

STUDIEBLAD PTT

DOOR EN VOOR TECHNISCH PERSONEEL

- Uitgave:** De Algemene Bond van Ambtenaren, de Ned. Chr. Bond van Overheidspersoneel en de Kath. Bond van Overheidspersoneel.
- Redactie:** Hoofdredacteur: J. A. v. d. Touw. Redacteurs: J. C. Brakel, S. J. Geerlings Ing. en C. L. Quint. Secretaris: L. Neijenhuis.
- Redactie-adres:** Marktweg 342, Den Haag, Telefoon 33 62 65.
- Administratie:** Stadhouderslaan 9, Den Haag, Giro 4073, Tel. 635932 t/m 635936.
- Abonnement** F 5 — per jaar. Verschijnt omstreeks de 15e van iedere maand.
- Correspondentie:** Alle correspondentie betreffende verzending en administratie uitsluitend aan het adres: Stadhouderslaan 9, Den Haag.
Alle correspondentie, de inhoud van het blad betreffende, uitsluitend Marktweg 342, Den Haag.

IN DIT NUMMER VINDT U

<i>W. F. Brok</i>	Transistors en Kristaldiodes in de schakeltechniek	Blz. 162
<i>B. Kieboom</i>	Isolatiematerialen	„ 168
<i>B. v. Zanten</i>	Flitsapparatuur voor fotografisch opnemen van abonnee-tellerstanden	„ 180
<i>M. V. Dalen</i>	Herhalingsoefeningen	„ 187
<i>J. A. v. d. Touw</i>	Examenvragen	„ 188
<i>P. v. d. Leest</i>	Nederlands	„ 189

Bij de voorpagina: *Landelijke rust*



15 JUNI 1963

Transistors en Kristaldiodes in de schakeltechniek

door W. F. Brok.

63-037

(vervolg van blz. 153.)

6. Elektronische logica-schakelingen.

6.1. De toestandswaarde van een elektronische schakeling.

In de elektro-mechanische schakeltechniek zijn de twee mogelijke toestandswaarden van een schakeling gekenmerkt door het al of niet gesloten zijn van een *stroomketen*. In de elektronische schakeltechniek daarentegen is veelal de *spanningswaarde* op de uitgangsklem bepalend voor de toestandswaarde van de schakeling. Meestal kiest men niet twee bepaalde spanningswaarden, maar neemt een zekere discriminatiewaarde x aan. Men spreekt dan af: de schakeling is in de 1-stand als de spanning op de uitgangsklem hoger is dan x volt en in de 0-stand als de spanning lager is dan x volt. Ook het omgekeerde kan afgesproken worden.

Voor de schakelvoorbeelden in dit hoofdstuk kiezen we een discriminatiewaarde van -3V . Een schakeling wordt in de 0-stand ondersteld als de uitgangsspanning lager (dus meer negatief) is dan -3V en in de 1-stand als de uitgangsspanning hoger is dan -3V . Alle spanningen worden gerekend t.o.v. het aardpotentiala. Zo ook de voedingsspanningen. Van deze laatste nemen we aan, dat ze afkomstig zijn van twee batterijen, één van 12V en één van 24V en geschakeld zoals aangegeven in fig. 37. Het voedingsgedeelte heeft dan drie aansluitklemmen met resp. $+12\text{V}$, 0V en -24V t.o.v. het aardpotentiala.

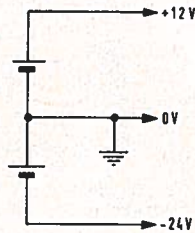


FIG 37

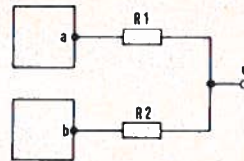


FIG 38

6.2. Elektronische „en”- en „of”-schakelingen.

De twee vierkanten in fig. 38 stellen voorlopig onbepaalde logicschakelingen voor, welke, onafhankelijk van elkaar, de toestandswaarden 0 en 1 kunnen aannemen. De 0- en 1-standen zijn kenbaar aan uitgangsspanningen van resp. -12V en 0V . De inwendige weerstanden van de schakelingen onderstellen we verwaarloosbaar klein. De uitgangen a en b besturen een logica-schakeling welke slechts bestaat uit twee gelijke weerstanden R_1 en R_2 .

Het knooppunt van deze weerstanden is de uitgang u van de schakeling. De spannings- en toestandswaarden van dit punt, bij de vier mogelijke waardecombinaties van a en b, zijn:

a		b		u	
spanning	toestand	spanning	toestand	spanning	toestand
-12 V	0	-12 V	0	-12 V	0
0 V	1	-12 V	0	-6 V	0
-12 V	0	0 V	1	-6 V	0
0 V	1	0 V	1	0 V	1

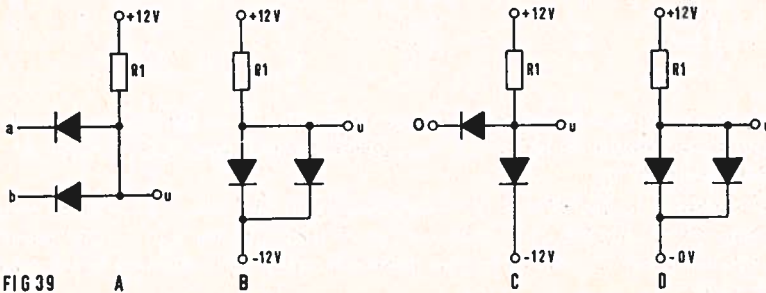
Alleen als a en b in de 1-toestand verkeren, blijkt de spanning op punt u hoger dan de discriminatiewaarde van -3 V te zijn.

Het simpele netwerkje verricht dus een „en”-taak, welke we weer verkort kunnen omschrijven als:

$$u = a \cdot b.$$

De schakelfunctie komt dus overeen met die van twee in serie geschakelde contacten in de relaistechiek. Helaas kunnen we echter deze vergelijking slechts handhaven zolang er niet meer dan een drietal besturingsvoorwaarden nodig zijn. Bij een groter aantal stuiten we bij het weerstandennetwerk op moeilijkheden. Stel, dat bijv. een „en”-poort met vier besturingsvariabelen nodig is. Als van deze vier er drie in de 1-stand staan en nog slechts één in de 0, dan moet de spanning op de uitgang van het nu uit vier gelijke weerstanden bestaande netwerk, lager dan -3 V blijven. De uitgangsspanning is dan echter precies -3 V, wat tot een ongedefinieerde en daarom ongewenste toestand van de schakeling leidt. Ondanks deze beperking komt men de zgn. weerstandenlogica nog vrij veel tegen in de elektronische schakeltechniek. We zullen er in een later stadium nog op terugkomen maar voorlopig onze beschouwingen baseren op schakelingen, waarvan de uitgangsspanningen zo veel mogelijk onafhankelijk van het aantal voorwaarden zijn. Voor de „en” en „of” poorten vervallen we dan in het gebruik van kristaldiodes. Het is door de toepassing in deze functies, dat het aantal diodes in elektronische rekenmachines en dergelijke, tot in de duizenden kan lopen.

De schakeling volgens fig. 39 A is een uitvoeringsvoorbeeld van een „en”-poort met kristaldiodes. Zijn de punten a en b elk -12 V, dan kunnen we



voor de berekening van de stromen en spanningen in het circuit, deze twee punten aan elkaar verbonden denken. De gehele schakeling kan dan opgevat worden als een serieschakeling van een weerstand R1 en twee parallel geschakelde diodes, zoals aangegeven in fig. 39 B. Beide diodes staan in doorlatende toestand en als we gelijke doorlaatkarakteristieken veronderstellen, vloeit door elk de helft van de stroom door R1. Bij de in de praktijk optredende stroomwaarden beperken de verliesspanningen over de diodes zich tot enkele tienden volts. Deze kleine waarden kunnen we in eerste instantie wel verwaarlozen t.o.v. de stuurspanningen en de spanning op u gelijk stellen aan de stuurspanning van -12 V op elk der beide ingangsklemmen a en b. Ook als door een ongelijkheid in de karakteristieken of een klein verschil in de stuurspanningen, de ene diode een veel groter deel van de door R1 vloeiende stroom te verwerken krijgt dan de andere, blijven de verliesspanningen een ondergeschikte rol spelen.

Bij twee andere mogelijke toestandscombinaties van a en b is de één 0 V en de andere -12 V . Deze toestand geeft fig. 39 C weer. In dit geval is alleen de onderste diode in de doorlatende toestand en de kleine verliesspanning over deze diode rechtvaardigt weer een aanname van vrijwel -12 V voor de uitgangsspanning op u. Over de andere diode staat dan een keer-spanning van 12 V , waardoor zijn invloed op de uitgangsspanning nihil is. Tenslotte hebben we nog de toestandcombinatie, waarbij a en b beide 0 V zijn. Deze situatie toont fig. 39 D. De beide diodes kunnen we weer parallel geschakeld denken, maar nu met een gemeenschappelijke kathodespanning van 0 V i.p.v. -12 V . Uit het voorgaande zal duidelijk zijn, dat nu de uitgangsspanning praktisch aan 0 V gelijk te stellen is.

In de volgende tabel zijn de verschillende spannings- en toestandswaarden nog eens in een overzichtelijke vorm weergegeven.

a		b		u	
spanning	toestand	spanning	toestand	spanning	toestand
-12 V	0	-12 V	0	-12 V	0
0 V	1	-12 V	0	-12 V	0
-12 V	0	0 V	1	-12 V	0
0 V	1	0 V	1	0 V	1

Bij deze poorten blijven, ook bij een groot aantal besturingsvoorwaarden, de uitgangsspanningen zodanig, dat een goede discriminatie tussen de 0- en 1-toestand mogelijk is.

Met dezelfde onderdelen is de verwezenlijking van een „of”-functie mogelijk. De uitvoering hiervan ziet men in fig. 40. De diodes zijn hierin gekeerd en de weerstand is nu niet aan een positieve maar aan een negatieve spanning verbonden.

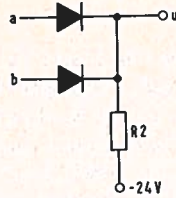


FIG 40

De uitgangsspanning zal steeds de hoogste van de twee (of meerdere) ingangsspanningen volgen. Bij de vier mogelijke ingangscombinaties is u dus :

a		b		u	
spanning	toestand	spanning	toestand	spanning	toestand
-12 V	0	-12 V	0	-12 V	0
0 V	1	-12 V	0	0 V	1
-12 V	0	0 V	1	0 V	1
0 V	1	0 V	1	0 V	1

Deze uitkomst rechtvaardigt de omschrijving:

$$u = a + b$$

Met „en”- en „of”-diodepoorten kunnen combinaties gevormd worden. Een voorbeeld hiervan ziet men in fig. 41.

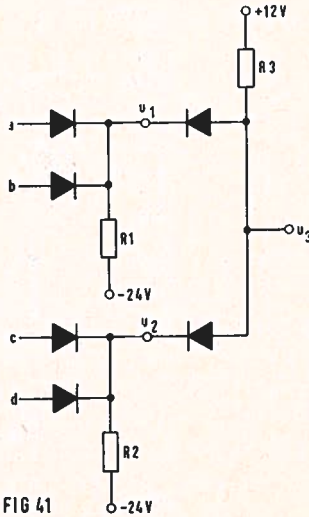


FIG 41

Wij verzoeken de lezers onderstaande rectificaties aan te brengen in het maartnummer:

Op blz. 67, regel 19 v.b. staat: het luchtledige elektrische veld enz. Dit moet zijn: het krachtige elektrische veld.

