bij 11.2-A, alleen bij:

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** nu niet drie, maar twee gridafstanden ( $\approx 8$  mm) nemen tot de voorgaande maat.

11.2-C Maat  $\square 64$

Hetzelfde als bij 11.2-A, alleen nu het vierkant-teken invoeren door & <> op te geven.

11.2-D Uitwendige diameter van een holle vorm



**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs met de Osnap optie MID, de bovenste kromme van de holle vorm (3) aan.

**Second extension line origin:** wijs met MID, de onderste kromme (4) aan.

**Dimension line location:** neem drie grid-afstanden vanaf het rechteinde van het voorwerp.

**Dimension text <23>: %%c23**

11.2-E Maat  $\varnothing 30$ . Zie 11.2-B

11.2-F Eén lengtemaat

**First extension line origin or press ENTER to select:** klik op het uiteinde aan de linkerzijde (1) voor de eerste hulplijn.

**Second extension line origin:** klik op het andere hoekpunt (5) voor de tweede hulplijn.

**Dimension line location:** neem drie grid-afstanden onder de hulplijn van maat C voor de plaats van de maatlijn.

**Dimension text <9>:** geeft de gemeten waarde.

**Command:**

11.2-G Meerdere maatlijnen vanaf één zijde, basislijn bemating



Klik op Baseline in het uitrolmenu of klik op het **Baseline Dimension** icoon:

**Command: \_dimbaseline**

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** wijs het tweede punt (6) van maat G.

**Dimension text <20>:** geeft de gemeten waarde.

11.2-H Meerdere maatlijnen vanaf één zijde, basislijn bemating

Maatlengte 115. Zie 11.2-G. Klik nu punt (7) aan.

11.2-J Meerdere maatlijnen als er al één hulplijn aanwezig is

Hier kan geen gebruik worden gemaakt van de basislijn omdat de lengtemaat H er al staat.

LET OP

**Eerst de DIMVAR-instelling wijzigen, zodat maar één hulplijn wordt getekend:  
Zie 11.3.5.**

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het rechteruiteinde (7) aan als eerste punt.

**Second extension line origin:** wijs een snijpunt (8) op de grootste diameter aan.

**Dimension line location:** wijs een punt aan op dezelfde hoogte als de maat G, bijvoorbeeld door met de OSNAP optie INT(ersection) het snijpunt van maatlijn en maathulplijn van maat G (11) aan te wijzen.

**Dimension text <70>:** geeft de gemeten waarde.

**Command:**

11.2-K Radius aanduiding met bemaat middelpunt

Eerst **Center Mark** instellen om een markering van het middelpunt van de radius te krijgen (zie 11.3.6).

**Command: \_dimcenter**

**Select arc or circle:** wijs de afronding aan, er wordt nu een kruis getekend op het voetpunt van de radius.

**Command: \_dimradius**

**Select arc or circle:** klik de kromme aan.

**Dimension text <30>:** geeft de gemeten waarde van de radius.

De letter R(adius) wordt automatisch voor het getal ingevuld.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** beweeg de kruisdraad tot de juiste positie van de bemating is bereikt.

11.2-L Zie 11.2-J

Kies eerst (7) en bij:

**Second extension line origin:** het centermark (10).

**Dimension line location:** plaats de maatlijn op gelijke hoogte met maat F.

11.2-M Afschuining met hoek 45°

**First extension line origin or press ENTER to select:** geef het eerste punt (7) van de afschuining aan de rechterzijde.

**Second extension line origin:** geef tweede punt (11) aan de linkerzijde van de afschuining.

Vul als tekst in: <>x45%%d <J>

Vergeet niet na deze bematingen de eerste hulplijn weer in te schakelen, door het afvinkvak weer blanco te maken. Zet ook het centermark weer op **None**

LET OP

**1 Zet altijd de waarden van de variabelen weer terug**

**2 Gebruik altijd OSNAP opties**

11.3-A Diameter, inwendig, het dichtst bij de begrenzingslijn

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het eerste punt (1) aan.

**Second extension line origin:** wijs het tweede punt (2) aan.

**Dimension text <30>:** %%c30 <J>.

**Dimension line location:** neem drie grid-afstanden (12 mm) voor de plaats van de maatlijn.

11.3-B Diameter, inwendig (gat uitkomend op een eindvlak)

gelijk aan 11.2-B.

11.3-C Afschuining, inwendig, tussen 11.3-A en 11.3-B, opvolgend aan bestaande maat: aansluitbemating



Direct na het plaatsen van de lengtemaat van 20 (3 en 4) vervolgen met:

**Command: `_dimcontinue`**

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** wijs het volgende punt (1) aan.

**Dimension text = 5**

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** <↵>

De maatlijn wordt aangesloten aan de bestaande maat van 20 en er wordt gevraagd om een volgend punt aan te wijzen. In dit geval geven we een <↵> om het commando af te sluiten.



Nu moet deze maat nog aangepast worden: kies daarvoor het **Dimension Edit** icoon:

**Command: `_dimedit` Dimension Edit (Home/New/Rotate/Oblique) <Home>:** n

tik hier een N in om aan te geven dat de maattekst gewijzigd moet worden.

De hoekaanduiding is eigenlijk overbodig, deze wordt bepaald door de diameters A en B én de lengte van de afschuining.

De aanduiding 45° is alleen toegestaan, als deze hulpmat tussen haken wordt geplaatst.

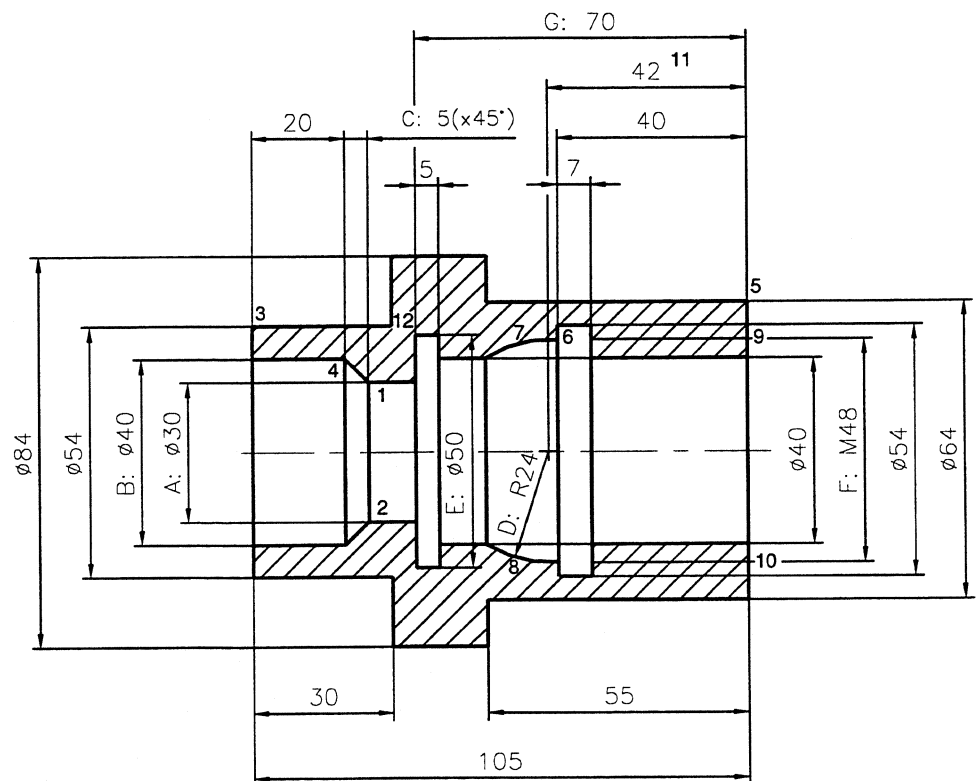
**Dimension text <0>:** `5(x45%%d)`,

**Select objects:** wijs nu de te wijzigen maattekst aan

**Select objects: 1 found**

**Select objects:** <↵>

De bematingstekst komt over de rechter hulplijn van maat G te staan, maak daar een onderbreking in, zie daarvoor bij maat G.



Figuur 11.3 Rotatie-symmetrisch voorwerp - draaiwerkstuk met in-en uitwendige maten

### 11.3-D Radius met middelpunt op de hartlijn

Eerst de lengtemaat 40 (5 en 6) aangeven, met basislijnbemating nu de maat van 42 mm:



Klik op **Baseline** in het uitrolmenu of klik op het **Baseline Dimension** icoon:

**Command: \_dimbaseline**

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** wijs het tweede punt met de OSNAP optie CEN(ter) aan, klik daarvoor op een punt (7) op de kromme.

**Dimension text <42>:** geeft direct de gemeten waarde en plaatst de maat.



**Command: \_dimradius**

**Select arc or circle:** wijs een punt (8) op de radius aan

**Dimension text = 24**

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** wijs met de kruisdraad aan waar de bemating komt.

LET OP

De maattekst moet ALTIJD van onderaf of vanaf rechts te lezen zijn.

#### 11.3-E Diameter, inwendig, binnen de begrenzingslijnen

Idem als 11.2-E. De hartlijn moet nu worden onderbroken op de plaats van maattekst en maatlijn. Gebruik hiervoor het BREAK commando (7.2).

#### 11.3-F Schroefdraad aanduiding, inwendig



**Command: \_dimlinear**

**Dim: \_vertical**

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het snijpunt (9) van de dunne lijn (nominale maat van de schroefdraad) en de rechter begrenzingslijn aan.

**Second extension line origin:** wijs de andere dunne lijn (10) aan.

**Dimension text <48>:** vóór de nominale maat moet de hoofdletter M worden gezet, om de metrische schroefdraad aan te duiden: M48

**Dimension line location:** geef aan waar de maatlijn komt.

#### 11.3-G Groef, inwendig

Zie basislijn bemating 11.2-G en 11.2-H.



**Command: \_dimbaseline** Als de voorgaande handeling niet de basis voor deze basislijnbemating was:

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** tik een S(elect).

**Select base dimension:** wijs de bedoelde basismaat (11) aan.

**Specify a second extension line origin or (Undo/<Select>):** wijs nu het punt (12) van de groef aan.

**Dimension text = 70**

De maathulplijn moet nu onderbroken worden voor de maattekst van maat C: De bemating bestaand uit maathulplijnen, maatlijn met pijlen en maattekst is als één geheel in de tekening geplaatst.



Kies **Lexplode** uit het **Modify** uitrolmenu of klik op het **Layer Explode** icoon:

**Command: \_lexplode**

**Select block reference, polyline, dimension, or mesh:** selecteer maat G.

**Entities exploded onto layer BEMATING.**

Alle onderdelen van de bemating zijn nu als losse entiteiten te behandelen. Gebruik het commando BREAK (zie 7.2) om een deel van de maathulplijn te verwijderen.

#### 11.4-A Radius, uitwendig



**Command: \_dimradius**

**Select arc or circle:** wijs de afronding aan.

**Dimension text = 10:** als de grootte van de radius vastligt door de overige bemating moet alleen de letter R worden vermeld.





of er verschijnt:

**2 Specify a second extension line origin or (Undo/ <Select >):** wijs het punt aan waar rechte en radius (4) elkaar raken.

**Dimension text = 100**

**Specify a second extension line origin or (Undo/ <Select >):** <↵>

#### 11.4-F Diameter aan een cirkel (gat)

Dit kan op twee manieren:



**1 Command: \_dimlinear**

**First extension line origin or press ENTER to select:** <↵>.

**Select object to dimension:** wijs de cirkel (5) aan.

**Dimension line location:** geef de plaats van de maatlijn aan.

**Dimension text = 10:**

**2 Command: \_dimlinear**

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het rechter snijpunt (6) van cirkel en hartlijn aan.

**Second extension line origin:** wijs het linker snijpunt (7) aan.

**Dimension line location:** geef de plaats van de maatlijn aan.

**Dimension text <10>:.**

11.5-A Bij het gebruik van CONTINUE wordt, als de eerste maatafstand 8 mm en kleiner is, deze maat links of rechts buiten de maathulplijnen geplaatst (1)

Om een correct resultaat te bereiken moet de maattekst van maat A verplaatst worden tot deze tussen de maathulplijnen staat:



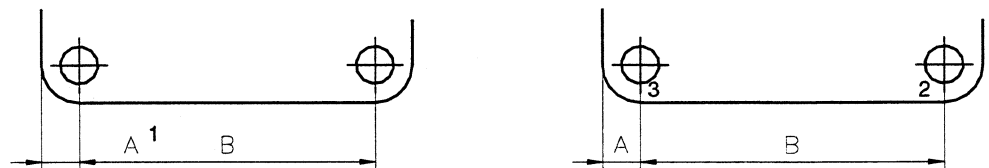
**1 Command: \_dimtedit**

**Select dimension:** wijs de te verplaatsen tekst aan.

**Enter text location (Left/Right/Home/Angle):** zorg dat ORTHO (zie 4.1) aan staat en sleep de maattekst tussen de maathulplijnen.

Door een 'bug' in AutoCAD wordt vaak de hele bemating naar een andere positie verplaatst.

LET OP



Figuur 11.5 Voorbeeld van aansluitbemating

Een eenvoudiger manier is de volgende:



**2 Command: \_dimlinear**

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs eerst het eindpunt (2) van de hartlijn van het rechter gat aan.

**Second extension line origin:** wijs het eindpunt (3) van de hartlijn van het linker gat aan.

Nu wordt eerst maat B geplaatst en kan met CONTINUE maat A er automatisch aan gekoppeld worden.

#### 11.6-A Lengtemaat evenwijdig aan schuin vlak



Klik op **Aligned** in het **Dimension** uitrolmenu of klik op het **Aligned Dimension** icoon:

**Command: `_dimaligned`**

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het punt aan waar de begrenzingslijnen (1) elkaar snijden.

**Second extension line origin:** wijs het snijpunt van de hartlijn van het gat met de begrenzingslijn (2) aan. Er kan hier geen gebruik worden gemaakt van het eindpunt van de hartlijn!

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** geef de plaats van de maatlijn.

**Dimension text <21>:**

Nu moet nog het stukje hartlijn dat onder de maathulplijn ligt worden verwijderd. Gebruik hiervoor uit het **Modify** uitrolmenu het commando **Break**.

**Command: `_break`**

**Select object:** wijs de hartlijn (3) aan.

**Enter second point (or F for first point):** `F(irst)`

**Enter first point:** wijs het snijpunt van de hartlijn met de begrenzingslijn (2) aan.

**Enter second point:** klik een willekeurig punt (4) aan boven de maatlijn.

#### 11.6-B Hoekmaat van snijdende lijnen

Eerst een van de maathulplijnen uitzetten (zie 11.2-J), want één van de begrenzingslijnen wordt als hulplijn gebruikt.



**Command: `_dimangular`**

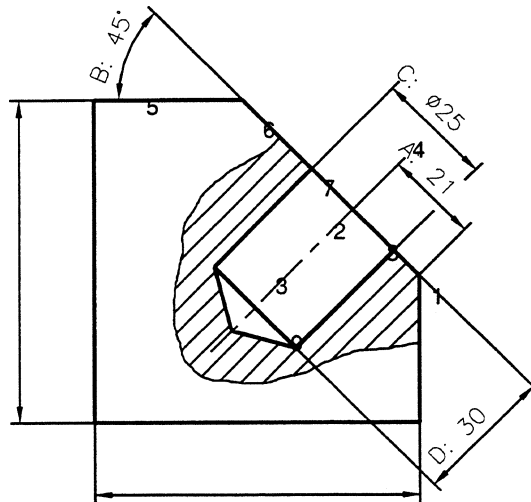
**Select arc, circle, line, or press ENTER:** wijs eerst de horizontale lijn (5) aan.

**Second line:** wijs de andere lijn (6) aan.

**Dimension arc line location (Mtext/Text/Angle):**

**Dimension text = 45,** het °-teken wordt in dit geval door het programma achter de waarde vermeld.

Vergeet niet het afvinkvak voor de hulpmaatlijn weer blanco te maken!



Figuur 11.6 Voorwerp met een schuin vlak

#### 11.6-C Diametermaat langs schuin vlak



**Command: `_dimaligned`**

**First extension line origin or RETURN to select:** wijs het punt aan waar de begrenzingslijn van het gat en die van de figuur (7) elkaar snijden.

**Second extension line origin:** wijs het andere snijpunt (8) aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** `⊥`

**Dimension text <25>:** `%%c25`

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** geef de plaats van de maatlijn.

Nu moet nog een van de maathulplijnen onderbroken worden voor de maattekst van maat A (zie 11.3-G)

### 11.6-D Lengtemaat, blind gat in schuin vlak

Als 11.6-C:

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het snijpunt aan waar een begrenzingslijn van het gat en het schuine vlak (8) elkaar snijden.

**Second extension line origin:** wijs het andere snijpunt (9) aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** geef de plaats van de maatlijn.

**Dimension text <30>:**

Een deel van de hulplijn valt samen met de begrenzingslijn en moet worden verwijderd. Dit kan met BREAK, zie 11.3-G.

### 11.7-A Gat, verzonken met 90° hoek



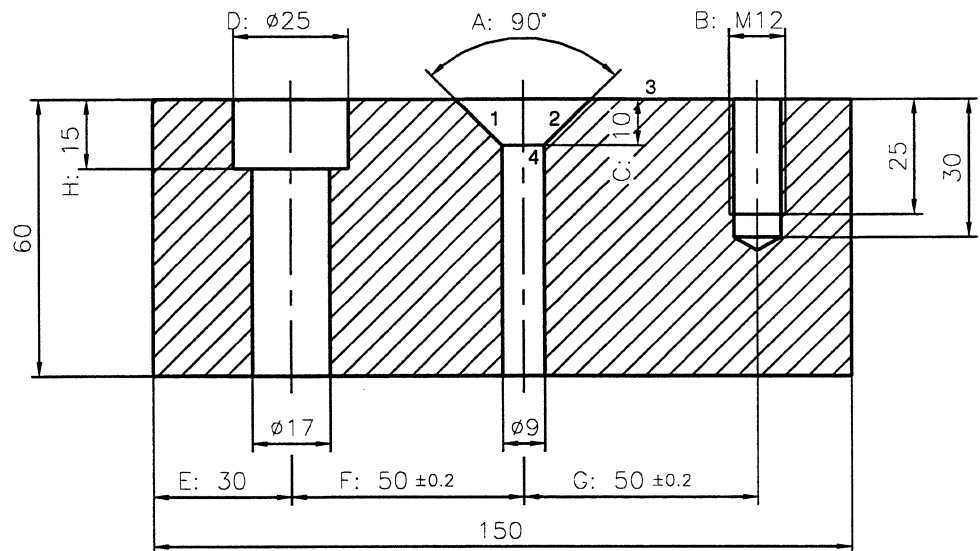
**Command:** `_dimangular`

**Select arc, circle, line, or press ENTER:** wijs de eerste schuine lijn (1) aan.

**Second line:** wijs de andere lijn (2) aan.

**Dimension arc line location (Mtext/Text/Angle):** wijs de plaats van de maatlijn (boog) aan op circa drie grid afstanden van de begrenzingslijn.

**Dimension text = 90** Het °-teken wordt automatisch toegevoegd.



Figuur 11.7 Doorsnede blok

### 11.7-B Schroefdraad, inwendig

Zie 11.3-F.

De lengte van de schroefdraad en de diepte van het blinde gat kan met basisbemating worden gemaakt.

Zie daarvoor 11.2-F en 11.2-G.

### 11.7-C Lengtemaat verzonken gat

Onderdruk eerst een maathulplijn, zie 11.2-J.

**First extension line origin or press ENTER to select:** als eerste lijn de bovenste begrenzingslijn (3) van het blok aanwijzen.

**Second extension line origin:** het snijpunt van de verzinking met de begrenzingslijn van het gat (4) aanwijzen.

### 11.7-D Diametermaat verzonken gat

Zie 11.2-B.

### 11.7-E Lengtemaat voor positie eerste gat

Zie 11.4-C.

11.7-F Lengtemaat, functionele afstand (steek) tussen twee gaten  
Zie 11.4-D, maar stel nu de gewenste tolerantie in (zie 11.9-B).

11.7-G Lengtemaat, functionele afstand (steek) tussen twee gaten  
Zie 11.7-F.

LET OP

De hulplijnen lopen nu door de maatlijn en maattekst van de gaten, haal met **BREAK** een stuk uit deze hulplijnen.

11.7-H Gat, verzonken cilindrisch  
Zie 11.4-B.

11.8-A Bol bemating

De maat kan worden beschreven met de straal óf met de diameter. Hier wordt de diametermaat gebruikt.



**Command:** `_dimlinear`

**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het snijpunt van de verticale hartlijn met de cirkel (1) aan.

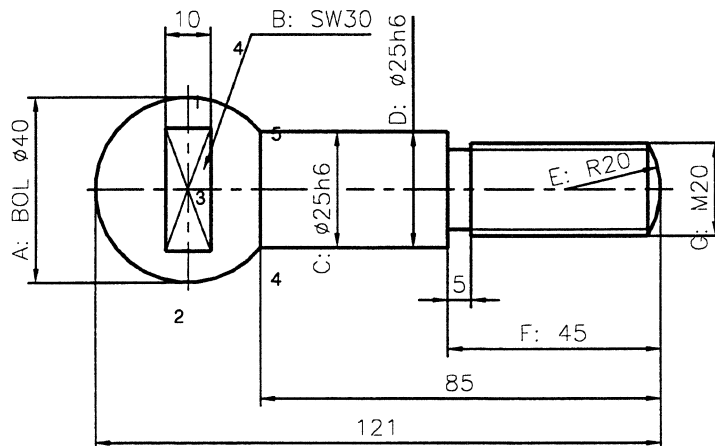
**Second extension line origin:** wijs het andere snijpunt (2) aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** `t`

**Dimension text <40>:** `BOL %%c<>`

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** wijs de positie van de maatlijn aan, circa drie gridafstanden links van de cirkelboog.

**Dimension text = 40**



Figuur 11.8 Pasbout met bolle kop

11.8-B Sleutelwijdte, aangegeven met aanwijspijl (hulpaanzichtpijl)



**Command:** `_leader`

**From point:** wijs het vlak aan waar de pijlpunt (3) moet komen.

**To point:** wijs het eindpunt van de aanhaallijn (4) aan.

**To point (Format/Annotation/Undo) <Annotation > :** `a`

**Annotation (or press ENTER for options):** `SW30`

**MText:** `<↵>` de tekst komt boven een horizontale lijn (vlag) aan het eindpunt van de aanhaallijn.

11.8-C Tolerantie, ISO-aanduiding, uitwendige diameter

Onderdruk beide maathulplijnen (zie 11.2.5)

Wijs beide punten (5 en 6) aan en voer de gewenste tekst in:

**Dimension text <25>:** `%%C<>h6`, h6 is hier de gewenste tolerantie aanduiding.

Verwijder uit de hartlijn een stuk ter plaatse van de maat met het commando BREAK.

#### 11.8-D Idem 11.8-C, aanpassing als maattekst te lang is

Wordt de maattekst zo lang dat de begrenzingslijnen worden doorsneden, dan moet de bemating worden aangepast.  
Verplaats de maattekst tot buiten de begrenzingslijn (zie paragraaf 11.3.7).

#### 11.8-E Radius, afronding aan cilindrisch uiteinde

**Command:** `_dimradius`

**Select arc or circle:** wijs de boog aan.

**Dimension text = 20, <↵>** accepteer de default waarde.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** beweeg de kruisdraad tot een correcte positie van de maat is bereikt.

#### 11.8-F Groef bemating, uitwendig

De positie van de groef wordt bemaat als lengtemaat volgens 11.2-F en de breedtemaat van de groef als lengtemaat aan bestaande hulplijn volgens 11.2-J.

#### 11.8-G Schroefdraad, uitwendig

Als bij 11.3-F en 11.7-B,  
**Dimension text <20>: M<>.**

#### 11.9-A Radius, inwendig

**Command:** `_dimradius`

**Select arc or circle:** punt op radius aanwijzen.

**Dimension text = 5**

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle):** er verschijnt nu een pijlpunt met aanhaallijn en maattekst (11.10-A).

In dit geval gaat de maattekst ook nog door de andere bemating heen.

Aanpassing voor een correcte bemating:

Verwijder met **Erase** de gehele bemating van de radius, maar onthoud de waarde.

**Command:** `_leader`

**From point:** wijs met de OSNAP-optie NEA(rest) een punt op de afronding aan;

**To point:** wijs aan waar het eindpunt van de aanhaallijn (1) moet staan.

**To point (Format/Annotation/Undo) <Annotation>:** zet ORTHO aan en trek een horizontaal lijnstuk.

**To point (Format/Annotation/Undo) <Annotation>:** A

**Annotation (or press ENTER for options):** R5

**MText:** de tekst wordt geplaatst en onder de tekst wordt de horizontale lijn verlengd tot het eind (of begin) van de tekst.

#### 11.9-B Tolerantie, symmetrisch ( $\pm$ )

Stel een symmetrische tolerantie in (zie 11.3.2):

#### 11.9-C Diameter, steekcirkel voor gaten

Als er sprake is van een steekcirkel zijn de gaten meestal gelijkmatig verdeeld over de omtrek.





**Command:** `_dimlinear`

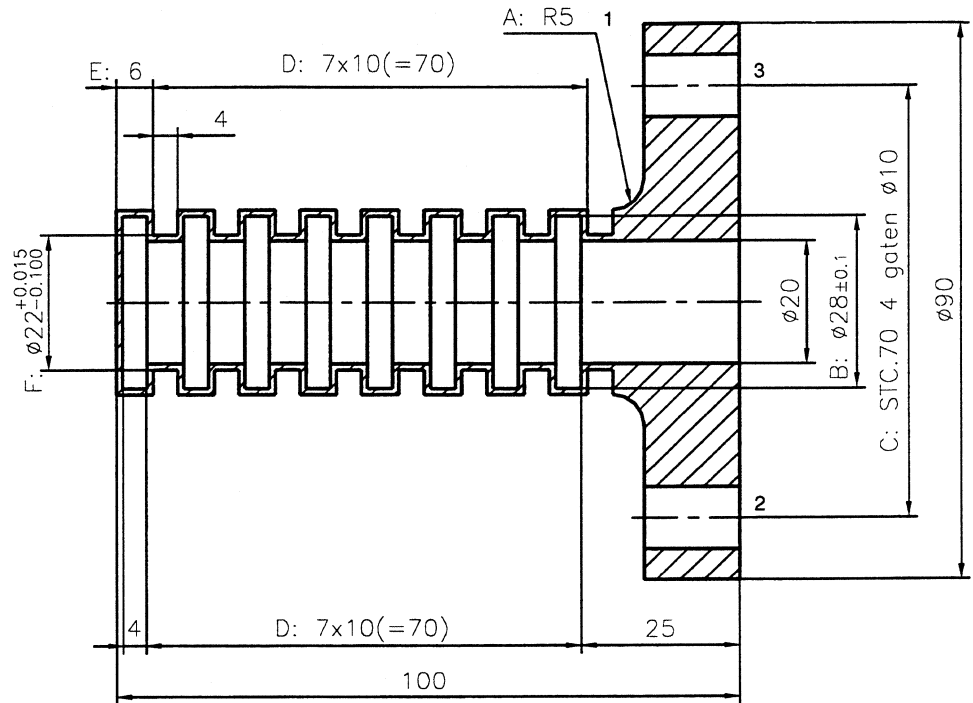
**First extension line origin or press ENTER to select:** wijs het uiteinde van de hartlijn van een gat (2) aan.

**Second extension line origin:** wijs het uiteinde van de andere hartlijn (3) aan.

**Dimension line location (Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated):** `I`

**Dimension text <70>:** `STC.70 4 gaten %%C10`

Dit kan niet als de gaten in een bepaalde positie ten opzichte van een ander deel van het voorwerp staan. Dan moet óf een zijaanzicht worden getekend óf de steekcirkel worden uitgeklaapt.



Figuur 11.9 Klembus

#### 11.9-D Lengtemaat, herhalingspatroon

Het herhalingspatroon komt veel voor, zie de voorbeelden in het hoofdstuk BEMATING van het dictaat IDE 141 2D.

