# BESLISSINGSCRITERIA IN DE BEDRIJFSECONOMIE

*door Drs. Th. M. A. Bemelmans*

## 1 Inleiding

Wezenlijk in de economie zijn schaarste en alternatieve aanwendingsmogelijkheden van middelen. Hieruit is af te leiden dat men dient te handelen overeenkomstig het economisch principe hetgeen betekent dat van mogelijke alternatieven dat alternatief de voorkeur verdient waarvan de waarde, het verschil tussen voor- en nadelen, maximaal is. Het beslissingscriterium in de meest algemene zin luidt dus: maximaliseer de waarde van elke beslissing. In eerste instantie beperken we ons tot deze optimalisatiegedachte.

Eerste opgave bij een te nemen beslissing is de inventarisatie van alternatieven en de waardebepalende factoren, de evaluatiecriteria. De keuze van deze criteria is afhankelijk van de gekozen doelstellingen. De totale waarde van een alternatief is een functie van de diverse evaluatiecriteria. Gaat men bijv. uit van de doelstelling winstmaximalisatie dan ligt bij investeringsselectie het criterium kapitaalwaarde voor de hand. De evaluatiecriteria zijn in dit geval de grootheden die de kasstromen bepalen zoals omzet, loon- en materiaaluitgaven, investeringen in werkkapitaal etc., etc. In dit voorbeeld zijn alleen economische grootheden van belang. Het kan echter zijn dat de waarde van een alternatief tevens bepaald wordt door niet economische criteria bijv. technische zoals o.a. bij researchprojekten het geval is.

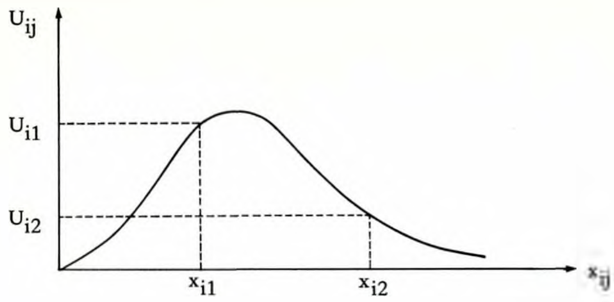
In de volgende paragrafen gaan we dieper in op de waarderingsmethoden t.a.v. elk evaluatiecriterium. We gebruiken telkens het symbool $x_{ij}$ om het resultaat aan te geven dat alternatief j behaalt t.a.v. evaluatiecriterium i. De waardering van dit resultaat $x_{ij}$ wordt beïnvloed door de volgende aspecten:

- de waardering van het resultaat $x_{ij}$ door de beslisser,
- het tijdstip waarop het resultaat gerealiseerd wordt,
- de waardering van het resultaat indien dit met risico behept is.

## 2 De waardering van het resultaat $x_{ij}$ door de beslisser

Op het eerste gezicht lijkt het ver gezocht hier problemen te onderkennen, immers waardering en grootte van het resultaat lopen meestal parallel. Honderd gulden omzet wordt gewaardeerd als honderd gulden, duizend als duizend etc. Naast deze lineaire waarderingsfunctie zijn echter tal van andere functies in de literatuur bekend. Men denke maar aan de eerste wet van Gossen t.a.v. het afnemend grensnut. Waarderingsfuncties kunnen wel degelijk van belang zijn bij het nemen van beslissingen. Stel men moet een keuze maken uit twee alternatieven 1 en 2 met als resultaat $x_{i1}$ en $x_{i2}$ t.a.v. evaluatiecriterium i. In figuur 1 vindt men een grafische weergave van een mogelijke waarderingsfunctie waarbij $U_{ij}$ de waarde van $x_{ij}$ is.