Op blz. 68, regel 9 en 10 v.b. staat: Daarom vervaardigt men nooit de tot nu toe beschouwde lagendiodes enz. Dit moet zijn: Daarom vervaardigt men naast de tot nu toe beschouwde lagendiodes.

Op blz. 69, regel 2 v.o. staat: worden vervolgens pilletjes enz. Dit moet zijn: worden vervolgens indiumpilletjes enz.

Op blz. 70, regel 2 v.b. staat: aansluitdioden, dit moet zijn: aansluitdraden. Regel 3 v.b. staat: nulpunt, dit moet zijn, smeltpunt.

Regel 3 v.o. staat: circuits C en B, dit moet zijn: indices C en B.

In deze combinatie vormen de uitgangen van twee „of”-schakelingen de besturingsvoorwaarden van een „en”-schakeling.

De functies van de punten u_1 , u_2 en u_3 kunnen omschreven worden als:

$$u_1 = a + b$$

$$u_2 = c + d$$

$$u_3 = u_1 \cdot u_2 = (a + b)(c + d)$$

Om de spanningsvariaties op u_3 in overeenstemming met die op de ingangsklemmen te houden, moet R3 minstens 2 x zo groot als R1 en R2 gekozen worden. Bij het in cascade plaatsen van meerdere diodepoorten kan dit vereiste uiteindelijk tot onpraktisch hoge weerstandswaarden leiden. Hierbij komt nog, dat de verliesspanningen over de diodes, welke in een enkele poort van weinig betekenis zijn, na sommering over meerdere achter elkaar geschakelde poorten, tenslotte toch te grote waarden bereiken. Om deze moeilijkheden te omzeilen plaatst men tussen de logica-trappen zgn. logische versterkers. In deze

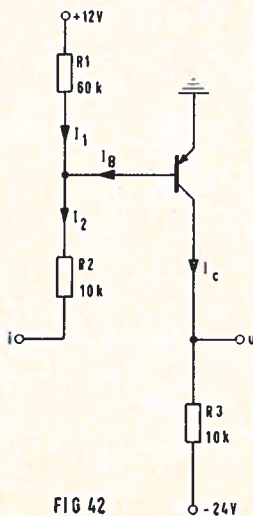


FIG 42

versterkers worden de verliesspanningen gecompenseerd en de impedanties weer teruggebracht op de waarden van de eerste besturingsvoorwaarden. Daar de logische versterking vaak gecombineerd wordt met inversie, zullen we in de volgende paragraaf eerst de elektronische uitvoering van deze functie behandelen.

6.3 Een elektronische „niet“-schakeling.

De „niet“-functie of inversie is op eenvoudige wijze uitvoerbaar door middel van een transistor, hetgeen we aan de hand van de schakeling volgens fig. 42 zullen aantonen.

Een spanning van 0 V op de ingangsklem i brengt de basis van de transistor op een positieve spanning t.o.v. het aardpotentiaal. Deze spanningspolariteit brengt zowel de emitter-basisdiode als de basis-collector diode in de keertoestand. De transistor is dus „dicht“ en behalve door R1 en R2 vloeien in alle andere circuit-onderdelen slechts te verwaarlozen lekstromen. De spanningsval over R3 kunnen we daarom gelijk nul stellen, zodat de spanning op u —24 V bedraagt.

Een spanning van —12 V op i brengt de emitter-basis diode in doorlatende toestand.

Voor de berekening van de basisstroom stellen we weer:

$$U_{EB} = 0V. \text{ Dan is } I_1 = \frac{12V}{60k\Omega} = 0,2 \text{ mA},$$

$$I_2 = \frac{12V}{10k\Omega} = 1,2 \text{ mA en } I_B = I_2 - I_1 = 1,0 \text{ mA}.$$

Is nu $\alpha_{FE} = \text{min. } 25$, dan mag aan de collector een stroom onttrokken worden van:

$$I_C = \alpha_{FE} \cdot I_B = 25 \text{ mA}.$$

$$\text{Om } U = 0V \text{ te krijgen is door R3 slechts } \frac{24V}{10k\Omega} = 2,4 \text{ mA nodig.}$$

Er is dus nog $25 \text{ mA} - 2,4 \text{ mA} = 22,6 \text{ mA}$ collectorstroom over voor te besturen schakelingen vanuit U.

Intussen kunnen we van i en u het volgende noteren:

i		u	
spanning	toestand	spanning	toestand
—12 V	0	0 V	1
0 V	1	—24 V	0

zodat de functie van de schakeling volledig beschreven is door:

$$u = u'$$

(wordt vervolgd)

I. *Inleiding.*

De materialen, die in de elektrotechniek worden gebruikt, zijn in vier groepen te verdelen, nl.:

- a. *Geleidematerialen,*
- b. *Isolatiematerialen,*
- c. *Constructiematerialen,*
- d. *Magnetische materialen.*

De geleide- en isolatiematerialen worden evenwel ook voor constructiedoeleinden gebruikt.

Onder een isolatiemateriaal wordt verstaan die stof, welke de *eigenschap* bezit, een *oneindig grote weerstand* te bieden aan elektrische stromen.

De isolatiematerialen in de elektrotechniek worden dus steeds daar aangewend, waar verschillende geleidingen van elkander verwijderd gehouden moeten worden, of wat hetzelfde is, van elkaar geïsoleerd moeten worden.

De voornaamste *eisen*, die aan dergelijke materialen worden gesteld, zijn de volgende:

- a. het isolerend vermogen moet zo groot mogelijk zijn; bovendien in alle richtingen gelijk.
- b. zij moeten bestand zijn tegen tamelijk hoge temperaturen.
- c. de samenstelling mag bij temperatuurverschillen niet veranderen.
- d. zij mogen geen vocht opnemen (absorberen).
- e. door de invloed van zuren mag de samenstelling niet veranderen.
- f. zij mogen geen delen bevatten, die de metalen, welke er door worden geïsoleerd, aantasten; het moet dan vooral zuurvrij zijn.
- g. zij moeten tegen mechanische invloeden, zoals trillingen, e.d. bestand zijn.

Er is geen enkel materiaal, dat aan al deze eisen voldoet. Bij de toepassing van een isolatiemateriaal moet dan ook altijd rekening worden gehouden met het *doel*, waarvoor het materiaal wordt gebruikt.

De *prijs* van het materiaal is ook een belangrijke factor, waar steeds op gelet moet worden. Hierin ligt reeds opgesloten, dat men voortdurend tracht materialen te produceren, die laag in prijs zijn en toch de meest belangrijke *eigenschappen* bezitten.

Speciale stoffen worden dan ook geproduceerd alleen voor bepaalde doeleinden. Deze stoffen bezitten dan de eigenschappen die verlangd worden en vervangen zodoende de duurdere materialen.

Bovendien heeft men soms over zeer weinig ruimte te beschikken, waardoor men genoodzaakt wordt uiterst nauwkeurig de soort van isolatie te kiezen.

Alvorens de verschillende isolatiematerialen te bespreken zullen de *eigenschappen* bekend moeten zijn, waaraan het isolatiemateriaal moet voldoen.

De genoemde eigenschappen, welke achtereenvolgens behandeld worden, zijn:

- a. de *elektrische* eigenschappen,
- b. de *mechanische* eigenschappen,
- c. de *chemische* eigenschappen,
- d. de *physische* eigenschappen.

II. *Elektrische eigenschappen.*

De verschillende elektrische eigenschappen waaraan het isolatiemateriaal moet voldoen, zijn:

- a. de doorslagsterkte,
- b. de isolatieweerstand,
- c. de oppervlakte-weerstand,
- d. de diëlektrische constante ϵ ,
- e. de verlieshoek δ , meestal gegeven als $\text{tg } \delta$
- f. de diëlektrische verliesfactor $\epsilon \text{ tg } \delta$,
- g. de kruipstroom.

De hierboven genoemde eigenschappen zullen achtereenvolgens worden behandeld.

a. *Doorslagsterkte.*

De doorslagsterkte is afhankelijk van de temperatuur en *niet* evenredig met de *dikte* van het materiaal. Toch wordt de doorslagsterkte gemeten in *volt/cm*.

Elk materiaal heeft bij een bepaalde dikte de hoogste isolatiewaarde; is het materiaal dikker of dunner, dan is de isolatiewaarde kleiner.

Is het materiaal dunner, dan spreekt het tot onze verbeelding, dat de isolatiewaarde minder zal zijn: is het materiaal dikker, dan spelen dikwijls andere factoren een belangrijke rol.

Een zeer belangrijke factor bij dikkere isolatiestoffen is de *luchtinsluiting*; de isolatiewaarde gaat hierdoor veelal sterk achteruit.

Er zijn drie soorten doorslagsterkten; de doorslagsterkte is nl. afhankelijk van de methode, waarop de spanning op het materiaal wordt gebracht.

1. *Duurdoorslagsterkte.*

Duurdoorslagsterkte is de spanning, waarbij het materiaal op de duur juist doorlaat. In de praktijk neemt men een beperkte tijd met een verminderde spanning; men eist dan, dat het materiaal op een bepaalde spanning na een bepaalde tijd net niet doorslaat, bijv. 2000 V gedurende een uur.

2. *Periodiek verhoogde doorslagsterkte.*

Dat is de spanning, waarbij het materiaal doorslaat, terwijl de spanning telkens met een bepaald bedrag per seconde is verhoogd.

3. *Stootdoorslagsterkte.*

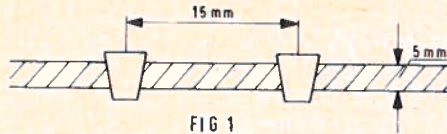
Dat is de spanning, waarbij het materiaal doorslaat nadat die spanning plotseling op het materiaal is aangebracht, ofwel daarna zo vlug oploopt dat doorslag optreedt.

Hier heeft men een zgn. topwaarde.

b. *Isolatiweerstand.*

Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit, dat er ook stroom kan gaan langs het oppervlak, terwijl er verder kans bestaat op een overgangswaerstand tussen de elektroden en het isolatiemateriaal.

Ten einde dit tegen te gaan gebruikt men normaal twee flauw-konische stoppen, die in hierbij passende gaten van het isolatiemateriaal worden gedrukt, fig. 1.



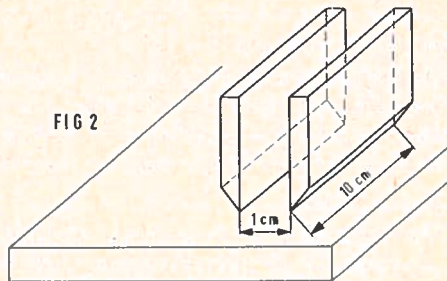
Soms brengt men aan weerskanten van een grote plaat isolatiemateriaal een elektrode aan. Hierbij kan dan de oppervlaktewaerstand worden uitgeschakeld; men krijgt echter grote moeilijkheden met de overgangswaerstand.