**Command:** `_dimlinear`

**Dimension text <70>:** `7x10(=70)`

#### 11.9-E Lengtemaat, aansluitend aan reeds getekende maat

Dit is beschreven bij figuur 11.5 A.

#### 11.9-F Tolerantie, asymmetrisch

Zet eerst UNITS op het gewenste aantal decimalen achter de punt, hier 0.000, zie 11.3.3.

Nu de verschillende variabelen instellen: tik de gewenste waarden in de invoervakken **Upper Value:** en **Lower Value:**.

LET OP

Een komma is niet toegestaan, de decimale punt moet worden gebruikt.

Nu volgt de bemating:

**Command:** `_dimlinear`

**Dimension text <22>:** `%%c<> <J>`, hier moeten de haken worden

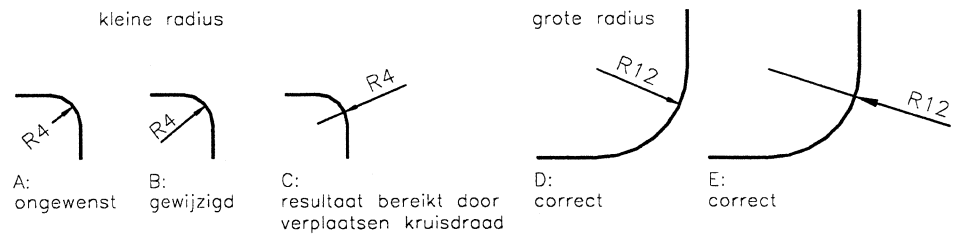
geplaatst om te zorgen dat de nominale maat met de ingestelde toleranties in de tekening komt.

LET OP

Bestaat de tolerantie-aanduiding uit twee positieve of twee negatieve waarden, handel als hierboven beschreven en verander daarna een + in -, of andersom.

#### 11.10-A Radius, kleine waarde

Bij een radius kleiner dan 6 mm staat de maattekst achter de maatlijn in plaats van er boven. Beweeg de kruisdraad tot het resultaat van 11.10-C is bereikt of wijzig de radiusbemating tot het resultaat van 11.10-B. Klik voor het wijzigen de bemating met **Lexplode** aan, verleng de lijn en plaats de maattekst boven de lijn. Is er geen ruimte voor deze oplossing, plaats dan een aanhaallijn met maattekst zoals beschreven in 11.9-A



Figuur 11.10 Aanpassing van radiusbemating

#### 11.10-D Radius, grotere waarden, bemating binnen de boog

#### 11.10-E Radius, grotere waarden, bemating buiten de boog


Bij een radius met een waarde vanaf 7 mm wordt de maattekst boven de maatlijn geplaatst. Deze bemating staat binnen of buiten boog afhankelijk van de positie van de kruisdraad.

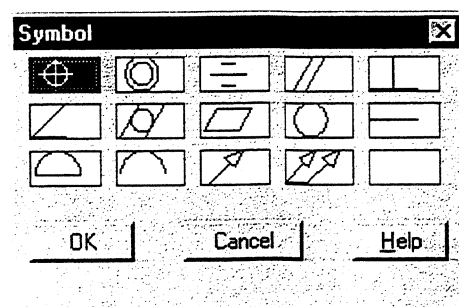
**VERGEET NOOIT DE BEMATINGSVARIABLEN TERUG TE ZETTEN.**

#### 11.6 Geometrische toleranties

Met deze optie is het mogelijk de beschrijving van een onderdeel in een (mono)tekening te completeren met geometrische toleranties. Zie voor de achtergronden en toepassingen IDE141 dictaat 2D hoofdstuk 5.3.

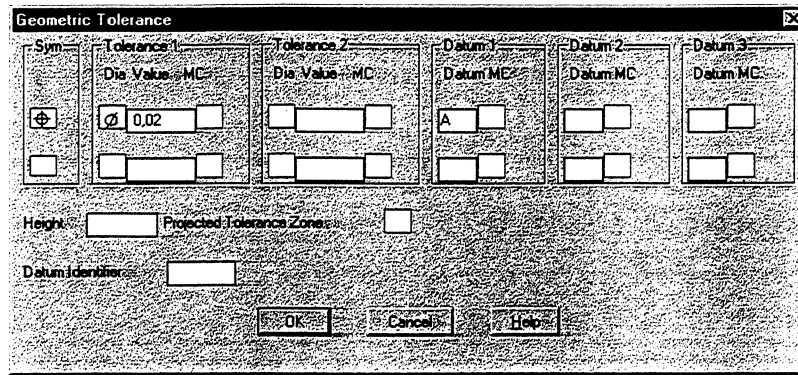
Zorg dat BEMATING de actieve laag is. Teken de aanhaallijn met pijlpunt (gebruik daarvoor Leader) en zorg dat het deel waaraan het tolerantiekader wordt gekoppeld horizontaal is.

Klik in het **Dimension** uitrolmenu of klik op het **Tolerance** icoon:  Het **Symbol** pictogrammenmenu verschijnt. Kies hieruit het gewenste symbool voor de vorm- of plaatstolerantie en klik op **OK**.



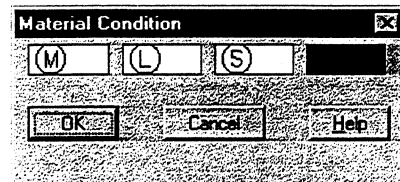
Figuur 11.11 Pictogrammenmenu voor geometrische toleranties

Indien van toepassing kan geklikt worden in het vak **MC** (material condition symbol), waardoor in het **Material Condition** dialoogvenster (figuur 11.13) één van de symbolen gekozen kan worden.



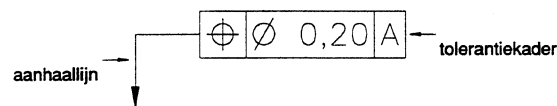
Figuur 11.12 Dialoogvenster voor Geometric Tolerance

Bij sommige vorm- cq plaatstoleranties is het nodig een referentie op te geven; dit kan in het vak **Datum 1**, vul daar de gewenste referentieletter in (kapitaal gebruiken).



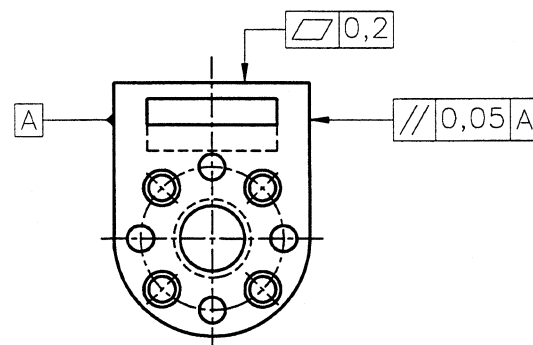
Figuur 11.13 Keuzevenster voor Material Condition

Aan de kruisdraad hangt nu het tolerantiekader (figuur 11.14), hang dit met een **END**point aan het horizontale deel van de aanhaallijn.



Figuur 11.14 Tolerantiekader voor plaatszuiverheid

Wordt een referentie vereist klik dan op het **Referentie** icoon:



Tik een letter in, het programma zet de gegeven letter als hoofdletter in het kader (zie figuur 11.15).

**Tekenen referentie-aanduiding A ...**  
**Wijs lijn aan:** wijs aan waar het referentie-element ligt (met OSNAP optie NEARest).

Figuur 11.15 Voorbeeld van een product met geometrische toleranties

**Lijn aan goede kant (J/N):** er verschijnt een gestippeld lijnstuk, maak met j of n een keuze.

Figuur 11.15 laat een product zien met bovenaan een vormtolerantie voor vlakheid zien en rechts een richtingtolerantie voor evenwijdigheid met een referentie naar het linker vlak A



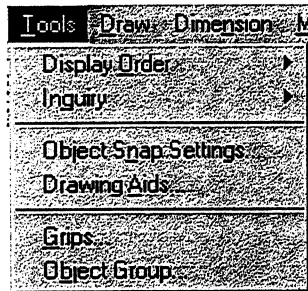
# Instellingen en het opvragen van informatie

In dit tekenprogramma is het mogelijk vele instellingen vast te leggen in de sjabloon tekening (drawing template). Voor de 2D tekencursus van het vak TPI 1 zijn de instellingen gemaakt in de tekenvellen die bij het starten van een oefening opgeroepen worden. Voor het 'vrije' tekenwerk zijn tekenvellen beschikbaar in de formaten A1  $\frac{1}{m}$  A4, zowel horizontaal als verticaal. Deze tekenvellen zijn voorzien van instellingen om het plotten op de faculteitsplotters mogelijk te maken; ze zorgen voor de juiste lijndikte, etc..

LET OP

Verander deze instellingen niet, anders kan er niet geplot worden!

## 12.1 Instellingen



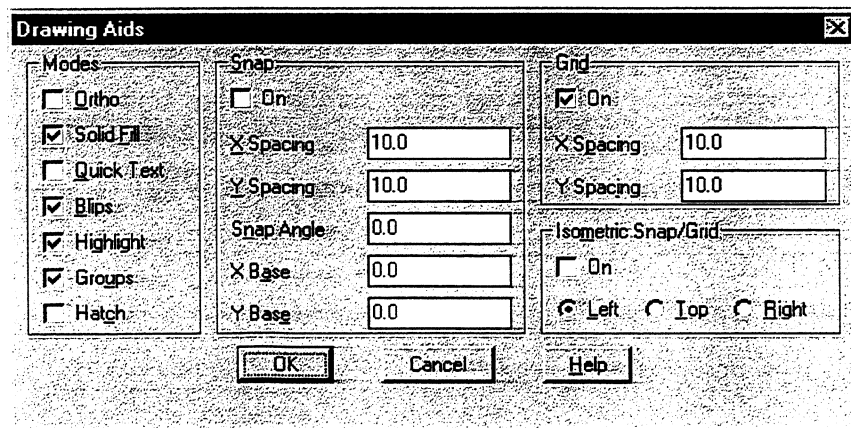
Een aantal instellingen moet tijdens de oefeningen veranderd worden en later weer worden teruggezet. De waarden van deze gewijzigde instellingen worden telkens bij de oefeningen vermeld.

Klik in het **Tools** uitrolmenu (figuur 12.1) op **Drawing Aids**, er verschijnt een dialoogvenster (figuur 12.2) waarin de volgende instellingen te wijzigen zijn.

Figuur 12.1 Uitrolmenu Tools

### 12.1.1 GRID

Op het tekenvel is een raster van puntjes zichtbaar, AutoCAD noemt dit **GRID**. Op onze tekenvellen is de standaardinstelling 10 mm, waarbij het raster in de X-richting en in de Y-richting dezelfde maat heeft. Het raster kan aan de wens van de gebruiker worden aangepast door in het Drawing Aids venster de gewenste waarde voor de X-richting in te vullen; deze waarde geldt ook voor Y-richting.



Figuur 12.2 Dialoogvenster Drawing Aids

Door een klik op het afvinkvak ON kan het raster worden in- of uitgeschakeld; dit gaat eenvoudiger met funktietoets F7.

NOOT

Stel bij bemating het grid in op 4mm, dan is de positie van de maatlijn altijd een veelvoud van de gridmaat (12 of 8mm).

#### 12.1.2 SNAP

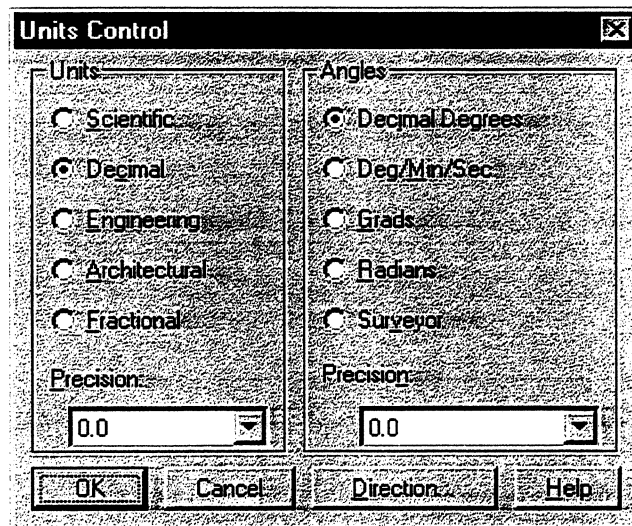
Standaard is de sprongfunctie van de kruisdraden gelijk aan de rasterafstand. Wordt een tekenvel geladen, dan zal de sprongfunctie actief zijn. Uit- of aanzetten kan met funktietoets F9.

#### 12.1.3 ORTHO

Staat voor Ortho een vink dan kunnen alleen horizontale of verticale lijnen getekend worden; ook MOVE, ROTATE, COPY, MIRROR en STRETCH worden hierdoor beïnvloed. Uit- of aanzetten kan met funktietoets F8.

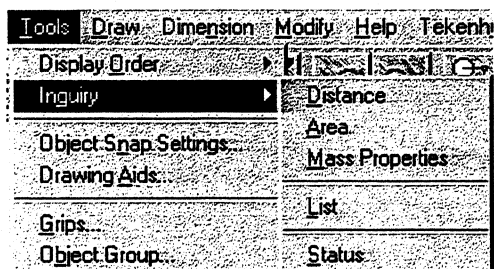
#### 12.1.4 UNITS

Door één van de waarden (zie figuur 12.3) te kiezen worden alle coördinaten met het gekozen aantal decimalen in de tekening afgebeeld. Bij bemating kan in plaats van de waarde, gebruikt in de tekening, een zelfgekozen waarde invoerd worden plus een afzonderlijke waarde voor het aantal decimalen van de maattoleranties.



Figuur 12.3 Dialoogvenster Units Control

## 12.2 Informatie opvragen



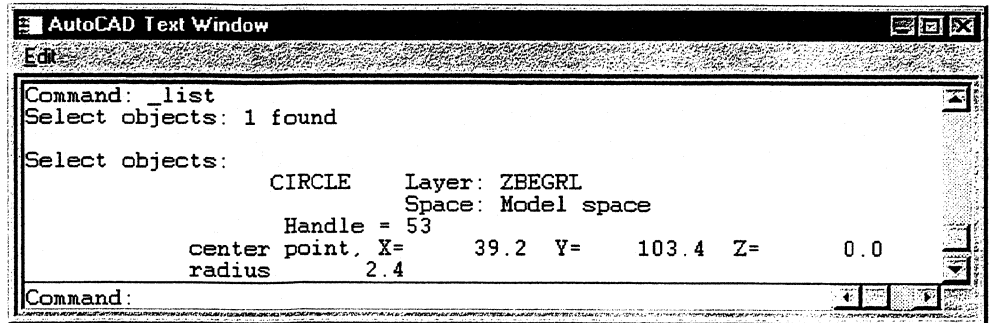
Informatie over getekende elementen, zoals lengte van lijnstukken, radii van bogen en cirkels kan eenvoudig opgevraagd worden.

Kies in het **Tools** uitrolmenu **Inquiry** en klik dan op de gewenste term.

Figuur 12.4 Informatie 'fly-out' menu

De gegevens verschijnen in het AutoCAD Text Window (figuur 12.5), ze kunnen geselecteerd worden en naar het klembord gekopieerd voor gebruik in verslagen of rapporten.

Het tekstvenster kan met funktietoets F2 of een klik op het  icoon in de bovenbalk van het tekstvenster worden weggedrukt.



Figuur 12.5 AutoCAD Text Window

### 12.2.1 DISTANCE:

Dit geeft de afstand tussen twee punten en de hoek ten opzichte van de horizontaal.

#### **dist**

**First point:** wijs het eerste punt aan, gebruik de OSNAP opties.

**Second point:** Wijs het tweede punt aan.

**Distance** = berekende afstand , **Angle in XY Plane** = hoek in het tekenvlak, **Angle from XY Plane** = hoek van het tekenvlak, **Delta X** = horizontale afstand van de twee punten, **Delta Y** = verticale afstand, **Delta Z** = afstand in de derde dimensie ( bij 3D-elementen).

De hoek wordt in het x-y vlak gemeten (tegen de wijzers van de klok in).

### 12.2.2 AREA:

Geeft het oppervlak omsloten door de geselecteerde elementen en de omtrek.

#### **\_Area**

**<First point>/Object/Add/Subtract:** door achtereenvolgens alle snijpunten van de elementen van het gewenste gebied aan te wijzen geeft dit commando na <↵> de oppervlakte en de omtrek (beide in de tekeneenheden; bij io dus in mm<sup>2</sup>, respectievelijk mm).

**Object** vraagt om een cirkel of een gesloten polylijn aan te wijzen.

**Add** schakelt de optelmode in; schakel eerst Add in voordat de eerste oppervlakte wordt geselecteerd. Elke volgende geselecteerde oppervlakte wordt weergegeven en tevens wordt het saldo van de optelling gegeven.

**Subtract** maakt het mogelijk oppervlakken van elkaar af te trekken, dit gaat op dezelfde wijze als bij Add beschreven.

Steeds worden de laatst berekende waarden opgeslagen in de systeemvariabelen **AREA** en **PERIMETER**.

### 12.2.3 LIST:

Geeft alle gegevens van een element in de tekening.

#### **\_list**

**Select objects:** wijs het element aan.

Geeft buiten de gegevens met **Distance** en **Area** te verkrijgen ook gegevens betreffende de laag en of in Model of Paper space is getekend. Van cirkels worden de coördinaten van het middelpunt, de radius, de omtrek en het oppervlak gegeven, van lijnen de lengte.

Deze gegevens verschijnen in een tekstscherf, met **F1** komt het grafische scherm terug.

### 12.2.4 STATUS:

Geeft aan uit hoeveel 'entities' (elementen) de tekening is opgebouwd:

bijvoorbeeld: **624 entities in (naam van de tekening met het pad)**,

Verder worden de waarden getoond van de ingestelde 'Model space limits', dit zijn de vooraf ingestelde grenzen van de tekening, belangrijk voor het op de juiste wijze plotten van de tekening.

Deze limieten voor de verschillende formaten moeten zijn:

Linkeronderhoek: voor alle formaten 0,0

Rechterbovenhoek:	X	Y
A1-hor	811	574
A1-ver(ticaal)	574	821
A2-hor	564	400
A2-ver	390	574
A3-hor	390	277
A3-ver	267	400
A4-hor	283	183
A4-ver	183	283

Dit zijn ook de afmetingen van het kader voor de tekenvellen.

'**Display shows**' geeft aan hoe groot de ruimte is die binnen de ingestelde limieten door getekende informatie wordt ingenomen.

De ingestelde grid- en snap-waarden, de actieve laag en de instellingen van de functietoetsen worden ook getoond.

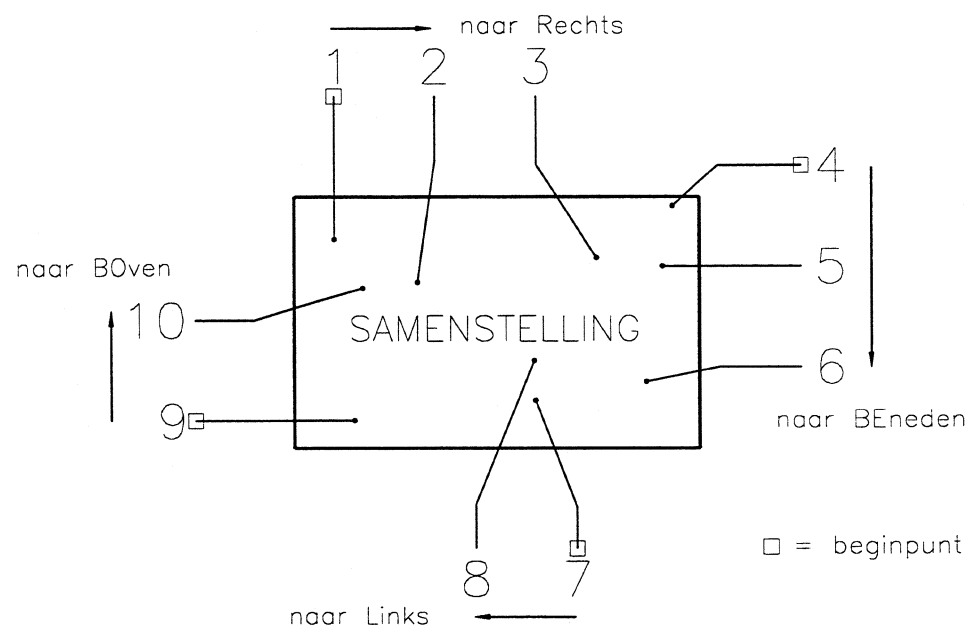
Deze gegevens verschijnen in het tekstvenster (figuur 12.5).

# Stuknummering en stuklijst

In een samenstellingstekening moeten alle onderdelen met een uniek stuknummer worden aangeduid, ook moet een stuklijst worden geplaatst op elke samenstellings-, subsamenstellings- of las/lijmtekening, zie hiervoor ide141 TPI1, diktaat 2D.

## 13.1 Stuknummering

De nummering gebeurt zo mogelijk met opvolgende stuknummers, altijd **rechtsdraaiend** om de samenstelling (figuur 13.1).



Figuur 13.1 De vier mogelijkheden voor het plaatsen van stuknummers

Klik in het uitrolmenu **Tekenhulpjes op Stuknummer:** in de commando regel komt:

**Klik beginpunt aan:** Wijs het beginpunt aan (het rechthoekje onder 1 in figuur 13.1); daar komt het stuknummer en het begin van de aanhaallijn.

**Welke richting (L/R/BO/BE):** tik de letter voor de richting; in dit geval R.

Er zijn vier mogelijkheden om te starten met een daarbij behorende richting:

1. het beginpunt ligt linksboven het produkt; nummering gaat naar **rechts**.
2. het beginpunt ligt rechtsboven; nummering gaat naar **beneden**.
3. het beginpunt ligt rechtsonder; nummering gaat naar **links**.
4. het beginpunt ligt linksonder; nummering gaat naar **boven**.

**Aantal stuknummers:** geef aan hoeveel stuknummers er vermoedelijk op deze rij komen (één nummer teveel is makkelijker te corrigeren als één nummer te weinig); in dit geval 3.

**Eerste nummer:** geef het eerste nummer op in dit geval 1.

**Wijs onderdeel aan:** wijs de plek aan waar de stip (donut) moet komen. De lijn tussen onderdeel en stuknummer wordt gestippeld getoond (altijd een horizontale of verticale lijn vanaf het stuknummer met een knik naar de punt).

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** voor het eerste stuknummer is hier R (recht) gebruikt.

**Wijs onderdeel aan:** het volgende onderdeel wordt aangewezen, dit gaat door tot het aangegeven aantal stuknummers is bereikt.

Met de volgende keuzes is het nog mogelijk de gestippelde lijn te wijzigen of een nieuwe positie van de punt in het onderdeel aan te wijzen.

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** A(ccept), hiermee wordt de gestippelde lijn bevestigd; een stip op het eind van de lijn in het onderdeel en een stuknummer bij het ander uiteinde van de lijn gezet.

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** H(oeek 90), maakt een knik van 90° in de lijn ( ).

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** K(nikpunt), staat toe dat het knikpunt in de gestippelde lijn wordt verplaatst.

LET OP

Zorg ervoor dat alle knikpunten **buiten** het product en **op één lijn** liggen

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** N(ieuw punt), hiermee kan de plaats van het punt op het onderdeel opnieuw worden gepositioneerd.

**Uw keuze (A/H/K/N/R):** R(echte), hiermee wordt een rechte lijn getekend, in plaats van een geknikte.

TIPS

- 1 Hiervan afwijken is mogelijk, werk dan met een grid van 20 mm.
- 2 Het is mogelijk om met deze methode elk stuknummer apart in te voeren. Op deze wijze kunnen zowel links als rechts stuknummers worden geplaatst.
- 3 Zie ook NEN 25, NEN-bundel 16.

### 13.2 Stuklijst

Elke samenstellingstekening bevat een stuklijst. Kies voor het maken van een stuklijst vanuit het uitrolmenu **Tekenhulpjes** de optie **Stuklijst**.

Op de commando regel komt:

**Genereren, Aanvullen, Stoppen, Verbeteren, Nieuw nummer of suBsam nummer (G/A/S/V/N/B):** tik om te starten met een stuklijst:

G(enereren) , hiermee wordt de indelingsregel van de stuklijst geplaatst.

**Wijs basispunt rechteronderhoek aan.** klik op het basispunt van de rechteronderhoek van de tekening (figuur 13.2). De regel met de indeling van de stuklijst wordt op de rechteronderhoek geplaatst.

Nu kan begonnen worden met het aanvullen:

**Aanvullen, Stoppen of Verbeteren of suBsam nummer (A/S/V/B):** tik A(anvullen) , dit geeft de regel voor stuknummer 1. Tevens verschijnt een dialoogvenster waarin de gegevens voor het stuknummer ingevuld kunnen worden; afsluiten met OK.

LET OP

Wordt het commando met 'cancel' of <Esc> afgebroken dan stopt het aanvullen van de stuklijst. De laatst aangemaakte regel(s) moet(en) dan worden gewist. Wis met **Erase** en selecteer met **c(rossing)** de regel(s). Daarna kan met **Nieuw nr** verder worden gegaan.

Kontroleer altijd of de ingevoerde tekst in het vakje past, verbeter dit achteraf als het nodig is.

8	1	BEUGELKLEM	Fe360		Zie tek. 123/458
7	1	KLEMBUIS ø18x1,5x50	Fe360		
6	1	VOORVORK	Fe360		Zie tek. 123/347
5	1	VOORAS	Fe360		Zie tek. 123/346
4	1	ZESKANTBOUW M6x16	8.8	NEN 1568	
3	4	VL. SLUITRING A 6,6	St	NEN 2268	
2	3	LACER		HFL 1022	INA
1	1	VOORWIEL 110.190.800			Konijnenburg
stuk- num- mer	aan- tal	benaming	materiaal	norm	opmerking
schaal	1:1	datum	opmerkingen		
getekend	jan	13-07-95			
acad					
groep	staf				
benaming					
Rolski					
TU Delft				formaat	archiefnummer
Industrieel Ontwerpen				A3	123/345

Figuur 13.2 Rechteronderhoek met stuklijst en positie basispunten

**Aanvullen, Stoppen of Verbeteren (A/S/V):** S(toppen) breekt het commando STUKLIJST: af.

### 13.3 Stuklijst op subsamenstelling

De stuknummering op een subsamenstelling begint niet met 1, maar met een hoger nummer (zie diktaat 2D). Begin de stuklijst op het tekenvel van de subsamenstelling zoals op bij 13.2 beschreven:

**Genereren, Aanvullen, Stoppen, Verbeteren, Nieuw nummer of subSam nummer (G/A/S/V/N/B):** G(enereren), wijs de linkerbovenhoek van de rechteronderhoek aan.

**Genereren, Aanvullen, Stoppen, Verbeteren, Nieuw nummer of subSam nummer (G/A/S/V/N/B):** suBsam nummer voer een nummer in dat één cijfer lager is als het gewenste nummer (in het voorbeeld dus 29). Ga dan verder met A(anvullen) tot deze stuklijst gereed is.

34	2	vl. Sluitring B10,5	140HV	DIN 125	
33	1	Zeskantmoer M10	6	ISO 4032	
32	1	Zeskantbout M10x50	5.6	ISO 4014	
31	1	Vooras	Fe360		zie tek. AAB03
30	1	Wielbalk	Boukehout		zie tek. AAB02
stuk- num- mer	aan- tal	benaming	materiaal	norm	opmerking
schaal	1:1	datum	opmerkingen		
getekend	jan	13-07-95			
acad					
groep	staf				
benaming					
STUURINRICHTING					
TU Delft				formaat	archiefnummer
Industrieel Ontwerpen				A3	AAB01

Figuur 13.3 Stuklijst op subsamenstelling

### 13.4 Verbeteren en stuknummer toevoegen

#### 13.4.1 Verbeteren van fout ingevoerde gegevens

**Aanvullen, Stoppen of Verbeteren (A/S/V):** V(erbeteren), geeft de mogelijkheid om ingevoerde gegevens van een stuknummer achteraf te wijzigen. **Wijs het kader voor het stuknummer aan.** klik op het kader vóór het stuknummer (figuur 13.3) van de te wijzigen regel, het dialoogvenster met de oorspronkelijke gegevens verschijnt; wijzig deze en klik op OK: **Aanvullen, Stoppen of Verbeteren (A/S/V):** kies de gewenste actie.