Figuur 1: *Grafische weergave van een waarderingsfunctie*



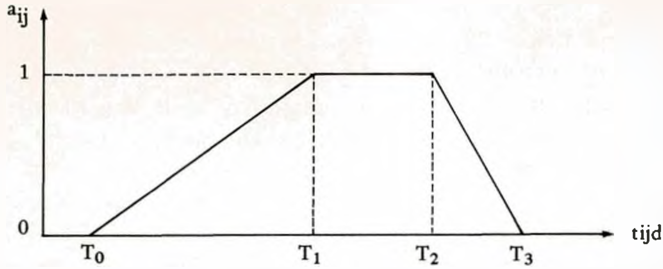

Een keuze op basis van $x_{i1}$ en $x_{i2}$ zou betekenen dat alternatief 2 beter is dan alternatief 1. Beslissen overeenkomstig de waarde $U_{i1}$ en $U_{i2}$ geeft echter het omgekeerde. Soortgelijke functies als in fig. 1 treft men vaak aan bij technische evaluatiecriteria, relevant bij de beslissing over een optimaal researchprogramma. Opgemerkt zij dat elke waarderingsfunctie geconditioneerd is d.w.z. alleen geldt op één bepaald tijdstip en voor één beslisser. Hoewel het werken met waarderingsfuncties in de praktijk uitermate lastig is, kan men dit niet vermijden indien men te maken heeft met onvergelijkbare evaluatiecriteria zoals economische en technische. De grootheid $U_{ij}$ zorgt dan voor de definiëring van één uniforme „meetlat". Men kan $U_{ij}$ interpreteren als nut hoewel een dergelijk abstract begrip niet altijd nodig is. Kan men elk evaluatiecriterium herleiden tot geldeenheden dan is $U_{ij}$ een geldhoeveelheid, de meetlat is dan geld.

### 3 Het tijdstip waarop het resultaat gerealiseerd wordt

Eenieder die de keuze heeft uit 1000 gulden nu of 1000 gulden later, zal hoogstwaarschijnlijk kiezen voor het eerste alternatief. Oorzaak hiervan is de tijdspreferentie die meespeelt in de waardebepaling van alternatieven. Doorgaans brengt tijdspreferentie tot uitdrukking dat naarmate een als positief resp. als negatief ervaren resultaat eerder in de tijd wordt gerealiseerd, het alternatief hoger resp. lager wordt gewaardeerd. De argumentatie daarvan steunt o.a. op economische en psychologische gronden. Het laatste vindt men terug in de stelling dat een individu stelselmatig zijn toekomstige problemen onderschat. Economische redeneringen zijn o.a. dat eerder in de tijd vrijkomende middelen gedurende een langere periode winstgevend herbelegd kunnen worden dan later vrijkomende middelen. Dit soort tijdspreferentie wordt meestal via disconteringin de waardebepaling opgenomen. Heeft men bijv. de keuze uit alternatief 1 : 1000 gulden nu en alternatief 2 : 1000 gulden na één jaar, dan geldt zonder tijdspreferentie dat alternatief 1 even goed is als alternatief 2. Brengt men de tijdspreferentie tot uitdrukking via een disconteringspercentage van 10% dan geldt $x_{i1} = 1000$ en $x_{i2} = 1000/(1{,}10)^1 = 909{,}09$. Alternatief 1 is dus beter dan 2.

Een andere mogelijke tijdspreferentie vindt men in figuur 2. Hierin geeft $a_{ij}$ het percentage aan van het resultaat dat door de beslisser op een bepaald tijdstip als waarde wordt ervaren.

Figuur 2: *Grafische weergave van een tijdspreferentiefunctie*




Alternatieven die voor tijdstip $T_0$ of na tijdstip $T_3$ gerealiseerd worden zijn in dit geval van geen betekenis voor de beslisser. Een voorbeeld hiervan is een researchprojekt: realisatie voor $T_0$ betekent dat de nieuwe vinding niet marktrijp is, realisatie na $T_3$ geeft dat door de voortschrijdende technische ontwikkeling de vinding inmiddels achterhaald is. Indien het alternatief gerealiseerd wordt in het gesloten tijdsinterval $[T_1, T_2]$ dan waardeert de beslisser het resultaat op 100%. Realisatie in de open tijdsintervallen $(T_0, T_1)$ en $(T_2, T_3)$ geeft een waardering kleiner dan 100%.

Concluderend kan men stellen dat bij de afweging van alternatieven de tijdspreferentie een wezenlijke rol kan spelen.