Ten einde de overgangswaerstand zoveel mogelijk te beperken, past men kwikelektroden toe, of het oppervlak wordt gemetaliseerd.

c. *Oppervlaktewaerstand.*

De oppervlaktewaerstand wordt bepaald door twee mesvormige elektroden op het isolatiemateriaal te plaatsen.

Elke elektrode is 10 cm lang, terwijl de onderlinge afstand 1 cm is fig. 2.



d. *Diëlektrische constante.*

Dit is een grootte die betrekking heeft op een diëlektricum (een in het elektrische veld aanwezige stof, die niet of zo goed als niet een elektrische stroom kan geleiden). Ten gevolge van de diëlektrische polarisatie (de aanwezigheid van elektrische ladingen op de zijvlakken van een niet geleidende stof, tengevolge van een elektrisch veld) is de elektrische veldsterkte in het diëlektricum niet dezelfde als de veldsterkte er buiten, die de polarisatie veroorzaakt.

De diëlektrische constante wordt *epsilon* genoemd, die behalve van het diëlektricum ook afhangt van de keuze van verschillende andere eenheden.

e. *Verlieshoek.*

De verlieshoek is een hoek, die de afwijking aangeeft van de faseverschuivingshoek tussen stroom en spanning. Bij een condensator is de theoretische hoek tussen stroom en spanning 90 graden, in de praktijk is dit echter niet het geval. Het verschil tussen de theoretische en de praktische hoek is de verlieshoek.

De verlieshoek wordt aangegeven als *tangens delta* ($\text{tg } \delta$).

(Het in punt d. en e. genoemde wordt meestal gemeten met behulp van de brug van Schering.)

f. *Diëlektrische verliesfactor.*

De diëlektrische verliesfactor wordt *epsilon tangens delta* genoemd. ($\epsilon \text{ tg. } \delta$).

De verliezen vinden hun oorzaak in de diëlektrische polarisatie.

g. *Kruipstroom.*

Voor het bepalen van de kruipstroom heeft men nog geen goede proef kunnen vinden, terwijl een goede definitie ook ontbreekt.

Niet alleen het isolatie-materiaal, maar ook uitwendige factoren spelen hierbij een belangrijke rol.

Tegenwoordig zijn er wel meetmethoden ontwikkeld, teneinde de lucht- en olie-insluitels om andere onregelmatigheden in het isolatiemateriaal te kunnen opsporen. Hoewel schuim-isolatiestoffen voor bijv. hoogfrequente-isolatie worden gemaakt, wordt ook dikwijls glas met luchtinsluitels toegepast.

III. *Mechanische eigenschappen.*

Bij de isolatiematerialen zijn veelal van belang:

- a. de hardheid,
- b. de slagsterkte (trek en buig),
- c. de trek-, druk- en buigsterkte.

Deze punten zullen achtereenvolgens worden toegelicht.

a. *De hardheid.*

De hardheidsbepaling is voor het onderzoek van materialen veelal noodzakelijk. De voor de techniek gebruikelijke methoden berusten op het maken van een indruk in het te onderzoeken materiaal. De afmetingen van de indruk in het materiaal zijn dan een maat voor de hardheid. De vorm van de stempel welke op het materiaal wordt gedrukt is nauwkeurig omschreven. De meest toegepaste methoden zijn die van:

1. Brinell,
2. Vickers,
3. Rockwell.

De genoemde methoden worden veel bij metalen toegepast, echter bij de hardere isolatiematerialen, welke het meest voorkomen, kunnen ze goed worden gebruikt. De nog te noemen getallen zullen hierbij moeten worden aangepast.

De methode Brinell.

Bij deze methode wordt een stalen kogel van een bepaalde afmeting ($2\frac{1}{2}$, 5, $7\frac{1}{2}$ of 10 mm), bij een bepaalde belasting gedrukt op het te onderzoeken materiaal. Het oppervlak van de gemaakte indrukking wordt bepaald en uitgedrukt in de *Brinell-hardheid* ofwel *Brinell-graden*.

Een andere aanduiding is die van kg/mm^2 . Het aantal kg belasting wordt dus gedeeld door het oppervlak van het door de indrukking ontstane bolsegment. De tijd dat de belasting op het materiaal aanwezig is, heeft ook invloed en moet ook worden opgegeven. De *oppervlakte van de indruk* is de blijvende indruk; er is nl. ook een tijdelijke indruk, immers het materiaal zal iets terugveren, als de belasting wordt weggenomen.

De dikte en de grootte van het proefstuk zijn van belang, dit vanwege het vervormingsgebied, zodat de proef niet te dicht bij de rand van het materiaal mag worden genomen.

Hieronder volgen getallen van enkele materiaalsoorten, waarop een proef is genomen, zie ook fig. 3.

Dikte proefstuk in mm	Kogel diam. in mm	P. in kg				
		30 d ²	10 d ²	5 d ²	$2\frac{1}{2}$ d ²	d ²
6	10	3000	1000	500	250	100
6—3	5	750	250	125	62,5	25
3—1	2,5	187,5	62,5	31,3	15,6	6,3
		Staal	Messing	Koper	Soldeer	Lood

Bij de hardere isolatiematerialen zullen de getallen in het algemeen lager liggen dan staal en hoger dan lood.

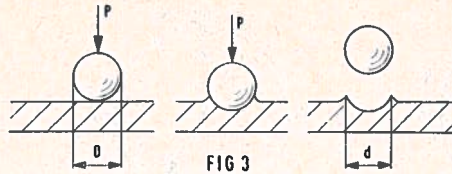
De juiste indrukking krijgt men als de diameter van de kogel 0,2 tot 0,6 maal groter is dan de verkregen indrukking.

Bezwaren van de Brinell-proef zijn:

1. De kogel wordt mede vervormd, daarom kan men niet boven een bepaald gewicht komen.
2. Het materiaal wordt beschadigd, de indrukking is vrij groot, wat niet altijd is toegestaan.
3. Er ontstaat opstulping van het materiaal, wat op gladde vlakken dikwijls een bezwaar is.

De *voordelen* zijn:

1. Bij deze methode blijkt er een verband te bestaan tussen de trekvastheid en de hardheid.
2. Voor niet-homogene materialen is het een goede methode vanwege het grote trefvlak. Bijv. bij gietijzer (grafietlamellen), isolatiematerialen met luchtinsluitels, ed.

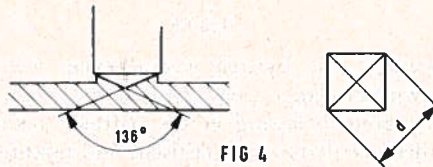


De methode Vickers.

De hardheid van het materiaal wordt bij deze methode bepaald door een diamanten pyramide met een grote tophoek, welke onder een bepaalde belasting in het voorwerp drukt.

Met een microscoop, waarop een schaalverdeling is aangebracht, wordt de *diagonaal van de indruk* gemeten, fig. 4.

Bij toepassing van een kegel, welke een cirkelvormige indruk geeft, heeft men een minder scherp waarneembare indruk dan met een pyramide-vorm. Ernstige beschadigingen van het voorwerp worden met deze methode voorkomen, terwijl er bovendien een lineair verband bestaat tussen indrukking en trekvastheid.



standhoek 136 graden

Nadelen:

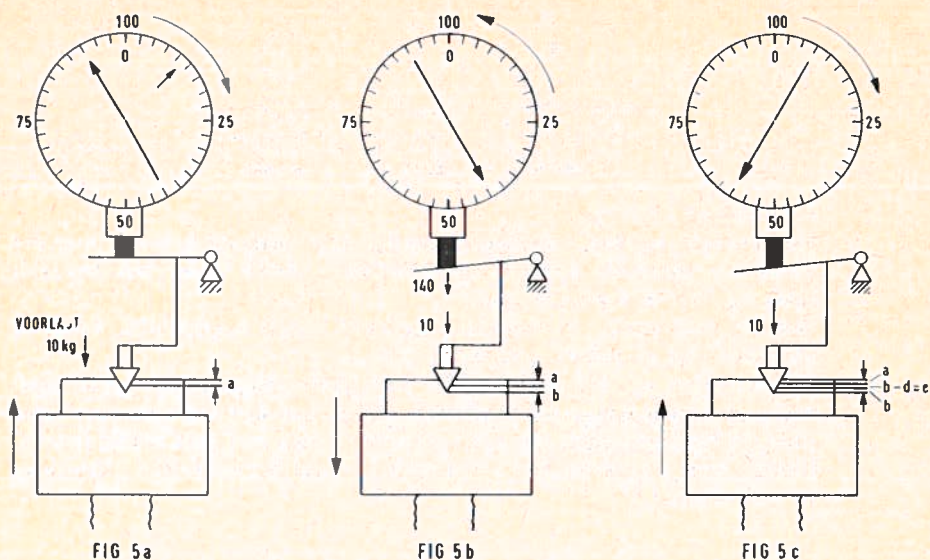
1. Kleine trefplaats, daarom niet geschikt voor niet-homogene materialen. (Hiervoor is de Brinell-methode beter).
2. De proefstukken moeten een zuiver bewerkt oppervlak hebben, bijv. gepolijst.

Voordelen:

1. Dun materiaal is hiermede te beproeven, voor isolatiematerialen dikwijls zeer belangrijk.
2. Bij het metaalonderzoek kunnen geharde, inzet, gecementeerde of gemitreerde lagen met deze methode goed worden bepaald.

De methode Rockwell.

In tegenstelling tot de voorgaande methoden wordt hier de *diepte van de indruk* gemeten. Voor zachtere metalen en isolatiematerialen wordt een kogel gebruikt ($\frac{1}{8}''$ — $\frac{1}{16}''$ enz.) voor hardere (metalen) materialen een diamant. Ook hier wordt de blijvende indruk gemeten. Er bestaat een lineair verband tussen indrukking en hardheid. Omdat hard materiaal een kleinere indruk geeft dan zacht materiaal, zou het eerste een kleiner getal aangeven dan het tweede. Teneinde dit bezwaar te voorkomen wordt een speciale meetmethode voor hard materiaal toegepast. De indrukdiepte wordt hierbij van een groot getal afgetrokken, zodat hard materiaal een groot- en zacht materiaal een klein getal aangeeft.



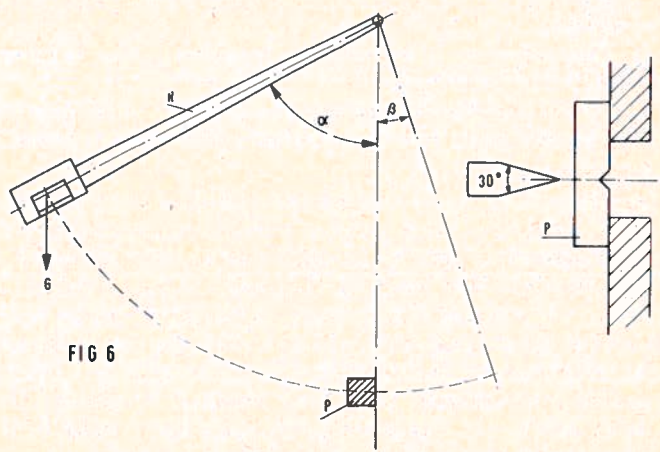
Hierna worden drie figuren weergegeven, welke de indrukking met bepaalde gewichten laten zien. Een voorlast van 10 kg is altijd aanwezig, voordat de grote belasting er op gedrukt wordt. Als de hoofdlast wordt weggenomen, verdwijnt de elastische indrukking en blijft de blijvende indrukking over. De blijvende diepte e (fig. 5c) wordt dus afgelezen.

