

MATHEMATISCH CENTRUM

2e BOERHAAVESTRAAT 49

AMSTERDAM

STATISTISCHE AFDELING

Leiding: Prof. Dr D. van Dantzig

Chef van de Statistische Consultatie: Prof. Dr J. Hemelrijk

S 177

(vertrouwelijk)

Statistisch onderzoek van de speelautomaat

Turf King No A.B.8716

door

Prof. Dr J. Hemelrijk

Augustus

1955

The Mathematical Centre at Amsterdam, founded the 11th of February 1946, is a non-profit institution aiming at the promotion of pure mathematics and its applications, and is sponsored by the Netherlands Government through the Netherlands Organization for Pure Research (Z.W.O.) and the Central National Council for Applied Scientific Research in the Netherlands (T.N.O.), by the Municipality of Amsterdam and by several industries.

Bij dit onderzoek werd hulp geboden door een aantal leden van de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum, die als spelers dienst deden. Een groot deel der theoretische onderzoekingen en berekeningen werden, onder leiding van de schrijver, uitgevoerd door Drs R. DOORNBOS, wetenschappelijk medewerker van de Statistische Afdeling.

1. Inleiding.

In dit rapport wordt verslag uitgebracht over een in opdracht van de Rechter-Commissaris te Rotterdam uitgevoerd onderzoek van een speelautomaat, de Bally "Turf king" no.A.B.8716. De punten, waarover voorlichting werd verzocht zijn:

- a. de techniek en werking van de speelkast;
- b. de vraag of een speler door zekere geoefendheid of behendigheid de te behalen resultaten in voor hem gunstige zin kan beïnvloeden;
- c. de vraag of de constructie van het apparaat - en met name van de z.g. "reflex-unit" - zodanig is, dat wanneer een aantal winnende cijfers is behaald, het mechanisme zodanig wordt beïnvloed, dat het daarna moeilijker wordt om gunstige resultaten te bereiken;
- d. in hoeverre kan men het resultaat door behendigheid in gunstige zin beïnvloeden; is het, in het bijzonder, mogelijk om systematisch te winnen, indien men een voldoende mate van behendigheid bezit, of blijft men toch steeds systematisch verliezen, zij het minder dan zonder behendigheid;
- e. in hoeverre bezit de exploitant de mogelijkheid om door kleine wijzigingen in het apparaat aan te brengen, b.v. door de stand van het apparaat iets te wijzigen, eenmaal behaalde behendigheid van een speler weer te niet te doen.

Alvorens tot een uitvoerige bespreking van deze 5 punten over te gaan is het, voor de overzichtelijkheid van dit rapport wellicht nuttig, dat de bereikte conclusies in globale bewoordingen worden samengevat. Dit geschiedt in par.2 De rest van het rapport behelst een verdere uitwerking en toelichting van deze conclusies en een beschrijving van de experimenten die voor het onderzoek zijn verricht.

2. Globale beantwoording der vragen.

- a. de machine bestaat uit een electrisch en een mechanisch deel.

Het electrische deel wordt bediend door het inwerpen van dubbeltjes (of andere muntstukken van dezelfde grootte en gewicht) en door het drukken op knoppen; de speler kan daarbij de volgorde, waarin hij op de knoppen drukt bepalen en zodoende desgewenst een bepaalde spelstrategie kiezen; hij beheerst echter de gevolgen van zijn handelingen niet, deze worden bepaald

door het elektrische deel van de machine op een wijze, die in details onvoorspelbaar is en aan toevalswetten gehoorzaamt.

Het mechanische deel van het spel bestaat daaruit, dat men een stalen kogel aan het rollen brengt met behulp van een verend aangebrachte bumper. De bal rolt dan in één der gaten, die in het spelbord zijn aangebracht en daardoor wordt dan de (eventuele) winst van de speler bepaald. De speler kan trachten behendigheid te verwerven in het mikken op bepaalde gaten. Voor zoverre deze behendigheid niet aanwezig is, wordt ook de uitkomst van dit deel van het spel door het toeval bepaald.

b. Onder "behendigheid" bij het spelen met een machine als de onderzochte moet o.i. zowel verstaan worden het kiezen van een gunstige spelstrategie als het leren mikken met de stalen kogel. Immers bij een spel als bridge, dat zeker niet onder de zuivere toevalsspelen kan worden gerangschikt, is juist de spelstrategie van groot belang en bij een spel als billard - een behendigheidsspel bij uitstek - juist het mikken. Beide genoemde spelen bevatten toevalselementen: men kan "geluk" of "ongeluk" hebben bij het spel. Dit toevalselement is echter bij de twee genoemde spelen niet zo sterk, dat het het spel vrijwel volledig beheerst. De vraag is nu, of zich bij de speelautomaat een soortgelijke situatie voordoet.

Wat de spelstrategie betreft lijdt het geen twijfel, dat men met enige ervaring ongunstige strategieën van minder ongunstige kan leren onderscheiden. Dit zal verderop in het rapport duidelijk worden. Vraag b moet dus in dit opzicht bevestigend worden beantwoord.

Ook wat het mikken met de kogel betreft leidde een experimenteel onderzoek tot de conclusie, dat men met veel ervaring een zekere beperkte behendigheid kan bereiken. Het toevalselement blijft echter zeer belangrijk.

c. Ook vraag c dient bevestigend te worden beantwoord. Zoals verderop zal blijken heeft de "reflex-unit" een stabiliserende werking, waardoor een grens wordt gesteld aan het op de lange duur uitbetaalde bedrag aan prijzen. Deze grens bedraagt bij de onderzochte machine 78% van het ingeworpen geld en kan, door het verwisselen van tandraderen, op andere waarden worden ingesteld.

d. Hoewel men, volgens bovenstaande beantwoording van vraag b, het spel door behendigheid in voor de speler gunstige zin kan beïnvloeden, moet het praktisch uitgesloten worden geacht,

dat men zich zodanig in het spelen met de machine zou kunnen bekwamen, dat men systematisch winst zou weten te behalen.

e. De exploitant bezit verschillende mogelijkheden om de spelwinst te beïnvloeden. In de eerste plaats door het verwisselen van de tandraderen van de "reflex-unit" (zie boven onder c); in de tweede plaats door het verplaatsen van bepaalde stekkers, die betrekking hebben op de mogelijke grote winsten; in de derde plaats door het plaatsen van een pen in de uitbetalingsteller, waardoor deze niet meer dan een bepaald maximaal bedrag kan aanwijzen (bij de onderzochte machine was de teller bij 400 = f 40,- geblokkeerd); in de vierde plaats door het afbreken van bepaalde contact-armen of het wegnemen van bepaalde veertjes uit het mechanisme, waardoor sommige winnende standen buiten werking worden gesteld. Al deze middelen - en zo zijn er vermoedelijk nog meer te bedenken - veroorzaken een lagere uitbetaling bij gelijke kwaliteit van het spel van de speler.

De mechanische behendigheid van de speler kan moeilijker te niet worden gedaan. Eén mogelijkheid hiervoor, het enigszins scheef plaatsen van de machine, werd experimenteel onderzocht, doch onvoldoende werkzaam bevonden. Een andere mogelijkheid, het plaatsen van een sterkere of zwakkere veer om de bumper, waarmee de kogel aan het rollen wordt gebracht, kon niet worden onderzocht, omdat geen tweede veer beschikbaar was. Zelfs indien men aanneemt, dat het niet mogelijk is eenmaal behaalde behendigheid weer te niet te doen, blijft echter de onder d genoemde conclusie onverminderd van kracht.