#### 13.4.2 Toevoegen van nieuwe nummers in de stuklijst

Moet, nadat de stuklijst gereed is, nog een nieuw stuknummer worden toegevoegd:

Klik op **stuklijst**:

**Genereren, Aanvullen, Stoppen, Verbeteren, Nieuw nummer of subSam (G/A/S/V/N/B):** N(ieuw nummer)

**Geef het laatste stuknummer:** voer het stuknummer in dat in de bovenste regel van de stuklijst staat.

**Wijs basispunt laatste stuknummer aan.** klik op dat basispunt: **Aanvullen, Stoppen of Verbeteren (A/S/V):** A(anvullen) voor uitbreiding van de stuklijst.

Verder zoals hiervoor is beschreven.

#### OPMERKING

De inrichting van de stuklijst als hier beschreven geldt voor TPI 1, 2D-practikum. In het bedrijfsleven worden vaak eigen indelingen van tekenbladen en stuklijsten gebruikt.



# Tekenhulpjes

In het uitrolmenu **Tekenhulpjes** zijn een aantal hulpmiddelen opgenomen om handiger met AutoCAD te kunnen werken. Deze hulpmiddelen kunnen worden gebruikt door het **Tekenhulpjes** uitrolmenu (zie figuur 14.1) op te roepen.

Zie voor **Stuklijst** en **Stuknummering** de beschrijving in hoofdstuk 13

## 14.1 Beschrijving van doorsneden

**14.1.1 Eindpunten doorsnede aangeven.**  
Dit moet op het eindpunt van de doorsnedelij (hartlijn) gebeuren. Laat deze lijn daarvoor aan weerszijden het voorwerp minimaal 10 mm uitsteken.

**DoorSnedE Eindpunten** aanklikken in uitrolmenu.

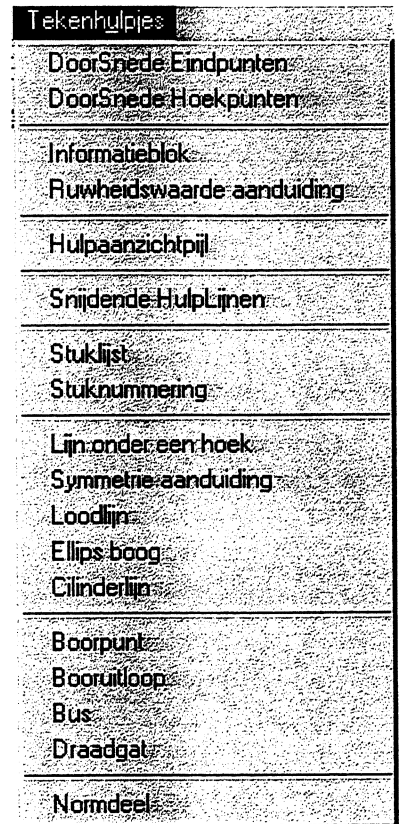
**Doorsnede: A**, geef hier de gewenste letter voor de aanduiding van de doorsnede.

**Wijs eindpunt aan:** klik op het eindpunt van de hartlijn; nu verschijnt een verdikt lijnstuk met een gestippelde pijl.

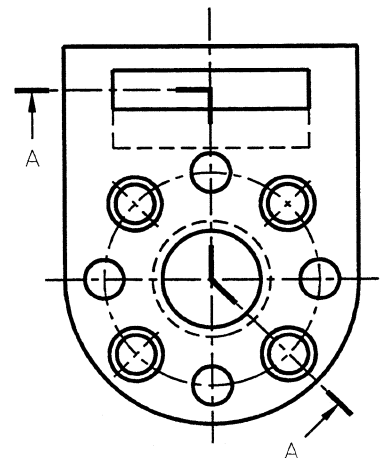
**Pijl aan goede kant (J/N):** staat de gestippelde pijl aan de juiste zijde van de hartlijn tik dan **j**, moet de pijl aan de andere zijde komen tik dan **n** (figuur 14.2). Herhaal dit aan het andere einde van de doorsnijdingslijn.

**14.1.2 Verspringing doorsnede aangeven**  
Klik op de optie **DoorSnedE Hoekpunten**:  
**Wijs hoekpunt aan:** plaats de 'pick-box' op het snijpunt van twee hartlijnen en klik met de linker muisknop.

**Wijs 1e lijn aan:** klik op de ene hartlijn.  
**Wijs 2e lijn aan:** klik op de andere hartlijn en het programma tekent een verdikt lijnstuk, geknikt op het snijpunt.



Figuur 14.1 Uitrolmenu Tekenhulpjes

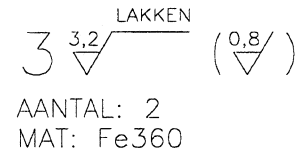


Figuur 14.2 Versprongen doorsnede

## 14.2 Informatie toevoegen aan een monotekening

### 14.2.1 Het informatieblok

Deze optie geeft in het informatieblok (verplicht!) op een monotekening (zie figuur 14.3) het stuknummer, het te vervaardigen aantal, het materiaal en de algemene ruwheidswaarde; eventueel aangevuld met ruwheidsaanduiding(en) voor de afzonderlijke vlakken. Dit informatieblok staat gewoonlijk in de rechter bovenhoek van de monotekening.



Figuur 14.3 Informatieblok op een monotekening

Klik in het uitrolmenu **Tekenhulpjes** op de optie **Informatieblok**:

**Stuknummer:** tik het juiste stuknummer in, hier stuknummer 3.

**Aantal:** geef het aantal zoals vermeld in de stuklijst van de (sub)samenstellingstekening, hier 2 stuks.

**Materiaal:** geef de materiaalaanduiding van het onderdeel (zie stuklijst (sub)samenstellingstekening), algemene aanduiding voor staal Fe360.

**Geef invoegpunt:** wijs een positie aan op de monotekening.

**Algemene ruwheidswaarde:** geef de algemene ruwheidswaarde; let hierbij op de wijze van vervaardigen en op de functie van het onderdeel (2D dictaat, hoofdstuk 5), hier is gekozen voor 3,2.

Nu verschijnt een pictogrammenmenu; klik hierin op het gewenste symbool, daarna op de knop **OK**.

**Extra bewerking:** geef de extra (oppervlakte) bewerking voor dat onderdeel; dit verschijnt alleen als het ruwheidswaardesymbool met 'vlag' is gekozen, hier is LAKKEN de eindbewerking.

**Kies bewerkingsspoor:** nu verschijnt een pictogrammenmenu met de symbolen voor de bewerkingssporen, kies hieruit het juiste symbool of verlaat met een klik op geen bewerkingsspoor het menu.

Hierna repeteren de vragen over de ruwheidswaarden totdat het commando met een 'lege' <↵> wordt afgesloten. De hierbij gekozen ruwheidswaarden worden tussen () achter de algemene ruwheidswaarde naast het stuknummer geplaatst, in het voorbeeld van figuur 14.3 is een bewerking nodig, waarbij de ruwheid 0,8 moet zijn.

LET OP

De zelfgemaakte tekenhulpjes schakelen vaak de door de gebruiker ingestelde OSNAP opties uit, omdat ze zelf OSNAP instellingen genereren.

### 14.2.2 Ruwheidsaanduidingen

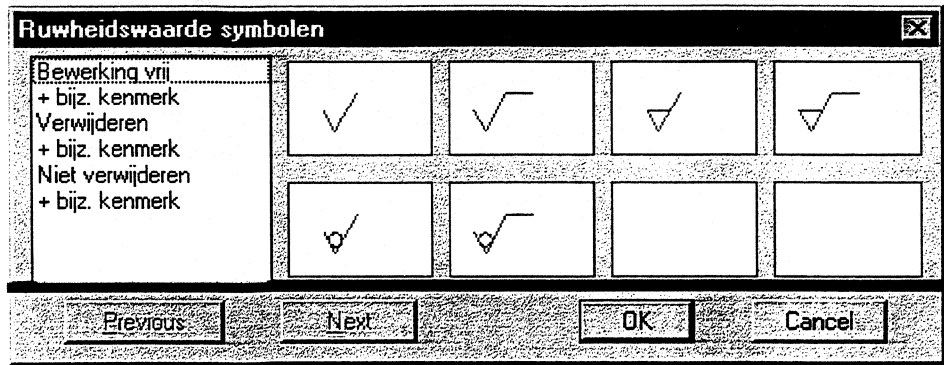
Klik in het uitrolmenu **Tekenhulpjes** op de optie **Ruwheidsaanduiding**:

**Geef invoegpunt:** wijs de plaats aan waar de aanduiding moet komen. Dit kan het best met optie NEArest gebeuren op een zichtbare begrenzingslijn of op een maataanhaallijn van het onderdeel op de monotekening.

**Ruwheidswaarde:** geef de ruwheidswaarde; let hierbij op de wijze van vervaardigen en op de functie van het onderdeel (2D dictaat, hoofdstuk 5). Nu verschijnt een pictogrammenmenu (figuur 14.4, raadpleeg voor het gebruik van een pictogrammenmenu 4.3.5); klik hierin op het gewenste symbool.

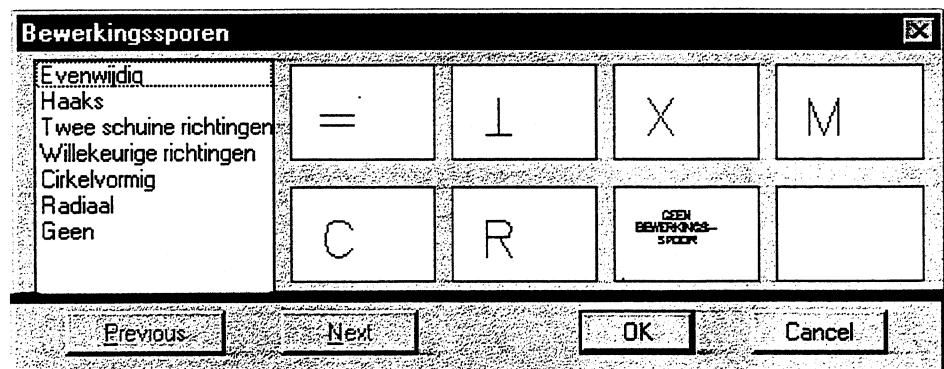
**Wordt gekozen voor een ruwheidswaardesymbool met 'vlag' dan komt de prompt:**

**Extra bewerking:** Tik hier de naam van oppervlaktebewerking of -behandeling voor dat onderdeel.



Figuur 14.4 Pictogrammenmenu met symbolen voor de ruwheidsaanduiding

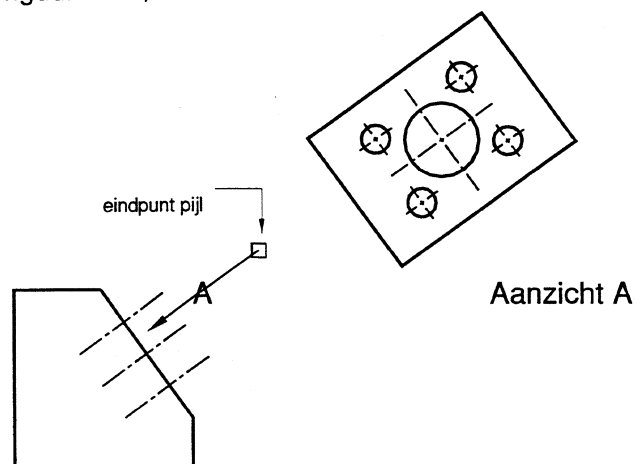
**Kies bewerkingsspoor:** nu verschijnt een nieuw pictogrammenmenu (figuur 14.5) met de symbolen voor de bewerkingssporen, kies het gewenste symbool of geen bewerkingsspoor, verlaat het menu met een klik op: **OK**.



Figuur 14.5 Pictogrammenmenu met Bewerkingssporen

### 14.3 Hulpaanzichtpijl

Een hulpaanzichtpijl wordt gebruikt om aan te geven vanuit welke richting een niet orthogonaal geplaatst aanzicht moet worden gezien. Dit is bijvoorbeeld het geval bij bijzondere aanzichten, zoals hulpaanzichten (zie figuur 14.6).



Figuur 14.6 Gebruik van hulpaanzichtpijl

Klik in het uitrolmenu op **Hulpaanzichtpijl**:

**Kies eindpunt pijl:** geef het punt aan, waar het eind van de verwijspijl moet komen (het aangegeven punt bepaalt tevens de lengte van de pijl).

**Selecteer voorwerp:** wijs de lijn aan waarnaar de pijl moet wijzen, er verschijnt een lijn die loodrecht staat op deze lijn, de pijlpunt staat op circa 2 mm afstand van die lijn.

**Aanzicht:** tik de letter (b.v. a) in die bij het bijzondere aanzicht moet komen, nu wordt de letter A horizontaal naast het midden van de verwijspijl geplaatst.

Het bijzondere aanzicht moet nog worden voorzien van de aanduiding: Aanzicht A.

#### 14.4 Snijdende hulplijnen voor bemating

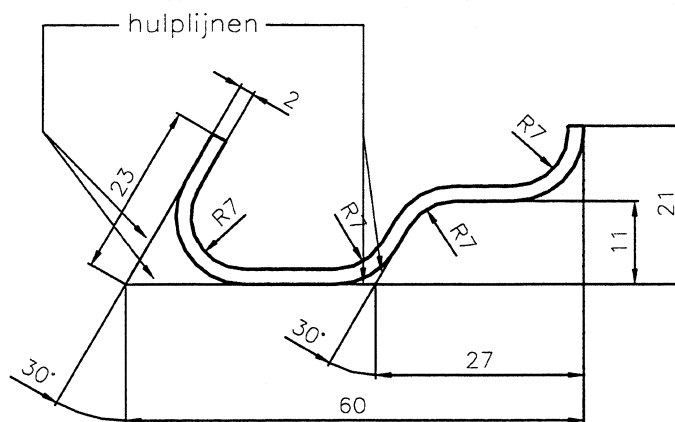
Vaak moet bemating gedaan worden aan een verlengd lijnstuk bijvoorbeeld als er afrondingen of buigstralen aan een produkt zitten. Het tekenhulpje snijdende hulplijnen verlengt rechte lijnstukken tot ze elkaar snijden.

Klik in het uitrolmenu **Tekenhulpjes** op **Snijdende hulplijnen**:

**Wijs lijn 1 aan:** klik op de eerste lijn die verlengd moet worden.

**Wijs lijn 2 aan:** klik de tweede lijn aan.

Figuur 14.7 toont het resultaat (2x toegepast bij een gebogen strip)



Figuur 14.7 Bemating aan snijdende hulplijnen

#### 14.5 Speciale hulpjes voor cilindrische voorwerpen, zoals assen en buizen

##### 14.5.1 Lijn onder een hoek

Hulpmiddel om twee lijnen te tekenen waarvan de ingesloten hoek bekend is en de lijn waarvan wordt uitgegaan niet horizontaal of verticaal loopt.

Klik op **Lijn onder een hoek**

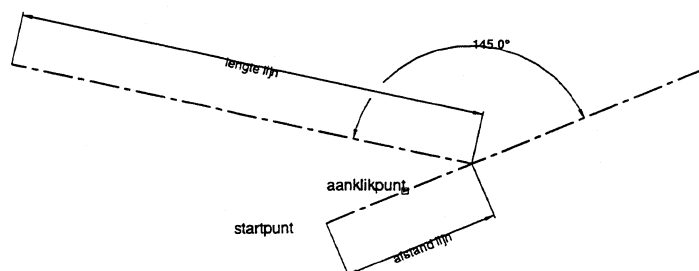
**Selecteer de lijn:** wijs de lijn aan (let op het startpunt komt op het eindpunt het dichtst bij het geselecteerde punt op de lijn).

**Afstand van startpunt lijn: 'O'** voor startpunt op het eindpunt van de lijn onder een hoek of de gewenste afstand invoeren als startpunt voor deze lijn.

**Lengte lijn:** voer de gewenste lengte van de lijn in.

**Welke hoek:** voer de gewenste hoek in.

**Lijn goed? <J>**: de computer doet een voorstel, bevestig dit met <↵>, of tik 'N' in.



Figuur 14.8 Lijn onder een hoek

### 14.5.2 Loodlijn

Hulpmiddel om een lijn te tekenen loodrecht vanaf een lijn op een gegeven afstand of vanaf een snijpunt van twee lijnen.

Klik op **Loodlijn**

**Selecteer de lijn:** wijs de lijn aan (let op het startpunt van de loodlijn komt op het eindpunt het dichtst bij het gekozen punt op die lijn).

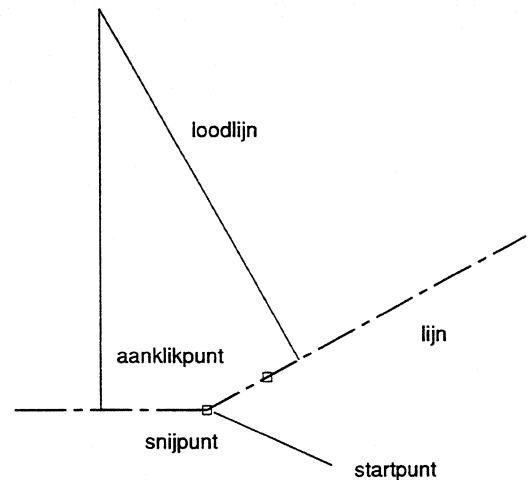
**Wijs snijpunt aan**

(geef <enter> voor geen): wijs het snijpunt aan of geef <↵>, het startpunt (figuur 14.9) ligt nu vast.

**Afstand van startpunt lijn:** geef de afstand vanaf het eindpunt van de geselecteerde lijn, dit wordt het beginpunt van de loodlijn.

**Lengte loodlijn:** voer de gewenste lengte in.

**Loodlijn goed? <J>:** de computer doet een voorstel; bevestig dit met <↵> of tik N in, om de loodlijn aan de andere zijde van de lijn te plaatsen.



Figuur 14.9 Loodlijn

### 14.5.3 Symmetrie aanduiding

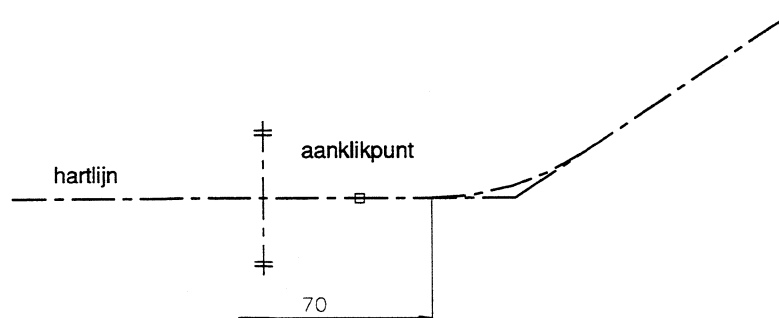
Hulpmiddel om een symmetrielijntje met symbolen te tekenen, zoals in het 2D-dictaat hoofdstuk 3.7.5 is aangegeven.

Teken eerst de hartlijn van het gehele voorwerp; deze hartlijn wordt door het commando in tweeën gedeeld, zorg dus dat de lengte klopt met de totale breedte van het voorwerp.

Klik op **Symmetrie aanduiding**

**Selecteer hartlijn:** wijs de hartlijn waarop de aanduiding moet komen.

**Geef de buisdiameter <22>:** bevestig de defaultwaarde of tik de gewenste as- of buisdiameter of de grootste maat van het voorwerp in. De symmetrietekens moeten buiten het voorwerp staan. Eventueel kan daarna het rechts uitstekende deel van de hartlijn worden ingekort met BREAK.



Figuur 14.10 Symmetrie aanduiding

### 14.5.4 Ellipsboog

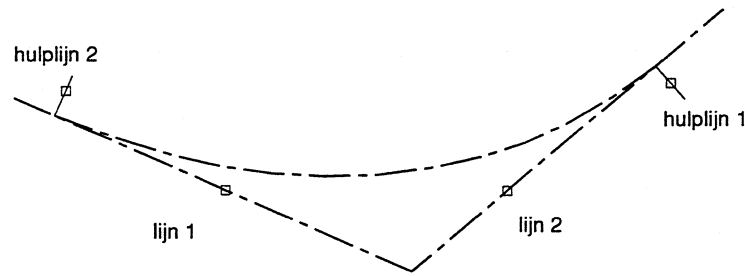
Hulpmiddel om een verkorte bocht te tekenen; dit komt veel voor bij 3-D buisproducten. Een been van een gebogen buis ligt niet in het vlak van tekening, waardoor de buigradius als een ellipsboog wordt geprojecteerd. Construeer eerst het begin- en eindpunt van de ellipsboog; zet dan met 'loodlijn' hulplijntjes op deze punten (zie figuur 14.11).

Klik op **Ellipsboog**

**Selecteer lijn 1:** wijs de eerste lijn aan.

**Selecteer lijn 2:** wijs de tweede lijn aan.

**Selecteer hulplijn 1:** wijs de getekende hulplijn aan.  
**Selecteer hulplijn 2:** wijs de andere hulplijn aan.



Figuur 14.11 Ellipsboog

LET OP

Figuur 14.11 geeft de juiste volgorde van het selecteren van de lijnen aan! Bij een te grote lengte van de hulplijn wordt een langere boog getekend, trim de overbodige boogdelen en rechte lijnstukken en verwijder de hulplijnen.

#### 14.5.5 Cilinderlijn

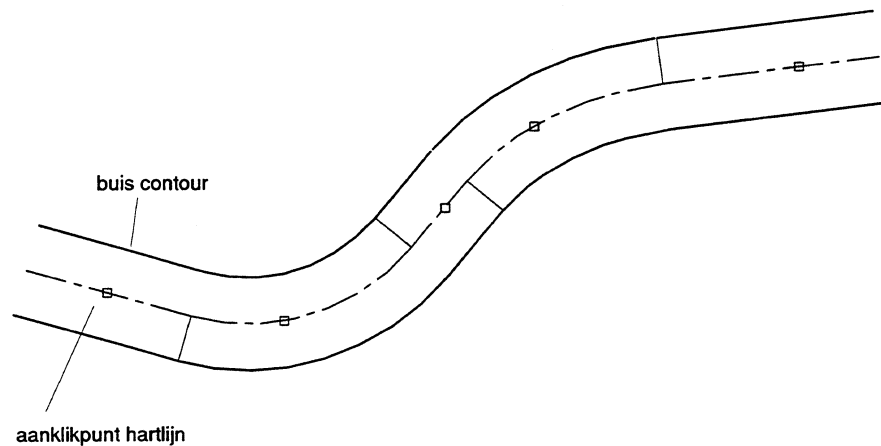
Hulpmiddel om vanaf een rechte of gebogen hartlijn evenwijdig aan deze hartlijn en op gelijke afstanden zichtbare begrenziingslijnen te tekenen. Dit komt voor bij het tekenen van buiskonstrukties, maar ook bij het tekenen van assen e.d..

Klik op **Cilinderlijn**

**Wijs de hartlijn aan:** wijs de gewenste hartlijn aan.

**Geef de cilinderdiameter <22>:** bevestig de defaultwaarde of tik de gewenste as- of buisdiameter of de grootste maat van het voorwerp in.

Doe dit voor elk recht en gebogen stuk hartlijn in de tekening en de contour van het cilindrische voorwerp wordt opgebouwd.



Figuur 14.12 Cilinderlijn

#### 14.6 Tekenhulpjes voor (draad)gaten en bussen

- 1 Boorpunt, zie figuur 14.14a
- 2 Booruitloop, zie figuur 14.14b
- 3 Bus, zie figuur 14.13
- 4 Draadgat, zie figuur 14.14c

Begin voor het gebruik van deze tekenhulpjes altijd met het tekenen van de hartlijn.

LET OP

Eerst de laag HARTLIJN kiezen.

De lijnen die met de volgende commando's worden getekend komen automatisch in de juiste laag terecht.

#### 14.6.1 Boorpunt

Geef eerst de gat lengte aan.

Klik in het uitrolmenu **Tekenhulpjes** op de optie **Boorpunt**:

**Boorpunt...**

**Diameter boorpunt:** tik de gewenste waarde in.

**Geef invoegpunt:** wijs de positie aan waar de boorpunt moet komen, zie figuur 14.14 voor de plaats van het invoegpunt.

#### 14.6.2 Booruitloop

Geef eerst aan hoe diep het draadgat moet worden.

Klik op de optie **Booruitloop**:

**Booruitloop...**

**Geef type booruitloop (5 voor M5, etc.):** tik de gewenste waarde in ( de waarden lopen van M4 - M24).

**Geef invoegpunt:** wijs de gewenste positie aan.

Met EXTEND kunnen de lijnen van het boorgat en de booruitloop worden verlengd (zie figuur 14.14).

#### 14.6.3 Bus

Met deze tekenhulp wordt eenvoudig door het invoeren van de diameters en de lengte een doorsnede van een (lagerbus) getekend. De arcering moet door de tekenaar zelf worden toegevoegd (denk aan de juiste laag), zie figuur 14.13.

Teken eerst de hartlijn voor de bus, zodat met een osnap-functie de invoegpunten op de hartlijn worden gepositioneerd.

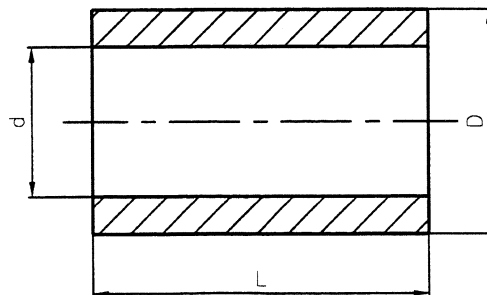
**Geef waarde d:** voer de binnendiameter in.

**Geef waarde D:** voer de buitendiameter in.

**Geef waarde L:** voer de lengte in.

**Geef eerste invoegpunt:** wijs aan waar de bus moet beginnen, er 'hangt' reeds een Int(ersection) aan de kruisdraad.

**Geef tweede invoegpunt:** wijs een willekeurig punt aan op de hartlijn, de positie daarvan bepaalt of de bus rechts of links van het eerste invoegpunt wordt getekend.



Figuur 14.13 Doorsnede van een bus (arcering is later toegevoegd)

#### 14.6.3 Draadgat

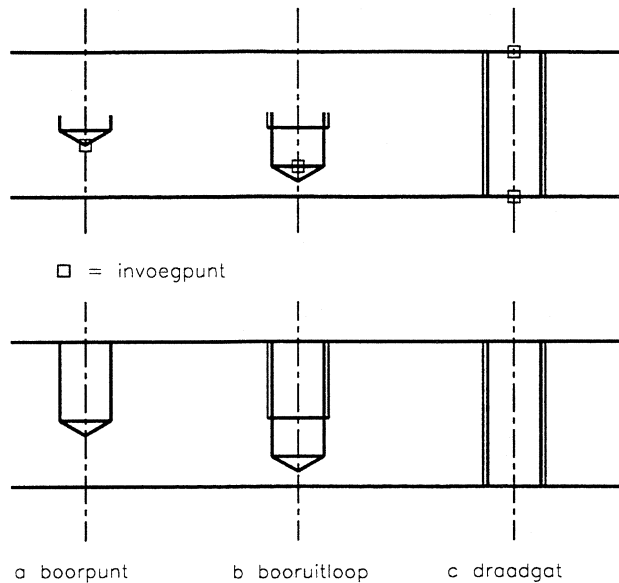
Klik op de optie **Draadgat**:

**Draadgat...**

**Geef type draadgat (5 voor M5, etc.):** tik de gewenste waarde in (ook hier is M4 de kleinste waarde).

**Geef eerste invoegpunt:** wijs aan waar het draadgat moet beginnen, er 'hangt' een Int(ersection) aan de kruisdraad.

**Geef tweede invoegpunt:** wijs aan waar het draadgat eindigt, ook met Int aan de kruisdraad (figuur 14.14).



Figuur 14.14 Plaatsen van boorpunt, booruitloop en draadgat

## 14.7 Normdeel

Hierachter gaat een bibliotheek van veel gebruikte norm- en standaarddelen schuil. Tijdens de cursus worden nog delen toegevoegd, daardoor kunnen de afbeeldingen afwijken van hetgeen er op het scherm verschijnt. Raadpleeg daarom altijd de bij de oefeningen uitgereikte aanvullingen.