Nadeel:

Voor niet-homogene materialen niet bruikbaar vanwege het kleine trefvlak.

Voordeel:

Zeer geschikt voor massa-produkten, hoewel dit enigszins ten koste gaat van de nauwkeurigheid.



Bij de hiervoor behandelde methoden kan de volgende definitie gelden: *Onder hardheid wordt verstaan de weerstand van een materiaal tegen indringen van een ander lichaam; de blijvende vervorming wordt als maatstaf aangenomen.*

b. *De slagsterkte.*

Men tracht een inzicht te krijgen in het gedrag van het materiaal onder schokkende belasting (de taatheid).

Hoofdzakelijk bestaan er twee soorten proeven nl. de *kerfslagproef*, waarbij het proefstuk plaatselijk door een kerf wordt verzwakt, en de *trekslagproef*. De laatstgenoemde wordt hoofdzakelijk toegepast om lasmateriaal, dat neergesmolten is te onderzoeken. In hoofdzaak dus metaalonderzoek. In beide proeven wordt de hoeveelheid arbeid bepaald, die verbruikt wordt bij het in één slag breken van een proefstaafje. De *Charpy-hamer* wordt hiervoor het meest gebruikt.

Kerfslagproef, deze wordt het meest toegepast bij metaalonderzoek. Doordat later nog over metalen zal worden gesproken, is het goed in dit verband een metaal als voorbeeld te nemen. Indien een isolatiemateriaal wordt onderzocht gaat men op dezelfde wijze te werk.

De kerfslagproef heeft hoofdzakelijk ten doel het materiaal na het veredelen weer te beproeven. Hiertoe wordt een vierkant of rechthoekig proefstaafje horizontaal in de machine gezet. Het staafje is van een kerf voorzien. Een slingerende hamer, welke om een horizontale as draait, zal uit een bepaalde hoek het proefstaafje doen breken en daarna nog doorslingeren (fig. 6).

De *arbeid* in kgm, *gedeeld* door het *oppervlak* in cm^2 van de proefstaaf over de kerf, is de *kerfslagwaarde*.

De kerfslagwaarde is afhankelijk van de *snelheid* van de slag, de *temperatuur*, de *vorm* van het proefstaafje en van de *wijze van breken*.

De uitkomst van de proef geeft een aanwijzing voor de weerstand van het materiaal tegen schokken. De luchtweerstand en de wrijving van het toestel, alsmede het arbeidsvermogen, dat in de weggeslingerde stukken verloren gaat, zijn te meten, zodat hiermede rekening kan worden gehouden.

Bij de *trekslagproef* gebruikt men een rond proefstaafje, aan beide einden van schroefdraad voorzien. Op het ene einde wordt een stuitflens bevestigd, terwijl het andere einde wordt bevestigd aan het valgewicht van de Charpy-hamer. Door een trekslag wordt het staafje gebroken.

Ook hier is de *breekbaarheid* in kgm, *gedeeld* door het *oppervlak* in cm^2 de *trekslagwaarde* ofwel de *trekslagtaaiheid*.

c. *De trek-, druk- en buigsterkte.*

De druk- en buigsterkte worden bij isolatiematerialen veel gevraagd, de laatste nog meer dan de eerste. De treksterkte komt hoofdzakelijk bij metalen voor. Volledigheidshalve worden alle drie besproken.

Ten einde de *trekvastheid* van metalen te bepalen wordt een trekproef toegepast. Een proefstaaf wordt hierbij aan een toenemende *trekbelasting* onderworpen, totdat een breuk optreedt. De *treksterkte* en *breukrek* worden hieruit bepaald.

Veelal wordt een cirkelvormige proefstaaf toegepast; met lichte centers

wordt over het middengedeelte de zgn. meetlengte gemarkeerd. De einden van de staaf zijn zwaarder en worden ingeklemd in de trekbank. De staaf is over de meetlengte nauwkeurig glad afgewerkt. De trekkracht op de staaf wordt door de zuiger van een hydraulische cylinder veroorzaakt. De oliedruk die hiervoor nodig is, wordt op een manometer afgelezen. De wijzer van deze meter neemt een losse wijzer mee; deze losse wijzer geeft na het breken van de staaf de hoogst bereikte druk aan en dit is tevens de maximum-belasting.

De treksterkte is de maximum-belasting in kg, gedeeld door de kleinste oorspronkelijke doorsnede van de staaf in mm².

Door het trekken van de staaf zal deze worden uitgerekt.

De rek is de vergroting van de meetlengte gedeeld door de oorspronkelijke meetlengte maal 100 %.

De breuk van de staaf moet niet te ver uit het midden liggen, dit vanwege een vrij sterke insnoering bij de breuk.

De berekende rek zal groter worden naarmate de meetlengte korter is; bij het resultaat moet dan ook altijd de lengte worden vermeld. Zoals reeds is opgemerkt is de treksterkte veelal bij metalen van belang en wordt zelden bij isolatiematerialen gevraagd.

De proefstaaf is meestal van genormaliseerde afmetingen.

De druksterkte of drukvastheid is de spanning, waarbij het materiaal zal bezwijken.

Er zijn verschillende normen voor diverse materialen vastgesteld, omdat het bedrag van de drukspanning afhankelijk kan zijn van de vorm en grootte van het proefstuk. Wordt voor een materiaal de toelaatbare drukspanning gevraagd, dan deelt men daartoe de druksterkte door een aangenomen of vastgestelde veiligheidscoëfficiënt.

De buigsterkte of buigvastheid is de grootste buigspanning die een materiaal kan opnemen, voordat het door buiging bezwijkt.

Van de buigvastheid, vastgesteld met een belastingsproef wordt de toelaatbare buigspanning afgeleid door te delen met een vereiste veiligheidsfactor. De getallen verkregen uit verschillende proefnemingen, kunnen nogal uiteenlopen. Dit is veelal afhankelijk van de vorm van het proefstuk. Voor metalen zijn de normen in normaalbladen vastgesteld.

Behalve de hiervoor beschreven proeven zijn er nog vele; die proeven dienen om de geschiktheid na te gaan van het materiaal voor bepaalde druk of belasting. De hier bedoelde proeven zijn o.a. de *stuikproef*, de *been en weerbuigproef* voor plaat, strip of draad, de *afschuifproef* en de *wringproef*. De werkelijke belasting wordt bij alle proeven zo goed mogelijk geïmiteerd. Bovendien kent men nog proeven met het complete werkstuk of met een monster. Alle proeven zijn min of meer genormaliseerd door wettelijke of andere lichamen, die toezicht op de vervaardiging en het gebruik van dergelijke voorwerpen uitoefenen.

IV. *Chemische eigenschappen.*

Bij het onderzoek van materialen spelen de chemische eigenschappen dikwijls een voorname rol. Volstaan wordt met de belangrijkste te noemen:

De ozon-, loog- en zuurbestendigheid, de veroudering, de olie- en benzine-

bestendigheid en het bestand zijn tegen hoge temperaturen.

V. *Physische eigenschappen.*

Ook de physische eigenschappen zijn van belang bij het gebruik van materialen. De belangrijkste eigenschappen zijn:

De wateropname, waterdoorlaatbaarheid, soortelijk gewicht, elasticiteit-modules, verwekingspunt, enz.

Er dient tevens rekening gehouden te worden bij het gebruik van materiaal met de kamertemperatuur, maar ook met de bedrijfstemperatuur, terwijl het materiaal óók bestand moet zijn tegen zeer lage en/of zeer hoge temperaturen.

VI. *Overzicht isolatiematerialen.*

Nadat de eisen en eigenschappen zijn bekeken waaraan het isolatiemateriaal moet voldoen, zal nu in een overzicht het onderscheid van deze materialen worden aangegeven.

Hierna zullen de verschillende isolatiematerialen ieder afzonderlijk worden besproken.

Natuurlijke:	{ <i>anorganische:</i>	marmer, asbest, leisteen, mica, magnesiumoxyde, (gassen).
	{ <i>organische:</i>	hout, katoen, zijde, jute, hars, asfaltolie.
Kunstmatige:	{ <i>anorganische:</i>	glas, porselein, steatiet.
	{ <i>organische:</i>	cellulose, papier, kunstzijde, celluloid, kunst-rubber, harsen, asfaltolie.

Samengestelde: kabelmassa, isolatieband, gedrenkte papiersoorten.

Aanvulling op het bovenstaande:

Natuurlijke stoffen zijn stoffen, welke de natuur ons levert en dus bekend zijn als *delfstoffen*. Bovendien worden hierin ondergebracht de produkten, welke uit die stoffen worden vervaardigd.

De isolatiematerialen kunnen voorts nog in de volgende groepen worden ondergebracht:

- a. papier en vezelstoffen,
- b. lakken en andere verfstoffen, deze dienen onder meer om direkt als isoleermiddel te worden aangewend.
- c. papier en vezelstoffen, welke met de onder *b.* genoemde stoffen zijn bewerkt. Ze moeten dus dienen om het metaal te beschutten tegen de invloed van water, zuren, olie en dergelijke.

NATUURLIJKE ANORGANISCHE MATERIALEN.

VII. *Leisteen.*

Indien leisteen wordt toegepast, dan is het nodig dat schroeven en bouten o.a. door buisjes, en die delen, welke erop gemonteerd worden, door plaatjes en ringen van eboniet of van mica worden beschermd.

Het komt namelijk zeer veel voor, dat zich in leisteen metaaladers bevinden, zodat het isolerend vermogen in die gevallen lager is. Bovendien is leisteen hygroscopisch, wat echter door een goede laklaag veel verminderd kan worden.

VIII. *Marmer.*

Marmer is in alle opzichten beter dan leisteen als isolatiemateriaal geschikt.

Marmer wordt in plaatvorm van 20—50 mm dikte gebruikt, waarbij de platen beperkte afmetingen hebben. Het is wat hygroscopisch, dat wil zeggen neemt wat vocht op, waardoor de oppervlakteweerstand zal afnemen.

De isolatieweerstand is groter dan 10^6 Megaohm als het marmer in droge toestand verkeert. Wordt het 24 uur aan de lucht blootgesteld dan is de isolatieweerstand 10^3 — 10^6 Megaohm.

Wordt het eerst 24 uur in het water gehouden en daarna in de lucht, dan is de isolatieweerstand 1—100 Megaohm.

De achterkant en de gaten worden soms met olichoudende lak geïmpregneerd, terwijl dit ook wel gebeurt met de gehele plaat. De doorslagspanning en de isolatieweerstand zijn voor normaal gebruik niet van belang, terwijl opgelet moet worden dat er geen geleidende aders voorkomen, bijv. ijzerlagen in marmer. De buigvastheid is 100—300 kg/cm². Marmer wordt sterk aangetast door zuren, minder door loog en niet door olie. Het is bestand tegen kortstondige verwarming, echter niet tegen langdurige, bijv. 100 °C. Tegenwoordig wordt het weinig meer toegepast, soms nog als schakelbord in laboratoria, terwijl het vroeger in centrales veel werd toegepast, aan boord van schepen en in huisinstallaties.