Samenvattende conclusie. Het spel met de "Turf king" berust in grote mate op toeval, doch het is mogelijk door ervaring en oefening een zekere behendigheid te verkrijgen. De inrichting van de machine is echter zodanig, dat systematisch winnen praktisch onmogelijk geacht moet worden. Van alle ingeworpen dubbeltjes wordt op de duur hoogstens ongeveer 78% aan prijzen terugbetaald. Het uitbetaalde percentage kan echter aanzienlijk lager liggen en kan bovendien door het inzetten van andere tandwielen in de "reflex-unit" worden veranderd.

3. Opmerkingen.

Daar het ingewikkelde karakter der onderzochte machine de speler een zeer groot aantal mogelijkheden voor het kiezen van spelstrategieën biedt, terwijl bovendien het spelbord, waar de afgeschoten kogel over rolt, voorzien is van vele verende

strips en bumpers, zodat de kogel een zeer ingewikkelde baan kan volgen voor hij in één der gaten rolt, konden bovenstaande conclusies slechts worden bereikt na een uitvoerig experimenteel onderzoek en ten koste van uitgebreide berekeningen. Een volledige beschrijving van de machine en van de genoemde onderzoeken en berekeningen moet als ondoeltreffend worden beschouwd. Het resultaat zou een zeer lang en uitsluitend voor technici en statistici leesbaar rapport zijn. Om dit te vermijden is getracht in de volgende paragrafen de technische details zoveel mogelijk te vermijden en een ook voor niet-technici zo duidelijk mogelijke uiteenzetting te geven van de redeneringen en experimenten, die tot de in par. 2 genoemde conclusies hebben geleid.

4. Vraag a: Beschrijving van de techniek en werking van de speelkast.

Het proces-verbaal no 1109-1954 van de politie te Ridderkerk bevat op blz.55-59 een zeer adequate beschrijving van het uiterlijk van de onderzochte speelkast. Bij deze beschrijving zullen wij aansluiten, waarbij wij echter op de volgende punten commentaar geven:

I. Op blz. 55 wordt vermeld, dat een foto van de Turf king bij het proces-verbaal is gevoegd. Dit is echter - voor zover ons bekend - niet het geval. De bij het proces-verbaal gevoegde foto was van een ander type speelautomaat, n.l. de "Universal Winner".

II. Onderaan blz. 58 wordt gezegd, dat de letters A-B-C-D verlicht worden, indien de bijbehorende bumpers door de kogel worden geraakt. Dit geschiedt echter alleen in de genoemde volgorde. Brandt dus b.v. het B-lichtje nog niet, dan heeft het raken van de C-bumper geen invloed.

Een samenvatting van de werking der machine is als volgt te geven.

De opstand van het apparaat bevat een aantal registers, waarop de kansen en (eventuele) uitkeringen van de speler worden geregistreerd. Dit zijn:

1. Het "odds-register", dat aangeeft, hoeveel de uitkering zal bedragen bij het treffen van een winnend nummer. Een beschrijving van dit register vindt men op de tweede helft van blz.55 van het bovengenoemde proces-verbaal. Wij zullen de verschillende standen, waarin dit register kan verkeren, aangeven met de uitkeringen (in dubbeltjes), die in de bovenste regel vermeld

staan. Dit zijn resp.

1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	7 ^e	8 ^e	9 ^e	10 ^e	stand
8	12	16	24	32	48	64	96	160	160	

2. Het "specifications-register", dat de cijfers 1 t/m 7 bevat. Die nummers, die van dit register verlicht zijn bij het schieten met de kogel, leiden, indien zij getroffen worden, tot een uitkering.

3. Het "held-register". Dit geeft aan, wanneer bepaalde verlichte cijfers van het specifications-register bij verdere pogingen tot opvoering van dit register verlicht zullen blijven. Het register werkt alleen op de cijfers 3, 4 en 5.

4. Het "A-B-C-D-register". Op het spelbord bevinden zich 4 paddestoelvormige bumpers, die door de kogel kunnen worden getroffen. Wordt bumper A getroffen, dan gaat het A-lichtje branden; wordt daarna B getroffen, dan gaat het B-lichtje branden, enz. (vgl. opmerking II boven). In tegenstelling tot de andere registers blijven de brandende lichtjes van dit register branden gedurende meerdere spelen. Branden zij alle 4, dan wordt de eerstvolgende uitkering verdubbeld, waarna de lichtjes uitgaan. Deze verdubbeling geldt niet voor de in het volgende punt behandelde hoofdprijs.

5. Het "feature-register". Dit is een vlaggetje, dat wordt verlicht in die (zeldzame) gevallen, waarin een kans op de hoogste prijs bestaat.

6. Het "double-register". Dit register geeft aan, wanneer bepaalde eventuele uitkeringen worden verdubbeld.

7. Het "opvoerings-register". Dit geeft aan wanneer bepaalde eventuele uitkeringen worden verhoogd.

8. Het "petjes-register". Dit bevat twee jockey-petjes, waarvan er hoogstens één tegelijk kan branden. Wordt een verlicht petje getroffen, dan geeft het volgende spel zeker een uitkering: alle cijfers 1 t/m 7 gaan dan branden op het specifications-register.

9. Het "pijltjes-register". Dit register (beschreven op blz. 56 onderaan en blz. 57 van het proces-verbaal) geeft aan, wanneer alle nummers 1 t/m 7 van bepaalde sectoren van het spelbord een uitkering geven.

Van deze registers zijn de twee eerstgenoemden verreweg de

belangrijksten. Wij hebben ons dan ook in hoofdzaak met het onderzoek daarvan beziggehouden en bij sommige berekeningen bepaalde andere registers verwaarloosd.

Het spelbord van het apparaat, waarover de kogel aan het rollen wordt gebracht, is verdeeld in 4 sectoren, genaamd "purse", "show", "place" en "win". In ieder van deze 4 sectoren komen 7 gaten voor, met de nummers 1 t/m 7. Verder zijn er, geheel on-deraan, drie gaten, één voor ieder der beide petjes en één voor feature. (Voor verdere beschrijving vergelijk men het proces-verbaal blz.58).

Voor de bediening van de machine zijn 5 knoppen aangebracht. Iedere keer, dat men een knop indrukt, moet een dubbeltje worden ingeworpen. Deze knoppen hebben de volgende werking (van links naar rechts).

1. Play-all-knop. Bij het beginnen van een nieuw spel wordt op deze knop gedrukt. De kogel kan dan in positie voor de schiet-bumper worden gebracht, terwijl de eerste kolom (8) van het odds-register gaat branden. Ook op het specifications-register gaan één of meer nummers branden, terwijl er eveneens in de andere registers kans op het ontsteken van lichtjes bestaat. Men kan nu de kogel schieten, hetgeen dan het spel besluit, waarna men opnieuw kan beginnen. Men kan daar echter ook mee wachten en eerst verder op de knoppen spelen. Bij verder spelen op de play-all-knop wordt het "odds-register" direct opgevoerd tot de tweede stand (12), terwijl ook de andere registers weer gaan werken. Men heeft kans op gunstige standen van alle registers, doch deze kans is voor de meeste daarvan gering. Bij nog verder spelen op deze knop wordt ook de kans op verder opvoeren van het odds-register kleiner naarmate dit register in een betere stand geraakt.

2. Odds-knop. Bij indrukken van deze knop (en inwerpen van een dubbeltje) wordt het odds-register steeds één kolom opgevoerd, tot en met de vierde kolom (24). Daarna zijn voor verder opvoeren gewoonlijk meerdere dubbeltjes nodig. Verder werkt de knop op het opvoerings-register, waardoor een kans bestaat op verhoging van bepaalde (eventuele) uitkeringen. De overige registers worden niet beïnvloed. Alleen als één der petjes is verlicht, wordt telkens een schakelaar omgezet, waardoor, bij drukken op de knop juist het andere petje wordt verlicht.