Wordt op **Normdeel** geklikt dan verschijnt een pictogrammenmenu (zie 4.3.5). Boven dit menu staat: **Kies Normdeel (vooraanzicht)** (figuur 14.15); moet een vooraanzicht van een normdeel in de tekening worden geplaatst klik dan op het bijbehorende pictogram.

### 14.7.1 Schroefdraadartikelen en ringen

In een keuzelijst kan dan de grootte worden aangeklikt; bij bouten moet eerst de schroefdraadmaat worden gekozen, waarna de vereiste lengte kan worden geselecteerd.

Voor de plaatsing van het normdeel is al een osnap-optie (meestal INTERsection) actief, zie verder 10.3 en figuur 10.3.

DEZE FIGUUR WAS TIJDENS DE VOORBEREIDING VAN DEZE HANDLEIDING NOG NIET BESCHIKBAAR.  
IN DE LOOP VAN DE CURSUS ZAL EEN DEFINITIEVE VERSIE VAN DEZE PAGINA'S UITGEREIKT WORDEN.

Figuur 14.15 Pictogrammenmenu Kies Normdeel (vooraanzicht) en Kies normdeel (bovenaanzicht)

Is een bovenaanzicht nodig klik dan in het pictogrammenmenu **Kies Normdeel (vooraanzicht)** op de optie **Bovenaanzicht** en het **Kies normdeel (bovenaanzicht)** menu (figuur 14.16) verschijnt.

Voor een doorsnede, alleen mogelijk voor vlakke sluitringen voor hout en voor kogellagers, is het menu **Kies normdeel (doorsnede)** (figuur 14.17) bedoeld.



Vanuit elk pictogrammenmenu kan door aanklikken van: Vooraanzicht, Bovenaanzicht of Doorsnede naar het betreffende menu worden gesprongen, door aanklikken van **Exit** wordt het menu verlaten.

#### 14.7.2 Kogellagerbibliotheek

**DIT DEEL WORDT GEHEEL HERZIEN TIJDENS DE CURSUS UITGEREIKT**

Figuur 14.20 Pictogrammenmenu Kies normdeel (doorsnede) en schermmenu voor lagerkeuze



# Plotten en bestandsbeheer

## 15.1 Plotten van tekeningen

### 15.1.1 Regels voor het plotten bij het IDE141 practicum 2D

Het is niet mogelijk direct uitvoer te krijgen. Bij de oefeningen van het practicum 2D staat aangegeven van welke tekening de student een plotfile moet worden aangemaakt. Het plotten van deze files gebeurt door de tekenstaf. **Dit kan NIET met het AutoCAD PLOT-commando!!**

Voordat het commando PLOTFILE wordt gegeven moet eerst de tekening op het scherm worden opgeroepen.

1. Roep de tekening op vanuit het **Files** uitrolmenu met **Open...**, vul achter **Enter name of drawing:** de naam van de gewenste tekening in.
2. Klik in het schermmenu op **PLOTFILE**.

De tekening komt weer op het scherm met de **Command:**-prompt en de oefening kan worden vervolgd of afgesloten.

Tussenplot

Het is bij de eindopdracht ook mogelijk voordat definitief een plotfile van groot formaat (duur!) wordt gemaakt, eerst een plotje op A4-formaat te maken en deze te controleren op fouten. Deze zogenaamde tussenplot komt direkt uit de A4-laserprinter in de computerzaal.

WWW-pagina

### 15.1.2 Regels voor het plotten bij algemeen gebruik


Raadpleeg hiervoor de web-pagina's van io, speciaal die van 'Vrij gebruik AutoCAD' en 'Printen' (wat kost een velletje).


Printaccount

Elke aangemaakte plot wordt afgerekend, verhoog bijtijds je printaccount. Controleer voor het plotten je printaccount: klik op het \$-teken rechts in de taakbalk.

Bij de Repro kan je saldo worden verhoogd; ga met de kwitantie naar de netwerkbeheerder van I & A (Richard Smits), die zal je account verhogen met het betaalde bedrag. Later dit jaar (1997) kan de Repro, na betaling, je printaccount verhogen.

Werkwijze:

Bekijk met het **plot-preview** icoon:  hoe de plot eruit zal zien, vooral of alles past binnen het te plotten kader.

Klik op het **plotten** icoon:  en de rest gaat automatisch  
De gemaakte plots zijn de volgende ochtend op te halen in de computerzaal aan de Leegwaterstraat of bij de Repro io.\*

Tussenplot

Heb je sneller een afdruk nodig klik dan in het **Tekenhulpjes** uitrolmenu op **tussenplot**, er is dan direct uitvoer op A4-formaat naar de printer in de zaal. De tekeningen worden dan verkleind naar A4, met maar één lijndikte.

\* zie de WWW-pagina

## 15.2 Bestandsbeheer

Een lijst met namen van tekeningen (files) in een directory kan op de gebruikelijke manier opgevraagd worden.

Tekeningen die opgeslagen worden krijgen de extensie .dwg, terwijl de oude tekening onder dezelfde naam, maar met de extensie .bak ook in je directory blijft staan.

Bestanden worden in je directory **H:** geplaatst als je ingelogd bent met een account voor algemeen gebruik.

Kopieer na het inloggen files van je floppy van A: naar je eigen H: directory. Vanaf de H: directory werken gaat sneller dan vanaf floppy.

Bij het opslaan van een tekening schrijft AutoCAD de 'oude' tekening weg als .bak file (even groot als de oude tekening). Door deze .bak file te hernoemen met als extensie .dwg kan AutoCAD ze weer lezen.

Verwijder overbodige files zoals .bak-files, want je hebt maar een beperkte hoeveelheid geheugenruimte (20 MB) tot je beschikking.

# Literatuurlijst

Boeken zijn in bezit van bibliotheek of tekenstaf

Titel	Release	ISBN
AutoCAD Command Reference Autodesk Inc, 1997	14	
AutoCAD Customization Guide Autodesk Inc, 1997	14	
AutoCAD User's Guide Autodesk Inc, 1997	14	
AutoCAD en Microsoft Office; tekening, tekst database en rekenblad Boeklagen R, 1997, TEC, Nijmegen		90-72487-15-X
Graphics for Engineers (AutoCAD 13) Earle, JH, 1996, Addison-Wesley, Reading	13	0-201-84-601-2



# Register

De cijfers verwijzen naar de pagina waar het sleutelwoord voor het eerst wordt gebruikt of wordt verklaard.

In dit register beginnen de AutoCAD begrippen met een Kapitaal; AutoCAD commando's zijn geheel in KAPITALEN. (Dimension => Dim.)

Windows NT begrippen zijn **vetgedrukt**.

Door de TPI-staf gemaakte commando's zijn *cursief* gedrukt.

- aanmaken nieuwe tekening 4.9
  - absolute coördinaten 5.4
  - Add 6.2
  - Aerial View 8.3
  - afbreeklijnen 5.13
  - afvinkvak 4.6
  - af rondingen 7.5
  - afschuiningen 7.6
  - afstand 12.3
  - ALIGN 7.10
  - All 6.2
  - ARC 5.3
  - arceren 5.9
  - arcering* (layer) 9.1
  - AREA 12.3
  - ARRAY 7.13
  - Associatieve
    - arcering 5.9
    - bemating 11.3, 11.6
  - AutoCAD
    - afsluiten 4.10
    - interface 4.1
    - Text Window 12.3
  - Base point, block 10.1
  - basispunt, stuklijst 13.2
  - BEMATING
    - afschuining:
      - hoek 45° 11.9
      - Inwendig 11.12
    - bol, 11.18
    - diameter:
      - inwendig 11.11
      - steekcirkel 11.19
      - uitwendig 11.9
    - gat:
      - cilindrisch 11.16
      - verzonken cil. 11.17
      - verzonken hoek 90° 11.17
  - groef:
    - inwendig 11.13
    - uitwendig 11.20
  - hoekmaat 11.16
  - layer *bemating* 9.1
  - lengtemaat:
    - aansluitmaat 11.14
    - één maat 11.10
    - basislijn 11.10
    - herhalingspatroon 11.20
    - kort 11.11, 11.14
    - schuin vlak 11.15
  - radius:
    - afronding aan cilindrisch deel 11.12, 11.19
    - bemaat middelpunt 11.11
    - inwendig 11.19
    - uitwendig 11.13
  - schaal 11.5
  - schroefdraad:
    - inwendig 11.13, 11.17
    - uitwendig 11.19
  - sleutelwijdte 11.18
  - tolerantie:
    - algemeen 11.4
    - asymmetrisch 11.20
    - ISO aanduiding 11.18
    - symmetrisch 11.19
  - variabelen, wijzigen van 11.3
- bestandsbeheer 15.2
  - BLOCK 10.1
  - BMAKE 10.1
  - bogen 5.6
  - boorpunt* 14.7
  - booruitloop* 14.7
  - Box 6.3
  - Boundary Hatch 5.10
  - BREAK 7.2
  - bus* 14.7

cartesisch stelsel 4.1  
 CENTER 5.1  
 CHAMFER 7.6  
 CHANGE 7.7  
*cilinderlijn* 14.7  
 CIRCLE 5.3, 5.5  
**clipboard** 10.2  
 commandobalk 4.2  
 commando's 2.1  
*construc* (layer) 9.1  
 Construction Line 9.2  
 Continue  
     bogen 5.6  
     bemating 11.2  
 coördinaten 5.4  
 COPY 7.11  
 COPY ROTATE 7.12  
**copy to clipboard** 10.2  
 Cpolygon 6.2  
 crosshatching 5.10  
 Crossing 6.2  
 cursor 4.1  
  
 DDEDIT 5.12  
 decimale • 5.4  
 default waarde 2.2  
 dialoogvenster  
     Arcering 5.10  
     Block Definition 10.1  
     Boundary Hatch 5.10  
     Dim. Annotation 11.4  
     Dim. Geometry 11.5, 11.6  
     Dim. Primary Units 11.4  
     Dim. Tolerance 11.4  
     Drawing Aids 4.2, 12.2  
     Help 4.8  
     Insert 10.3  
     Layer & Linetype 4.5  
     Modify Circle 7.8  
     Multiline Text Editor 11.6  
     Object Grouping 6.4  
     Object Snap Settings 5.1  
     Point Style 7.15  
     Primary Units 11.4  
     Save Drawing As 4.10  
     Select Drawing File 10.4  
     Select File 4.9  
     Units Control  
 Dimension 11.1  
 Directory 15.2  
 Display 12.4  
 DISTANCE 12.3  
 DIVIDE 7.15  
 DONUT 5.8  
 doorsnede  
     *eindpunten* 14.1  
     *verspringing* 14.1  
 DOUGHNUT 5.8  
*draadgat* 14.7  
 drukknop 4.6  
 DTEXT 5.11  
*dunlijn* (layer) 9.1  
  
 Dynamic Zoom 8.2  
  
*ellipsboog* 14.5  
 ellipsen 5.7  
 ENDpoint 5.1  
 ERASE 7.1  
 EXIT 4.10  
**exit-icoon** 3.1  
 EXPLODE 7.7, 10.4  
 EXTEND 7.4  
 Extended Apparant Intersection 5.2  
  
 Fence 6.2  
 File 4.9, 15.2  
 FILLET 7.5  
 Fly-out iconenmenu  
     algemeen 4.5  
     Arc 5.6  
     Circle 5.5  
     Ellipse 5.7  
 FREEZE 9.2  
 From 5.2  
 functietoetsen 4.2  
  
 geometrische toleranties 11.21  
 graden-teken 11.3  
 GRID 4.2  
 Grips 6.4  
 GROUP 6.3  
  
*hartlijn* (layer) 9.1  
 HATCH 5.9  
 HELP 4.8  
*hulpaanzichtpijl* 14.3  
*hulplijnen, snijdende* 14.4  
  
 informatie opvragen 12.2  
*informatieblok* 14.2  
 inloggen 3.1  
 Inquiry 12.1  
 INSERT 10.3  
 INSertion 5.2  
 instellingen 12.1  
 instelvenster (zie bij dialoogvenster)  
 INTERsection 5.2  
 invoegmode 4.6  
 invoervak 4.6  
 invulvenster rechteronderhoek 4.11  
  
 kader 12.4  
*kader* (layer) 9.2  
 keuzelijst 4.5  
 keuzevak 4.6  
**klembord** 10.2  
 knoppenmenu 4.3  
*kogellagerbibliotheek* 14..  
 kruisdraad 5.3  
  
 laag 9.1  
 Last 6.2  
 Layer Control 9.1  
 LAYER EXPLODE 7.7



Layers

- Arcering* 9.1
- Bemating*
- Construc*
- Dunlijn*
- Hartlijn*
- Kader* 9.2
- Nzbegrl*
- Stuklijst*
- Symbool*
- Tekst*
- Zbegrl*
- lengte opvragen 12.3
- LENGTHEN 7.4
- lijn onder een hoek* 14.4
- LINE 5.3, 5.5
- limieten 12.4
- LIMITS 12.4
- LIST 12.3
- loodlijn* 14.5
  
- maatinschrijving 11.1
- magneetmode 5.1
- Make Block 10.1
- MEASURE 7.16
- menu 4.1
- MIDpoint 5.1
- MIRROR 7.12
- Mirrtext 7.12
- Modify 7.1
- monotekening 14.2
- MOVE 7.9
- muis 2.1
- muisinvoer 5.3
- muismenu 4.3
- Multiple 6.3
  
- NEArest 5.2
- NEW 4.9
- NODE 5.2
- None 5.2
- normdeel* 14.8
- nzbegrl (layer)* 9.2
  
- Object Grouping 6.3
- Object Snap Mode 5.1
- OFFSET 5.8
- omtrek 12.3
- onderbreken van elementen 7.2
- onderhoek, rechter* 4.11
- OOPS 7.1, 10.2
- OPEN 4.9
- oppervlak 12.3
- oproepen tekening 4.9
- opslaan tekening 4.9
- ORTHO 4.3
- OSNAP 4.3
- overschrijfmode 4.6
  
- PAN 8.1
- paste from clipboard** 10.2
- PEDIT 5.9
  
- PERpendicular 5.2
- pictogrammenmenu
  - Bewerkingssporen 14.3
  - Geometrische toleranties 11.21
  - Hatch pattern palette 4.4
  - Ruwheidswaarde sym. 14.3
- plaats- (vorm- en) toleranties 11.21
- plotten 15.1
- plus-minus-teken 11.3
- Point 7.15
- Polar array 7.14
- POLYGON 5.7
- polygoon 5.7
- POLYLINE 5.9
- poolcoördinaten 5.4
- Previous 6.2
- Pull-down menu (zie uitrol menu)
  
- QUAdrant 5.2
  
- RAYS 9.4
- rechteronderhoek* 4.11
- RECTANG(le) 5.8
- rectangular array 7.13
- REDO 7.1
- REDRAW 8.4
- relatieve coördinaten 5.4
- Release 12 en 13 1.2
- Remove 6.2
- rond-teken 11.3
- ROTATE 7.10
- ruwheidsaanduidingen 14.2
  
- samenstellingstekening 13.2
- SAVE 4.9
- SCALE 7.10
- schermindeling 4.1
- schroefdraadartikelen 14.8
- schuifbalk** 4.2
- SELECT OBJECTS 6.1
- Shut Down Windows venster** 3.2
- SKETCH 5.13
- SNAP 4.2
- SNAP Rotate 5.11
- snijdende hulplijnen* 14.4
- standaard knoppenmenu 4.3
- STATUS 12.3
- statusbalk 4.2
- STRETCH 7.9
- stuklijst* 13.2
- stuklijst (layer)* 9.2
- stuklijst op subsamenstelling 13.3
- stuknummering* 13.1
- subsamenstelling 13.3
- symbool (layer)* 9.2
- symmetrie aanduiding* 14.5
  
- tabblad 4.6
- TANGent 5.2
- tekenhulpjes* 13.1, 14.1
- tekenrichting 5.3
- tekst (layer)* 9.2

tekst 5.11  
 THAW 9.2  
 titelbalk 4.1  
 toetsenbordequivalent 4.6  
 toleranties:  
     algemeen 11.4  
     geometrische 11.21  
 transparant commando 4.8  
 TRIM 7.2  
*tussenplot* 15.1  
  
 uitlijnen van tekst 5.12  
 uitloggen 3.1  
 uitrolmenu  
     Dimension 11.1  
     Draw 4.3  
     Layer 9.1  
     Modify 7.1  
     Tekenhulpjes  
     Tools 9.4, 12.1, 12.2  
     View 8.1  
 UNDO 7.1  
 UNITS 12.2, 11.5  
  
 veelhoeken 5.7  
 verdelen 7.15  
 verlengen 7.2  
 verplaatsen 7.9  
 vierkant-teken 11.3  
 VIEW 8.1  
 voorbeeldvak 4.7  
 vorm- en plaatstoleranties 11.21  
  
 waarschuwingsvenster 3.1  
 WBLOCK 10.3  
**werkbalk** 4.2  
 Window 6.2  
 Wpolygon 6.3  
  
*zbegrl* (layer) 9.2  
 ZOOM  
     Zoom 8.2  
     Zoom Center 8.3  
     Zoom Extents 8.3  
     Zoom Previous 8.2  
     Zoom Scale 8.3  
     Zoom Window 8.2

# Technisch Tekenen met behulp van AutoCAD Release 14

Deze handleiding wordt uitgereikt aan het begin van de cursus.



# Bijlage 3D

## Inhoud

### 1. 3-dimensionale figuren

#### Opmerking:

Dit deel is afkomstig uit het diktaat technisch tekenen io17 dat werd gebruikt tot het cursusjaar 1992-1993

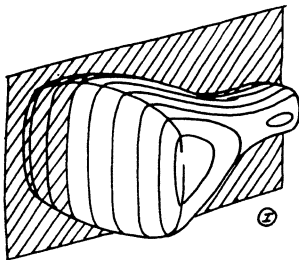


# 3-dimensionale figuren

## TEKENWIJZE VAN 3-D FIGUREN: LIJNENPLAN

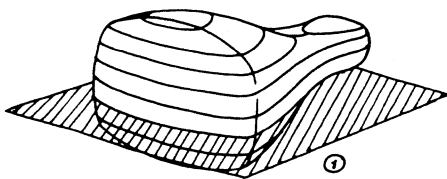
Bij het ontwerpen van gebruiksgoederen zou het, uit oogpunt van de tekenaar, voordelig zijn om de konstruktie op te bouwen uit eenvoudige meetkundige basisfiguren, zoals kubus, bol, cilinder etc. Door eisen vanuit andere disciplines is dit in de meeste gevallen niet wenselijk en ontstaan figuren die voor een volledige vastlegging op papier minimaal drie onderling loodrechte projekties nodig hebben. In de praktijk betekent dit dat veel van de matrijzen en stempels dan ook geproduceerd worden aan de hand van een grove schets en een regelmatige kommunikatie tussen ontwerper en gereedschapsmaker. Daarnaast is de komputerbeschrijving ontstaan, die het mogelijk maakt om de gereedschapsmachines direkt op, in de komputer vastgelegde, koördinaten te laten draaien hetgeen tekeningen overbodig maakt. Toch zal het vaak noodzakelijk blijven om enigszins waarheidsgetrouwe afbeeldingen van het produkt te bezitten. Een hiervoor te gebruiken techniek is de zogenaamde lijnentekening of het lijnenplan.

Kern van de techniek is de opsplitsing van het lichaam door een drietal onderling loodrechte evenwijdige vlakkenstelsels.



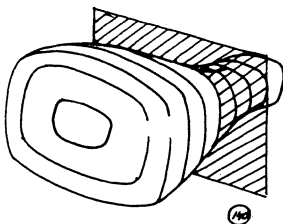
Figuur 15.1 'vertikalen'

Het eerste stelsel wordt gedacht het lichaam in verticale richting te doorsnijden en wel evenwijdig aan het eventueel aanwezige symmetrievlak (zie fig. 15.1). De aldus ontstane lijnen worden "vertikalen" genoemd. In het bovenaanzicht zijn deze vertikalen als rechte lijnen te zien en ze worden genummerd met romeinse cijfers (I, II, III) dan wel van millimeter notatie voorzien  $\left(\frac{200}{L}\right)$ .



Figuur 15.2 'horizontalen'

Het tweede stelsel vlakken doorsnijdt het voorwerp in horizontale richting en staat dus loodrecht op het eerste stelsel (zie fig. 15.2). Ze worden "waterlijnen" genoemd, een uit de scheepsbouw voortgekomen term en ze verschijnen in het zijaanzicht als rechte lijn. Ze worden genummerd met arabische cijfers (1, 2, 3...) of ook van millimeter aanduiding voorzien  $\left(\frac{200}{H}\right)$ .



Figuur 15.3 'dwarsdoorsneden'

Het derde stelsel vlakken staat loodrecht op beide voorgaande stelsels en doorsnijdt de figuur in dwarsrichting (zie fig. 15.3). Binnen de scheepsbouw wordt deze doorsnijding "spant" genoemd. Ze worden meestal genummerd naar het aantal millimeters van het beginpunt van het lichaam (b.v. nr. 865) en verschijnen in boven- en zijaanzicht als rechte lijnen  $\left(\frac{200}{D}\right)$ .

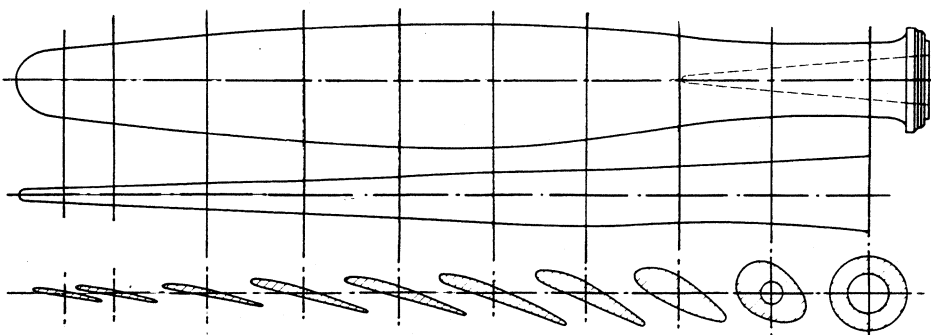
Tezamen vormen deze drie stelsels een netwerk met behulp waarvan alle punten van de figuur bij benadering vastliggen (zie fig. 15.4 en 15.7). Naarmate men van meer vlakken gebruik maakt, zal de nauwkeurigheid toenemen.

Om het beeld van het produkt te completeren, kan tenslotte een model gemaakt worden waarbij het model ontstaat m.b.v. mallen die overeenkomstig de doorsnijdingslijnen in het lijnenplan gemaakt worden (zie fig. 15.5). Gebruiken we een negatieve mal dan kan deze als kontrôle mal of schraapmal gebruikt worden. Gebruiken we een positieve mal dan kan de ruimte tussen de vlakken opgevuld worden met een vloeï- of kneedbare stof die daarna uithardt, b.v. gips. Na schuren is dan een zeer waarheidsgetrouwe afbeelding ontstaan (zie fig. 15.6).

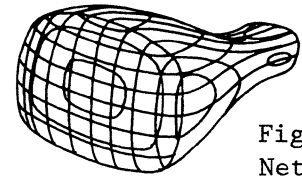
In de praktijk zullen netwerken vaak op niet krimpend of uitzettend materiaal worden aangebracht aangezien bij deze vorm van tekenen, tegen de regels in, direkt van de tekening moet worden afgelezen. Hiervoor zijn speciale kunststofvellen ontwikkeld, die voldoen aan de gewenste nauwkeurigheid. Ook kan op metaal worden gewerkt. Is dit niet mogelijk dan is het verstandig om het te gebruiken papier eerst vochtig te maken en weer te laten drogen alvorens er op te tekenen. Dit vochtig maken kan gebeuren door met een spons over de achterzijde te gaan.

Bij het tekenen zal vaak gebruik gemaakt worden van de koördinatenmethode. Soms worden deze koördinaten van een reeds aanwezig model afgelezen m.b.v. een 3-D meetinstrument. Is er geen model aanwezig dan dienen de koördinaten berekend te worden dan wel op enig andere logische wijze bepaald. Hierna kan m.b.v. mallen, strooklatten en gewichten de tekening worden gecompleteerd.

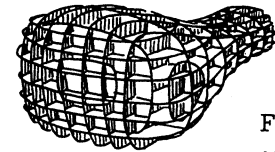
Ter illustratie volgen nog voorbeelden van een schroefblad, een handwiël, een sportauto en de laatste bark op het Meer van Genève (La Vaudoise). Verder is als bijlage een case van een sleetje opgenomen die een en ander in de praktijk laat zien. (overgenomen uit "Form und Zweck" jaargang 1979, nr. 1)



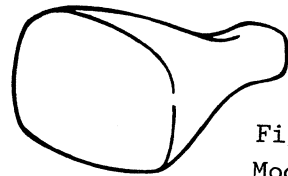
Figuur 15.8 Voorbeeld van een schroefblad, waarbij slechts één stelsel van doorsnijdingsvlakken is gehanteerd. Zinvol is hier gebruik gemaakt van een doorsnedenreeks



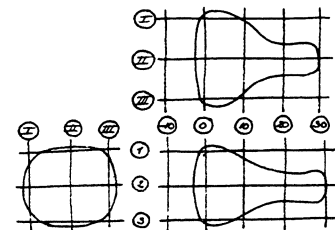
Figuur 15  
Netwerk



Figuur 15  
Mal



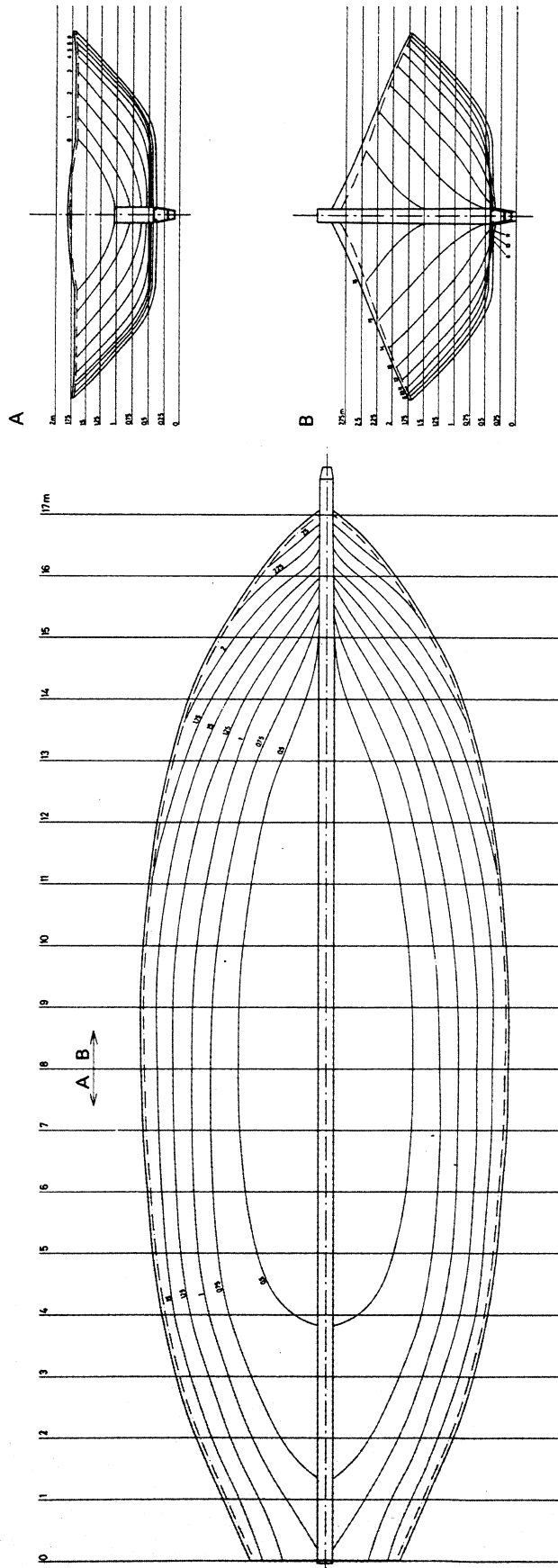
Figuur 15  
Model



Figuur 15  
Lijnenplan

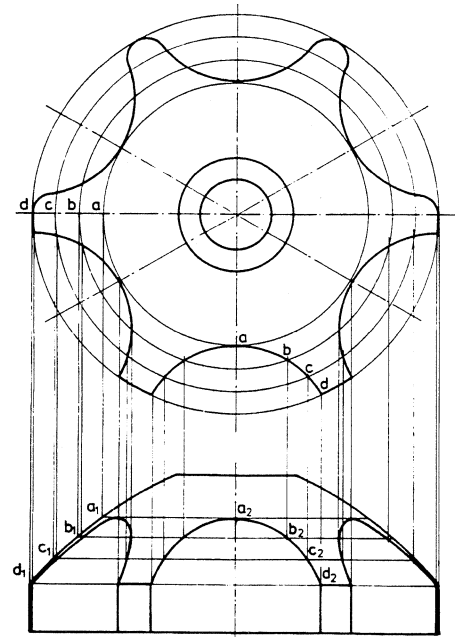






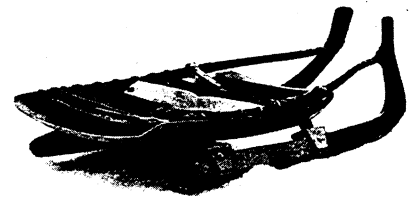
3Dbijl.4

Figuur 15.9b Lijnenplan van de bark 'La Vaudoise'



Figuur 15.10 Handwiel

# Vom Strak zur Form



1

Der Werkstoff für Rennschlittenverkleidungen war Anlaß für erste Kontakte zwischen dem Deutschen Schlitten- und Bobsportverband der DDR (DSBV der DDR) und der Hochschule für industrielle Formgestaltung Halle, Burg Giebichenstein. Das Ingenieurkollektiv des Bereiches Technik und Naturwissenschaften beschäftigt sich seit langem mit glasfaserverstärkten Polyesterharzen, die neben anderen Materialien für dieses Wintersportgerät Verwendung finden. Aus der anfänglichen Zusammenarbeit für eine schnelle Problemlösung – es war eine Negativform für die Verkleidung eines einsitzigen Rennschlittens (Abb. 1) herzustellen – hat sich eine intensive wissenschaftliche Zusammenarbeit entwickelt, die auch andere Problemkreise dieser Wintersportart einbezieht.