### 4 De waardering van het resultaat indien dit met risico behept is

In het voorgaande gold dat de resultaten $x_{ij}$ als zeker te beschouwen waren m.a.w. het waren deterministische grootheden. In de praktijk kan de beslisser meestal niet met 100% zekerheid aangeven welk resultaat zich zal realiseren. We noemen de grootheden dan stochastisch. Welk resultaat zich werkelijk zal realiseren, is afhankelijk van niet door de beslisser te beïnvloeden factoren, kortweg aan te duiden als omgevingstoestanden. We zullen ook dit met een voorbeeld verduidelijken.

Stel een beslisser heeft de keuze uit twee werkzaamheden gedurende de zomermaanden te weten: alternatief 1, verkoper in een boekwinkel en alternatief 2, verkoper van ijs. De waarde van elke baan wordt bepaald door slechts één evaluatiecriterium te weten inkomen dat een vast percentage is van de door de verkoper behaalde omzet. Voorlopig stellen we dat $U_{ij} = x_{ij}$ en verder dat tijdspreferentie geen rol speelt. We onderscheiden drie mogelijke weersgesteldheden nl. zonnig, bewolkt en regen. De beslisser heeft de volgende evaluatiematrix opgesteld:

Tabel 1: *Evaluatiematrix bij de diverse weersgesteldheden*

| toestand / alternatief | 1 zonnig | 2 bewolkt | 3 regen |
|---|---|---|---|
| alternatief 1 | $x_{11} = 1000$ | $x_{12} = 1500$ | $x_{13} = 2000$ |
| alternatief 2 | $x_{21} = 5000$ | $x_{22} = 3000$ | $x_{23} = 0$ |

De grootheid $x_{11}$ geeft aan het inkomen bij zonnig weer indien de beslisser kiest voor alternatief 1. Op overeenkomstige wijze zijn de overige $x_{ij}$ gedefinieerd. Uit de matrix blijkt dat naarmate het weer verslechtert de verkoop van boeken stijgt en die van ijs daalt.

De beslisser kan nu niet zonder meer aangeven welk alternatief de voorkeur verdient. In het navolgende zullen we enkele beslissingsregels behandelen die in deze situatie toegepast kunnen worden.

*Beslissingsregels bij onzekerheid*[1] )

Onder onzekerheid verstaan wij de situatie dat de beslisser de mogelijke omgevingstoestanden kan aangeven maar niet de kans dat een bepaalde toestand zich werkelijk realiseert. Voor de situatie van onzekerheid zijn de meest gehanteerde beslissingscriteria de volgende:

- *het criterium van Laplace:*

alternatief 1 > alternatief 2 indien $\sum_{j=1}^{n} x_{1j} \geq \sum_{j=1}^{n} x_{2j}$.

Hierbij geeft n het aantal mogelijke omgevingstoestanden. In ons voorbeeld geldt 1000 + 1500 + 2000 < 5000 + 3000 + 0 derhalve is alternatief 2 beter dan alternatief 1.

Dit criterium heeft als bezwaar dat men de resultaten van alle toestanden optelt, terwijl slechts één toestand kan optreden. Bij een andere interpretatie van dit criterium stelt men, dat de beslisser, bij gebrek aan betere informatie, de kans op elke toestand gelijk onderstelt en dan beslist naar rato van de verwachte waarde.

In ons voorbeeld geeft dit $\frac{1}{3} \times 1000 + \frac{1}{3} \times 1500 + \frac{1}{3} \times 2000 < \frac{1}{3} \times 5000 + \frac{1}{3} \times 3000 + \frac{1}{3} \times 0$. In feite transformeert men hier de onzekerheidssituatie in een risicosituatie, waarover later meer.

- *het criterium van Hurwicz:*

alternatief 1 > alternatief 2 indien

$(1-\lambda) \min\limits_{j} W_{1j} + \lambda \max\limits_{j} W_{1j} \geq (1-\lambda) \min\limits_{j} W_{2j} + \lambda \max\limits_{j} W_{2j}$ waarbij

$0 \leq \lambda \leq 1$ een „optimismeparameter" genoemd wordt. Indien $\lambda = 1/5$ geeft dit in ons voorbeeld $4/5 \times 1000 + 1/5 \times 2000 > 4/5 \times 0 + 1/5 \times 5000$ derhalve alternatief 1 > alternatief 2.