Door polijsten kan het marmer een mooi oppervlak verkrijgen. Het zgn. *kunstmarmer* is volkomen onbruikbaar en wordt evenals lesteen weinig meer gebruikt. Het heeft een buigvastheid van 500 kg/cm². Het kunstmarmer wordt wel verkregen van steentjes met cement, bijv. de gootsteen.

IX. *Asbest.*

Asbest is evenals lesteen en marmer een natuurvoortbrengsel, een delfstof, het wordt met grote hoeveelheden gewonnen in Canada. Asbest is een *siliciumverbinding*. Voor isolatiedoeleinden wordt veelal de uit Canada afkomstige langvezelige asbest gebruikt, die *serpentine* wordt genoemd. Deze serpentine is goed te verspinnen.

Doordat het materiaal in hoge mate vochttopnemend is, zgn. hygroscopisch, is het als isoleermiddel tegen elektriciteit absoluut onvoldoende. Dit bezwaar kan worden opgelost, door het asbest op constant hete plaatsen te gebruiken. Het is tot 600 °C bruikbaar, terwijl bij 1000 °C belangrijke chemische veranderingen beginnen op te treden. Bij 600 °C begint het kristalwater te verdampen, het wordt bovendien minder sterk. Vroeger was asbest een belangrijk isolatiemateriaal, omdat dit het enige anorganische vezelmateriaal was, dat bestond. Het wordt de laatste tijd verdrongen door de *glaswol* en de *glasdraad*. Een ander nadeel van asbest is, dat het in het geheel niet bestand is tegen mechanische invloeden.

De korte asbestvezels worden tot *asbestpapier* verwerkt. De zeer korte vezels gebruikt men als vulmateriaal voor bakeliet.

De lange vezels worden tot draad verwerkt. Met het oog op het verwerken worden wel wat katoenvezels toegevoegd, want asbest is niet sterk. De *breek* lengte is maar 1½ km, tegen die van katoen 20 km en die van natuurzijde 30 km. De doorslagspanning van droog asbest is 2 kV per mm. De samenstelling van asbest kan, door bewerking van één of andere zelfstandigheid, worden veranderd. Eén van de fabrikaten op zodanige wijze ontstaan is het zgn., *Vulkaanasbest*.

Het isolerend vermogen van de grondstof is nu tamelijk verhoogd, dit is echter geschied ten koste van het bestand zijn tegen hoge temperaturen. De samenstelling blijft niettemin onveranderd tot een maximum van 300 °C.

Het weerstandsvermogen tegen mechanische invloeden is belangrijk toegenomen, zodat het product nu in vele gevallen beter kan worden toegepast dan uitsluitend asbest. Het spanningsverschil tussen de te isoleren metalen moet binnen bepaalde grenzen blijven, hieruit volgt dat het gebruik van vulkaan-asbest verboden is bij hoge spanningen.

Etna-asbest.

Het Etnamateriaal is een ander, met asbest als grondstof vervaardigd materiaal. De asbest is nu met één of andere soort lak verzadigd. Het product hieruit ontstaan, heeft een zeer grote vastheid, terwijl het zich bijzonder leent voor de vervaardiging van ringen, buis en isoleerhulzen.

X. *Mica.*

Ook mica is een silicaat, maar terwijl asbest draadvormige moleculen en dus kristallen heeft, heeft mica zeer dunne en platte kristallen. Het mica komt in de natuur voor, is een delfstof, waarvan de voornaamste vindplaatsen zijn: Zwitserland, Canada, Italië en Israël. Het is een substantie, die zich vrij gemakkelijk in langsrichting laat splijten. Hierdoor ontstaan zeer dunne doorzichtige plaatjes.

In hoofdzaak komen twee soorten voor, nl.:

Muskoviet, die roze en hard is en voornamelijk in India wordt gevonden,

Phlogopit, die geel-bruin en zacht is en voornamelijk in Canada wordt gevonden.

De beste mica is die, welke een roze-roodachtige tint bezit; de kwaliteit vermindert, naarmate de kleur lichter wordt.

Voor isolatiemateriaal is het zeer goed bruikbaar; aan de eis van hoge oppervlakte-isolatiweerstand wordt hier voldaan.

In de zwakstroomtechniek kiest men de licht roze soort van 0,1 mm dikte. Lichte vlekken in de mica zijn voor een hoge doorslagspanning geen bezwaar. Deze vlekken komen ook als laagjes voor.

De eigenschappen, waaraan mica voldoet en die van het meeste belang zijn:

1. Mica kan gespleten worden tot op een dikte van 0,001 mm; het soortelijk gewicht is 3; bij 700 °C begint pas de ontleding.
2. Het is bestand tegen hoge temperaturen en grote plotselinge temperatuurwisselingen; denk aan bijv. verwarmingsapparaten.
3. Het is bestand tegen zeer hoge spanningen. Op een plaatdikte van 1 mm is dit ongeveer 22 kV. In het algemeen geldt hiervoor de volgende formule: $22000 \times d$ volt, waarin d = materiaaldikte.
4. Het isolerend vermogen is bij gelijke dikte op alle plaatsen gelijk.
5. Het laat geen water door en neemt praktisch geen water op.
6. Het is niet alleen bestand tegen water maar ook tegen olie, in iets mindere mate tegen zuren en dergelijke.
7. De doorslagspanning is 100 kV per mm. De oppervlakteweerstand is 10^{16} Megaohm.

(wordt vervolgd.)

flitsapparaat voor fotografisch opnemen van abonnee tellerstanden

63-039

B. van Zanten.

In een vorig artikel hebben we reeds kunnen lezen op welke wijze het projecteren van opgenomen tellerstanden plaatsvindt en op welke manier de verkregen standen worden verwerkt.

Verskillende vragen zijn gesteld naar aanleiding van het artikel in het Studieblad van 15 augustus 1962, 17e jaargang no. 8.

De belangstelling, die er voor deze apparatuur bestaat, heeft de mening versterkt, het geheel aan een diepere beschouwing te moeten onderwerpen.

Het zal u bekend zijn, dat in de techniek van de flitsfotografie zich twee richtingen hebben ontwikkeld:

- 1e. voor de amateurfotografie
- 2e. voor de industriële doeleinden.

Eerstgenoemde categorie maakt over het algemeen gebruik van *verbrandingsflitslampen*. Dit wil zeggen, dat de lamp na gebruik kan worden weggegooid.

Iedereen begrijpt, dat deze lampen ten ene male ongeschikt zijn voor toepassing op industrieel terrein, alleen al uit financieel oogpunt bezien. Vooral dit laatste heeft de technici doen besluiten een nieuw type lamp te ontwikkelen, welke in staat moest zijn snel achter elkaar een vrij groot aantal opnamen te flitsen, zonder dat tot vervanging behoefde te worden overgegaan.

Men begrijpt, dat snelheid in deze materie een zeer belangrijke rol heeft gespeeld, terwijl ook de ruimte, welke deze lamp inneemt een vraagstuk is geweest, waar terdege rekening mee diende te worden gehouden. Ook het probleem: *gewicht* heeft een rol gespeeld bij de ontwikkeling van de apparatuur voor het fotograferen met flitslampen. Als gevolg van al deze factoren en nog andere kunnen we de *onladingflitslampen* in

vier groepen verdelen:

- 1e. *flitslampen voor spanningen tussen 400 en 500 V;*
- 2e. *flitslampen voor spanningen tussen 2000 en 3000 V;*
- 3e. *flitslampen voor speciale wetenschappelijke toepassingen;*
- 4e. *stroboscooplampen.*

De lampen uit de groepen 1 t/m 3 zijn geschikt voor het geven van korte flitsseries, bijv. 10 tot 20 flitsen in enkele minuten.

Hierna dienen we een rustperiode in acht te nemen in verband met de ontwikkelde warmte.

Wat de laatste groep betreft is het moeilijk om een flitsfrequentie van 15 tot 300 flitsen per sec. te verwerken.

Met andere woorden, bij de konstruktie van deze lampen is rekening gehouden met de elektrische waarden, waaronder deze moeten functioneren.

In het algemeen wordt voor deze lampen de belastbaarheid opgegeven in watt-seconden per flits.

Al deze factoren hebben geleid tot een grote verscheidenheid in gasontladingsflitslampen wat vorm en afmetingen betreft.

Fig. 1 laat een gedeelte zien van een aantal lamptypes welke in de handel verkrijgbaar zijn en door verschillende bekende firma's worden geleverd.

De flitslampen worden veelal uitgevoerd met losse draden voor de aansluiting. Ze worden vast in de flitstoestellen gemonteerd; dit laatste op grond van hun kwetsbaarheid.

Ze behoeven praktisch niet te worden vervangen dank zij hun grote levensduur. Het is bekend, dat 50.000 maal flitsen heel gewoon is. In beginsel bestaat genoemde lamp uit een glazen buisje,

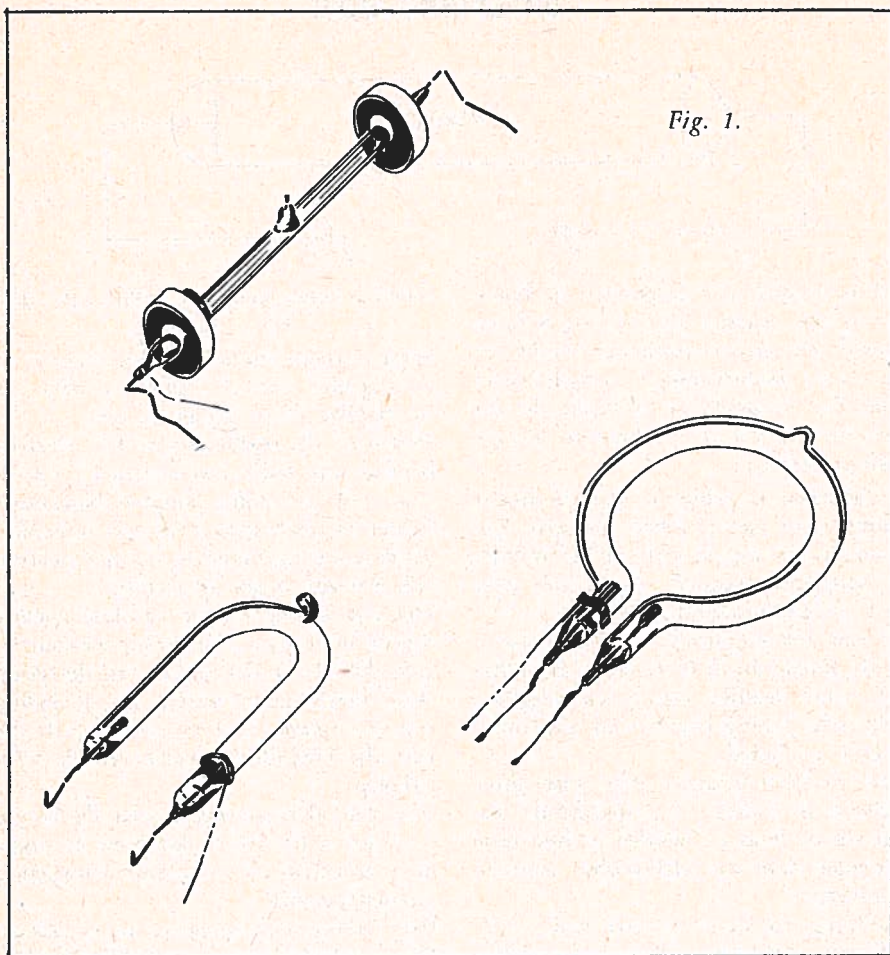


Fig. 1.

waarvan de afmetingen en vorm zeer verschillend zijn.