3. Specifications-knop. Deze knop werkt op het specifications-register en het held-register en geeft grotere kansen op

gunstige standen van deze registers dan de play-all-knop. Ook wordt de kans op gunstige standen van het pijltjes-register vergroot.

4. Double-knop. Deze werkt uitsluitend op het double-register, en geeft dus een kans bepaalde uitkeringen te verdubbelen.

5. Feature-knop. Deze werkt uitsluitend op het feature-register. De kans op het gaan branden van het feature-lichtje wordt vergroot in vergelijking met het spelen op de play-all-knop.

Het inwendige mechanisme. Dit bestaat o.a. uit een aantal op ingewikkelde wijze gekoppelde schijven met contacten, waarover contactarmen ronddraaien. De standen der contactarmen ten opzichte van de schijven bepalen de standen der registers. Door glijdende koppelingen en nokken, die onderlingen beïnvloeding der standen veroorzaken, zijn de bewegingen van deze schijven en contactarmen zo ingewikkeld, dat het niet mogelijk is te voorspellen in welke stand zij, na het indrukken van één der knoppen, zullen komen te staan.

De volgende 6 schijven beheersen de standen der registers:

1. "Control unit disc 1 en 2" (ieder met 50 mogelijke standen),
2. "Mixer disc 1 t/m 4" (ieder met 24 mogelijke standen).

Na het drukken op één der knoppen wordt dit mechanisme gedurende een zekere tijd in beweging gezet. De lengte van deze tijdsduur is verschillend en wordt eveneens op ingewikkelde wijze automatisch geregeld.

Verder bevat het mechanisme bepaalde schakelaars, die tijdens het draaien der schijven af en toe even worden gesloten. Passeren de contactarmen gedurende dat moment juist bepaalde contacten der bijbehorende schijven, dan worden daardoor elektrische contacten gelegd, waardoor b.v. het held-register wordt bediend.

Verder is er de later uitvoeriger te bespreken "reflex-unit", waarmee automatisch bepaalde elektrische circuits verbroken en andere gesloten worden, hetgeen de kansen op gunstige standen der registers beïnvloed. Een uitkeringsteller, die de uitkeringen aangeeft, is gekoppeld aan de reflex-unit.

De ingewikkeldheid van dit mechanisme heeft tot gevolg, dat men van tevoren niet kan voorspellen, wat het resultaat van het drukken op één der knoppen zal zijn. Daarentegen doet de constructie vermoeden, dat wij hier te maken hebben met een mecha-

nisme, dat wij een "toevalsmechanisme" kunnen noemen, dwz. dat de werking ervan adaequaat beschreven kan worden met behulp van de waarschijnlijkheidsrekening en statistiek. Voorwaarde hiervoor is, dat bij lange reeksen proeven een statistische regelmaat optreedt, hoewel voor ieder der proeven afzonderlijk het resultaat onvoorspelbaar blijft. In het bijzonder is het aanne- melijk, dat ieder der mogelijke standen van de contactarmen op de duur even vaak voorkomt, hetgeen door proefnemingen kan wor- den onderzocht. Indien dit zo is kunnen de kansen op alle moge- lijke verschillende uitkomsten worden berekend uit de aantallen contacten der schijven, die met de verschillende onderdelen der registers en met elkaar in verbinding staan. Daartoe moet het schakeling-schema van de elektrische verbindingsdraden bekend zijn, hetgeen bij deze machine het geval is, daar dit schema aan het proces-verbaal is toegevoegd. Dit schema is niet geheel volledig, maar geeft toch voldoende van de belangrijkste ver- bindingen om de nodige berekeningen uit te kunnen voeren.

Het bovenstaande kan worden toegelicht aan een eenvoudig voorbeeld, n.l. de werking van het specifications-register, dat de cijfers 1 t/m 7 bevat. Deze cijfers blijken, wat de be- diening der lichtjes betreft, in twee groepen uiteen te vallen, n.l. enerzijds 1,2,6 en 7 en anderzijds 3,4 en 5. De cijfers van de eerste groep worden veel vaker verlicht dan die van de tweede. In iedere stand van het mechanisme is minstens één der cijfers 1,2,6 of 7 verlicht, terwijl de kans om verlicht te zijn voor de cijfers 3,4 en 5 veel geringer is. Wij beschouwen nu, om niet in gecompliceerde berekeningen te vervallen, de cijfers 1,2,6 en 7. De verlichting van deze cijfers wordt be- paald door de stand van control unit disc 1, een schijf, die 50 verschillende standen aan kan nemen. Zijn nu, zoals bij een zuiver toevalsmechanisme het geval behoort te zijn, alle 50 standen even waarschijnlijk ¹⁾, dan kan men de kans op ieder der mogelijke verlichtingscombinaties berekenen, door het aan- tal standen te tellen, waarin bepaalde cijfers of combinaties van cijfers verlicht zijn. Dit geschiedde door de schijf met de hand achtereenvolgens in alle mogelijke 50 standen te zet- ten. Het resultaat was als volgt:

1) De woorden "kans" en "waarschijnlijkheid" zijn synoniem en worden door elkaar gebruikt. Een kans wordt uitgedrukt als een getal tussen 0 en 1.

Tabel 1

Aantal standen van control unit disc 1
die bepaalde cijfercombinaties verlichten.

Cijfer- (combinatie)	Aantal standen	kans
1	10	0,2
2	6	0,12
6	6	0,12
7	10	0,2
1 en 2	3	0,06
1 en 6	3	0,06
1 en 7	5	0,1
2 en 6	1	0,02
2 en 7	3	0,06
6 en 7	3	0,06

Meer dan 2 van deze cijfers kunnen alleen dan tegelijk worden verlicht, indien alle cijfers 1,...,7 tegelijk branden, hetgeen niet door de hier onderzochte disc 1 kan worden veroorzaakt.

De in deze tabel vermelde kansen worden verkregen door het aantal standen uit de tweede kolom te delen door 50. Zo zijn er b.v. 10 der 50 standen, waarin alleen het cijfer 1 wordt verlicht. Hebben nu alle standen gelijke kansen, dan is dus de kans op één van die standen, dus de kans op alleen verlicht zijn van het cijfer 1, gelijk aan $10/50=0,2$.

Daarbij betekent een kans van b.v. 0,2, dat bij een lange reeks proeven ongeveer 20% het desbetreffende resultaat moet geven. Dit is als volgt in te zien. Gelijke kansen van alle 50 standen betekent, dat ze alle 50 ongeveer even vaak voorkomen. Geven 10 van die standen nu een verlichting van het cijfer 1, dan zullen deze 10 standen, die ieder ongeveer even vaak voorkomen als ieder der 40 overige standen, in totaal in ongeveer 20% van alle proeven voorkomen.

Nu is het uiteraard noodzakelijk om experimenteel te verifiëren, of inderdaad alle 50 mogelijke standen gelijke kans bezitten om voor te komen en dit kan het beste geschieden door na te gaan of de in tabel 1 vermelde kansen inderdaad de werking van het apparaat op dit punt goed beschrijven.