Indien $\lambda = 0$ heeft men de beslissingsregel van Wald die het optimale alternatief als volgt bepaalt:

$$\max_{i} \min_{j} W_{ij}.$$

Men zoekt dus per alternatief de meest slechte uitkomst (voor alternatief 1 resp. 2 is dit 1000 resp. 0) en kiest daarvan het maximum (dus 1000, derhalve wordt alternatief 1 gekozen). Het criterium van Hurwicz kan men be-

[1]) Het teken $\geq$ betekent „groter dan of gelijk aan". Wanneer dit teken in tekst gebruikt wordt betekent > resp. $\sim$ „is beter dan" resp. „is even goed als".

schouwen als een eerste aanzet tot het definiëren van een risicozoekende, $\lambda \approx 1$, resp. een risicomijdende houding, $\lambda \approx 0$.[2]) Indien $\lambda = 1$ zoekt men de beste uitkomst per alternatief en kiest daaruit weer de beste (in het voorbeeld dus 5000 zodat dan alternatief 2 beter is dan 1).

Een veel besproken beslissingsregel bij onzekerheid is de „methode van de kleinste spijt" van Savage. Aan dit criterium kleven echter zoveel bezwaren dat we bespreking daarvan achterwege laten.

### Beslissingsregels bij risico

Onder risico verstaan we de situatie dat de beslisser de mogelijke toestanden én de kansen daarop, weer te geven door $p_j$, kan aangeven. Voor het voorbeeld in tabel 1 nemen we aan dat de kans op de toestanden zonnig, bewolkt en regen achtereenvolgens 1/10, 4/10 en 5/10 is.[3]) Het probleem waarvoor de beslisser nu staat, is hoe zwaar hij de gegeven kansen in zijn waarde-oordeel moet laten meespelen. In de beslissingstheorie bestaan mogelijkheden om de risicohouding van een beslisser te evalueren. Daartoe worden hypothetische spelsituaties gehanteerd waarbij met kans P een bedrag X en met kans (1-P) een bedrag Y wordt gewonnen. De beslisser moet voor verschillende waarden van P aangeven hoe groot hij het zekerheidsequivalent acht m.a.w. welk zeker te ontvangen bedrag hij equivalent in waarde acht met het geboden spel.

Stel dat een drietal beslissers $Q_1$, $Q_2$ en $Q_3$ als volgt reageren op een spelsituatie waarin met kans P resp. 1-P het bedrag *f* 5000 resp. *f* 0 gewonnen wordt:

Tabel 2: *Bepaling der zekerheidsequivalenten*

| *kans* | | *beslisser* | | |
|---|---|---|---|---|
| P | 1-P | $Q_1$ | $Q_2$ | $Q_3$ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0,25 | 0,75 | 250 | 1250 | 3250 |
| 0,50 | 0,50 | 750 | 2500 | 4250 |
| 0,75 | 0,25 | 1750 | 3750 | 4750 |
| 0,90 | 0,10 | 3000 | 4500 | 4950 |
| 1 | 0 | 5000 | 5000 | 5000 |

Tabel 2 dient men als volgt te lezen: indien de kans op *f* 5000 gelijk is aan 0,25 dus de kans op 0 bedraagt 0,75 dan acht beslisser $Q_1$ het spel gelijk in waarde met een zeker te ontvangen bedrag van *f* 250, dus een bedrag *f* 250 met kans 1. Beslisser $Q_2$ resp. $Q_3$ antwoorden op deze spelsituatie echter

[2]) Het symbool $\approx$ betekent „is ongeveer gelijk aan".
[3]) Het betreft hier subjectieve kansschattingen. De som der kansen moet gelijk zijn aan 1.