In het buisje bevinden zich elektroden, terwijl het geheel is gevuld met *xenon-gas*.

Het zal vermoedelijk wel bekend zijn, dat dit gas één van de vijf gassoorten is, welke men „edelgas” noemt en gewonen wordt op een speciale wijze. Deze gassoorten hebben de eigenschap dat zij geen scheikundige binding aangaan met andere stoffen.

Deze edelgassen zijn: helium, argon, neon, krypton en het reeds genoemde xenon.

Interessant is het te weten, dat in de ijzerertsen, welke in Amerika worden gedolven, heliumgas voorkomt.

Als gevolg van een weigering door Amerika deze gassen te leveren aan Duitsland, werden de luchtballons en zeppelins enige tientallen jaren geleden met waterstofgas gevuld.

ONTLADINGSBUIJS

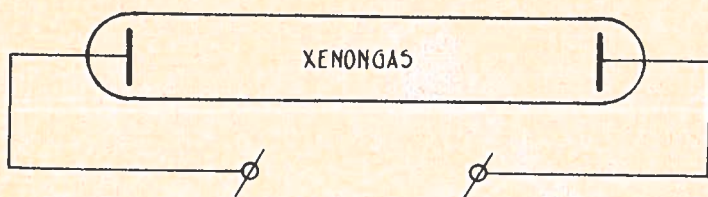


Fig. 2

Het is bekend, dat de atomen de bouwstenen zijn, waaruit alle materie is opgebouwd. De groter wordende kennis van tal van natuurkundige verschijnselen heeft het noodzakelijk gemaakt de atomen niet langer te beschouwen als ondeelbare deeltjes.

Uit proeven is gebleken, dat de atoomruimte voor het grootste gedeelte lege ruimte is en waarin zich in het midden de atoomkern bevindt, welke een positieve elektrische lading bezit.

Op een afstand, die 10^5 maal zo groot is als de straal van de atoomkern, bevinden zich lichte deeltjes, welke een negatieve elektrische lading bezitten en elektronen worden genoemd.

Deze deeltjes bewegen zich met grote snelheid in cirkel- of ellipsvormige banen om de kern en worden in hun baan gehouden door de elektrische aantrekkingskracht.

De lading van de kern heeft men „+E” genoemd, terwijl het elektron een gelijke doch tegengestelde lading heeft dus „-E”.

Het atoom als geheel gedraagt zich elektrische gezien, neutraal, daar beide ladingen elkaar opheffen.

De beweging van het elektron om de kern wordt dus enerzijds bepaald door de aantrekkende kracht K_1 tussen elektron en kern en anderzijds door de middelpuntvliedende kracht K_2 , welke ontstaat door de rotatie van het elektron om de kern.

Om het elektron in zijn baan te houden

moeten beide krachten gelijk zijn, dus:
 $K_1 = K_2 = 0$.

Samenvattend kunnen we dus zeggen, dat de krachten van de elektro-statika en mechanika gelijk dienen te zijn.

Wanneer de snelheid van het elektron bekend was, zouden we de straal r van de baan vrij eenvoudig kunnen berekenen. Echter zo eenvoudig is het ook weer niet, aangezien aangetoond is, dat het elektron ook om zijn eigen as roteert.

Het zou te ver voeren op deze materie dieper in te gaan, aangezien we dan terecht komen op het terrein van de fysica. Wel dienen we te weten, dat de lading van de atoomkern even groot is als die van alle elektronen, welke om de kern cirkelen.

Van een elektron heeft men de lading $e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb en de massa $m = 9,1 \times 10^{-28}$ gram zeer nauwkeurig kunnen bepalen.

Deze lading is de kleinste, die er bestaat. Een waterstofatoom bestaat uit één elektron en een positieve kern met de eenheid van positieve lading.

De kern wordt proton genoemd. Alle andere atomen bestaan uit een aantal protonen en neutronen.

Een natriumatoom bijv. heeft 11 elektronen, welke om de kern cirkelen. We kunnen dus schrijven, dat deze een lading van $+11E$ heeft wat de kern betreft.

Het zal duidelijk zijn, dat twee protonen elkaar afstoten door hun positieve lading, terwijl daarentegen neutronen in het ge-

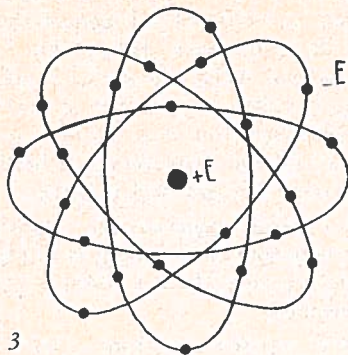


Fig. 3

heel geen invloed op elkaar uitoefenen. Een vreemde geschiedenis. De geheimzinnige aantrekkingskracht tussen de deeltjes in de atoomkern noemt men *kernkracht*.

Beschouwt men een elektron, welke zich in een elliptische baan om de kern beweegt, dan is zijn snelheid en dus zijn kinetische energie dicht bij de kern groot en verder hiervan af, klein.

In fig. 3 is een voorstelling gegeven van een atoom voorzien van elektronen, welke in banen om de kern cirkelen.

Door toevoer van energie is het mogelijk een of meer elektronen aan het geheel te onttrekken.

Het is duidelijk, dat de aantrekkende kracht tussen kern en elektron sterk afneemt met het toenemen van de afstand tussen beide. Als gevolg hiervan zijn de buitenste elektronen gemakkelijker te beïnvloeden dan die, welke direkt om de kern bewegen. Zij kunnen onder bepaalde omstandigheden hun baan verlaten en van plaats wisselen met elektronen van andere atomen. De buitenste baan wordt genoemd „de valentieschil” en de elektronen, welke hierin een plaats vinden, de valentie-elektronen. Het is van belang te weten, dat de eigenschappen van het atoom, in het licht gezien van deze materie, sterk worden bepaald door de valentie-elektronen. Deze zwak aan hun

plaats gebonden elektronen noemen we „vrije elektronen”.

In koude toestand worden deze elektronen door de aantrekkende kracht binnen het begrenzingsoppervlak van de geleider gehouden. Wordt de temperatuur van een geleider verhoogd, dan zal de snelheid van deze elektronen zó groot worden, dat ze uit de geleider treden; met andere woorden: ze bezitten dan voldoende energie om hun band te verbreken. Wanneer in het glazen buisje van fig. 2 de vrije elektronen met geringe snelheid in botsing komen met de gasatomen, zullen de botsende lichamen alleen van richting veranderen. Het verlies in snelheid van de elektronen zal door de gasatomen worden genomen. Als gevolg hiervan krijgen deze laatste een grotere snelheid.

Wanneer de snelheid van de elektronen wordt opgevoerd verliezen zij bij botsingen tegen de gasatomen praktisch hun gehele eigen snelheid. De snelheid van de gasatomen is daarentegen toegenomen, terwijl verder kan worden opgemerkt, dat deze atomen enig licht uitstralen. Het negatieve elektron kan bij ontmoeting van een gasatoom energie aan een elektron van het atoom overdragen.

Men noemt zo'n ontmoeting meestal een botsing, doch juist is dit niet.

We kunnen dus het verschijnsel als volgt samenvatten:

Het arbeidsvermogen, dat zijn ontstaan te danken heeft aan de eventuele botsing, komt weer vrij in de vorm van licht-energie.

Genoemd verschijnsel is er de oorzaak van dat de gassen oplichten in een bepaalde kleur, welke karakteristiek is voor het gas.

Van deze eigenschap wordt in onze moderne tijd veel gebruik gemaakt. Reclame-verlichtingen met neonbuizen zijn sprekend, terwijl de verkeerswegen meer en meer worden uitgerust met natrium-

lampen. Ook de TL-verlichting neemt een steeds belangrijker plaats in.

Het is ondenkbaar dat in deze tijd van technische vooruitgang al deze belichtingsmethoden zouden ophouden te bestaan.

Bij toenemende snelheid van de vrije elektronen ontstaat het verschijnsel, dat deze zover van de kern los zijn gemaakt, dat niet meer gesproken kan worden van een binding tussen kern en elektron. Het gevolg is, dat er vrije elektronen ontstaan en positief geladen atomen.

Laatstgenoemde missen dus een aantal elektronen en zijn als het ware incompleet.

Men noemt deze *ionen*.

Het verschijnsel noemt men „*ionisatie*”. Deze atomen bezitten dus een overmaat aan positieve energie en zullen door negatieve ladingen worden aangetrokken. Opgemerkt moge worden, dat ongelijknamige ladingen elkaar aantrekken en gelijknamige afstoten.

Voor deze materie is de wet van Coulomb van toepassing, welke luidt:

$$K = \frac{m_1 \times m_2}{r^2} \text{ dyne}$$

Wordt in het gas, dat zich in het glazen buisje van fig. 2 bevindt, een aantal atomen gesplitst in elektronen en ionen, dan ontstaan dus elektronisch geladen lichamen. Uit het voorgaande weten we, dat deze dus negatief en positief geladen zijn.

Wanneer op de beide elektroden een spanning wordt aangesloten zal dus een elektrostatisch veld ontstaan.

De krachten op de in dit veld aanwezige vrije elektronen brengen deze naar de positieve elektrode, terwijl de ionen daarentegen een beweging maken naar de negatieve elektrode.

Tengevolge van botsingen worden de snelheden van de vrije elektronen steeds groter en kleiner. De vrije elektronen,

die op de positieve elektrode aankomen, worden vanzelfsprekend geneutraliseerd door de aangesloten lading. De ionen daarentegen, welke de negatief geladen lading bereiken, nemen het te veel van de elektronen van deze lading op. Er ontstaat dus een stroomkring in het buisje, waarvan het gas deel uitmaakt.

Om nu enkele gegevens te verkrijgen omtrent stroom en spanning is uitgegaan van de gedachte, dat het buisje is gevuld met neongas.

Zodra er een spanning van ≈ 10 V tussen de elektroden staat, blijkt er een stroom te vloeien van $\approx 10^{-8}$ A. Wanneer deze spanning wordt opgevoerd tot 50 V treedt ionisatie op en volgt onmiddellijk licht uitstraling. Opgemerkt dient te worden, dat deze energie-toestand nog niet waarneembaar is met het oog. Tussen de 100 en 200 V wordt de snelheid van de elektronen sterk vergroot, hetgeen tot gevolg heeft een toenemende ionisatie en een vergroting van de ontlaadingsstroom. Evenwel dienen we de buis nog steeds als een isolator te beschouwen, met gevolg dat we deze toestand dan ook noemen „*donkere ontlading*”. Boven de 200 V ontstaat vrij plotseling een belangrijke stijging van de stroom. Dit gebied wordt dan ook genoemd „*doorslagspanning*”.