Om de genoemde kansen aan het experiment te staven, werd een serie van 745 proeven verricht, waarbij telkens door drukken

op de play-all-knop het mechanisme, en daarmee de betreffende control unit disc 1, in beweging werd gebracht. In plaats van een onderzoek der 50 standen van disc 1 gaan wij nu na, of de in tabel 1 vermelde kansen juist zijn, daar deze direct op het spel betrekking hebben. Vermenigvuldigt men nu ieder van deze kansen met het aantal proeven (745), dan verkrijgt men de z.g. "verwachte aantallen" van ieder der mogelijke uitkomsten (deze verwachte aantallen behoeven niet geheel te zijn; dit hangt n.l. van het aantal proeven af). De werkelijk verkregen aantallen behoren daarmee ongeveer overeen te stemmen en zij bleken dit ook zeer goed te doen. De resultaten zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2

Verwachte en gevonden aantallen
van de cijfers 1,2,6 en 7 en com-
binaties daarvan bij 745 proeven

<u>Cijfer</u> <u>(combinatie)</u>	<u>verwacht</u> <u>aantal</u>	<u>gevonden</u> <u>aantal</u>
1	149,0	150
2	89,4	94
6	89,4	88
7	149,0	146
1 en 2	44,7	31
1 en 6	44,7	40
1 en 7	74,5	90
2 en 6	14,9	15
2 en 7	44,7	44
6 en 7	44,7	47

De overeenstemming van de beide rijen getallen, die goed is, kan ook nog statistisch worden onderzocht, om na te gaan of men zich bij beoordeling op het gezicht niet vergist. De toets gaf positief resultaat: er is een ruime mate van overeenstemming.

Het was uiteraard niet mogelijk dergelijke experimenten voor alle mogelijkheden van het apparaat uit te voeren, te meer niet, omdat - zoals wij verderop zullen zien -, de onderlinge koppeling van de verschillende registers en de invloed van de reflex-unit dit praktisch onuitvoerbaar maken. Het zou jaren kosten, indien men dit alles experimenteel wilde onderzoeken en dit is overbodig, daar de constructie en de werkwijze van het apparaat op zichzelf al voldoende aanleiding zijn om aan te ne-

men, dat wij de kansen op de verschillende mogelijkheden op boven beschreven wijze door tellingen van de standen kunnen berekenen. Deze proeven werden dan ook uitgevoerd bij wijze van controle en zijn als zodanig voldoende. Dat voor deze controle speciaal de cijfers 1,2,6 en 7 genomen zijn, vindt zijn oorzaak in het feit, dat deze cijfers vrij grote kansen bezitten in vergelijking met de andere registers, zoals petjes, pijltjes, 3,4 en 5, enz., zodat voor controle van de kansen op laatstgenoemden veel meer proeven zouden moeten worden verricht.

Bij de verdere berekeningen zijn wij nu op de boven beschreven wijze te werk gegaan. Een latere controle op de juistheid der met die methode verkregen uitkomsten is uitgevoerd door berekende "verwachte uitkeringen" te vergelijken met bij spelen op de machine werkelijk verkregen resultaten. Deze controle, die eveneens bevestigde, dat de berekeningen tot juiste uitkomsten leiden, wordt verderop in dit rapport besproken.

Volledige vermelding van de op deze wijze berekende kansen zou verder voeren dan nodig is. Wij noemen daarom hier nog slechts een paar voorbeelden. Zo zijn de kansen op 3,4 en 5 bij het spelen op de play-all knop 0,013 voor 3 en voor 5 en 0,006 voor 4. De combinatie 3 en 5 kan ook optreden, doch heeft slechts een kans 0,003, hetgeen dus betekent, dat dit slechts ongeveer 3 op de 1000 maal optreedt.

Bovendien heeft men voor ieder der cijfers 3,4 of 5 een geringe kans op "held", dus op een vast verlicht cijfer. Bij het spelen op de specifications knop wordt de laatstgenoemde kans ruim 5 maal zo groot (en wel = 0,087). Deze kansen (met "held") worden bij de bovengenoemde (zonder "held") opgeteld. Verder blijkt, dat een gunstige stand van het odds-register of van het opvoeringsregister de kansen verkleint.

Uit het bovenstaande blijkt reeds, dat de registers onderling gekoppeld zijn. Een gunstige stand van het ene register verkleint de kans op het verkrijgen van gunstige standen der andere registers, hetgeen betekent, dat meer inwerpen nodig zijn om deze te verkrijgen. Tevens worden hierdoor de berekeningen ingewikkelder en wordt het kiezen van een gunstige spelstrategie moeilijker.

Wij besluiten hiermee de beschrijving van de werking van het apparaat. Bepaalde voor de beantwoording van de andere punten noodzakelijke aspecten komen later nog ter sprake.

5. Vraag b: Behendigheid met de kogel.

De vraag, of men door ervaring met de speelkast een behendigheid kan verwerven, die de kans op uitkering vergroot, valt in twee delen uiteen: behendigheid met de kogel en het kiezen van een gunstige spelstrategie.

Wij behandelen in deze paragraaf eerst de vraag, of men met de kogel op bepaalde nummers kan leren mikken. Het enige middel, dat men hiertoe bezit is de kogel harder of zachter weg te stoten. Onder de verende bumper (de stootbumper of schietbumper genaamd), waarmee de kogel aan het rollen wordt gebracht, bevindt zich een schaalverdeling en de eenvoudigste wijze om na te gaan, of het mogelijk is door meer of minder ver uittrekken van de stootbumper het resultaat te beïnvloeden, is een groot aantal trekkingen te verrichten en daarbij de bumper in verschillende standen los te laten. Dit experiment werd uitgevoerd, waarbij een aantal proefpersonen meewerkte. De vraag doet zich n.l. ook nog voor, of verschillende personen wellicht verschillende resultaten bereiken. Dit deel van het onderzoek heeft dus uitsluitend betrekking op het schieten met de kogel - de bewerking, waarmee ieder spel eindigt - en niet op het inwendige mechanisme van het apparaat.

Het spelbord bevat 31 gaten, genaamd

Purse	1 t/m 7
Show	1 t/m 7
Place	1 t/m 7
Win	1 t/m 7

Petje links, Petje rechts en Feature.

De kogel rolt in één van deze 31 gaten en heeft, bij een bepaalde wijze van afschieten een onbekende kans op ieder daarvan. Daar wij hier niet te maken hebben met contactwielen of kamraderen, maar met een kogel, die een onberekenbare baan volgt, kan men deze 31 kansen alleen schatten op grond van een grote reeks van experimenten.

Een eerste serie (serie a) van trekkingen werd verricht met drie standen van de verende bumper, n.l.

stand 1: zo zacht mogelijk (daartoe moet de bumper tot iets verder dan het derde schaaldeel worden uitgetrokken);

stand 3: bumper uittrekken tot het laatste schaaldeel;

stand 5: zo hard mogelijk, d.w.z. de bumper geheel uittrekken tot een stukje over het laatste schaaldeel heen.

Behalve deze drie standen zijn, bij een volgende reeks, trekkingen, nog twee intermediaire standen (2 en 4) gebruikt, die resp. tussen 1 en 3 en tussen 3 en 5 gelegen zijn. Deze komen verderop ter sprake.

Voor iedere trekking werd nu aangetekend in welk gat de kogel rolde en welke proefpersoon de trekking had verricht. In stand 1 werden 255 trekkingen verricht en in de beide andere standen 250.

Een gedetailleerde beschrijving van de resultaten van serie a is overbodig. Deze serie had in hoofdzaak ten doel na te gaan, of verschillende personen, die de bumper in dezelfde stand brengen om de kogel weg te schieten, wellicht toch nog verschillende resultaten zouden verkrijgen. Dit zou dan het gevolg moeten zijn van kleine verschillen in de snelheid van loslaten van de schietbumper e.d. Daartoe werden de 255 trekkingen in stand 1 door 3 verschillende personen uitgevoerd en de 250 trekkingen in stand 3 door 4 personen. (De trekkingen in stand 5 werden door één persoon verricht). Een statistische analyse van de resultaten (uitgevoerd met behulp van de z.g. chi-kwadrat-methode) toonde aan, dat de resultaten der verschillende spelers zeer goed met elkaar overeenstemden, zodat er bij het verdere onderzoek geen rekening gehouden behoefde te worden met de persoon van de speler. Verdere beschouwing van de resultaten leidde tot de conclusie, dat de uitkomsten bij de verschillende standen wel aanwijzingen voor verschillen gaven, maar dat de proefseries nog niet lang genoeg waren om hier een gedegen oordeel over te vormen.