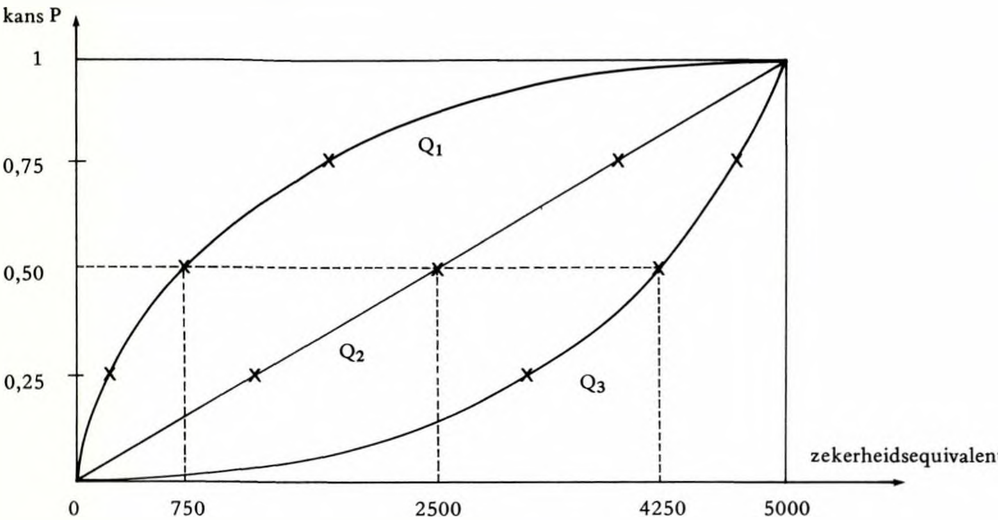
*f* 1250,– resp. *f* 3250,–. Beslisser $Q_2$ beslist conform het verwachte-waarde-criterium nl. $0{,}25 \times 5000 + 0{,}75 \times 0 = 1250$.[4])

Men definieert nu in de beslissingstheorie vaak de volgende risicohoudingen:

- risicomijdend: het zekerheidsequivalent is hier telkens kleiner dan de verwachte waarde behalve voor P = 1 en P = 0. Beslisser $Q_1$ is in ons voorbeeld risicomijder.
- -risico-indifferent: het zekerheidsequivalent is hier telkens gelijk aan de verwachte waarde. In ons voorbeeld voldoet beslisser $Q_2$ hieraan.
- risico-zoeker: het zekerheidsequivalent is, behoudens voor P = 1 en P = 0, groter dan de verwachte waarde. Beslisser $Q_3$ is hier een voorbeeld van.

Men kan de drie weergegeven risicohoudingen als volgt grafisch weergeven:

Figuur 3: *Grafische weergave van risicohoudingen:*




Figuur 3 dient men als volgt te lezen: indien de kans op *f* 5000 resp. *f* 0,– gelijk is aan 0,50 dan geldt als zekerheidsequivalent voor $Q_1$, $Q_2$ en $Q_3$ achtereenvolgens 750, 2500 en 4250. Men kan met behulp van de geconstrueerde lijnen ook de zekerheidsequivalenten aflezen voor andere waarden van P dan in tabel 2 staan weergegeven. Omgekeerd, men kan elk zeker bedrag vertalen in een spelsituatie. Na deze noodzakelijke omweg komen we weer terug op onze beslisser die uit twee banen moest kiezen. Indien hij zich identificeert met $Q_1$, dus risicomijder is, zal hij de alternatieven als volgt waarderen: uit figuur 3 volgt dat de bedragen *f* 1000, *f* 1500 en *f* 2000 van

[4]) De verwachte waarde is de waarde die men heeft als men het spel oneindig vaak zou spelen. Gooit men bv. met een zuivere munt een oneindig aantal keren dan verwacht men evenveel keren „kruis" als „munt" waaruit men concludeert dat de kans op kruis of munt 1/2 is. Krijgt men als speler f1, indien men „kruis" gooit en moet men f1, betalen indien „munt" gegooid wordt, dan is de verwachte waarde van dit spel $1/2 \times 1 + \frac{1}{2} \times 1 = 0$. Men zal even zoveel keren winnen als verliezen bij een oneindig aantal worpen.

alternatief 1 corresponderen met de achtereenvolgende spelen met kans $P_j$ op 5000 en $(1-P_j)$ op 0: $P_1 = 0{,}58$, $P_2 = 0{,}72$ en $P_3 = 0{,}79$. $P_j$ geeft aan de door de beslisser geëiste kans voor de spelsituatie indien toestand j optreedt. ($j = 1, 2, 3$). Op overeenkomstige wijze kan de beslisser nagaan welke kansen $P_j$ hij eist indien hij de resultaten van alternatief 2 als zekerheidsequivalenten beschouwt.