Na dit moment neemt de R_i van het gas steeds af, waardoor de stroom snel toeneemt, terwijl de brandspanning lager wordt. Het gas straalt nu een duidelijk zichtbaar rood licht uit. Deze kleur is kenmerkend voor neongas. Was het buisje daarentegen gevuld met natrium, kwik of xenongas, dan zou het gas oplichten in de kleuren geel, blauw en wit. Vergroten we de spanning, dan krijgen de ionen meer snelheid en volgt een bombardement op de kathode.

Als gevolg hiervan wordt de ionisatie in het gas vergroot en neemt dus ook de ontlaadingsstroom toe.

MONOBLITZ

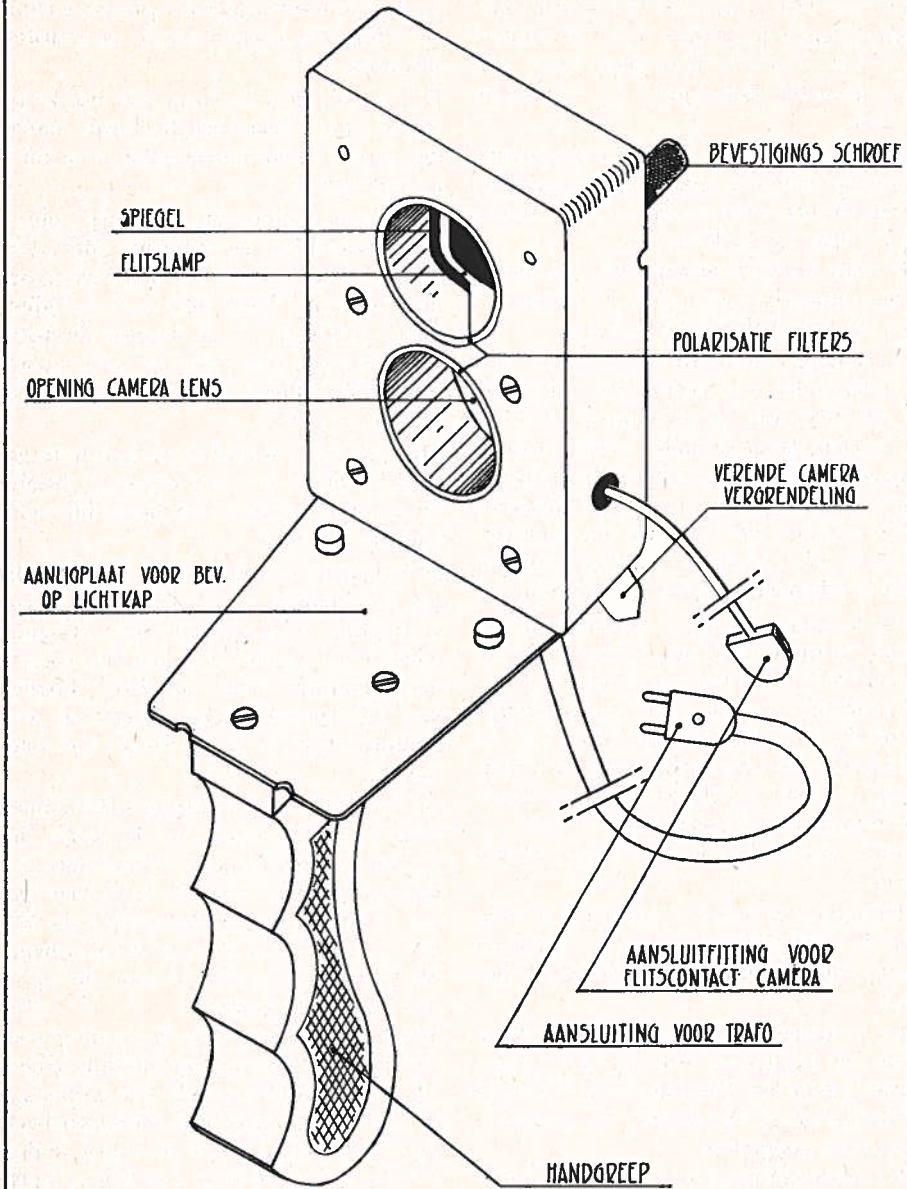


Fig. 4

Het is volkomen logisch, dat in deze fase een behoorlijke warmteontwikkeling zal ontstaan. Het is bekend, dat in een ont-ladingsbuisje de atomen, vrije elektronen en ionen zich kris kras door elkaar be-wegen en dus ook tegen de glaswand botsen.

Hierdoor zullen op de wand elektrische ladingen kunnen ontstaan, tengevolge waarvan het veld tussen de elektroden kan worden beïnvloed.

Dit extra veld op de wand van het buisje kan worden bestreden door het aanbren-gen van een halfgeleidende laag.

Begrijpelijk is ook, dat het materiaal van de elektroden een belangrijke rol speelt in het licht van de doorslagspanning.

We weten, dat de kathode elektronen moet opnemen om de lawine tot stand te bren-gen en aan de gang te kunnen houden. Voor het uittreden van elektronen uit een lichaam is een zekere snelheid nodig, welke afhankelijk is van de spanning.

Een kathode-oppervlak bedekt met ce-sium, barium, wolfram, enz. vergemak-kelijkt het uittreden van elektronen.

Begrijpelijk is ook, dat de inwendige druk in het buisje en de vorm van de elektroden een zeer belangrijke rol zullen spelen in het gehele proces. Het aantal botsingen per tijdseenheid zal veel ge-ringer zijn, indien de druk word vermin-derd.

Met andere woorden: voor een lage druk zal de doorslagspanning lager liggen en voor een hoge druk vanzelfsprekend ho-ger.

Het is bekend, dat spitsvormige elektroden een bedreiging vormen tot onge-wenste doorslag. Door het rond afwerken van deze elektroden wordt dit ongewen-ste effect voorkomen.

De doorslagspanning voor een ontla-dingsbuisje wordt bepaald door het pro-duk: druk van het gas maal de afstand tussen de elektroden.

Het aanbrenge van een extra elektrode

in de nabijheid van de anode doet een hulpontlading ontstaan en die leidt daa-rna de hoofdontlading in. Laatstgenoemde ontlading functioneert dan op de bedrijfs-spanning.

Fig. 4 laat zien de vorm van het kastje waarin het elektronenflitsbuisje samen met weerstanden, condensatoren en trafo is ingebouwd.

Aan de voorzijde van dit kastje zijn 2 polarisatiefilters aangebracht. Met deze speciale filters kan men weerspiegelend licht uitdoven. Kijkt men naar een glim-mend voorwerp en draait men dit filter voor het oog, dan komt er een stand, waarop het spiegelen licht of punt niet meer is te zien.

Met andere woorden: het licht is ge-doofd. Dit is dus van bijzonder belang bij het fotograferen van hinderlijk spie-gelende objecten.

We dienen er wel aan te denken, dat het aanbrenge van deze filters een vertraging oplevert en dus rekening moet worden gehouden met een langere belichtingstijd. Een snoertje, voorzien van een speciale steker, vormt de ver-binding tussen flitsapparaat en foto-camera.

Bij gebruik van elektronen-flitslampen moet men de sluiters van de camera in-stellen op het x-kontakt: direkt open.

Dit betekent dat men de lamp laat flit-sen in de tijd dat de sluiters open is. Het geheel is voorzien van een revolverhand-vat, hetgeen het gebruik van dit appa-raat ten goede komt.

Tenslotte nog iets over de voeding voor dit apparaat. De onderdelen zijn gemon-teerd in een bijbehorende kist en bestaan uit een trafo, welke een vermogen heeft van 15 VA en voorzien is van de nodige aftakkingen. Verder 4 keercellen, welke volgens Graetz zijn geschakeld en 2 condensatoren van $660 \mu F$, welke parallel zijn aangebracht tussen de + en — van de uitgang.

HERHALINGSOEFENINGEN

63-040

door M. V. Dalen

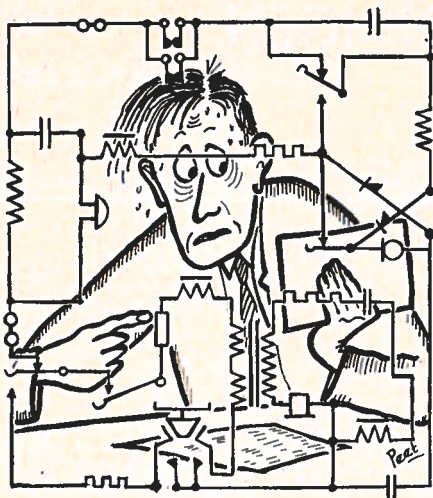
Voor de proef van vakman:

- $1 + 2 \times 3 + 4 \times 5 - 6 + 7 =$
- $37,5 \times 10 + 37,5 : 10 =$
- $(37,5 + 10) \times (37,5 - 10) =$
- $86 \times 123 : 129 - 2^5 + 3^2 =$
- $1\frac{2}{3} \times 2\frac{4}{5} \times 3\frac{3}{4} \times 2\frac{7}{10} =$
- $\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{8}\right) =$
- $\frac{5}{22} + \frac{5}{24} - \frac{3}{25} + \frac{5}{33} =$
- $933,04 : 8,72 \times 1,07 =$
- $2\frac{1}{2} + 3\frac{2}{3} \times 4\frac{3}{4} + 5\frac{4}{5} =$
- $$\frac{18 \times 25 \times 28 \times 33 \times 48}{80 \times 105 \times 132} =$$

Ter algemene oefening:

- $\sqrt{(0,1 \times 7,5 \times 3^3 + 2^3 + 1^3)} + 21,33 : 2,37 + 4 =$
- $$\frac{\left(5\frac{1}{3}\right)^2}{\sqrt{\frac{256}{729}}} - \frac{2}{7} + 8 : 2\frac{2}{3} \times 2\frac{1}{3} =$$
- $(5p^2q - 3pq^2 + 4q^3) \times -3pq =$
- Bereken x uit:
 $3(x + 7) - 2(5 - 2x) = 3(x - 3)$
- Bereken x en y uit:
$$\frac{-2}{2x - 3y} = \frac{1}{3x - 2y + 1}$$

$$\frac{2x}{5} - \frac{1}{2}y = -1$$
- Van een cirkel is de oppervlakte $30,1754 \text{ cm}^2$. Bereken de diameter en de omtrek in mm.