Bei der Verkleidung eines Rennschlittens handelt es sich nicht um eine nachträglich aufgesetzte Schönheitskosmetik des eigentlichen Gerätes, sondern um einen leistungssteigernden Bestandteil desselben, die Fahreigenschaften und aerodynamische Güte des Systems Fahrer und Schlitten verbessernd.

Im folgenden soll an Hand der Entwicklung einer Verkleidung für einen doppelsitzigen Rennschlitten der Gestaltungsweg beschrieben werden.

Nach dem Besuch eines internationalen Rennens, bei dem auch die Rennschlitten der Konkurrenz in Aktion erlebt und kritisch betrachtet werden konnten, kam es zu Gesprächen mit

Sportlern und Trainern.

Diese Gespräche sowie das Auswerten von Erfahrungen mit älteren Rennschlitten führten zunächst zur Formulierung von Entwicklungszielen. Sie lauten: Zu verringern ist der Luftwiderstand des Gesamtsystems Fahrer und Schlitten, um höhere Fahrgeschwindigkeiten zu erzielen, und der Einfluß äußerer Störgrößen (wie Wind und Fahrbahnunebenheiten), um das Fahrverhalten und die Steuerbarkeit des Schlittens zu verbessern.

Der nächste Schritt war die Ermittlung von Größen, die auf die geforderten Eigenschaften Einfluß nehmen. Dazu gehören unter anderem:

---

## Beiträge zur Methodik

---

- die Lage des Angriffspunktes von Luftkräften bei verschiedenen Anblasrichtungen;
- die Position der Verkleidung am Schlitten;
- die Lage des Schwerpunktes von Fahrer und Schlitten;
- die Sitz- bzw. Liegeposition der Fahrer in der Verkleidung;
- Bauvorschriften, die durch das internationale Reglement vorgegeben sind.

Nach eingehender Diskussion aller dieser Einflußgrößen wurden die Grob-

konturen und die Lage der Verkleidung am Schlitten festgelegt.

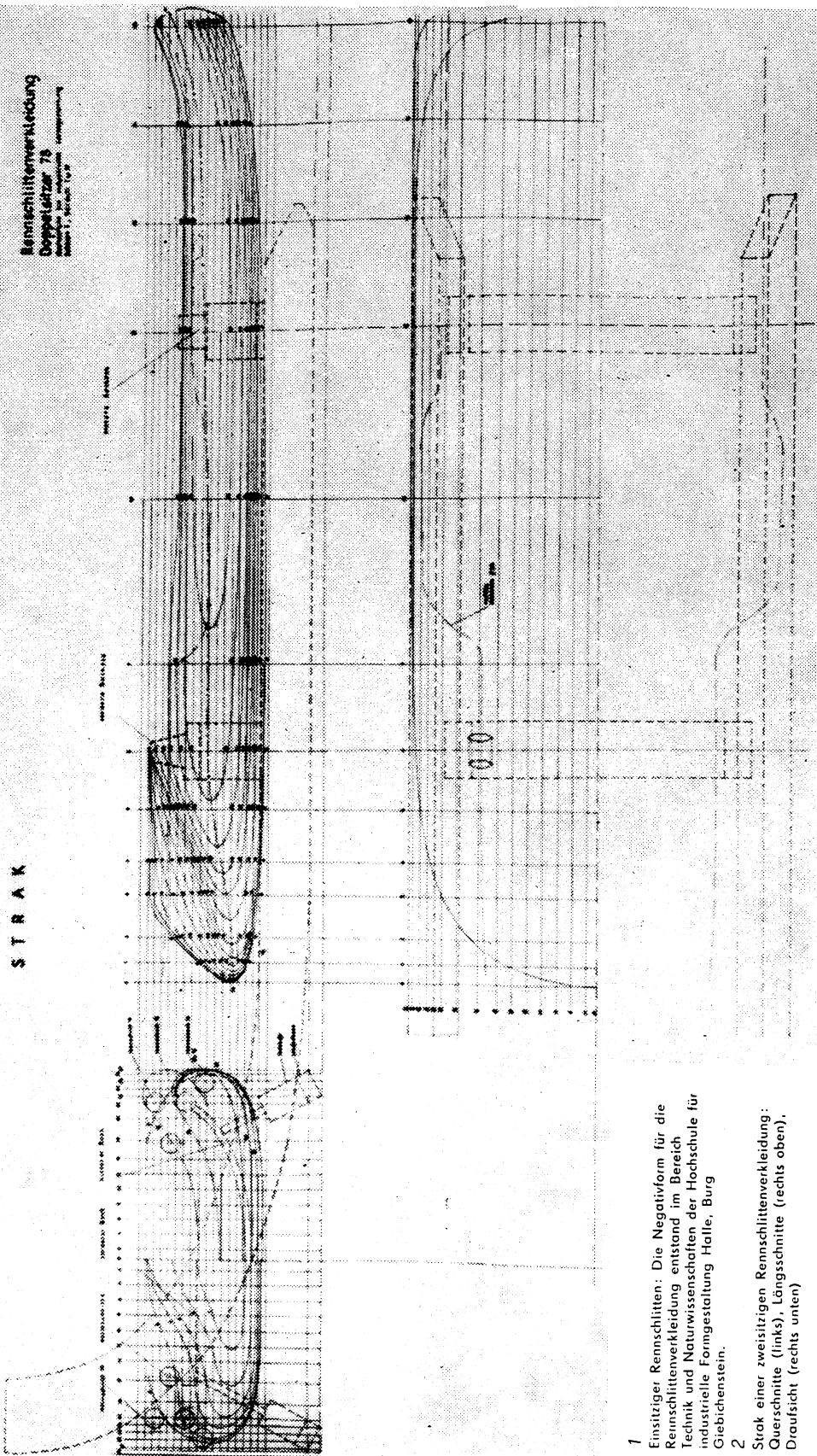
Danach entstand mit Hilfe dieser Festlegungen im sogenannten Strakverfahren die endgültige zeichnerische Form der Schlittenverkleidung. Unter Verwendung dieses Verfahrens kann man einen räumlichen und sphärischen Körper nicht nur exakt gestalten, sondern erhält – sozusagen als Nebenprodukt – genaue Körperschnitte, die es ermöglichen, ein Urmodell präzise entsprechend der Zeichnung zu bauen.

Die Methode des Strakens beruht auf dem Zerlegen des zu gestaltenden Körpers in beliebig viele Längs-, Quer- und nötigenfalls auch Horizontalschnitte. Dabei muß jede Schnittlinie mit den benachbarten Schnittlinien harmonisieren und außerdem den Gesetzmäßigkeiten der Strömungsdynamik entsprechen. Es handelt sich hier keineswegs um ein stupides zeichnerisches Verfahren streng nach Rezept, sondern das Formgefühl des Konstrukteurs spielt bei der Festlegung der einzelnen Schnittlinien eine wichtige Rolle. Die Genauigkeit des Verfahrens wird durch wechselseitige Korrektur der erhaltenen Schnittlinien auf verschiedenen Schnittebenen erreicht.

Sehr wichtig in diesem Zusammenhang ist, daß bei einem sorgfältig ausgeführten Strak keinerlei Änderungen am Modell gegenüber der Zeichnung notwendig sind. Der so gestaltete Körper genügt nicht nur funktionellen, sondern auch ästhetisch-formalen Anforderungen. Dies klingt vielleicht etwas übertrieben, aber die Tatsache, daß seit Bestehen des modernen Schiff- und Flugzeugbaues dieses Verfahren die wichtigsten die Form betreffenden Unterlagen in diesen Industriezweigen liefert, sollte vielleicht so manchen Formgestalter, der auf seine Gips-, Gieß-, Kratz- und Schleifmethode schwört und einen solchen organisch-sphärischen Körper nur am plastischen Modell gestalten will (und

Rennschlittenverkleidung  
 Doppelsitzer 75  
 Motor 1,5 Liter 10 CV

S T R A K



1  
 Einsitziger Rennschlitten: Die Negativform für die Rennschlittenverkleidung entstand im Bereich Technik und Naturwissenschaften der Hochschule für industrielle Formgestaltung Halle, Burg Giebichenstein.

2  
 Strak einer zweisitzigen Rennschlittenverkleidung: Querschnitt (links), Längsschnitt (rechts oben), Draufsicht (rechts unten)

3-9

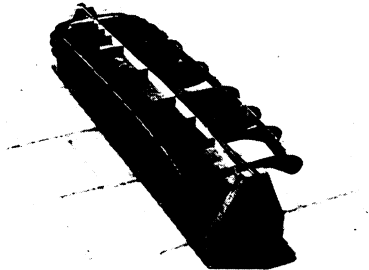
Herstellen des Urmodells einer  
Rennschlittenverkleidung

3/4

Konturen skelett aus Pappschablonen: Grundlage für  
den Bau des Urmodells

5/6

Ausfüllen der Zwischenräume mit PUR-  
Schaumstoffstücken

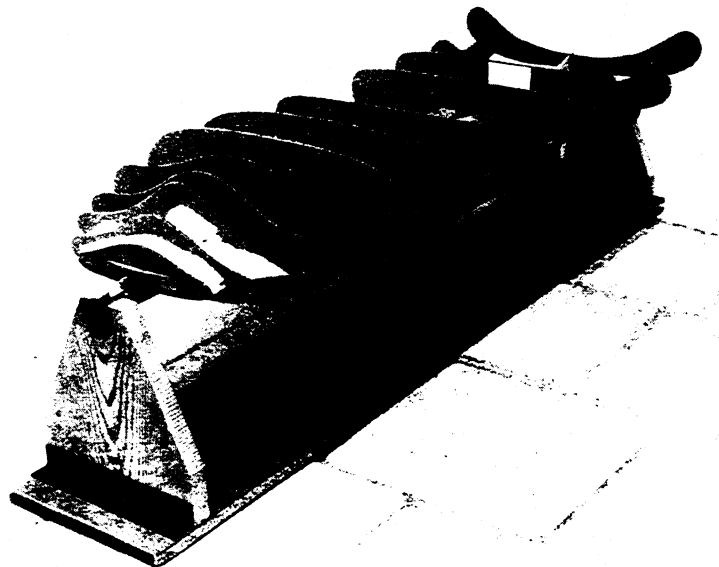


3

kann), überzeugen. Es muß natürlich gesagt werden, daß das Straken vornehmlich für mobile Körper geeignet ist, die von irgendeinem Medium verlustarm umströmt werden. Die Kenntnis strömungstechnischer Gesetzmäßigkeiten ist dabei vorauszusetzen. Aber auch jeder andere Körper mit harmonisch verlaufenden Konturen kann mit Hilfe dieses Verfahrens gestaltet werden.

Mit Hilfe der im Strak gewonnenen Quer- und Längsschnitte (Abb. 2) entstand aus Pappschablonen ein Konturen skelett auf einer drehbar gelagerten Platte, das mit Schaumstoff bis dicht an die Außenkontur ausgefüllt wurde (Abb. 3-6). In dieser Phase der Arbeit, in der ein räumlich erkennbares Zwischenergebnis vorlag, fand eine ohne Einschränkung erfolgreiche Verteidigung vor dem Auftraggeber und den Schlittensportlern statt. Die Umsetzung des vorgestellten Entwurfs in die für die Produktion benötigte Negativform (Abb. 7-12) schloß sich an. Durch Ausfüllen des restlichen Volumens zwischen den Pappschablonen mit einer fünf bis zehn Millimeter dicken Gipschicht - anschließend geschliffen, gespachtelt und wieder geschliffen - ergab sich die Oberfläche des für die Herstellung der Negativform erforderlichen Urmodells (Abb. 7).

Nach der Herstellung der Negativform (Abb. 11), ebenfalls aus glasfaserverstärktem Polyesterharz gefertigt, war der Forschungs- und Entwicklungsvertrag mit dem DSBV der DDR zunächst erfüllt. Die gemeinsame Auseinandersetzung mit der Rennschlittenverkleidung geht jedoch bei deren praktischer Erprobung weiter. Über die im Wettkampf erzielten Leistungen kann gegenwärtig (im September 1978) noch nichts gesagt werden.



4



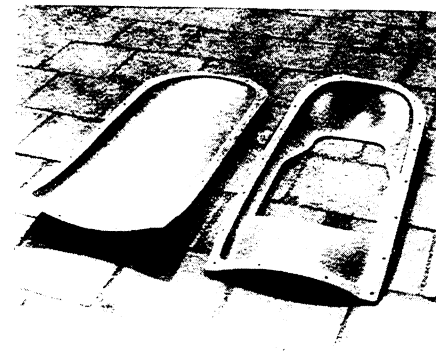
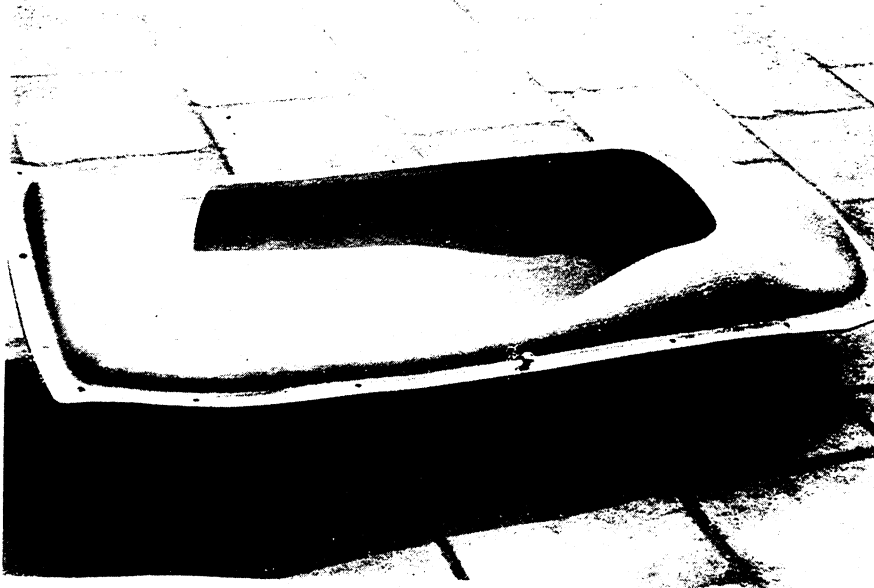
5



6

7  
 Urmodell der Rennschlittenverkleidung: umhüllt  
 von einer 5 bis 10 mm dicken Gipschicht und  
 Nitrospritzspachtel

8/9  
 Urmodell: gewachst, poliert, versehen mit  
 flüssigem Trennmittel und montiertem Kragen, der  
 die Trennebene der Negativformteile ergibt



3Dbijl.8

10-12  
 Negativform des Urmodells aus  
 glasfaserverstärktem Polyesterharz: Die  
 Negativform aus zwei verschraubbaren Teilen  
 gestattet durch Ausschneiden ein Anpassen an den  
 künftigen Nutzer.

11

12

# Bijlage 2D

## Inhoud

- 1. Tekenhulpmiddelen**
- 2. Normalisatie**
- 3. Het opzetten van een tekening**
- 4. Lijnen, Cirkels en Bogen**
- 5. Het handmatig tekenen van 2-dimensionale krommen**
- 6. Vereenvoudigde tekenwijze van schroefdraad**
- 7. Mechanische bewerkingen**

Opmerking:

Bijlage 7 is overgenomen uit het diktaat "Toelichting bij de normen" van de Katholieke Universiteit Leuven.





# Tekenhulpmiddelen

## 1.1 Tekenhulpmiddelen

Veel van de problemen bij het technisch tekenen kunnen worden voorkomen of aanzienlijk verkleind door een goed gebruik te maken van de juiste hulpmiddelen.

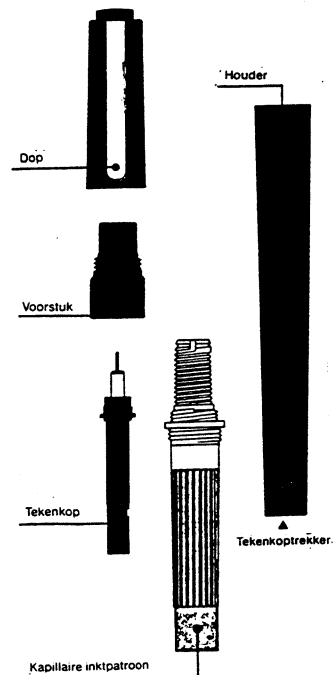
### Tekenpotlood

Voor het maken van een potloodtekening kan een gewoon (houten) potlood gebruikt worden, de hardheid van de grafietstift moet voor gebruik op tekenpapier of folie minstens 2H bedragen. Tegenwoordig wordt veel gebruik gemaakt van stifthouders, waarin stiften van verschillende diameter en hardheid geplaatst kunnen worden. Het gebruik van een stifthouder met een 0,5 mm stift, hardheid 2H, verdient de voorkeur; het slijpen van een punt op een schuurplankje is niet meer nodig.

Een blauwe 0,5 mm stift is ook beschikbaar met het voordeel dat, bij copieren of lichtdrukken de met deze stift getekende (constructie)lijnen wegvalen.

### Tekenvulpen

De vulpenhouders bestaan uit: dop, inktstuk, tank of inktpatroon en houder. De onderdelen passen met klem- en/of schroefverbindingen in elkaar.



Tekenvulpen

De diverse merken verschillen weinig in kwaliteit en gebruiksvriendelijkheid. Als in de penhouder het symbool m of de aanduiding ISO is gegraveerd, betekent dit dat de pen past in lettersjablonen met genormaliseerd schrift; de lijndikte is dan 0,1 x de letterhoogte.

Met behulp van een passerinzetstuk kan elk inktstuk ook in passers gebruikt worden. Controleer bij aankoop met passer en pen of het inzetstuk ook daadwerkelijk past. De meeste fabrikanten leveren passers speciaal geschikt voor gebruik met hun eigen tekenvulpen.

## Gum

Kies voor het raderen van potloodlijnen een potloodgum van een bekend merk; goedkoop, merkloos gum geeft vaak vlekken die moeilijk te verwijderen zijn.

Voor het raderen van inktlijnen wordt gebruik gemaakt van speciaal inkradeergum; dit verwijderd op chemische wijze de inkt zonder het oppervlak van de folie te beschadigen.

Let op: Na gebruik van dit gum moet met gewoon potloodgum worden nagegumd.

## Inkt en tekeningdrager

Voor het tekenen op transparant tekenpapier is tekeninkt verkrijgbaar in diverse kleuren. Bij de faculteit van het Industrieel Ontwerpen wordt gebruikt gemaakt van een transparante kunststoffolie op basis van polypropylene (Opaal). Hierop moet gewerkt worden met een zogenaamde niet-etsende inkt, alleen in zwart verkrijgbaar.

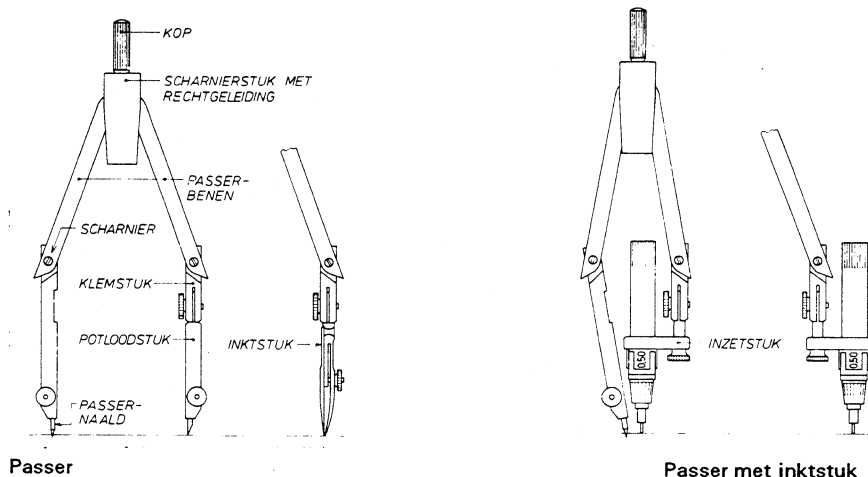
Voordelen van de polypropyleen-tekenfolie:

- grote scheurvastheid
- ongevoelig voor vocht en daardoor zeer maatvast
- geschikt voor gebruik met gewone tekenpennen

## 1.2 Het tekenen van cirkels, cirkeldelen en kegelsneden

### Passer

Voor het tekenen van gebogen lijnen wordt eerst gekeken of het geheel, of delen van het geheel, opgebouwd kan worden uit cirkelsegmenten. Voor het konstrueren van deze cirkeldelen kan gebruik gemaakt worden van meerdere typen passers, met de daarbij behorende hulpstukken. Een passer is een precisie-tekengereedschap, gemaakt voor jarenlang gebruik, bezuinig niet op de aankoop ervan.

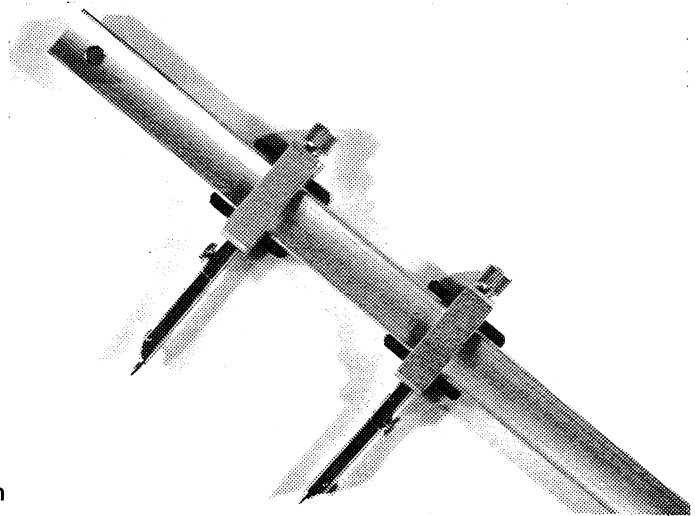


Passer

Passer met inktstuk

## Stokpasser

Indien de noodzaak aanwezig is om een cirkels of cirkeldelen met een zeer grote straal te tekenen en een passer met verlengstuk niet toereikend is, kan gebruik worden gemaakt van een stokpasser. Een stokpasser bestaat uit een rail-profiel waarover twee schuifstukken kunnen glijden. Deze schuifstukken zijn in elke gewenste stand te fixeren middels een stelschroef. Het ene schuifstuk bevat de passernaald en in het andere schuifstuk kan een houder voor een potloodstift of een inzetstuk voor een tekenpen geplaatst worden.



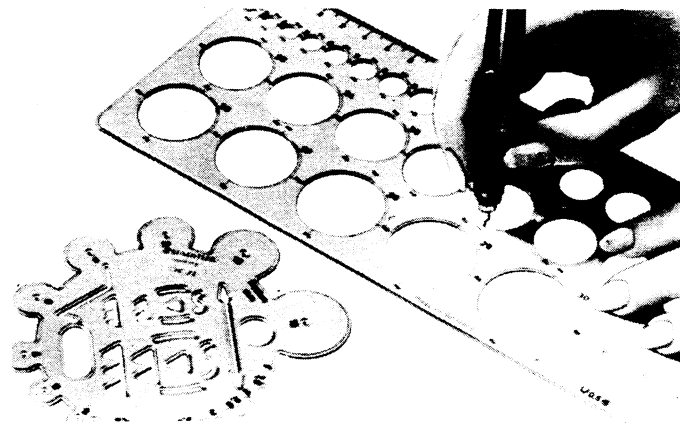
Stokpasser

## Spoorwegmallen

Soms moet met cirkelbogen gewerkt worden met een straal van b.v. honderd meter of meer. Zelfs met gebruik van schaal 1:10 blijft nog een moeilijk te tekenen boog over. Er is een set mallen ontwikkeld met zeer grote stralen, aangezien vooral bij civiele projecten hieraan veel behoefte bestaat hebben deze mallen de naam 'spoorwegmallen' gekregen.

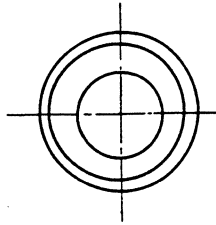
## Afrondingsmal

Men gebruikt een afrondingsmal (ook wel cirkelmal genoemd) om afrondingen aan lijnen te maken. Om hiervoor een passer te gebruiken die iedere keer ingesteld moet worden zou zeer tijdrovend zijn. Daarom wordt in dat geval met een afrondingsmal gewerkt waarmee afrondingen met een kleine straal kunnen worden getekend. Grote afrondingen worden om nette aansluitingen met de rechte lijnen te krijgen met de passer getekend.



Cirkelmal

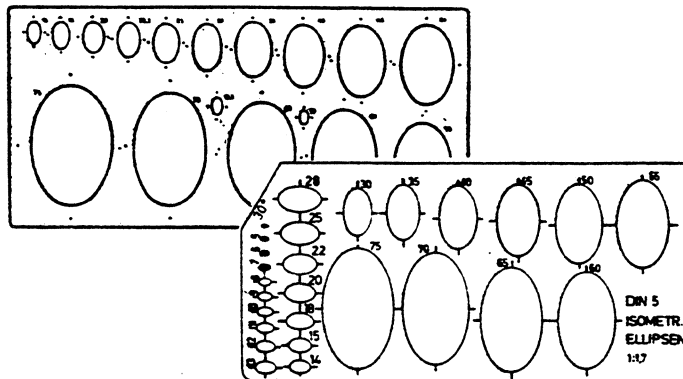
Voor het tekenen van cirkels zijn deze mallen niet geschikt, het is zeer moeilijk met deze mal het middelpunt van de cirkel precies op het snijpunt van de hartlijnen te krijgen. Bij het tekenen van concentrische cirkels is het vrijwel onmogelijk met deze mal de cirkels concentrisch te krijgen.