Daarom werd een tweede serie (serie b) van trekkingen verricht, waarbij alle 5 bovengenoemde standen werden gebruikt. In ieder van deze standen werden nu 400 trekkingen verricht, dus 2000 in totaal. De resultaten van deze 2000 proeven zijn in tabel 3 vermeld.

Tabel 3

De resultaten van serie b: 2000 trekkingen
in 5 standen van de stootbumper

<u>Stand 1</u>								
nummer	1	2	3	4	5	6	7	totaal
Purse	2	18	43	44	32	14	7	160
Show	8	10	15	26	23	12	6	100
Place	7	5	8	32	5	11	5	73
Win	0	1	5	7	7	3	2	25
totaal	17	34	71	109	67	40	20	358

Petje links: 20

Petje rechts: 16

Feature: 6

totaal
400

Stand 2

nummer	1	2	3	4	5	6	7	totaal
Purse	4	8	52	49	28	8	2	151
Show	10	9	19	33	23	12	10	116
Place	4	11	9	25	9	8	5	71
Win	2	2	6	9	2	1	2	24
totaal	20	30	86	116	62	29	19	362

totaal
400

Petje links: 18 Petje rechts: 13 Feature: 7

Stand 3

nummer	1	2	3	4	5	6	7	totaal
Purse	3	13	35	38	29	13	7	138
Show	9	10	16	28	28	10	11	112
Place	4	11	8	33	7	7	4	74
Win	3	6	5	10	5	1	2	32
totaal	19	40	64	109	69	31	24	356

totaal
400

Petje links: 17 Petje rechts: 20 Feature: 7

Stand 4

nummer	1	2	3	4	5	6	7	totaal
Purse	3	18	36	52	40	20	7	176
Show	7	13	16	25	15	14	6	96
Place	5	4	4	30	8	4	3	58
Win	0	2	8	15	5	4	1	35
totaal	15	37	64	122	68	42	17	365

totaal
400

Petje links: 16 Petje rechts: 14 Feature: 5

Stand 5

nummer	1	2	3	4	5	6	7	totaal
Purse	3	9	23	76	34	21	8	174
Show	6	6	19	34	13	10	10	98
Place	3	12	11	23	6	6	3	65
Win	4	2	5	10	7	7	3	37
totaal	16	29	58	143	60	44	24	374

totaal
400

Petje links: 11 Petje rechts: 8 Feature: 7

Bij beschouwing van de in tabel 3 samengevatte resultaten ziet men, dat het algemene patroon voor alle 5 standen hetzelfde is. Zo wordt b.v. steeds het nummer 4 verreweg het vaakst getroffen, daarna 3 en 5, daarna 2 en 6 en 1 en 7 het minst.

Vergelijkt men dit met de in par.4 berekende kansen (zie o.a. tabel 2), dan ziet men, dat juist de cijfers, die minder vaak worden getroffen, een grotere kans bezitten om verlicht te zijn. De kans op een uitkering wordt zodoende klein gehouden, hoewel er toch altijd minstens één verlicht nummer is. De nummers 3,4 en 5, die in het grootste deel van de gevallen getroffen worden, zijn echter zelden verlicht.

Verder wordt, eveneens in alle 5 standen, het vaakst een gat in de Purse-sector getroffen, terwijl de kansen naar beneden toe afnemen. De Win-sector, die zich onderaan het spelbord bevindt, wordt het minst getroffen, maar geeft juist de hoogste uitkeringen.

Bij nadere beschouwing van de cijfers ziet men, dat er toch ook vrij grote verschillen optreden. In het bijzonder is b.v. Purse 3 in stand 2 veel vaker (n.l. 52 maal) getroffen dan in stand 5 (23 maal) en Purse 4 in stand 5 veel vaker (n.l. 76 maal) dan in stand 3 (38 maal). Ook verder zijn er nog wel verschillen, maar die zijn niet zo groot. Indien deze verschillen niet toevallig zouden zijn maar door de verschillende wijze van trekken zouden ontstaan (hetgeen door een statistische analyse onderzocht is; zie volgende alinea) is het dus, indien het nummer 4 verlicht is, voordelig de bumper bij het schieten in stand 5 te brengen en indien 3 verlicht is, in stand 2. Op die wijze vergroot men dan zijn winstkans.

Het is niet mogelijk op het oog te beoordelen of de gevonden verschillen toevallig kunnen zijn, dan wel aan de verschillende standen van de schietbumper geweten moeten worden. Daarom werd dit (weer met behulp van de z.g. chi-kwadraat methode) statistisch getoetst.

Daarbij bleek, dat de gevonden verschillen redelijkerwijze niet aan het toeval kunnen worden geweten, zodat men de conclusie moet trekken, dat het spelresultaat door het verder of minder ver uittrekken van de stootbumper beïnvloed kan worden. Dit betekent dus, dat men zich met de nodige oefening een zekere behendigheid in het mikken kan verwerven. Het kan zeker niet uitgesloten worden geacht, dat een handige speler dit in een redelijk aantal spelen bereikt, hoewel het anderzijds eer uitzondering dan regel zal zijn.

Bij verder statistisch onderzoek van tabel 3 bleek, dat speciaal de reeds genoemde gaten Purse 3 en Purse 4 zich hier toe bij deze machine lenen. De overige verschillen zijn gering

en kunnen zeer wel toevallig zijn. Dit is vermoedelijk een gevolg van het feit, dat deze beide gaten zich bovenaan het spelbord bevinden. Ook van Purse 5 zou men kunnen vermoeden, dat er een niet-toevallig verschil is. Dit was echter niet aan te tonen. Daar Purse 3 zich bevindt aan de zijde, waarlangs de kogel, na het afschieten, komt aanrollen en Purse 5 aan de andere kant, zijn deze gaten ook geenszins gelijkwaardig. Wij hebben daarom in het volgende alleen rekening gehouden met behendigheid in het mikken op Purse 3 en Purse 4 en voor het overige aangenomen, dat een eventuele behendigheid, zo al mogelijk, dan toch van geringere invloed zou zijn. Uit latere paragrafen zal dan blijken, dat het verwaarlozen van deze eventueel mogelijke, doch uit de serie van 2000 proeven niet blijkende, behendigheid bij het mikken op andere cijfers geen invloed van enige betekenis kan hebben.

Een derde serie schietproeven (serie c) komt ter sprake bij de behandeling van vraag c.

6. Vraag b (vervolg): Het kiezen van een spelstrategie

Zodra men er achter komt, dat de nummers 3,4 en 5 veel minder vaak verlicht worden, maar veel vaker getroffen worden dan de overige nummers, heeft men reeds voldoende kennis om te trachten een voordelige strategie te kiezen. Men kan b.v. speciaal dan het odds-register op gaan voeren (door op de odds-knop te drukken) als één (of meer) van de cijfers 3,4 of 5 verlicht zijn. Heeft men verder bemerkt, dat dit de eerste keer steeds gelukt ook als men de play-all-knop gebruikt, dan kan men, indien na de eerste inworp geen van deze drie cijfers brandt, eerst nog éénmaal op deze knop spelen en daarna eventueel verder op de odds-knop. Ook kan men zonder veel moeite bemerken, dat het minder voordelig is op deze knop door te blijven spelen, indien het odds-register reeds in de vierde stand staat. Zo zijn er allerlei mogelijkheden.