De waardebepaling der alternatieven luidt nu

| alternatief 1 | alternatief 2 |
|---|---|
| $\frac{1}{10}\ (0{,}58 \times 5000 + 0{,}42 \times 0) = 290$ | $\frac{1}{10}\ (1 \times 5000 + 0 \times 0) = 500$ |
| $\frac{4}{10}\ (0{,}72 \times 5000 + 0{,}28 \times 0) = 1440$ | $\frac{4}{10}\ (0{,}90 \times 5000 + 0{,}10 \times 0) = 1800$ |
| $\frac{5}{10}\ (0{,}79 \times 5000 + 0{,}21 \times 0) = 1975$ | $\frac{5}{10}\ (0 \times 5000 + 1 \times 0) = 0$ |
| waarde alternatief 1 = $w_1 = 3705$ | waarde alternatief 2 = $w_2 = 2300$ |

Daar $w_1 > w_2$ vindt de beslisser alternatief 1 beter dan alternatief 2.

Zou onze beslisser risico-indifferent geweest zijn dan luidt zijn waardebepaling van alternatief 1 en 2 als volgt:

| alternatief 1 | alternatief 2 |
|---|---|
| $\frac{1}{10}\ (0{,}20 \times 5000 + 0{,}80 \times 0) = 100$ | $\frac{1}{10}\ (1 \times 5000 + 0 \times 0) = 500$ |
| $\frac{4}{10}\ (0{,}30 \times 5000 + 0{,}70 \times 0) = 600$ | $\frac{4}{10}\ (0{,}60 \times 5000 + 0{,}40 \times 0) = 1200$ |
| $\frac{5}{10}\ (0{,}40 \times 5000 + 0{,}70 \times 0) = \underline{1000}$ | $\frac{5}{10}\ (0 \times 5000 + 1 \times 0) = \underline{0}$ |
| $w_1 = 1700$ | $w_2 = 1700$ |

Een risico-indifferente houding impliceert derhalve $w_1 = w_2$ dus alternatief 1 is even goed als alternatief 2.

Als laatste mogelijkheid kan de beslisser een risicozoekende houding aannemen. De waardering der alternatieven luidt nu:

| alternatief 1 | alternatief 2 |
|---|---|
| $\frac{1}{10}\ (0{,}04 \times 5000 + 0{,}96 \times 0) = 20$ | $\frac{1}{10}\ (1 \times 5000 + 0 \times 0) = 500$ |
| $\frac{4}{10}\ (0{,}06 \times 5000 + 0{,}94 \times 0) = 120$ | $\frac{4}{10}\ (0{,}20 \times 5000 + 0{,}80 \times 0) = 400$ |
| $\frac{5}{10}\ (0{,}10 \times 5000 + 0{,}90 \times 0) = \underline{250}$ | $\frac{5}{10}\ (0 \times 5000 + 1 \times 0) = \underline{0}$ |
| $w_1 = 390$ | $w_2 = 900$ |

In dit geval geldt $w_1 < w_2$ dus alternatief 2 wordt gekozen.

Aan de hand van de verkregen uitkomsten kan men iets meer zeggen over de diverse risicohoudingen. Bezien we nogmaals tabel 1 dan blijkt de risicomijder een voorkeur te hebben voor alternatief 1 waarbij als slechtste resultaat een inkomen van *f* 1000 berekend is. Hoewel hij bij alternatief 2 in twee gevallen nl. bij toestand 1 en 2, meer kan verdienen dan het beste resultaat bij alternatief 1, wil hij toch niet de kwade kans lopen op een resultaat 0 dat veel slechter is dan het slechtste resultaat ad *f* 1000,– bij alternatief 1.

De risicozoeker daarentegen gokt op de hoge resultaten die bij alternatief 2 kunnen optreden en accepteert de kans op een resultaat 0. Iedereen treedt soms op als risicozoeker, zeker als het om kleine bedragen gaat. Men denke maar aan loterijen, toto e.d. waar de verwachte waarde van een eventuele prijs veel lager is dan de zekere prijs die men moet betalen om deel te kunnen nemen.