Concentrische cirkels getekend m.b.v. een cirkelmal

### Ellips-, parabool-, hyperboolmallen

Bestaat de behoefte om gekromde lijnen op wiskundige wijze te beschrijven dan wordt vaak naar kegelsneden gegrepen. Ook zal iedere cirkel die onder een hoek geprojecteerd wordt als ellips te zien zijn. Om deze gekromde lijnen strak te kunnen tekenen zijn uitgebreide sets mallen te koop, waarvan de ellipsmallen het meest bekend zijn.

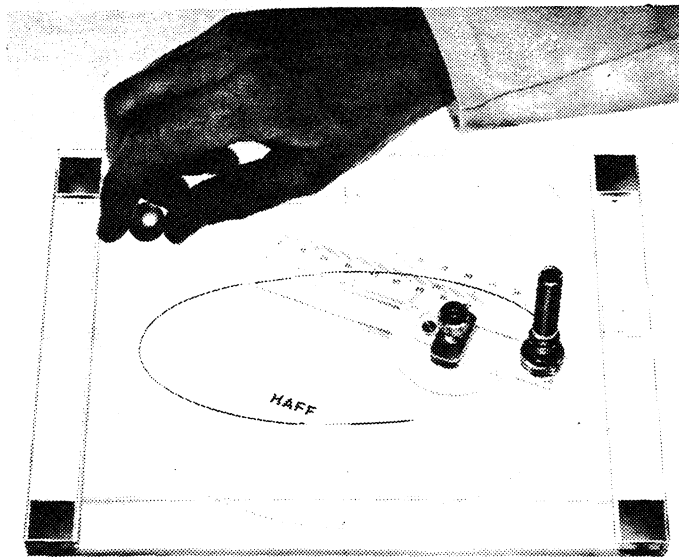


Ellipsmallen

### Ellipsograph

Vaak komt de gewenste ellips niet op de mallen voor. In dat geval kan gebruik worden gemaakt van een tekenapparaat dat de ellipsen konstrueert met behulp van de concentrische cirkel methode. De lengte van de lange as en van de korte as kan onafhankelijk van elkaar ingesteld worden om de ellips te tekenen. Ook hier is de lengte van de lange as aan een maximum gebonden. Dit instrument is in twee grooten in de handel; type 97 met lange as max. 170 mm, korte as max. 110 mm; type 98 met assen van max. 350 en 230 mm.

De konstruktie van ellipsen met behulp van een passer is beschreven in bijlage III van io 14 Ruimtelijk Inzicht en Computergebruik.

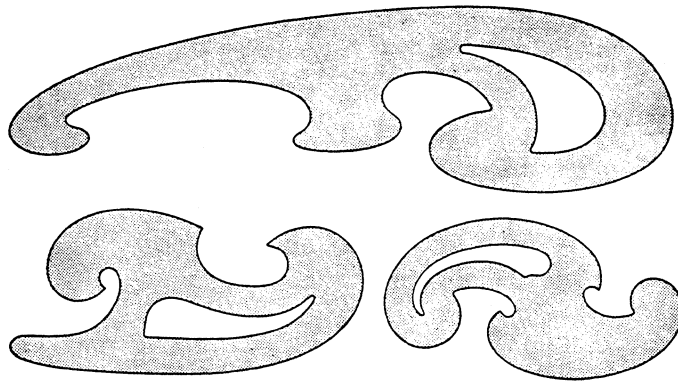


Ellipsograph

### 1.3 Materialen voor het tekenen van onregelmatige krommen

#### Mallen voor onregelmatige krommen

Voor het tekenen van een onregelmatig gekromde lijn kan gebruik gemaakt worden van mallen. Deze mallen zijn er in vele soorten en maten, ze zijn meestal opgebouwd uit delen van een ellips, hyperbool of evolvente. Het materiaal is bij voorkeur doorzichtig kunststof. Benaming: 'French' curve; 'Burmester' set; schaats. Naast dit type algemene mal bestaan er veel speciale mallen waarmee delen van ellipsen, parabolen, spiralen, scheepskrommen etc. kunnen worden getekend.

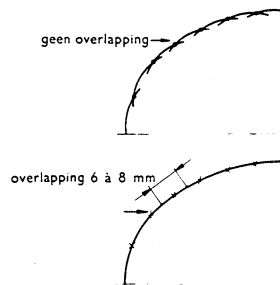


Burmeister set

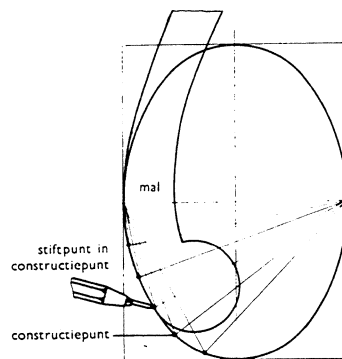
Mallen zijn ontworpen voor het strakke vormgeven van reeds met de hand getrokken lijnen en het wordt dan ook afgeraden om, na berekening van enkele coördinaten direkt door de aldus gevonden punten met behulp van een mal de kromme te tekenen. Mocht dit onverhoopt toch noodzakelijk zijn, dan dienen zoveel mogelijk coördinaten gezocht te worden. De later te bespreken strooklatten kunnen hiervoor ook gebruikt worden.

In normale gevallen wordt eerst uit de hand een zo soepel mogelijke kromme door de gevonden punten geschetst. Hierna kan met behulp van mallen aan de kromme spanning gegeven worden en het geheel in inkt gezet worden. Voor het verkrijgen van een vloeiend verloop laat men een zo groot mogelijk

deel van de mal samenvallen met de geschetste kromme. Daarna wordt het lijnsegment getrokken waarbij een korte afstand voordat lijn en mal beginnen af te wijken met tekenen wordt opgehouden. Het volgende lijnsegment wordt nu met de mal gekombineerd waarbij kromme en mal iets voor het eind van het reeds aanwezige lijnsegment moeten overlappen. Probeer steeds om bij een overgang de respectievelijke raaklijnen te laten samenvallen.

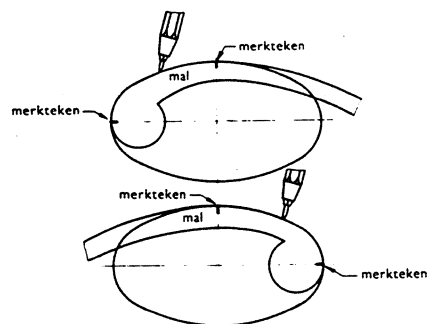


Het op de juiste wijze tekenen van kromme lijnen



Het teken van een ellips met schaats

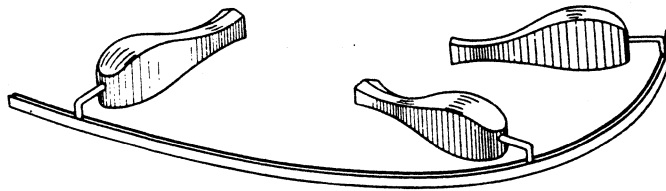
Bij een symmetrische kromme moet er voor worden gewaakt dat door verschillend gebruik van de mal aan beide zijden van de symmetrie-as, geen onregelmatige, asymmetrische kromme ontstaat.



Opbouw symmetrische kromme

## Strooklatten

Hebben we te maken met een lang doorgezette onregelmatige kromme met niet al te abrupte afrondingen, dan kan gebruik gemaakt worden van strooklatten. Dit zijn dunne kunststof latten die in de gewenste vorm te buigen zijn en daarna met behulp van gewichten, de zogenaamde 'olifantjes' of 'ducks', kunnen worden gefixeerd. Langs deze lat is een strakke lijn te trekken met veel spankracht. Er zijn strooklatten die naar de einden taps toelopen voor krommen met de kleinste kromtestraal aan de uiteinden en strooklatten die in het midden hun kleinste doorsnede hebben voor krommen met de kleinste kromtestraal tussen de uiteinden.



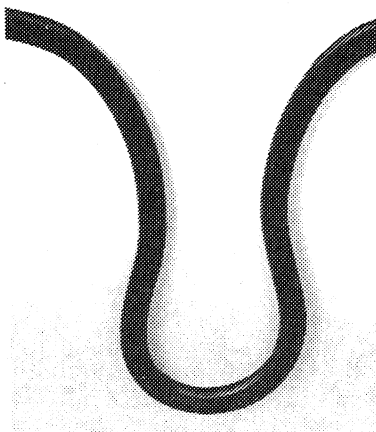
## Strooklatten

Meestal worden strooklatten en mallen gekombineerd gebruikt. De strooklatten voor de lange, geleidelijke krommingsdelen en de mallen voor de uiteinden of de meer abrupte overgangen.

Let op: Neem de afstand tussen de gewichten niet te groot en neem ze pas na drogen van de inktlijn één voor één van het midden uit weg in verband met plotseling losspringen.

## Loodlineaal

Voor het tekenen van krommen met een groot aantal onregelmatige en vrij sterk gekromde elementen over een relatief korte afstand kan gebruik gemaakt worden van een loodlineaal. De loodlineaal bestaat uit een buigzame loden kern gevat in een omhulsel van een flexibele kunststof. Hij is op eenvoudige wijze te buigen en blijft dan in die kromming gefixeerd. Een nadeel van dit hulpmiddel is dat de getrokken lijnen moeilijk op spanning te brengen zijn en de kans op verschuiven of verbuigen groot is. Bij gebrek aan een loodlineaal kan ook gebruik gemaakt worden van een dik stuk soldeerdraad.

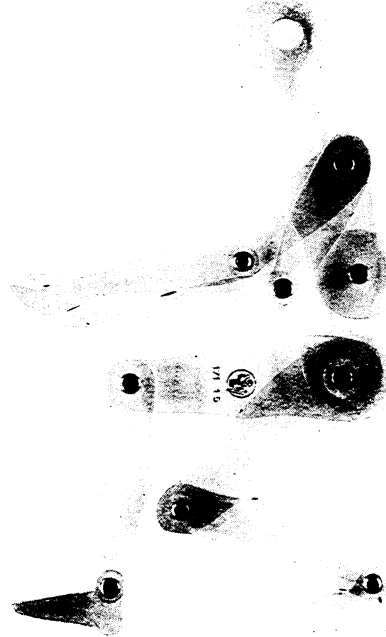


## Loodlineaal

## 1.4 Materialen voor het tekenen van ergonomische figuren

### Sjabloon man

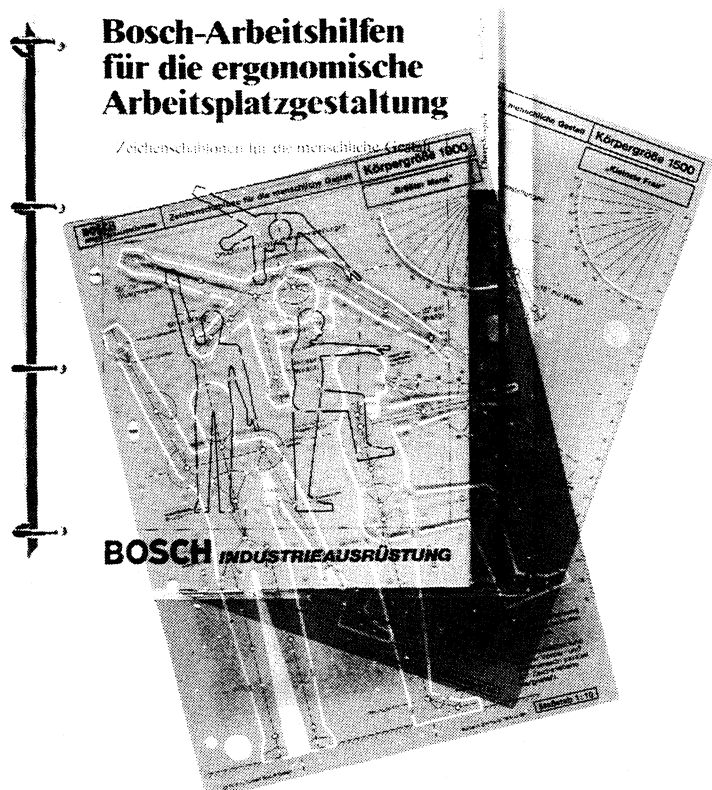
Houdingen van een gemiddelde man van 1.75 m kunnen met deze mal benaderd worden. De afbeelding wordt niet geheel waarheidsgetrouw maar vooral de minder geoefende tekenaar kan met behulp van deze mal toch tot redelijke afbeeldingen komen. Ze zijn beschikbaar in de schalen 1 : 5 en 1 : 10.



Sjabloon-man

### 'Bosch' mallen

Een type mal met meer mogelijkheden is de 'Bosch' mal. Deze mallen zijn speciaal ontwikkeld voor het tekenen van houdingen van mensen aan hun werkplek. Er is een uitgebreide gebruiksaanwijzing bij. Beschikbaar zijn: 'grootste man'; 'grootste vrouw' tevens 'middelmaat man'; 'middelmaat vrouw' tevens 'kleinste man'; 'kleinste vrouw'.



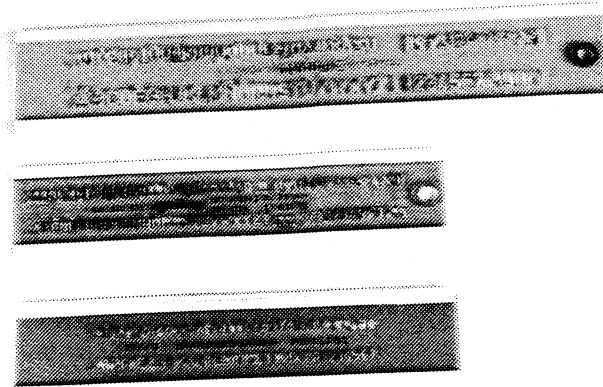
Bosch-mal



## 1.5 Tekenhulpmiddelen voor teksten

### Lettersjabloon

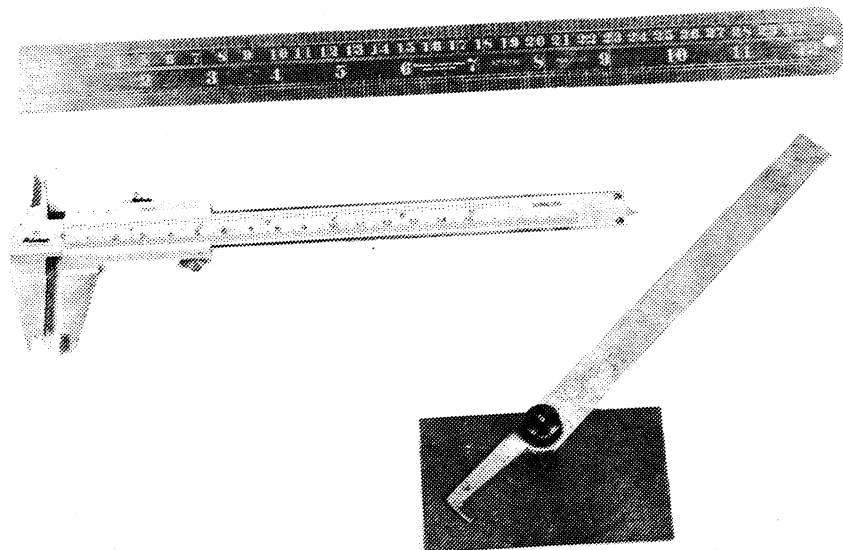
Voor het tekenen van tekst is een veelheid van sjablonen beschikbaar. Deze zijn genormeerd en afgestemd op het gebruik van tekenpennen gemerkt met het m symbool of de aanduiding ISO. Zowel kursief als rechtstaand schrift is mogelijk. Er zijn ook sjablonen met speciale symbolen en ook met het griekse alfabet beschikbaar.



### Lettermallen

## 1.6 Meetgereedschap als tekenhulpmiddel

Het komt voor dat van bestaande onderdelen tekeningen gemaakt moeten worden. Een groot aantal meetgereedschappen is hiervoor beschikbaar. Als voorbeeld zijn hier drie meetinstrumenten afgebeeld: een stalen lineaal, een schuifmaat en een hoekmeter.



### Meetgereedschap



# Normalisatie

In het normale dagelijkse leven hebben we, vaak onbewust, al veel te maken met normalisatie. De industrieel ontwerper houdt zich bezig met de realisatie van industrieële produkten. De ontwerper bedenkt deze produkten en geeft zijn gedachten weer met behulp van afspraken, normen en standaards, in o.a. een technische tekening.

De normalisatie bestrijkt een breed terrein waarvan de industriële produkten slechts een klein deel vormen. Bij normalisatie kunnen de navolgende punten aan bod komen:

- eenheid in benamingen, definities, symbolen en uitvoering van technische tekeningen
- uitwisselbaarheid van onderdelen door middel van een tolerantie- en passingssysteem
- beperking van onnodige verscheidenheid in type, vorm en grootte
- vastleggen van onderzoekmethoden voor het bepalen van kwalitatieve en kwantitatieve eisen
- richtlijnen voor berekenings- en konstruktieethoden in verband met veiligheidsvoorschriften en keuringseisen.

Normalisatie leidt, zeker bij serie- en massafabricage tot besparingen. De magazijnvoorraden kunnen kleiner zijn, er is een kwaliteitsgarantie en een duidelijke informatiestroom in en buiten de bedrijven.

In Nederland worden de normalisatiewerkzaamheden verricht en bevorderd door het **Nederlands Normalisatie Instituut (NNI)**. De normen worden opgesteld door een normcommissie. De samenstelling van een normcommissie bestaat uit een groot aantal deskundigen uit o.a. industrie en handel, overheid, wetenschap, onderwijs en konsumenten. Zij werken op vrijwillige basis samen aan het voorontwerp van een norm. Dit voorontwerp wordt gepubliceerd ter kritiek. Met eventuele aanpassingen of aanvullingen wordt daarna de definitieve norm vastgesteld; de zogenaamde **NEN, NPR-of NEN-ISO** normbladen.

Internationaal bestaat de **International Organization for Standardization (ISO)** waarin op wereldniveau gewerkt wordt aan de opstelling van internationale normen, de **ISO-normen**.

Langzamerhand worden veel **NEN-normen** vervangen door **ISO-normen**.

Bij TPI1 deel 2 (ide141) maken we intensief gebruik van de volgende **NEN, NPR, NEN-ISO, DIN** en **ISO** normen. Deze normen zijn te vinden in:

Normen voor de werktuigbouwkunde.

- **NEN-bundel I**, achtste druk, 1993

Normen voor werktuigbouwkundig tekenen.

- **NEN-bundel 16**, eerste druk 1993

Toepassing van geometrische toleranties in de praktijk

- NPR 2730, eerste druk 1993

Normen voor staal en staalprodukten.

- NEN-bundel III vierde druk, 1976.

Benaming van handelshoutsoorten.

- NEN 1015

Bevestigingsartikelen.

- Gegevens uit normen. uitgave NNI, 1989.

Fasteners and screw threads.

- ISO Standards Handbook 18, 1984.

Maschinenbau-Normen für Studium

- DIN Taschenbuch 3 und Praxis.

Stahl und Eisen Gütenormen 1.

- DIN Taschenbuch 4

Mechanische Verbindungselemente.

- DIN Taschenbuch 10

Mechanische Verbindungselemente.

- DIN Taschenbuch 43

Mechanische Verbindungselemente 3.

- DIN Taschenbuch 55

Mechanische Verbindungselemente 4.

- DIN Taschenbuch 140

In het Technisch Dokumentatie Centrum (Leeghwaterstraat) en ook bij de bibliotheek (Jaffalaan) zijn een groot aantal NEN-, NPR-, DIN-, ISO-normen aanwezig.

In de Centrale Bibliotheek zijn zeer veel binnen- en buitenlandse normen in te zien.

Vakspecialistische normen zijn aanwezig in de bibliotheken van betreffende faculteiten en vakgroepen.

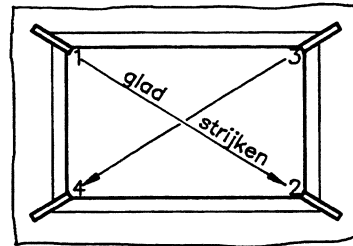
# Het opzetten van een tekening

## 1. Voorbereidende werkzaamheden

- 1 Maak het tekenbord goed schoon
- 2 Zorg dat alle tekengereedschappen in orde zijn

### Opspannen van de tekenfolie en indelen van de tekenruimte

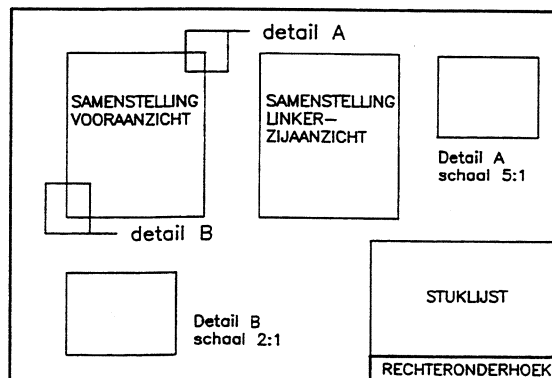
Kies een folie van het gewenste tekeningformaat en leg het folie in het midden van het tekenbord. Bevestig vervolgens de linkerbovenhoek van het folie met een stuk plakband op het bord. Leg daarna het folie gelijk met de langste liniaal. Houd het folie in die stand vast en bevestig dan de rechteronderhoek met plakband op het bord. Strijk het folie met de muis van de -schone- hand glad en vlak naar de beide andere hoekpunten en bevestig ook deze met plakband op het bord.



Opspannen van een tekening

Als is nagegaan hoeveel onderdelen in de stuklijst vermeld moeten worden, kan de hoogte van de stuklijst worden bepaald en kunnen de omtreklijnen worden getekend.

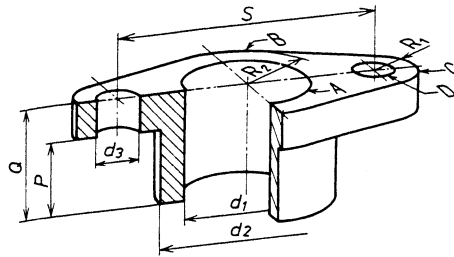
Daarna wordt bepaald hoeveel aanzichten van de samenstelling en hoeveel details nodig zijn. Bepaal vervolgens de grootste afmetingen van de aanzichten en details, rangschik deze (denk aan de Amerikaanse projectiemethode) op het folie zodat een evenwichtige indeling ontstaat.



Voorbeeld indeling samenstellingstekening

## 2. Potloodtekening

We zullen het opzetten van een potloodtekening behandelen voor een pakkingdrukker, waarvan het onderstaand figuur een ruimtelijke voorstelling geeft.

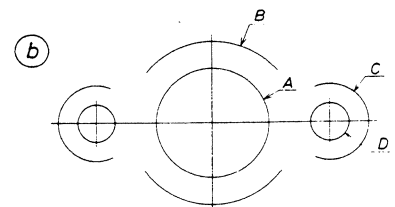
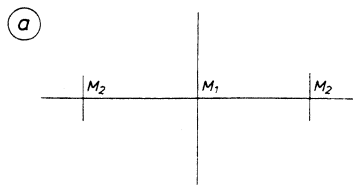


Maatschets pakkingdrukker

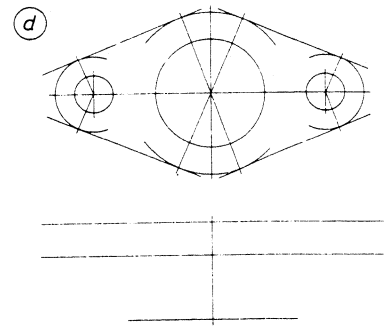
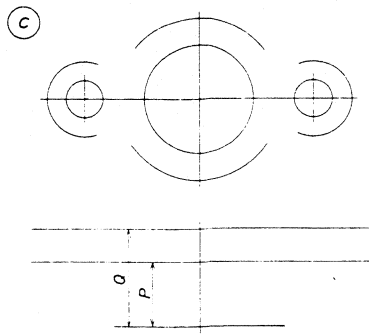
Voor een complete voorstelling van dit werkstuk zijn een bovenaanzicht en een verticale doorsnede nodig. Volgens de Amerikaanse projektie methode staat het bovenaanzicht boven het vooraanzicht of de verticale doorsnede.

We zullen nu stap voor stap aan de hand van de figuren a tot en met h het opzetten van de potloodtekening nagaan.

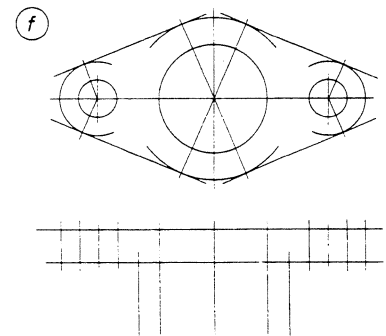
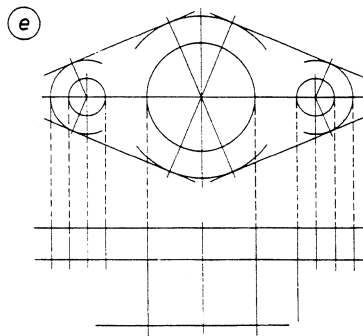
- a Zet een potloodtekening op met zeer dunne lijnen. Omdat het bovenaanzicht over twee assen symmetrisch is, zijn hiervoor een horizontale en een verticale hartlijn nodig. Voor de verticale doorsnede kan met één hartlijn worden volstaan. Teken dus een lange horizontale en een korte verticale hartlijn en prik zo zuiver mogelijk in het snijpunt van de hartlijnen een gaatje voor het passerpuntje  $M_1$ . Een onzuiver middelpunt veroorzaakt veel onnauwkeurigheden. Neem nu de halve streek van de gaten, dus  $\frac{1}{2}s$ , in de passer en zet op de horizontale hartlijn de middelpunten  $M_2$  af voor de gaten. (De middelpunten  $M_2$  kunnen ook direct met de maatlat worden bepaald). Prik ook daar de passerpuntjes zo zuiver mogelijk en teken de hartlijnen voor de gaten.
- b Teken met de passer de cirkel A (middellijn  $d_1$ ) en daarna de beide cirkels D voor de boutgaten. Vervolgens de beide cirkelbogen B (straal  $R_2$ ). Als we nauwkeurig en vlug willen tekenen, dan moeten we dus altijd gelijke cirkels en cirkelbogen met dezelfde passerstand tekenen. Omdat nog niet nauwkeurig bepaald is, welke delen van de cirkelbogen nodig zijn, worden deze ver genoeg doorgetekend.



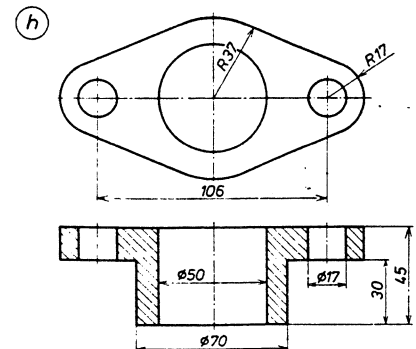
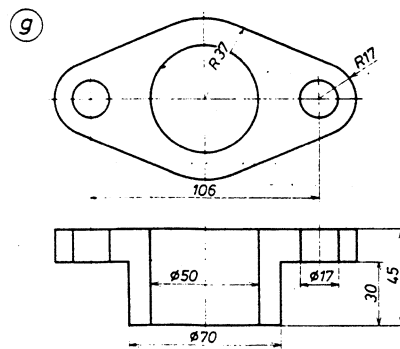
- c Meet op de verticale hartlijn en op enige afstand van het bovenaanzicht de afstanden P en Q af met behulp van het maatlatje. Teken de maatstreepjes zuiver en vooral dun. Door een dik maatstreepje kan meer dan één dunne lijn worden getrokken. Teken nu door de maatstreepjes horizontale lijnen en laat deze gemakshalve ver genoeg doorlopen, waarbij oriëntatie op het bovenaanzicht mogelijk is.
- d Verbind de cirkelbogen B en C door raaklijnen. Hiermee is het bovenaanzicht gereed.