Willen wij nu nagaan, of het verschil van deze strategieën ook een merkbare uitwerking heeft op de uitkeringen, dan kunnen wij ze alle uitvoerig gaan proberen, doch dat is een weinig doeltreffende methode, die veel te veel tijd zou vergen. Een betere methode is, gebruik te maken van de uit de constructie der machine bekende kansen op de verschillende standen der registers (vgl.par.4) en tevens van de in de vorige paragraaf beschreven proeven, waaruit de kansen op de verschillende uit-

komsten bij het schieten van de kogel kunnen worden geschat en met behulp van deze gegevens te berekenen welk percentage van de ingeworpen dubbeltjes op de lange duur gemiddeld als uitkeringen zal worden terugbetaald. Dit kan voor verschillende strategieën geschieden en daarbij kan worden rekening gehouden met de onderlinge koppeling der registers. Het zou te ver voeren hier de details der uitgevoerde berekeningen te geven. Wij geven daarom slechts de resultaten, gedeeltelijk vergezeld van een experimentele bevestiging der verkregen uitkomsten.

Als basis van deze berekeningen hebben wij dus enerzijds nodig de in par.4 gedeeltelijk vermelde kansen op de verschillende standen der registers, anderzijds de experimenteel geschatte kansen op de door de kogel getroffen gaten. Deze laatste kansen, geschat uit de series proeven a,b en c tezamen (zie par.5) hebben de in tabel 4 vermelde waarden.

Tabel 4

Experimentele schattingen der kansen bij het afschieten van de kogel (3155 experimenten)

Nummer	1	2	3	4	5	6	7
Purse	0,01	0,04	0,09	0,13	0,09	0,04	0,01
Show	0,02	0,02	0,04	0,08	0,04	0,02	0,02
Place	0,01	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,01
Win	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00

Petje links: 0,04 Petje rechts: 0,04 Feature: 0,02

Deze schattingen der kansen zijn nog betrekkelijk ruw, ook al zijn zij uit meer dan 3000 trekkingen afgeleid. De reden hiervan is, dat de meeste ervan zo klein zijn. Zou men ze nauwkeuriger willen schatten, dan zou men nog veel meer trekkingen moeten verrichten. Daarom is het gewenst de berekende gemiddelde uitkeringen althans gedeeltelijk ook nog experimenteel te controleren, zoals verderop ook wordt beschreven.

De in tabel 4 vermelde kansen gelden voor de gemiddelde speler, die zich geen behendigheid in het mikken heeft veroverd. Voor een speler, die dit wel heeft kunnen de kansen op Purse 3 (die 0,09 is) en die op Purse 4 (0,13) worden verhoogd tot ongeveer 0,13 (door trekken in stand 2) resp. 0,19 (door trekken in stand 5). Wij geven deze verschillen aan door de toevoegingen "zonder-" resp. "met mikken".

De volgende strategieën zijn nu onderzocht:

Strategie a: Enkel spel. Na inworp van 1 dubbeltje (1 maal op de play-all-knop drukken) wordt de kogel geschoten.

Strategie b: Eerst één maal op de play-all-knop drukken en dan, alleen indien de specifications gunstig zijn, de odds opvoeren door op de odds-knop te spelen en daarna de kogel wegschieten. Zijn de specifications niet direct gunstig, dan dadelijk de kogel schieten.

Strategie c: Eerst twee maal op de play-all-knop spelen. Daarna doorspelen op de specifications-knop tot 3,4 of 5 verlicht is en dan spelen op de odds-knop tot de 4e of 5e stand van het odds-register. Dan de kogel schieten.

Strategie d: Eerst twee maal op de play-all knop spelen. Daarna op de odds-knop tot de 4e of de 5e stand en vervolgens op de specifications-knop tot 3,4 of 5 verlicht is. Dan de kogel schieten.

Strategie a is de eenvoudigste en deze is geschikt voor voorzichtige spelers (daar ieder spel dan slechts 1 dubbeltje aan inworp eist) en voor hen, die behendigheid in het mikken willen verwerven. Voor deze strategie werden de berekeningen uitgevoerd rekening houdende met de kansen op alle bijzondere mogelijkheden, zoals Feature, verdubbeling, petjes etc. Zelfs voor deze simpele strategie echter maakt de ingewikkelde aard der machine een precieze berekening van de gemiddelde uitkering zo omslachtig, dat het beter scheen enkele minder belangrijke facetten bij de berekening te verwaarlozen en twee grenzen te berekenen, waar het gemiddelde uitkeringspercentage tussen ligt. Deze grenzen liggen dicht bij elkaar en maken een goede beoordeling der te verwachten uitkering zeer wel mogelijk.

Alvorens echter de resultaten vermeld kunnen worden, is het nodig enigszins vooruit te lopen op de in de volgende paragraaf te behandelen "reflex-unit". Voor het ogenblik is het voldoende te vermelden, dat deze in 5 verschillende standen kan staan, genummerd 1,...,5, waarvan stand 1 de gunstigste en stand 5 de ongunstigste voor de speler is. De gemiddelde uitkeringen zijn voor beide uiterste standen beschouwd. Het resultaat der berekeningen is in tabel 5 vermeld.

Tabel 5

Grenzen voor het gemiddelde uitkeringspercentage bij strategie a (enkel spel)

	met mikken	zonder mikken
reflex unit 1	62% - 70%	57% - 65%
reflex unit 5	47% - 50%	45% - 48%

Het enkele spel is dus, volgens deze uitkomsten, verre van voordelig. Indien men geen behendigheid in het mikken heeft, verliest men gemiddeld 4 à 5 van iedere 10 dubbeltjes, met behendigheid slechts weinig minder. Het ligt daarom voor de hand deze ongunstige uitkomsten experimenteel te verifiëren, om na te gaan of de berekende en experimenteel geschatte kansen een voldoende zekere basis vormen om deze berekeningen mee uit te voeren.

Deze experimentele verificatie vond plaats door het uitvoeren van 3 series van ieder 250 enkele spelen, uitgevoerd door een aantal spelers, die geen behendigheid bezaten. De stand van de reflex unit was daarbij ongunstig, doch niet precies bekend. Vermoedelijk was deze overwegend in stand 5, af en toe wellicht in een gunstigere stand. De resultaten zijn in tabel 6 vermeld en deze bevestigen inderdaad de lage uitkomst bij deze wijze van spelen. Zij komen overeen met het vakje rechts-onder van tabel 5 (zonder mikken, reflex unit ongunstig).

Tabel 6
Experimenteel verkregen uitkerings-
percentages bij 3 series van 250 enkele spelen

1e serie	56%
2e serie	45%
3e serie	44%

Hiermede is dus een goede bevestiging verkregen van de ongunstige uitkeringen bij strategie a en tevens van de betrouwbaarheid der gebruikte onderzoekingsmethode. Het ligt daarom voor de hand de bovengenoemde strategieën b, c en d te onderzoeken, om na te gaan, of deze minder ongunstig zijn.

Strategie b. Evenals bij strategie a hangt het uitkeringspercentage ook nu af van de stand van de reflex-unit. Bij de verdere berekeningen hebben wij ons beperkt tot de ongunstigste stand daarvan. Het uitvoeren van de berekeningen voor meerdere standen zou weliswaar uitvoerbaar zijn, maar er zou veel tijd mee gemoeid zijn en, zoals in de volgende paragraaf zal blijken, is het niet noodzakelijk voor de beantwoording der gestelde vragen.

Indien men na de inworp van het eerste dubbeltje en drukken op de play-all-knop b.v. het nummer 4 in het specificationsregister wordt verlicht, dan wordt het gemiddelde uitkeringspercentage verhoogd door drie maal op de odds-knop te drukken.