De risico-indifferente beslisser tenslotte acht beide alternatieven even goed. Hij overwaardeert noch de kans op hoge winsten noch de kans op lage winsten. Hij gebruikt de kansen $p_j$ als wegingsfaktoren voor de diverse uitkomsten immers $\frac{1}{10} \times 1000 + \frac{4}{10} \times 1500 + \frac{5}{10} \times 2000 = \frac{1}{10} \times 5000 + \frac{4}{10} \times 3000 + \frac{5}{10} \times 0 = 1700$. Hiervoor hoeft men niet de omweg te maken via hypothetische spelsituaties maar kan men rechtstreeks het verwachte waardecriterium toepassen.

Uit de verkregen uitkomsten kan men nog een tweede conclusie trekken. Uit de waardebepaling van de risicomijder blijkt dat de waarde van alternatief 1 gelijk is aan 3705 terwijl het beste resultaat bij alternatief 1 slechts *f* 2000,– is. In de gunstige situatie is de opbrengst dus *f* 2000,– en niet *f* 3705. Deze schijnbare contradictie wordt opgelost als men bedenkt dat de zekerheidsequivalentenmethode in feite een vertaling is van risico in een zekerheidsequivalent uitgedrukt in nutseenheden. Men evalueert a.h.w. het nut dat de beslisser ervaart bij een risico-situatie. De uitkomst 3705 is een indicatie van de waarde van alternatief 1 in nutseenheden dus niet in geld. We hebben daarom met opzet de guldentekens achterwege gelaten. Een andere methode transformeert, nadat figuur 3 is opgesteld, de kansenas in een nutsschaal waarna men voor elk zeker bedrag het bijbehorende nut op de verticale as kan aflezen. Noemt men bv. $U = 100\ P$ dan wordt het bedrag 2500 door $Q_1$, $Q_2$ en $Q_3$ achtereenvolgens getaxeerd op 86, 50 en 13 nutseenheden. Als slotopmerking geldt, evenals in par. 2, dat figuur 3 geconditioneerd is d.w.z. geldig voor één beslisser op één tijdstip. Verder blijkt dat het maximum- c.q. minimumbedrag dat men in figuur 3 en in de spelsituaties hanteert op zijn minst moet overeenkomen met het beste c.q. slechtste resultaat in het beslissingsprobleem. In ons voorbeeld was dit het resultaat *f* 5000,– en *f* 0,–. Tot nu toe hebben we slechts een beperkt aantal omgevingstoestanden onderscheiden zodat we eveneens een beperkt aantal kansen moesten aangeven. Naast deze discrete kansverdelingen kan men continue kansverdelingen definiëren hetgeen in principe betekent dat men oneindig veel omgevingstoestanden onderscheidt.

Het aangeven van de waarde van een stochastische variabele $\underline{x}$ met een continue kansverdeling $f(x)$ komt in wezen erop neer dat men een preferentiefunctionaal moet specificeren met behulp waarvan men een verzameling waarschijnlijkheidsverdelingen kan ordenen [2][5]). Stel dat men twee alternatieven heeft waaruit men moet kiezen. Alternatief 1 resp. 2 geeft als opbrengst $\underline{x}_1$ resp. $\underline{x}_2$ met waarschijnlijkheidsverdeling $f(x_1)$ resp. $f(x_2)$. Een preferentiefunctionaal G wil nu zeggen:

$G[f(x_1)] \geq G[f(x_2)]$ als $f(x_1)$ geprefereerd wordt boven of even goed is als

$f(x_2)$.

De klassieke methode om een verzameling waarschijnlijkheidsverdelingen te ordenen, is het waarderen van verdelingen met behulp van een preferentiefunctie L toegepast op de waarde der verdelingsparameters m.a.w.

$$G[f(x)] = L(\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_n)$$

waarbij $\alpha_i$ = de waarde van de i$^e$ parameter van de verdeling f(x). Voorbeelden zijn het verwachte waardecriterium of de waarderingsfunctie $\mu - b\sigma$ waarbij $\mu$ de verwachte waarde en $\sigma$ de standaarddeviatie aangeeft. De klassieke kriteria hebben alle gemeen dat ze op het resultaat van een alternatief toegepast worden en niet op de waarde dat een dergelijk resultaat voor de beslisser heeft. Zoals we zagen in par. 2 kan dit tot een verkeerde beslissing leiden indien de waarderingsfunctie t.a.v. resultaat en tijd niet lineair is.

