

# Disconteringsvoet in kosten-batenanalyses

Het tijdsaspect nader bekeken

ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

Faculteit der Economische Wetenschappen

Algemene Economie

Begeleider: Dhr. L. Bettendorf

Naam: Robin van Olst

Examenummer: 271690

E-mail: [robinvanolst@zonnet.nl](mailto:robinvanolst@zonnet.nl)



## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	1
1. Inleiding .....	2
Specificatie inhoud en verantwoording .....	4
2. Micro-economische fundering disconteringsvoet .....	6
Complexere samenleving .....	9
3. Historische achtergrond.....	11
Eerste fase .....	11
Tweede fase.....	12
Derde fase.....	13
4. Hyperbolisch verdisconteren.....	17
Anomalieën .....	17
Inconsistentie.....	19
5. Micro / macro .....	24
6. Conclusie.....	25
7. Discussie / verder onderzoek.....	28
Referenties.....	29
Bijlage: Uitgebreide analyse van disconteringsvoet in een complexere samenleving.....	31



## 1. Inleiding

Een paar weken geleden kwam een verkoper aan huis een demonstratie geven van een nieuwe stofzuiger, bij mijn aanstaande schoonouders. Het betrof een geavanceerd apparaat met een nieuw soort hydraulische techniek, waardoor de kwaliteit van het stofzuigen veel beter was, dan bij gewone stofzuigers. De stofzuiger was voorzien van allerlei moderne snufjes, waardoor je naast het gebruikelijk stofzuigen ook andere huishoudelijke taken met het apparaat kon uitvoeren. Het apparaat zou dertig jaren mee gaan. Een dergelijk nieuw, goed en veelzijdig apparaat kost natuurlijk wel de nodige euro's. Hoewel het een dure aankoop was, kon mijn schoonvader het niet laten de stofzuiger te kopen. Een tijdje later was hij op een rijtje aan het zetten welke uitgaven hij in de komende dertig jaren niet meer hoefde te doen, omdat hij deze stofzuiger had gekocht. Op deze manier maakte hij, wellicht als gevolg van ontstane cognitieve dissonantie<sup>1</sup>, de balans op van de kosten en de baten die met de aankoop samenhangen. Wat hij echter niet deed, was het verdisconteren van uitgaven. Stel dat hij drie stofzuigers had moeten kopen, die elk een levensduur van tien jaar zouden hebben, dan rekende hij voor alle stofzuigers dezelfde prijs. Vanuit mijn economische achtergrond dacht ik echter meteen: 'een stofzuiger die je over twintig jaar koopt, heeft niet dezelfde waarde over twintig jaar als op dit moment. Je moet die waarde verdisconteren'.

Het op een rijtje zetten van kosten en alternatieve kosten (of kosten en opbrengsten), zoals mijn schoonvader deed, zou je kunnen zien als het maken van een kosten-batenanalyse (KBA). Naast individuen zijn het vooral bedrijven en overheden die gebruik maken van deze evaluatiemethode, als hulpmiddel voor het maken van beslissingen met betrekking tot investeringen. In het bovenstaande voorbeeld was het niet zo erg dat mijn schoonvader zijn alternatieve kosten niet verdisconteerde, maar als het gaat om investeringsbeslissingen van een bedrijf of de overheid, dan moet uiteraard wel rekening gehouden worden met de disconteringsvoet. Sterker nog: de disconteringsvoet is een zeer belangrijke parameter en de hoogte ervan kan doorslaggevend zijn om projecten door te laten gaan of niet. Ook is de hoogte hiervan bepalend voor de voorkeur voor lange of korte termijn projecten. Hanteert men een hoge disconteringsvoet, dan zijn opbrengsten die over tien jaar plaatsvinden op dit

---

<sup>1</sup> Doordat de stofzuiger erg duur was, zou er een psychologische spanning ontstaan kunnen zijn. Mensen zijn geneigd om deze spanning te reduceren door naar redenen te zoeken die uitwijzen dat de koop een goede koop was. Dit is cognitieve dissonantiereductie. (Ardens Adviesgroep 2006)



moment minder waard, dan wanneer men een lage disconteringsvoet hanteert. Het is daarom interessant om te gaan kijken naar wat de literatuur te zeggen heeft over de disconteringsvoet.

Zeer veel boeken en artikelen zijn verschenen over het onderwerp kosten-batenanalyse. Sommige werken pogen een totaaloverzicht te geven van alles wat komt kijken bij het praktische en theoretische gebruik van de KBA, maar de meesten belichten slechts een bepaald aspect hiervan. Voordat ik een goed overzicht had van alle literatuur die over dit onderwerp is verschenen, had ik al de mooie titel ‘een kosten-batenanalyse van de kosten-batenanalyse’ in mijn gedachten voor deze scriptie. Ik zou dan de voor- en nadelen van de KBA gaan onderzoeken en beschrijven, om vervolgens de conclusie te trekken of de KBA wel of niet gebruikt moet worden (zijn de voordelen groter dan de nadelen of niet?). Dit bleek echter geen goed plan, daar er veel meer over de KBA te zeggen is dan ik aanvankelijk dacht. Een totaaloverzicht is, zeker in deze beperkte hoeveelheid pagina’s, niet mogelijk. Een tweede reden waarom dit geen goed idee was, lijkt op het probleem dat door David Hume is aangekaart met betrekking tot het inductief beargumenteren dat inductie een te rechtvaardigen methode is in de wetenschap<sup>2</sup>. Het rechtvaardigen van een methode met dezelfde methode is niet gewenst. Stel dat uit de analyse zou komen dat de kosten-batenanalyse geen goede methode is, dan is dat aangetoond met een kosten-batenanalyse en is dus het onderzoek niet geldig. Redenen genoeg dus om slechts één aspect van de KBA te gaan onderzoeken, in plaats van een breedteanalyse te doen.