Dit kost n.l. 3 dubbeltjes, maar de kans op een uitkering is bij de 4 zo groot en de verhoging der uitkering door het opvoeren der odds is zodanig, dat men gemiddeld voor deze drie dubbeltjes iets meer terugkrijgt. Hetzelfde geldt, indien de 3 en de 5 beide branden. Indien deze standen van het specifications-register minder zelden voorkwamen, zou strategie b wellicht aanzienlijk beter kunnen zijn dan a, maar nauwkeurige berekening leert, dat dit bij de onderzochte machine niet het geval is. Indien men alleen dan op de odds-knop speelt, indien òf wel de 4, òf wel de 3 en de 5, òf wel alle cijfers verlicht zijn en indien men dan 3 dubbeltjes gebruikt voor het opvoeren van de odds, wordt het gemiddelde uitkeringspercentage, in vergelijking met strategie a, slechts met ongeveer 6% verhoogd. Wil men de odds nog verder opvoeren dan de stand, welke met 3 maal op de odds-knop spelen is bereikt, dan wordt de kans dat dit gelukt snel kleiner, in het bijzonder als het specifications-register in een gunstige stand staat. De verhoging van de eventuele uitkering weegt dan niet op tegen de noodzakelijke inworp.

Strategie c. Hier zijn twee mogelijkheden beschouwd: opvoeren van de odds tot de 4e en tot de 5e stand van het odds-register. Het gemiddelde aantal dubbeltjes, dat nodig is om de gewenste standen van het specifications- en odds-register te bereiken, is voor beide gevallen berekend, voor stand 1 en stand 5 van de reflex-unit (stand 1 is hier ook beschouwd, omdat dit weinig extra moeite kostte). Tevens is berekend, hoeveel dubbeltjes men gemiddeld uitgekeerd krijgt, met en zonder mikken. De uitkomsten zijn in tabel 7 vermeld.

Tabel 7

Gemiddelde inzet en uitkering bij strategie c

Odds	tot 4e stand	tot 5e stand
Gemiddelde inzet; reflex unit 1	7,0	9,0
idem; reflex unit 5	10,0	15,0
Gemiddelde uitkering met mikken	5,6	8,0
idem zonder mikken	5,1	7,3

Drukt men de gemiddelde uitkeringen uit als percentages van de gemiddelde inzetten, dan verkrijgt men de in tabel 7a vermelde uitkeringspercentages. Tabel 7 komt later nog ter sprake.

Tabel 7a

<u>Uitkeringspercentages bij strategie c</u>		
Odds	tot 4e stand	tot 5e stand
reflex unit 1 met mikken	80%	89%
reflex unit 1 zonder mikken	73%	81%
reflex unit 5 met mikken	56%	53%
reflex unit 5 zonder mikken	51%	49%

Deze percentages verschillen aanzienlijk van de in tabel 5 vermelde, waaruit dus blijkt, dat men met het kiezen van een gunstige strategie zijn kansen vrij sterk kan beïnvloeden. Daar bovendien het kiezen van deze vrij eenvoudige strategie niet boven de macht van een redelijk intelligente speler geacht moet worden, kan men uit dit resultaat de conclusie trekken, dat de vraag of men door geschikte keuze van een strategie zijn kansen voordelig kan beïnvloeden, bevestigend moet worden beantwoord.

Strategie d. Om na te gaan - ook in verband met de later nog te behandelen vraag d - hoe deze uitkeringspercentages worden beïnvloed, indien men de volgorde van het spelen op de odds-knop en op de specifications-knop verwisselt, worden dezelfde berekeningen ook voor strategie d uitgevoerd. Daarbij bleken de uitkomsten slechts weinig van die voor strategie c te verschillen. Alleen de gemiddelde inzet van 15,0 bij reflex unit stand 5 wordt dan verlaagd tot 14,6, waardoor de bij deze inzet behorende uitkeringspercentages van 53% resp. 49% stijgen tot 55% resp. 50%. Overigens blijven de beide tabellen onveranderd. Het verschil is dus zeer gering.

7. Vraag c. De reflex-unit

De reflex-unit is een apparaat in het inwendige van de speelautomaat, dat in 5 verschillende standen, genummerd van 1 tot 5, kan verkeren. De stand, waarin de reflex-unit zich bevindt heeft een grote invloed op de kansen op gunstige standen der spelregisters. Stand 1 is de gunstigste en stand 5 de ongunstigste stand, terwijl de standen 2,3 en 4 daar tussen in liggen. Het verschil tussen de beide uiterste standen (1 en 5) kan men b.v. aflezen uit tabel 7; de gemiddelde inworp voor het bereiken van gunstige standen van het odds- en het specifications-

register zijn aanzienlijk hoger bij stand 5 dan bij stand 1. Dit vindt vervolgens zijn weerspiegeling in de uitkeringspercentages (zie tabel 5 en 7a). Immers de loop van de kogel over het spelbord wordt door de reflex-unit niet beïnvloed, zodat bij een hogere inzet - daar de gemiddelde uitkering dezelfde is - een lager uitkeringspercentage behoort.

De werking van de reflex-unit is als volgt. Het hoofdbestanddeel van dit apparaat zijn twee vast aan elkaar gekoppelde tandwielen, waarvan één met 64 tanden en het andere met 50. Het eerstgenoemde tandwiel verspringt telkens één tandje vooruit als een dubbeltje in de speelautomaat wordt geworpen, terwijl het tweede telkens één tandje achteruit gaat voor ieder door de automaat uitbetaalde dubbeltje. Dit wordt bereikt doordat het eerste tandwiel langs elektrische weg is verbonden met het inworpmechanisme en het tweede met de uitbetalingsteller. Draaien de tandwielen vooruit (hetgeen dus gebeurt indien dubbeltjes worden ingeworpen), dan wordt de stand van de reflex-unit langzaam aan gunstiger voor de speler, draaien zij achteruit (hetgeen dus gebeurt indien dubbeltjes worden uitgekeerd), dan wordt de stand langzaam aan slechter. Daar echter het eerste tandwiel 64 tandjes bevat en het tweede slechts 50 zijn er meer dubbeltjes inworp nodig om een bepaalde verbetering te verkrijgen dan er aan uitbetaling nodig is, om dezelfde verbetering te niet te doen. Worden er gemiddeld 64 dubbeltjes ingeworpen tegen 50 uitbetaalde, dan blijft de reflex-unit gemiddeld in dezelfde stand. Worden er meer dan 64 ingeworpen tegen 50 uitbetaalde, dan wordt de stand gunstiger en worden er minder dan 64 ingeworpen tegen 50 uitbetaalde, dan wordt de stand ongunstiger.

Hieruit blijkt, dat de reflex-unit een stabiliserende werking uitoefent op het rendement van de automaat. Indien gedurende enige tijd minder dan gemiddeld 14 van 64 dubbeltjes door de spelers worden verloren, zal de reflex-unit in telkens ongunstigere stand komen te staan. Zou men dus enige tijd winnen op deze machine, dan komt men steeds in stand 5 van de reflex-unit terecht. Gunstige standen - in het bijzonder de gunstigste stand 1 - komen slechts voor indien men flink verliest. Samenvattend kan men zeggen: Of wel het uitkeringspercentage is hoogstens gelijk aan $\frac{50}{64} \times 100 = 78\%$, of wel de reflex-unit komt in de ongunstigste stand 5 te staan.

Vraag c moet dus inderdaad bevestigend worden beantwoord. Wij merken hierbij voor de volledigheid nog op, dat de onderlin-

ge beïnvloeding van het odds-register en het specificationsregister, die op pag.60 van het proces-verbaal aan de reflex-unit wordt toegeschreven, niet daardoor wordt veroorzaakt, maar door de z.g. mixer-discs, die reeds in par.4 zijn genoemd.