Examenvragen

63-041

1. Men wil op enkele voorwerpen 50 g zilver neerslaan in een tijd van 2 uur. Hoe groot moet de stroom dan zijn?
 2. Een element heeft een emk van 1,4 volt en een inwendige weerstand $R_i = 0,25$ ohm. Het element wordt aangesloten op een onbekende weerstand R_x .
 3. Hoe groot is deze R_x als de stroom door de keten 0,7 A bedraagt?
 3. Bij het inschakelen van een motor op een gelijkspanning van 220 volt, is de stroom door de magneetwikkelingen 3,67 A. Als de motor enige tijd in bedrijf is geweest bedraagt de magneetstroom 3,16 A. Gevraagd wordt de temperatuurstijging in de magneetwikkelingen als voor koper de temperatuurscoëfficiënt 0,004 bedraagt.
 4. Een accubatterij is aangesloten op een uitwendige weerstand $R_u = 5$ ohm. De emk van deze batterij is 48 volt, terwijl de stroom in de keten 6 A is. Bepaal de inwendige weerstand R_i van deze batterij.
 5. Als de weerstand van de spoel en de stroomtoevoervertjes van een draaispoelmeter samen $R = 5$ ohm is, hoe groot moet dan de aan de spoel en veertjes parallel geschakelde weerstand zijn, opdat de vervangingsweerstand 1 ohm bedraagt?
-
17. Een driehoek heeft een evengroot oppervlak als een vierkant. De zijde van het vierkant is 36 cm. De basis van de driehoek is 54 cm. Bereken de hoogte van de driehoek.
 18. Met behulp van een knijptang wordt een draadnagel doorgeknipt op een afstand van 3 cm van het scharnierpunt. De armen van de tang zijn 20 cm. Er is een kracht nodig van 120 kg. Met welke kracht moet geknepen worden?
 19. Twee elementen, resp. 5,6 V — 1,5 Ω en 5,6 V — 1 Ω zijn parallel geschakeld en aangesloten op een uitwendige weerstand van 5 Ω . Bereken de stroom die elk element levert.
 20. Als men een weerstand van 1 ohm aansluit op een batterij, dan gaat er 5 A door de weerstand vloeien. Sluit men een weerstand van 1,7 ohm aan op twee parallel geschakelde batterijen, elk gelijk aan eerstgenoemde batterij, dan vloeit er 4 A door de weerstand van 1,7 ohm. Bereken de emk en de inwendige weerstand van één batterij.

Antwoorden op blz. 192.

NEDERLANDS

door P. v. d. Leest

63-042

Les I. Grammatica

ONDERWERP EN GEZEGDE.

De automobilisten strandden op de gladde weg.

De kraanwagen kwam moeilijk vooruit.

Auto's werden weggesleept.

De speelautomaat was barstens vol.

De eigenaresse kon alleen koffie serveren.

Na de lange nacht trokken allen huiswaarts.

Strandden is een vorm van het werkwoord *strand*.

De automobilisten strandden.

De automobilist strandde.

De vorm *strandden* wordt o.a. bepaald door het meervoud *automobilisten*.

We noemen *strandden* het gezegde en *automobilisten* het onderwerp.

De vorm van het gezegde (van het werkwoord althans) richt zich dus naar het onderwerp.

Ga dit na voor de andere zinnen; maak van een enkelvoudig onderwerp maar een meervoudig of andersom.

Soms bestaat het gezegde uit één werkwoord, soms uit een werkwoord met andere erbij behorende woorden.

Dat werkwoord noemen we de *persoonsvorm*, de vorm ervan hangt af van en richt zich naar het onderwerp.

Ga eerst na wat in bovenstaande zinnen de persoonsvorm is en daarna welke andere woorden met de persoonsvorm het gezegde vormen.

Oefening.

Onderstreep in onderstaande zinnen het onderwerp enkel en het gezegde dubbel. Zoek altijd eerst de persoonsvorm, kijk dan, of die alleen het gezegde vormt, of dat er andere woorden meehelpen.

De kunstmaan draait wekenlang om de aarde.

Iedere dag schrijven de kranten erover.

De mensen praten over niets anders.

In de sterrewacht kijkt men goed uit.

Ook amateurs hebben hem gezien.

De geleerden waren dag en nacht in de weer.

Waar zou hij neervallen?

Hoe lang zou het duren?

Niemand wist het precies.

Plotseling was hij verdwenen.

Hij gaf tenminste geen signalen meer.

De rust scheen teruggekeerd.

Maar dat was niet helemaal waar.

Overall werkten de geleerden koortsachtig verder.
Het ene land mocht bij het andere niet achterblijven.
Zou er aan die wedloop nooit een einde komen?

SPELLING.

Enkele algemene regels.

- a. De spraakklanken verdeelt men in *klinkers*:
aa-a — ee-e — ie-i — oo-o — uu-u;
tweeklanken: ei-ij — ui — au — ou — aai — eu — enz.
en *medeklinkers*: p — b — d — t — f — s — enz.
- b. De klinkers verdeelt men in *vrije*:
baas, bazen, deed, deden, doos, dozen, uur, uren,
en *gedekte*: bas, bos, bes, hit, hut, hek.
- c. Een lettergreep heet open, als hij op een klinker of tweeklank eindigt:
na, zee, zo, hu, gij;
nader, zee-man, nauwe, ma-nen;
gesloten als hij op een medeklinker eindigt:
man, zot, man-nen, zot-ten.
- d. De *e* wordt aan het eind van open lettergrepen niet verdubbeld:
he-den, kle-ren.
Men schrijft wel *ee* op het eind van een woord: *zee* enz.;
ook in samenstellingen ermee en afleidingen ervan:
overzee — overzeese; zeeman — zee-haven.
- e. De *o* wordt aan het eind van open lettergrepen niet verdubbeld:
zo, roken. Men schrijft alleen *oo* in open lettergrepen vóór *ch*: *goochelen*,
goo-chem, loo-chenen,
ook in samenstellingen er mee en afleidingen ervan:
goo-cheltoer, goo-chemerd, onloo-chenbaar.
- f. Woorden, die uitgaan op *a, o, ee (é), u* krijgen voor de verkleiningsuitgang *tje* altijd het dubbele teken:
pyjama — pyjamaatje; auto — autootje;
slee — sleetje; paraplu — parapluutje;
Als deze verkleiningswoorden op het eind van de regel worden afgebroken
vlak vóór *tje*, krijgen ze het enkele teken, dus *mama-tje*.
- g. Enkele woorden, die men vroeger vaak met de uitgang *é* schreef, krijgen
in de tegenwoordige spelling *ee*;

<i>jubilee</i>	<i>soiree</i>	<i>matinee</i>	<i>portee</i>
<i>tournee</i>	<i>abonnee</i>	<i>dominee</i>	<i>portemonnee</i>

Andere houden *é*:
café, coupé, logé, employé, nouveauté, procédé.
Let in opstellen op *he* en *hee*!
- h. *sch* wordt alleen daar geschreven, waar *ch* uitgesproken wordt:
schip. Ook in het achtervoegsel — *isch*; *Belgisch(e), Indisch(e)*.
- i. In aardrijkskundige namen (dus namen zoals ze in de atlas voorkomen)
binnen nederland wordt de spelling De Vries en Te Winkel gehandhaafd.

OEFENING:

Verklaar aan de hand van bovenstaande spellingsregels de schrijfwijze van:

goochelaar	lo-ten	me-de	Zierikzee-se
la-chen	zee-slag	weerga-se	Baline-se
la-ten	ze-den	loo-chenen	logische
sja-cheren	Pa-sen	straatje	Overschiese
scha-kel	mee-doen	Belgische	stro
Heerenveen	Leidse Trekvaart	Goudse kaas	stroetje

WERKWOORDSOEFENING.

1. Honderden mensen *zaten* in de kleine gelagkamer.
2. Er *waren* geen stoelen genoeg.
3. Daarom *lagen* velen zomaar op de grond.
4. Sommigen *zaten* op de grond.
5. Anderen *hingen* tegen het biljart.
6. Drie mensen *werden* bewusteloos.
7. De eigenaresse van het café *vertelde* ons dit.
8. Talrijke automobilisten *strandden* op de weg.
9. De opgejaagde sneeuw *lag* decimeters hoog.
10. Daar *slipte* de eerste wagen.
11. Hij *hield* alle verkeer op.
12. De sneeuwlaag *werd* hoe langer hoe dikker.
13. De weg *bleef* glad.
14. Steeds meer wagens *bleven* steken.
15. De passagiers *trachtten* de dichtstbijzijnde grote plaats te bereiken.
16. De eigenaresse *kon* alleen nog maar koffie serveren.
17. Haar voorraden *waren* totaal uitgeput.
18. De bulldozers *begonnen* de sneeuw opzij te schuiven.
19. Er *moest* ruimte komen voor de kraanwagens.
20. Zij *kwamen* slechts langzaam vooruit.
21. Men *sleepte* enkele trucks weg.
22. Langzamerhand *trokken* de gestrande automobilisten weer huiswaarts.

Deze zinnen staan in de *verleden* tijd, omdat het bovenstaande een verhaal is van voorvallen, die enige tijd geleden gebeurd zijn.

Doe nu alsof je erbij staat en alles ziet gebeuren.

Schrijf deze zinnen nu eens in de *tegenwoordige* tijd, dus:

Honderden mensen *zitten* in de kleine gelagkamer.

STIJL.

„Honderden mensen hebben hier vannacht in de *kleine* gelagkamer gebivakkeerd”.

Als er zou gestaan hebben: „Honderden mensen hebben hier vannacht in de gelagkamer gebivakkeerd”, was de zin minder duidelijk geweest.

We wisten dan niets van de grootte van de gelagkamer.

We weten nu, dat haar afmetingen klein waren.

Maar we weten door dat woord „*kleine*” nog veel meer: hoe de mensen op elkaar gepakt zaten, dat er geen sprake was dat ze allemaal konden zitten, dat het er benauwd moet zijn geweest. De zin: „Er waren geen stoelen genoeg: velen lagen of zaten op de grond of hingen tegen het biljart” is ons eigenlijk al bekend door „*de kleine gelagkamer*” tegenover „*honderden mensen*”.

Uit dit ene voorbeeld zien we al hoe belangrijk de dienst van bijvoeglijke naamwoorden is. Sommige kun je beslist niet missen.

Probeer eens het bijvoeglijk naamwoord „onbegonnen” weg te laten uit de zin: „..... „en voor de passagiers was het (een) *onbegonnen* zaak te trachten de dichtsbijzijnde grote plaats te bereiken”.

Het gaat niet. De zin zou een heel andere betekenis krijgen.

Zo onmisbaar zijn ze niet allemaal. Je kunt „*stille*” en „*lange*” bijv. wel missen uit de zin: „Een *stille* getuige van de verveling van de velen, die deze *lange* nacht geen slaappleaats hadden.

Maar de zin zou er droog en dor van worden.

Ga eens na hoe in de volgende voorbeelden de bijvoeglijke naamwoorden de voorstelling helderder en duidelijker maken.

Op een kast stond een vaas.

Op een *hoge* kast stond een *slanke* vaas.

Op een *hoge, eikenhouten* kast stond een *slanke, porceleinen* vaas.

(wordt vervolgd.)

Antwoorden van de vraagstukken op blz. 187 en 188.

- | | |
|------------------------|--|
| 1. 28 | 9. $16\frac{43}{60}$ |
| 2. 378,75 | 10. 18 |
| 3. 1306,25 | 11. 6,5 |
| 4. 59 | 12. 49 |
| 5. $47\frac{1}{4}$ | 13. $-15 p^3 q^2 + 9 p^2 q^3 - 12 pq$ |
| 6. $\frac{7}{24}$ | 14. -5 |
| 7. $\frac{3083}{6600}$ | 15. $x = 5; y = 6$ |
| 8. 100 | 16. $d = 62 \text{ mm}; \text{ or. omtr.} = 194,68 \text{ mm}$ |
| | 17. 48 cm |
| | 18. 18 kg |
| | 19. $i_1 = 0,4 \text{ A}; i_2 = 0,6 \text{ A}$ |
| | 20. $E = 8 \text{ V}; R_1 = 0,6 \Omega$ |