- e Haal alle verticale lijnen voor de doorsnede over uit het bovenaanzicht.  
 f Meet de buitenmiddellijn  $d_2$  van het cilindrische gedeelte af. Neem hiertoe weer  $\frac{1}{2}d_2$  in de passer en cirkel deze afstand uit de hartlijn om op de onderste horizontale lijn van de doorsnede. Teken daarna de verticale lijnen.



- g Verwijder alle overbodige lijnen en haal daarna de vorm van het bovenaanzicht op de doorsnede in iets dikkere strakke lijnen scherp en zuiver op (niet inkrassen). Teken de maat- en de hulplijnen, evenals de pijlpunten en schrijf daarna de maten in. In verband met een goede leesbaarheid dienen de maatcijfers 3,5 mm hoog te zijn. Het model van de cijfers dient in overeenstemming te zijn met NEN 3094.  
 h Arceer de doorsnede en teken het stuknummer.



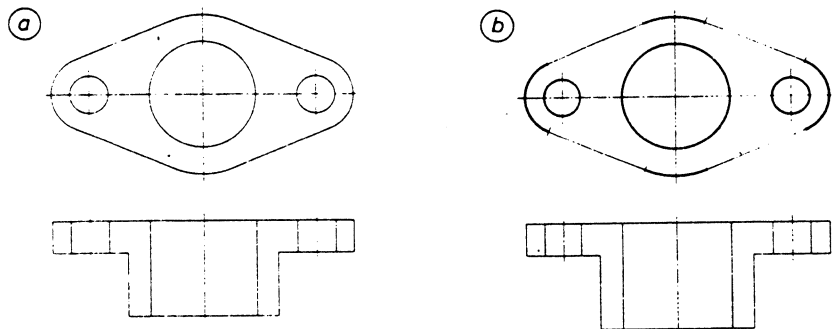
## Aanwijzing voor beginners

Gebruik liefst een passer voor het afzetten van gelijke maten aan beide zijden van de hartlijn en meet, wanneer dit voorkomt, dezelfde maten in de andere projecties onmiddellijk na elkaar af met dezelfde passerstand. Dit werkt nauwkeuriger. Werk ook alle projecties van eenzelfde onderdeel, zo mogelijk, gelijktijdig uit.

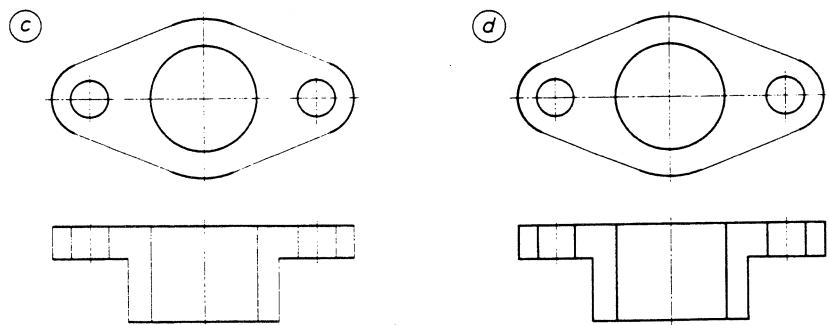
### 3. Inkttekening

Bij de vervaardiging van een tekening moet men rekening houden met de eisen die worden gesteld aan de kwaliteit van kopiëren. Eén van de belangrijkste voorwaarden is dat er voldoende contrast is tussen de figuur en de ondergrond. Om deze reden worden tekeningen vaak in inkt uitgevoerd. We zullen de potloodtekening van de pakkingdrukker nu gaan inkten. De volgorde van het inkten is in figuur a tot en met h toegelicht.

- a Teken eerst de horizontale en vervolgens de verticale hartlijnen. Laat de hartlijnen precies over de passerpuntgaatjes lopen en niet te ver buiten de figuur uitsteken. De lijndikte is 0,25 mm.
- b Merk met een dunne potloodlijn de plaats van de overgang van een rechte in een gebogen lijn, bijvoorbeeld door middel van een loodlijn uit het middelpunt van de cirkelboog op de aansluitende raaklijn. Teken daarna alle cirkels en cirkelbogen. De lijndikte is 0,5 mm.

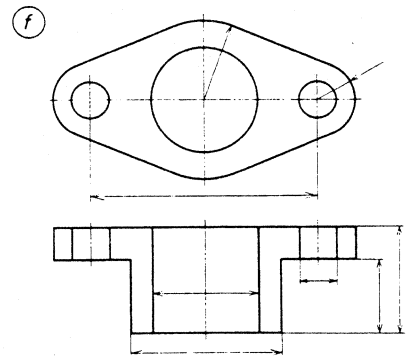
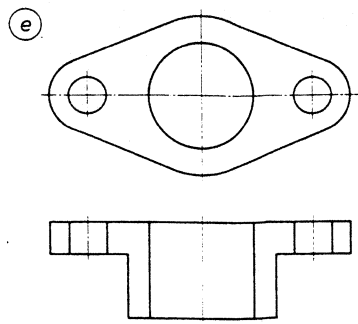


- c Teken alle horizontale lijnen, van links naar rechts, vanaf de bovenzijde te beginnen (lijndikte 0,5 mm).
- d Teken alle verticale lijnen, van onder naar boven, vanaf de linkerzijde van de tekening te beginnen (lijndikte 0,5 mm).

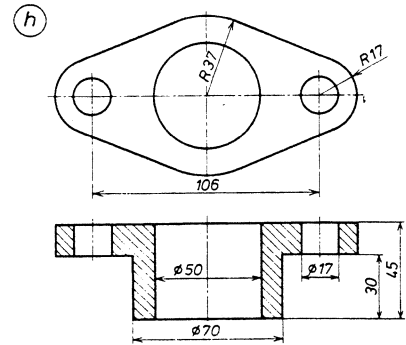
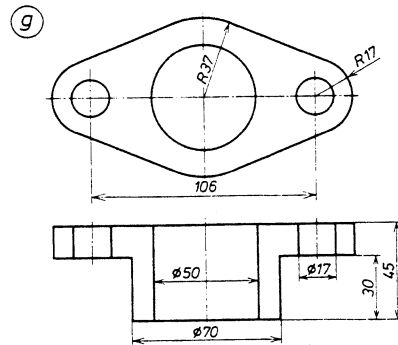


- e Teken alle schuine lijnen en zorg ervoor, dat rechte en gebogen lijnen zonder verdikking in elkaar overgaan (lijndikte 0,5 mm).
- f Teken de maat- en maathulplijnen en teken de pijlpunten (lijndikte 0,25 mm).





- g Schrijf de maten in met behulp van een schrijfsjabloon 3,5 mm.  
 h Arceer de doorsneden (lijndikte 0,25 mm). Schrijf het stuknummer in met een schrijfsjabloon van 5 of 7 mm letterhoogte.



#### Aanwijzing voor beginners

Maak, alvorens te gaan inken, de tekening goed schoon en verwijder grondig alle gumresten. Teken de inktlijnen midden over en niet naast de potloodlijnen, zie het onderstaand figuur. Laat bij de snij- en ontmoetingspunten de eerst getekende lijn goed drogen, voordat de volgende wordt getekend. Beweeg tekenpen regelmatig en vooral niet te smal.

FOUT



GOED





# Lijnen, Cirkels en Bogen

Een voorwerp wordt afgebeeld door middel van lijnen. Om een voor iedereen goed leesbare technische tekening te maken, zijn afspraken gemaakt welke lijnen worden gebruikt.

NEN 2350 geeft voor technische tekeningen een overzicht van de lijnsoorten, benamingen en toepassingen.

De aanbevolen lijndikte is afhankelijk van het formaat van het tekenvel. Voor het vak io 17 wordt voorgeschreven gebruik te maken van de volgende diktes:

0,5 voor dikke lijnen en 0,25 mm voor dunne lijnen voor alle formaten. De pen met dikte 0,35 mm wordt gebruikt voor het tekenen van maatsijfers en het invullen van de stuklijst.

AANBEVOLEN MINIMUMLIJNDIKTEN IN mm		
TEKENINGFORMAAT	DIKKE LIJN	DUNNE LIJN
A0	0,7	0,35
A1	0,5	0,25
A2, A3 EN A4	0,35	0,18
DE LIJNDIKTEN DIK EN DUN VERHOUDEN ZICH ALS 2 : 1		

Aanbevolen lijndiktes

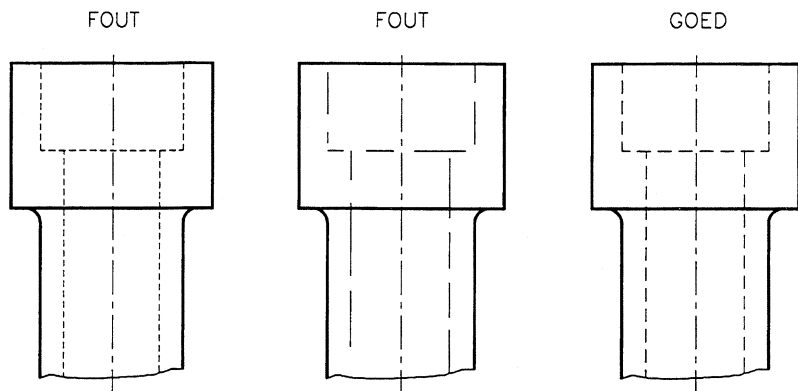
## 1. Veel gebruikte lijnsoorten

De DIKKE LIJN (0,5 mm) wordt gebruikt als zichtbare begrenzingslijn (ook wel figuurlijn genoemd), deze moet in de gehele tekening gelijkmatig van dikte zijn. De overgangen van rechte lijnen naar gebogen lijnen moeten een gelijkmatig verloop hebben.

De DUNNE STREEPLIJN (0,25 mm) wordt evenals DIKKE STREEP-LIJN (0,5mm) gebruikt om een niet-zichtbare begrenzingslijn aan te geven. Voor het vak io 17 wordt de dunne streeplijn voorgeschreven.

Deze lijn is opgebouwd uit lijnstukken die tweemaal zo lang zijn als de openingen ertussen. De lengte van het lijnstuk moet aangepast zijn aan de grootte van het voorwerp. Waar twee streeplijnen elkaar raken moet voor een nette aansluiting gezorgd worden.

LET OP: Maak zo min mogelijk gebruik van niet-zichtbare begrenzingslijnen, de tekening wordt er meestal niet duidelijker door.

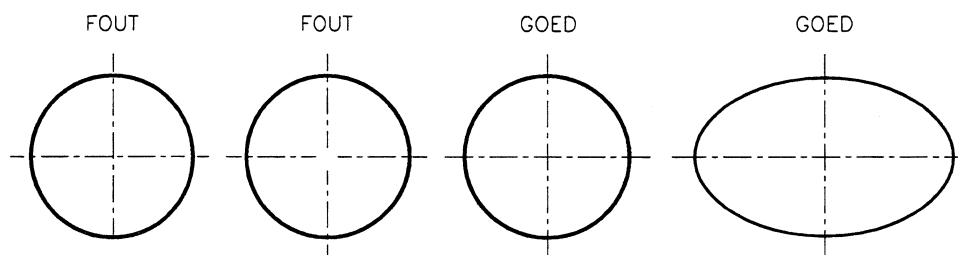


Niet-zichtbare begrenzingslijnen

De DUNNE LIJN (0,25 mm) wordt gebruikt als denkbeeldige snijlijn, maatlijn, hulplijn, aanhaallijn, arceerlijn en als begrenzingslijn van gekantelde aanzichten en gekantelde doorsneden. Ook komt hij voor als korte hartlijn en vouw- of zetlijn.

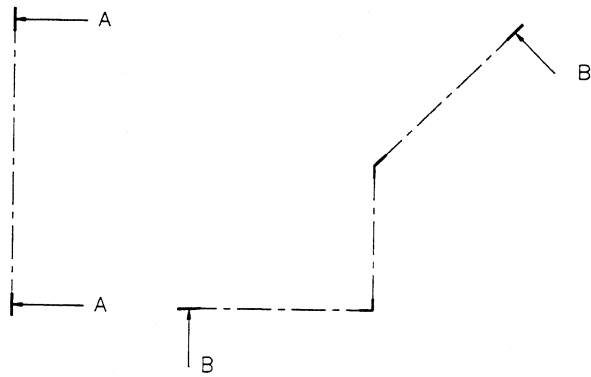
De DUNNE GEGOLFDE LIJN (0,25 mm) wordt gebruikt als afbreeklijn van gedeeltelijke aanzichten, gedeeltelijke doorsneden en hulpaanzichten. De dunne lijn met zigzags mag ook gebruikt worden.

De DUNNE GEMENGDE STREEPLIJN (0,25 mm) wordt gebruikt als hartlijn of symmetrieliijn en om banen van bewegende punten aan te geven. Deze lijn bestaat uit opeenvolgende lange en korte lijnstukken, gescheiden door openingen. De lengte van het lange lijnstuk is afhankelijk van de grootte van het voorwerp. Het korte lijnstuk is gewoonlijk 1,5 - 2 mm lang. Bij snijdende hartlijnen (symmetrie-assen) moeten de lange lijnstukken elkaar in het midden snijden.



Gebruik van hartlijnen bij cirkels en ellipsen

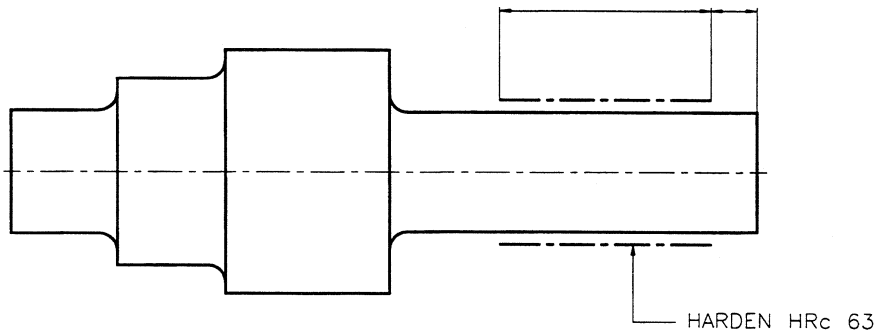
Deze lijn wordt ook gebruikt met verdikte einden om doorsnijdingsvlakken aan te geven. De verdikking moet op het lange lijnstuk worden aangebracht. Loodrecht op de verdikking plaatst men de pijlen. Bij verandering van richting wordt ook een verdikking getekend.



Dunne gemengde streeplijn met verdikte einden

## 2. Weinig gebruikte lijnsoorten

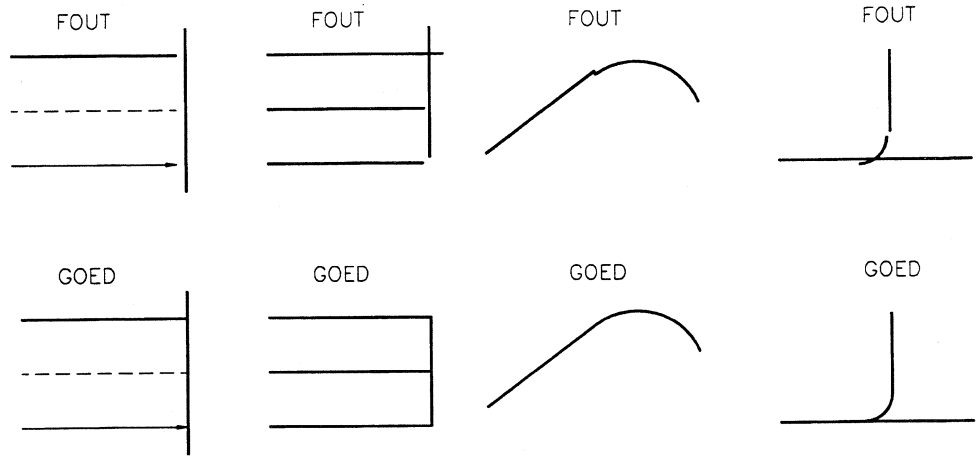
De **DIKKE GEMENGDE STREEPLIJN** wordt gebruikt om aan te geven dat gedeelten van oppervlakken een aanvullende of een afwijkende behandeling of bewerking krijgen.



Voorbeeld van het gebruik van de dikke gemengde streeplijn

De **DUNNE GEMENGDE STREEPLIJN MET DUBBELE ONDERBREKING** (0,25 mm) wordt gebruikt als begrenzingslijn van aangrenzende delen, voor het aangeven van uiterste en tussenliggende standen van bewegende delen, als zwaartelijn, als begrenzingslijn van gedeelten van werkstukken vóór vervorming en als begrenzingslijn van delen die vóór de doorsnede liggen.

**OPMERKING:** Om een nette tekening te krijgen moeten de lijnstukken, bogen en cirkels goed aansluiten.



Voorbeelden van aansluitingen van lijnen en bogen

# Het handmatig tekenen van 2-dimensionale krommen

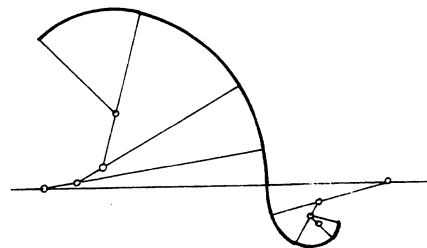
De cirkel is de meest eenvoudige 2D-kromme die handmatig is te tekenen. Andere veelgebruikte tweedegraadskrommen zijn parabool, ellips en hyperbool. Ze worden ook wel aangeduid als de 'kegelsneden', d.w.z. dat ze kunnen ontstaan door een kegel te snijden met een vlak.

De cirkel is eenvoudig te tekenen door gebruik te maken van een passer. De constructiewijze van de andere kegelsneden is terug te vinden in het 3D-diktaatdeel, bijlage III.

Meer complexe figuren van een graad die hoger is dan twee dan wel wiskundig niet beschrijfbaar kunnen soms worden benaderd door ze samen te stellen uit een aantal delen van kegelsnede-figuren. Is dit niet mogelijk dan is het aan te raden een aantal relevante punten te construeren en hierdoor een lijn te 'stroken'. Dit stroken houdt in dat een lat van flexibel materiaal langs de verschillende punten wordt geplooid en vastgezet met gewichten van lood, de zogenaamde 'olifantjes'. Langs de aldus vastgezette lat kan vervolgens de lijn worden getrokken.

## Constructie van een onregelmatige kromme m.b.v. cirkelsegmenten

Bij deze methode wordt de kromme benaderd door het schakelen van een opeenvolgende reeks cirkelsegmenten. Voor een juiste overgang tussen de afzonderlijke segmenten is het noodzakelijk dat de middelpunten van de opeenvolgende cirkels steeds op de gemeenschappelijke normaal liggen. Op vergelijkbare wijze kunnen krommen natuurlijk ook opgebouwd worden uit delen van ellipsen, parabolen, hyperbolen en hun combinaties.



Konstruktie van een onregelmatige kromme m.b.v. cirkelbogen

## De coördinatenmethode

Bij het ontbreken van de mogelijkheid om een kromme op te bouwen uit nauwkeurig gedefinieerde meetkundige figuren zoals cirkel, ellips, etc., kan gebruik worden gemaakt van een coördinatenreeks. De figuur is dan bepaald door een reeks punten waardoorheen de kromme wordt gestrookt. Bematen is hierbij nogal bewerkelijk. Meestal wordt gekozen uit een van de twee hierna vermelde methoden.

- Ieder punt in de tekening voorzien van een bemating (zie 2D-diktaat, Hoofdstuk 4, figuur 20).

- Gebruik maken van een coördinatentabel (zie 2D-diktaat, Hoofdstuk 4, figuur 21).

Er kan tevens gebruik gemaakt worden van NEN-ISO 1660; 'Het inschrijven van maten en toleranties van profiellijnen en vlakken'.



# Vereenvoudigde tekenwijze van artikelen met schroefdraad

Een schroefdraad tekenen zoals die er in werkelijkheid uitziet is zeer omslachtig. Daarom is er een vereenvoudigde tekenwijze ontwikkeld zoals beschreven in NEN 2356 (NEN-bundel 16).

De meest belangrijke regels uit NEN 2356.

## 1 Schroefdraad getekend in aanzicht

Buitendraad -uitwendige schroefdraad (fig. BI6.1).

De nominale diameter ( $d$ ) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

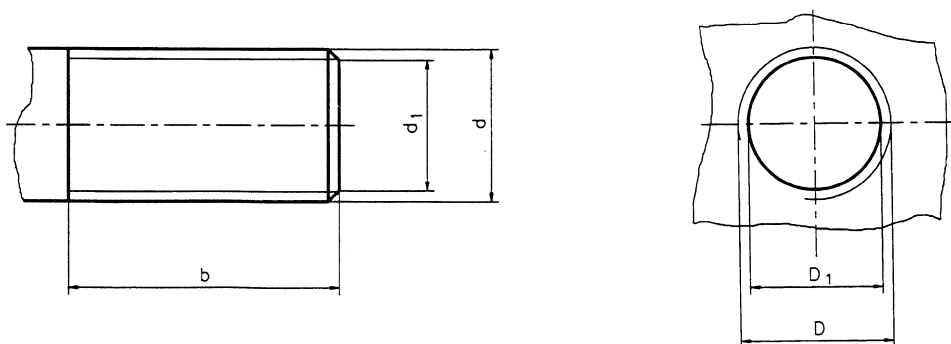
De kerndiameter ( $d_1$ ) wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

In boven- of zijaanzicht wordt de kerndiameter getekend met een dunne cirkellijn over ruim drie kwadranten, de opening in het derde kwadrant. Het eind van de schroefdraadlengte ( $l$ ) wordt getekend met een dikke lijn.

Binnendraad -inwendige schroefdraad (fig. BI6.1).

De nominale diameter ( $D$ ) wordt in boven- of zijaanzicht getekend met met een dunne cirkellijn over ruim drie kwadranten, de opening in het derde kwadrant

De kerndiameter ( $D_1$ ) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).



a buitendraad

b binnendraad

Figuur BI6.1 Tekening van schroefdraad in aanzicht.

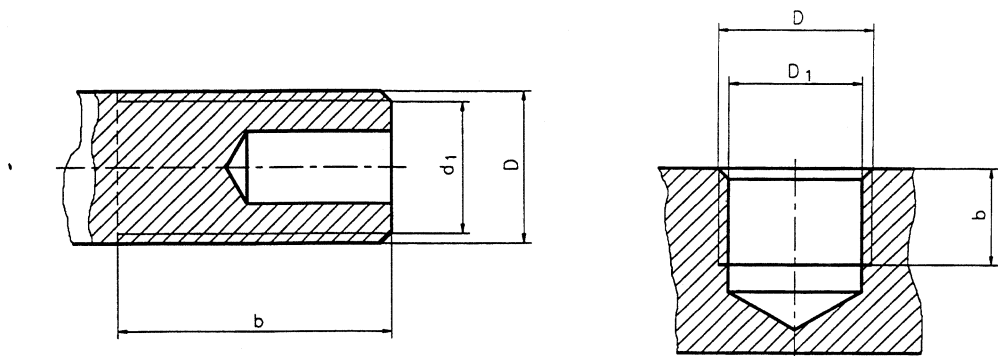
## 2 Schroefdraad getekend in doorsnede

### Buitendraad -uitwendige schroefdraad (fig. BI6.2a).

De nominale diameter ( $d$ ) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

De kerndiameter ( $d_1$ ) wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

Het eind van de schroefdraadlengte ( $b$ ) wordt getekend met een (dunne) niet-zichtbare begrenzingslijn.



a buitendraad

b binnendraad

Figuur BI6.2 Tekenwijze van schroefdraad in doorsnede.

### Binnendraad -inwendige schroefdraad (fig. BI6.2b).

De nominale diameter ( $D$ ) wordt getekend met een dunne lijn (denkbeeldige begrenzingslijn).

De kerndiameter ( $D_1$ ) wordt getekend met een dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

Het eind van de schroefdraadlengte ( $b$ ) wordt getekend met een dikke lijn.

In een doorsnede loopt de arcering altijd door tot de dikke lijn (zichtbare begrenzingslijn).

### 3 Vereenvoudigde tekenwijze van bout en moer

De afbeelding van normdelen gebeurt veelal op een vereenvoudigde wijze. Regels voor de vereenvoudigde tekenwijze (figuur BI6.3).

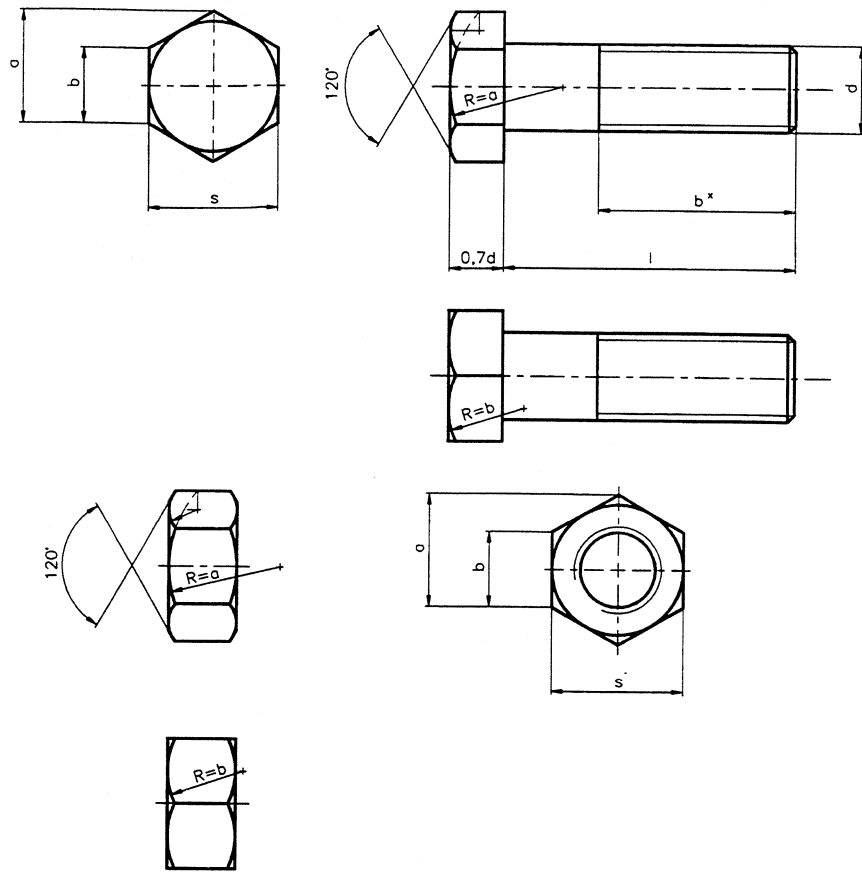


fig. BI6.3 Vereenvoudigde tekenwijze van bout en moer

- Ga uit van de sleutelwijdte ( $s$ ) van bout of moer en teken een zeskant met ingeschreven cirkel.
- Projecteer het zeskant naar het vooraanzicht en zet de kophoogte ( $k$ ) bout  $\approx 0.7 d$  of moerhoogte ( $m$ )  $\approx 0.8 d$  naar het vooraanzicht.
- Zet de straal  $R=a$ , laat deze snijden met de twee binnenste geprojecteerde begrenzingslijnen van het zeskant.
- Haal deze snijpunten over naar de buitenste begrenzingslijnen. Trek door de snijpunten m.b.v. een afrondingssjabloon de lijn rakend aan begrenzingslijn van de kophoogte of de moerhoogte.
- Neem vervolgens een denkbeeldige kegel met een tophoek van  $120^\circ$  rakend aan de afronding. Teken de raaklijn aan de afrondingstraal tot de kophoogte met een dikke lijn en verbindt beide punten met een dikke lijn.

Het aanzicht over de overhoekse maat van de boutkop of moer is nu voltooid.

- Voor het aanzicht over de sleutelwijdte gezien wordt de straal  $R=b$  gebruikt.





## 10.1. Frezen

### 10.1.1. Techniek

Een frees is meestal een cilindervormig voorwerp met snijkanten (snijtanden) (fig. 154). Door een frees zeer snel te laten draaien om haar as, kunnen de snijkanten materiaal afsnijden van een stuk dat bewerkt wordt.