## 5 Integratie van de diverse waarderingstheorieën

Om het bezwaar van de klassieke criteria te ondervangen hebben Von Neumann en Morgenstern de axioma's geformuleerd voor het reeds lang in de literatuur bekende Bernoulli-criterium. Dit criterium luidt:

$$G[f(U)] = E[U(x)]$$

waarbij E: de verwachte waarde van de verdeling en U(x): de waarde die het resultaat x voor de beslisser heeft. Een beslisser wordt nu als rationeel aangemerkt indien hij handelt conform het Bernoulli-criterium. Dit criterium kan men vergelijken met het klassieke verwachte waardecriterium met dien verstande dat de verdeling niet voor x maar voor U is gedefinieerd. Passen we in figuur 3 de functie U = g(x) aan voor de getrokken lijnen, dan geldt:

$$E[U(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} g(x)\, f(x)dx.$$

Is de functie g(x) kwadratisch m.a.w. $U = ax^2 + bx + c$ dan volgt hieruit dat de waarde w van een verdeling f(x) bepaald wordt door de verwachting $\mu$ en variantie V(x) van de verdeling nl. $w = a[V(x) + \mu^2] + b\mu + c$. De vraag is of men niet verder moet gaan dan het Bernoulli-criterium. We zagen in figuur 3 dat er verschillende risicohoudingen bestaan, terwijl het Bernoulli-criterium

[5]) Een preferentiefunctionaal kent aan elke functie een getal toe in tegenstelling tot een functie die aan elk getal een ander getal toekent.

slechts de risico-indifferente houding kent, weliswaar bij meting in nutseenheden. Men kan hypothetisch twee dingen onderscheiden nl. enerzijds de waarde ten aanzien van het resultaat en de tijdspreferentie en anderzijds de waarde die de beslisser toekent aan een kansgebeuren. Strikt risico-indifferent betekent dan dat de beslisser indifferent is t.o.v. een zeker te ontvangen nutshoeveelheid en een even grote verwachte nutshoeveelheid in een risicosituatie. De echte gokker kan men karakteriseren als iemand die een risico- boven een zekerheidssituatie prefereert hoewel het verwachte nut kleiner is dan de zeker te ontvangen nutshoeveelheid. Voor de risicomijder geldt daarentegen het omgekeerde van de risicozoeker.

## 6 Slot

In het voorgaande is niet gesproken over beslissen in de tijd. Beslissingsproblemen vereisen vaak een reeks van beslissingen afhankelijk van optredende toestanden. In deze dynamische beslissingsmodellen is men genoodzaakt een strategie te formuleren d.w.z. voorschriften te maken die aan elke mogelijke toestand een beslissing toevoegen. Een simpel voorbeeld van een strategie vindt men in het schaakspel. Essentieel in dit beslissingsprobleem is dat men enerzijds de nu te nemen beslissing laat afhangen van de reeds bereikte resultaten uit vorige beslissingen terwijl anderzijds de huidige beslissing rekening moet houden met de in de toekomst te nemen beslissingen.

Verder gaat het voorgaande telkens uit van één beslisser die al of niet geconfronteerd wordt met niet door hem te beïnvloeden factoren. Een ander uitgangspunt kan zijn dat meer beslissers in het geding zijn die alle hun eigen doelstelling nastreven. Meestal zijn deze doelstellingen met elkaar in strijd. Optimalisering naar één doelstelling zoals in het voorafgaande, is dan te beperkt. Als alternatief voor deze optimalisering kan o.a. gelden de gedragsmodellen. Hierbij formuleert elke groep participanten een aspiratieniveau bijv. minimaal gewenst rendement of loonniveau. De alternatieven waaruit gekozen moet worden, moeten aan deze aspiratieniveaus's voldoen. Men streeft niet naar optimalisering maar naar een bevredigende oplossing. Naarmate men beter aan de gestelde aspiratieniveau's kan voldoen, vermindert de intensiteit van het zoeken naar betere alternatieven. Voor een bespreking van deze gedragsmodellen zij verwezen naar de literatuur [1].

### Literatuur

1 J. L. Bouma, *De toepassing van intern-gedragsmodellen in de bedrijfseconomie.* Leiden, 1967.
2 H. Schneeweiss, *Entscheidungskriterien bei Risiko.* Berlijn, 1967.