8. Vraag d: Kan men systematisch winnen?

Bij het onderzoek van deze vraag dient rekening te worden gehouden met de werking van de in par.7 behandelde reflex-unit. Immers de kansen op gunstige standen der registers zijn vrij sterk afhankelijk van de stand der reflex-unit. Nu is het echter zo, dat deze alleen in een gunstige stand komt, indien er weinig uitgekeerd en veel wordt ingeworpen. Zou een speler dus gedurende enige tijd winnen (of zelfs: weinig verliezen), dan komt de reflex-unit in de ongunstigste stand te staan. Bij een systematisch winnende speler zou dit dus zeker het geval zijn en deze speler zou dus, om zijn winst niet weer verloren te zien gaan - d.w.z. om inderdaad een systematisch winnende speler te zijn - moeten blijven winnen bij deze ongunstigste stand van de reflex-unit. Wij behoeven dus de gestelde vraag uitsluitend te onderzoeken in de ongunstigste stand (stand 5) van de reflex-unit.

Beschouwen wij nu de voorafgaande tabellen - en wel die regels daarvan, die betrekking hebben op stand 5 van de reflex-unit - dan zien wij daaruit, dat alle onderzochte strategieën een flink verlies geven. De behendigheid in het mikken met de kogel heeft hierop slechts geringe invloed. Uiteraard konden niet alle mogelijke strategieën worden onderzocht, terwijl het ook niet uitgesloten geacht moet worden, dat een uitzonderlijk handige speler een iets grotere behendigheid zou weten te bereiken dan de bij dit onderzoek langs experimentele weg geschatte. Gezien echter de geringe invloed van deze geschatte behendigheid kan men als vaststaand aannemen, dat zelfs de handigste speler niet meer dan hoogstens ongeveer 10% aan de gemiddelde uitkering zal kunnen toevoegen, hetgeen lang niet genoeg is om tot systematische winst te komen. De reden hiervan is, dat de belangrijkste gaten in het spelbord, de gaten n.l. die het meest uitbetalen, zich onderaan bevinden en dat het onmogelijk is behendigheid in het mikken op deze gaten te veroveren. Daarvoor komen alleen de gaten in de bovenste sector in aanmerking, die de laagste uitkeringen geven.

Wat de spelstrategieën betreft, hiervan zijn er in par.6 een aantal besproken. Bij de keuze daarvan is rekening gehouden

met de kansen, die het drukken op de verschillende knoppen geven. Deze kansen zijn aan de spelers onbekend en het kiezen van strategieën is dus voor hen veel moeilijker. Het is daarom bijzonder onaannemelijk te achten, dat een speler in staat zou zijn een betere strategie dan strategie d te vinden, ook al is er wellicht wel één te vinden, die nog iets beter is. Het hoogste uitkeringspercentage, dat bij d verkregen werd, is 55%. Het moet uitgesloten worden geacht, dat er strategieën zijn, die bij stand 5 van de reflex-unit veel hoger zouden komen.

Ook indien met het zou zoeken in de mogelijke grote winsten, b.v. de hoofdprijs, die men krijgt als "feature" brandt en wordt getroffen, bereikt men geen systematische winst. Bij het drukken op de feature-knop bestaat een kans van $3/50$, dat feature wordt verlicht, terwijl de kans, dat de kogel in het bijbehorende gat rolt, ongeveer gelijk is aan 0,02. De uitkering is 320 dubbeltjes en het gemiddelde uitkeringspercentage is dus $100 \times \frac{3}{50} \times 0,02 \times 320 = 38\%$ (afgerond), hetgeen dus betekent, dat het spelen op deze knop een flink verlies geeft. Ook het spelen op de double-knop is steeds nadelig.

Dit alles leidt tot de conclusie, dat systematisch winnen onmogelijk moet worden geacht. Alleen door gelukkig toeval zal men af en toe winst kunnen behalen. Verkeert de reflex-unit, door voorafgaand verlies, in een gunstige stand, dan wordt het verlies geringer en is de kans op winst door gelukkig toeval groter. De reflex-unit zelf zorgt er dan echter voor, dat deze toestand slechts blijft bestaan, zolang er hoogstens 78% der inworpen wordt uitgekeerd. Wordt er minder verloren of zelfs gewonnen, dan geraakt hij in een ongunstige stand.

Om deze conclusie ook nog eens experimenteel te bevestigen, werden door verschillende spelers, die reeds enige routine met deze machine bezaten, 15 reeksen van spelen uitgevoerd. Daarbij konden zij gebruik maken van de kennis, die omtrent de werking der machine was verkregen, terwijl de wijze van spelen aan hen zelf werd overgelaten. De lengte van ieder dezer series was 50, hetgeen overeenkomt met een inworp van f 5,-. Alle 15 series eindigden met verlies.

9. Vraag e: Beïnvloeding van het spel door de exploitant.

De exploitant beschikt over verschillende middelen om het spel te beïnvloeden. Enkele hiervan zijn reeds eerder genoemd. Zonder naar volledigheid te streven, geven wij hieronder een aantal mogelijke ingrepen.

Door het verwisselen van tandwielen van de reflex-unit kan de bovengrens van het uitkeringspercentage worden beïnvloed.

Door het verplaatsen van daartoe in het inwendige van de machine aangebrachte stekkers, die drie standen hebben, kan het verlicht worden der petjes en van feature meer en minder frequent worden gemaakt.

De uitbetaling bij feature kan op 160 of op 320 dubbeltjes worden gesteld.

Door het afbreken of verbuigen van bepaalde contactveertjes kan het sluiten van bepaalde gunstige stroomkringen onmogelijk worden gemaakt. Zo is b.v. bij de onderzochte machine, indien deze intact is, de mogelijkheid aanwezig, dat de odds meer dan één stap worden opgevoerd bij inworp van één dubbeltje. Deze mogelijkheid was echter te niet gedaan door het afbreken van het bovenste contactveertje van de z.g. "extra step index switch".

Door het aanbrengen van een pin in de uitbetalingsteller kan worden gemaakt, dat deze niet meer dan een bepaald bedrag aan kan wijzen. Bij de onderzochte machine was dit gedaan. Het maximale bedrag, dat de teller kon aangeven was 400 dubbeltjes. Zonder deze pin zou het 999 geweest zijn. Daar de hoofdprijs 320 bedraagt is de invloed van deze pin uit te schakelen door iedere uitkering boven de 80 direct door de houder der machine te doen uitbetalen.

Een onderzoek, om na te gaan, of een eenmaal verkregen behendigheid in het mikken met de kogel te niet kon worden gedaan door de machine enigszins uit de horizontale stand te brengen viel negatief uit. Daartoe werden onder de beide rechterpoten der machine liniaals gelegd en vervolgens werd de kogel 400 maal afgeschoten, 80 maal in ieder der standen 1,...,5 van de schietbumper. Deze serie waarnemingen (serie c) werd vergeleken met de in par.5 beschreven serie b, doch hierbij werden geen verschillen gevonden, die niet van toevallige aard zouden kunnen zijn. Een ander middel voor het te niet doen van behendigheid zou kunnen bestaan uit het vervangen van de veer der schietbumper door een sterkere of zwakkere. Dit werd niet beproefd, daar er geen andere veer beschikbaar was. Bovendien is, gezien de resultaten der vocrafgaande onderzoekingen, dit punt niet van een dergelijk belang, dat het verdergaande onderzoekingen nodig maakt. Want ook indien men aanneemt, dat behendigheid slechts moeilijk of gedeeltelijk te niet kan worden gedaan, is de in-

vloed van deze behendigheid toch slechts zeer gering en blijft de speler toch systematisch verliezen.

Amsterdam, Juli 1955

Prof. Dr J. Hemelrijk
Chef Statistische Consultatie
van het
Mathematisch Centrum