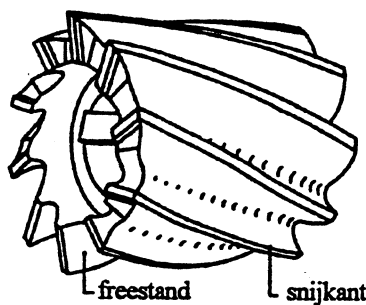


Fig. 154 : Frees

### 10.1.2. Gereedschap

De vorm van de frees en de ligging van de snijkanten bepaalt het type van de frees en de manier waarop ze gebruikt kan worden.

#### Mantelfrees

Een mantelfrees is een frees met alleen snijkanten op de cilindermantel (fig. 155).

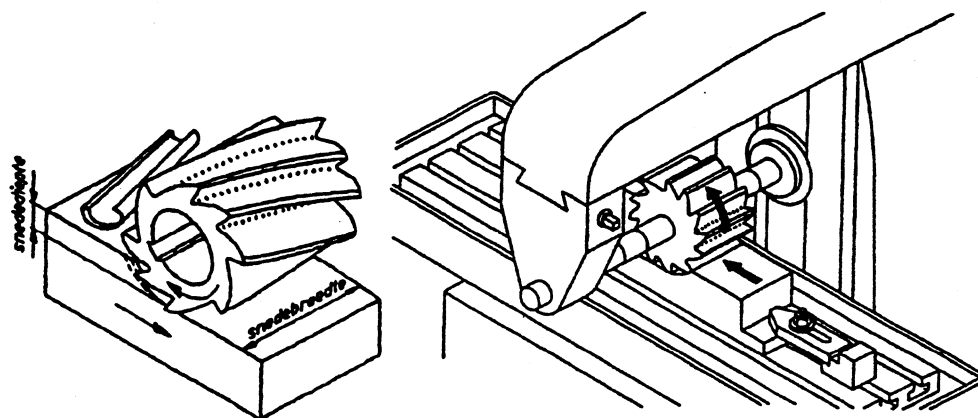


Fig. 155 : Mantelfrees en toepassing

#### Toepassingen:

Een mantelfrees wordt vooral gebruikt om een stuk **dunner te maken**, deze bewerking levert een plat vlak op.

Een mantelfrees kan ook gebruikt worden om **hoeken af te schuinen**.

## Schijffrees

Dit is een schijfvormige frees met snijkanten op de cilindermantel, maar ook op één of beide zijkanten van de schijf. De snijkanten op de zijkant van de frees hebben een beperkte lengte, namelijk de hoogte van de freestanden (fig. 156). Eén freestand heeft maximum twee snijkanten, één op de cilindermantel van de frees, de tweede aan de linker- of de rechterzijde. Om een schijffrees toch aan twee zijkanten van snijtanden te voorzien, worden de snijkanten van opeenvolgende snijtanden afwisselend aan de linker- en de rechterzijde genomen.

### Toepassingen:

Met een schijffrees worden **gleuven** met een beperkte diepte gemaakt.

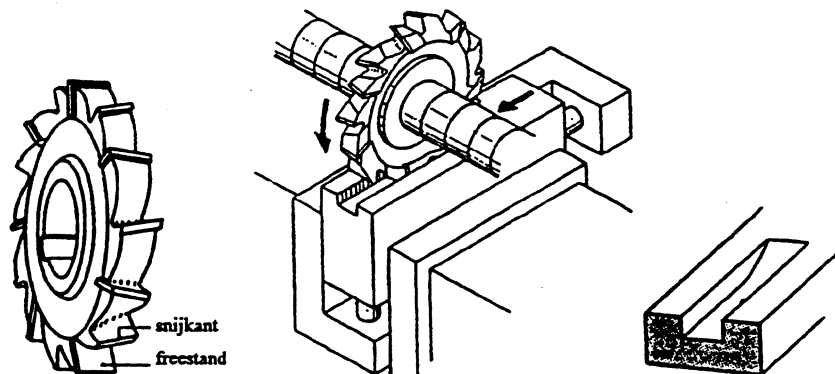


Fig. 156 : Schijffrees; het frezen van een gleuf

## Vingerfrees en spiegleuffrees

Dit zijn cilindervormige frezen met snijkanten op het cilinderoppervlak en op het ondervlak van de cilinder (fig. 157). Bij een vingerfrees zitten de snijkanten op het ondervlak aan de buitenzijde en niet in het centrum van het vlak. Met deze frees kan dus niet "geboord" worden. Een gleuf die met deze frees gemaakt wordt, moet dan altijd aan de rand van het werkstuk vertrekken. Een spiegleuffrees heeft minder snijkanten maar wel tot in het centrum van het ondervlak. Hiermee kan dus wel geboord worden.

### Toepassingen:

Zoals weergegeven in figuur 157 zijn de belangrijkste toepassingen van dit soort frezen het maken van **gleuven, uitsparingen en afschuiningen**.

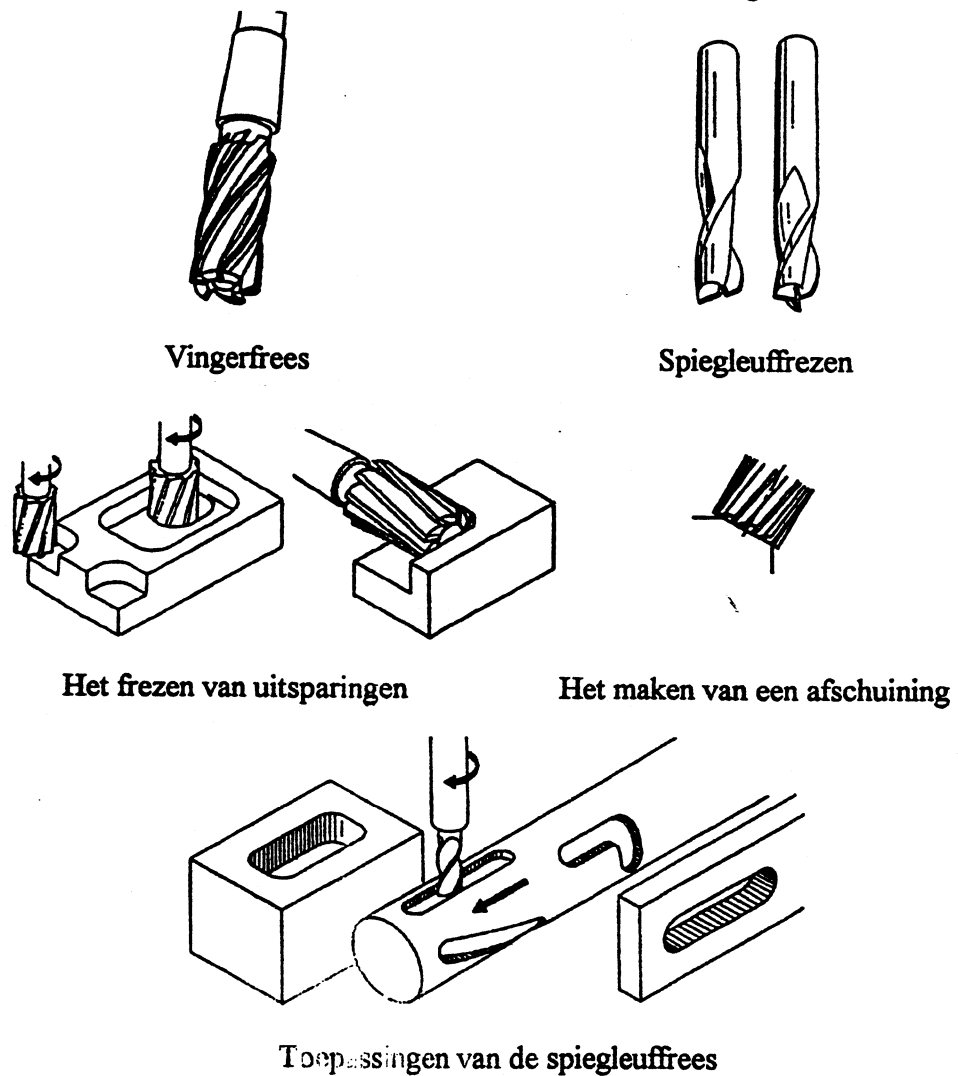
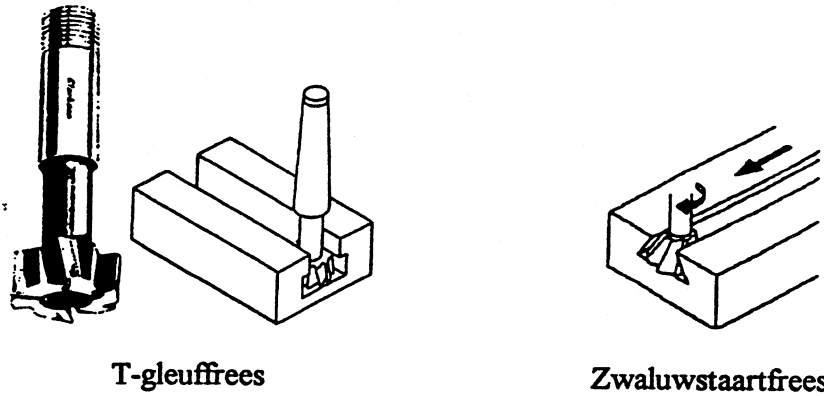


Fig. 157 : Vingerfrees, spiegleuffrees en toepassingen

### Speciale frezen: T-gleuf frees, zwaluwstaartfrees

Voor bepaalde speciale toepassingen worden speciale frezen gemaakt. In figuur 158 zijn de T-gleuf frees en de zwaluwstaartfrees en hun toepassing voorgesteld.



T-gleuffrees

Zwaluwstaartfrees

Fig. 158 : Speciale frezen

### Gecombineerd frezen

Door met verschillende frezen te werken kunnen op een werkstuk verschillende bewerkingen tegelijk uitgevoerd worden (fig. 159).

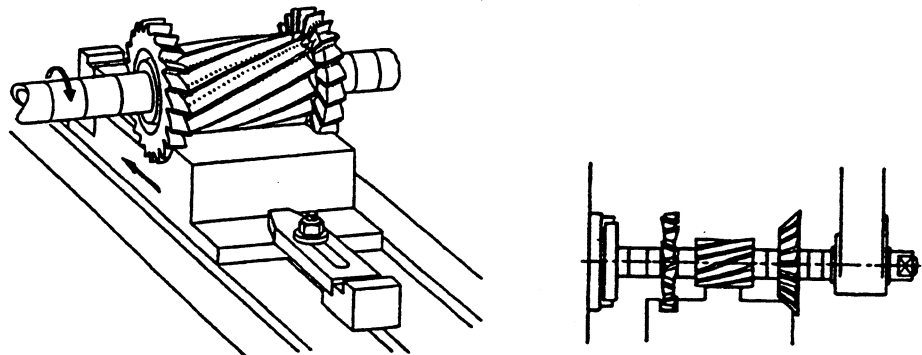
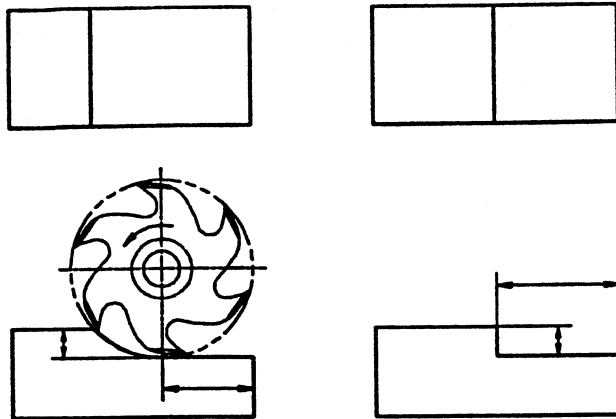


Fig. 159 : Gecombineerd frezen

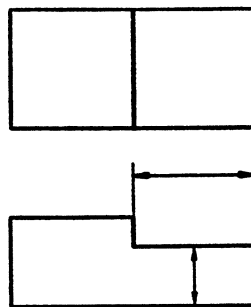


### **10.1.3. Voorstelling en bemating**

**Dunner maken van een stuk:** Als het hoogteverschil tussen het oorspronkelijke vlak en het nieuwe belangrijk is, dan wordt de maat van het weggenomen deel aangeduid (fig. 160 a). Maar als de dikte van het overblijvend deel belangrijk is, dan wordt de maat bij het overblijvend deel geplaatst (fig. 160 b).



**Hoogteverschil als functionele maat**



**Overblijvende dikte als functionele maat**

**Fig. 160 : Bemating van een verduunning**

**Afschuiningen:** In het hoofdstuk 'Maataanduiding' is de voorstelling en bemating van afschuiningen al behandeld.

**Gleuven:** Van gleuven wordt meestal de totale breedte en de diepte aangeduid (fig. 161). De ligging van de gleuf (de plaats waar de gleuf in het werkstuk zit) wordt vaak aangeduid door de baan die de as van de frees aflegt, te bematen. Dit komt overeen met het midden van de gleuf. Bij een gleuf die stopt in het werkstuk moet ook de lengte van de gleuf aangegeven worden. Dit gebeurt niet door het uiterste punt van de gleuf aan te duiden maar wel de plaats waar de as van de frees moet stoppen. (Een uitzondering op die regel is de bemating van een spiegleuf; zie hoofdstuk 'Maataanduiding').

Figuur 162 geeft aan hoe een T-gleuf bemaat kan worden.

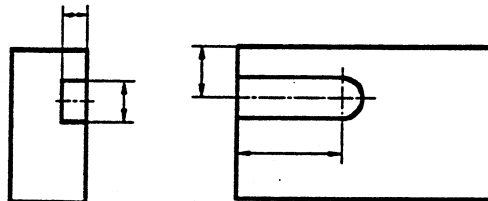


Fig. 161 : Bemating van een gleuf

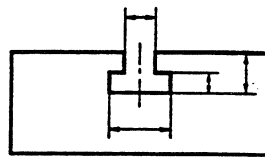


Fig. 162 : Bemating van een T-gleuf



## 10.2. Draaien

### 10.2.1. Techniek

Met behulp van deze techniek worden omwentelingslichamen gemaakt. Het werkstuk wordt ingeklemd tussen de vaste en de losse kop (fig. 163). Een motor drijft de vaste kop aan. Aan de zijkant van het werkstuk worden beitels in de beitelhouder geklemd. Door die beitels te bewegen kan een bepaalde vorm uit het werkstuk gesneden worden.

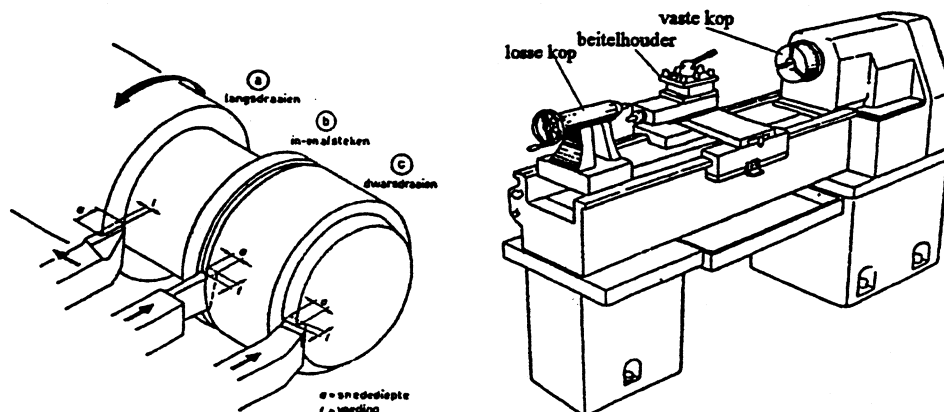


Fig. 163 : Draaien, een draaibank

### 10.2.2. Gereedschap

Er bestaan zeer veel verschillende soorten beitels voor het draaien van stukken. De meest gebruikte zijn beitels voor het langsdraaien en voor het in- en afsteken.

#### Langsdraaien

De meest voorkomende beitels voor het langsdraaien zijn te zien in figuur 164. Merk de bewegingsrichting van de beitels bovenaan de figuur.

#### Toepassing:

Langsdraaien wordt gebruikt om een as over een bepaalde lengte te versmallen.

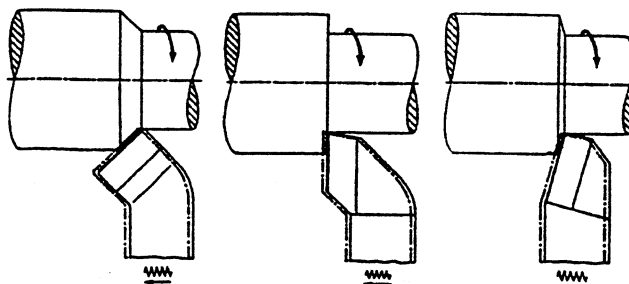


Fig. 164 : Langsdraaien

## Dwarsdraaien

Voor het dwarsdraaien zit de snijkant van de beitel vooraan (figuur 165). De beitel beweegt nu naar de as van het werkstuk toe.

### Toepassing:

Dwarsdraaien wordt vooral gebruikt voor de afwerking van de eindvlakken van een stuk.

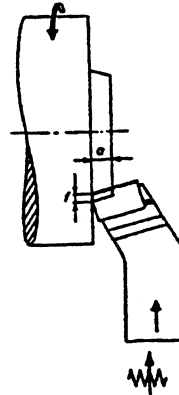


Fig. 165 : Dwarsdraaien

## In- en afsteken

In- en afsteken lijken op dwarsdraaien maar de beitels zijn over het algemeen veel smaller (fig. 166).

### Toepassingen:

Insteken komt overeen met het maken van smalle **gleuven**.

Afsteken wil zeggen dat het werkstuk in twee stukken gedeeld wordt. Bij het afsteken wordt als het ware een smalle **gleuf** gemaakt tot in het centrum van het werkstuk, dit komt dus overeen met het doorzagen van het stuk.

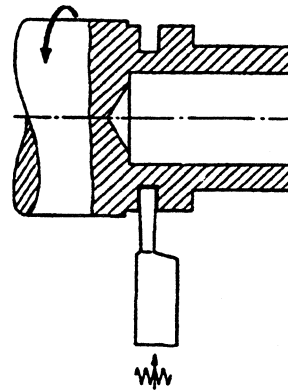


Fig. 166 : Insteken

## Inwendig draaien

Bij het inwendig draaien wordt een holte gemaakt in het werkstuk (fig. 167). Die holte kan een willekeurige vorm aannemen (steeds een omwentelingsfiguur).

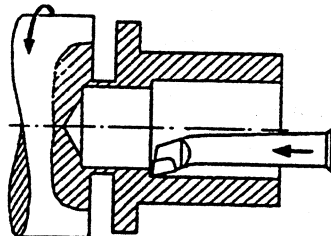


Fig. 167 : Inwendig draaien

### 10.2.3. Voorstelling en bemating

De afmetingen loodrecht op de omwentelingsas van het stuk worden steeds als diameters aangeduid. De afmetingen evenwijdig aan de omwentelingsas worden bemaat in functie van belangrijkheid. Afmetingen die belangrijk zijn voor de werking van het stuk in samenstelling met andere onderdelen, worden rechtstreeks aangeduid. De overige afmetingen worden zo aangeduid dat het stuk op een gemakkelijke manier gemaakt en nagemeten kan worden. Dat wil zeggen dat bij de maataanduiding rekening moet gehouden worden met de bewerkingen (fig. 168).

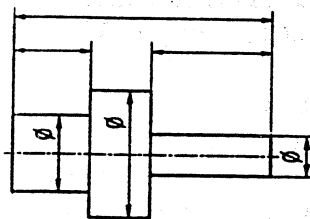


Fig. 168 : Bemating van een as



## 10.3. Boren

### 10.3.1. Techniek

Door middel van een boor kunnen gaten geboord worden.

### 10.3.2. Gereedschap

#### Gewone boren

Een gewone boor is een cilindrisch voorwerp met een kegelvormige punt. Op de kegelmantel bevinden zich de snijkanten. De tophoek van een boor is meestal  $120^\circ$  (fig. 169).

Aan de achterzijde van de boor is een steel voorzien om de boor in een boormachine te bevestigen. Deze steel kan verschillende vormen aannemen naargelang de gebruikte bevestigingsmethode.

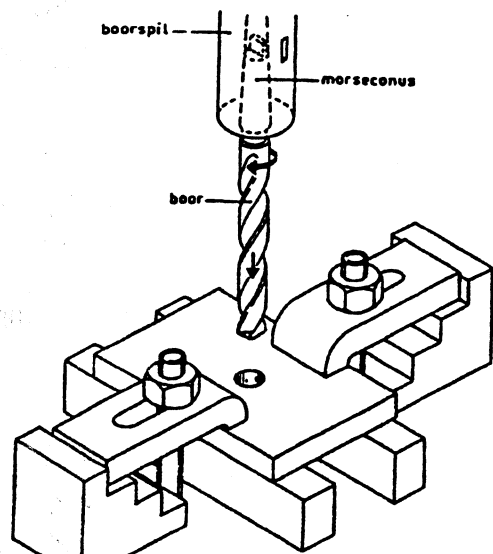


Fig. 169 : Boren

#### Toepassingen:

- Boren van gaten: **doorgaande gaten** (volledig door het stuk) en **blinde gaten** (niet volledig door het stuk, let op de kegelvormige uitloop) (fig. 170).

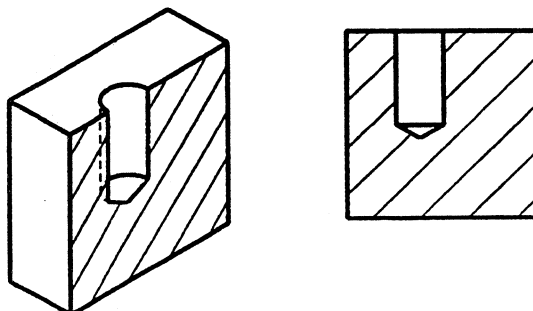


Fig. 170 : Een blind gat

## Verzinkboren

Dit zijn boren voor het maken van verzinkingen. Verzinkingen zijn gaten met een bepaalde vorm, meestal aangepast aan de kop van een bout die in dat gat moet passen (fig. 171).

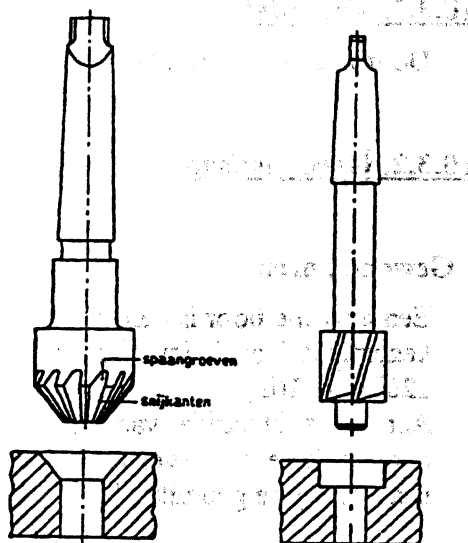


Fig. 171 : Verzinkboren

### 10.3.3. Voorstelling en bemating

Bij een doorgaand gat moet alleen de diameter aangeduid worden, bij een blind gat moet ook de diepte vermeld worden. De diepte duidt steeds de bruikbare diepte aan, dus niet de kegelvormige uitloop (fig. 172).

Voor verzinkingen is de bemating al in detail gegeven in het hoofdstuk 'Maataanduiding'.

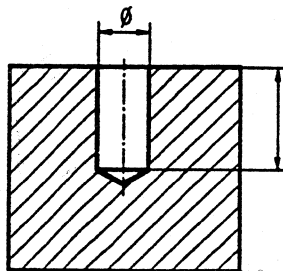


Fig. 172 : Bemating van een blind boorgat

## 10.4. Draad snijden of tappen

### 10.4.1. Techniek

Draad snijden of tappen gaat over het maken van schroefdraad. Schroefdraad is al uitvoerig behandeld in het hoofdstuk 'Voorstelling van basisonderdelen'.

De belangrijkste begrippen worden nog even op een rijtje gezet:

- uitwendige schroefdraad
- inwendige schroefdraad
- nominale diameter  $d$
- kerndiameter  $dk$
- spoed  $p$
- lengte van de schroefdraad

Bij elke nominale diameter horen bepaalde (genormaliseerde) standaardwaarden voor de kerndiameter en de spoed. Dat wil zeggen dat een standaard schroefdraad volledig gekend is als zijn nominale diameter en zijn lengte gegeven is.

Voor schroefdraad die afwijkt van de standaard moeten de afwijkende maten ook gegeven worden.

### 10.4.2. Gereedschap

#### Draad snijden

Als schroefdraad gemaakt wordt op een draaibank met behulp van snijbeitels (zowel inwendige als uitwendige schroefdraad), spreekt men van draad snijden (fig. 174).

Er bestaat ook speciaal gereedschap om draad te maken. Voor uitwendige draad zijn dit snijplaten of snijmoeren (fig. 173).

Dit zijn gereedschappen met snijtanden aan de binnenzijde in de vorm van schroefdraad. Als deze plaat of moer rond een as gedraaid wordt (fig. 174), snijden de tanden schroefdraad in die as.

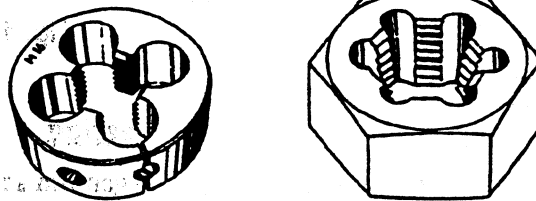
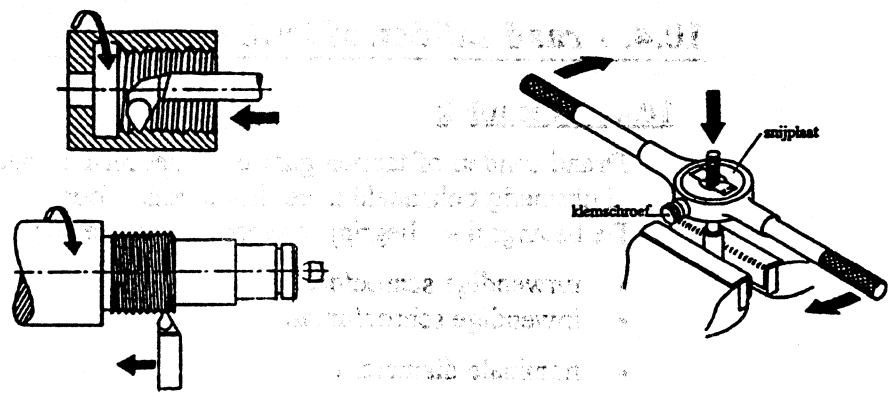


Fig. 173 : Snijplaat en snijmoer





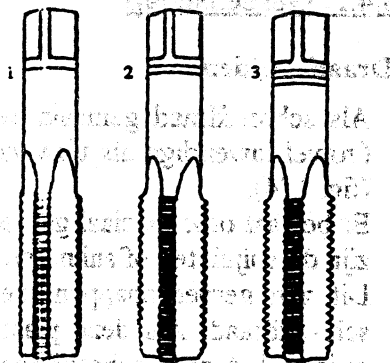
Op een draaibank

Met een snijplaat

Fig. 174 : Draad snijden

### Draad tappen

Voor inwendige schroefdraad bestaat er ook speciaal gereedschap, namelijk tappen (fig. 175). Een tap is een cilindervormig gereedschap met snijtanden in de vorm van schroefdraad op de cilindermantel. Als een tap in een (iets te klein) gat gedraaid wordt, snijden de tanden draad in de wand van het gat. Bij het gebruik van een tap spreekt men van draad tappen in plaats van draad snijden.



Serie tappen : beginnen met 1, dan 2 en afwerken met 3

Fig. 175 : Tappen

### 10.4.3. Voorstelling en bemating

Het zou heel wat werk vragen om schroefdraad te tekenen zoals het er werkelijk uitziet. Daarom wordt schroefdraad op een technische tekening via een vereenvoudigde voorstelling aangegeven (zie NBN E 04-010).

De voorstelling en bemating is verder uitvoerig behandeld in het hoofdstuk 'Voorstelling van basisonderdelen'.