Het aspect waar in dit werk op ingezoomd gaat worden is het tijdsaspect. De vraag die in dit verband gesteld wordt en waarop gepoogd wordt een antwoord te vinden, is:

***In hoeverre is de exponentiële disconteringsvoet, die veelal in de praktijk wordt gebruikt om het tijdsaspect in kosten-batenanalyses te verwerken, empirisch adequaat en gewenst?***

---

<sup>2</sup> David Hume constateerde dat sommige wetenschappers voorstander van inductie in de wetenschap waren, met als argument dat de groei van de wetenschap had aangetoond dat dit een goede methode was. Dit argument is op zichzelf echter ook een inductieve redenering. Volgens Hume kon je hiermee dus niet inductie als methode rechtvaardigen. Zie ook Salmon et al. (1999 p. 55-58)



### *Specificatie inhoud en verantwoording*

Deze hoofdvraag bestaat eigenlijk uit twee vragen, namelijk de vraag naar de empirische adequaatheid van de exponentiële gangbare disconteringsvoet en de vraag naar de gewenstheid hiervan. Dit onderscheid kan ook aangeduid worden met de woorden descriptief en normatief. De laatste decennia is kritiek gekomen op de gangbare manier van verdisconteren, vooral vanuit de psychologische wetenschap. Deze kritiek richt zich op de werkelijke manier waarop een individu de tijd verdisconteert. Men constateert dat deze werkelijke manier anders is dan de voorgeschreven ‘regels’ om kosten en baten te verdisconteren. Vandaar dat we ons in dit onderzoek afvragen of de gebruikte disconteringsvoet in kosten-batenanalyses empirisch adequaat is, dat wil zeggen of het overeenkomt met de manier waarop de mens ‘van nature’ verdisconteert. De tweede vraag die dan volgt heeft betrekking op de normativiteit van de disconteringsvoet. Als blijkt dat er verschil bestaat tussen de gebruikte disconteringsvoet en de werkelijke manier van verdisconteren, dan wil dat niet automatisch zeggen dat de gebruikte manier minder gewenst is. De vraag naar de gewenstheid van de gebruikelijke methode van verdisconteren is dus een andere vraag dan die naar de empirische adequaatheid hiervan.

In de eerste plaats volgt uit de hoofdvraag dat we gaan kijken naar de theoretische disconteringsvoet, zoals die vrijwel standaard gebruikt wordt in KBA’s. We zullen in hoofdstuk 2 kijken hoe deze vanuit een micro-economisch perspectief gefundeerd wordt in een modelmatige samenleving. In de hoofdvraag is aangegeven dat er een manier is waarop de disconteringsvoet veelal wordt gebruikt in de praktijk. Het is dus van belang in dit tweede hoofdstuk, die fundering van de disconteringsvoet weer te geven, die op grote schaal wordt gebruikt in de praktijk. Om te laten zien dat deze manier van verdisconteren veel gebruikt wordt, volsta ik met het noemen van literatuur<sup>3</sup> waarin dit wordt beweerd. Deze beweringen hebben meestal betrekking op de twee belangrijkste kenmerken van de genoemde fundering. Het eerste kenmerk is dat de disconteringsvoet gelijk is aan de tijdsvoorkeur van consumenten. Het tweede kenmerk is dat de factor waarmee verschillen in tijd in het model berekend worden, exponentieel is.

Vervolgens zullen we in hoofdstuk 3 kijken naar de historische achtergrond van deze manier van verdisconteren. Is het verwerken van de tijd in waarderingsmethodes altijd al op deze

---

<sup>3</sup> Ainslie en Haslam (1992 p. 67-68), Frederick et al. (2002 p. 351), Frank (2001, p. 91), Loewenstein en Elster (1992, p. xiv), Zerbe en Dively (1994), Sugden en Williams (1978)



manier gegaan, of zijn er verschillende periodes in de geschiedenis te duiden, met elk eigen standpunten ten aanzien van het tijdsaspect? Inzien hoe een bepaalde theorie in de tijd ontstaan is, kan verhelderend werken om de redenen van vernieuwingen in de theorie te begrijpen. Ook kan een analyse van de historische achtergrond bijvoorbeeld laten zien of bepaalde factoren zijn weggelaten uit het model, ter bevordering van het gebruiksgemak. Loewenstein onderscheidt vier chronologische periodes met betrekking tot theorieën over het maken van keuzes in de tijd. Het zal blijken dat de manier waarop men gebruik maakt van de disconteringsvoet in kosten-batenanalyses onderdeel uitmaakt van het in de derde periode voorkomende Discounted Utility model. Een historische analyse van de verschillen tussen de periodes, kan ons meer inzicht geven in de vragen naar de empirische adequaatheid en gewenstheid van het discounted utility model en daarmee van de manier waarop in kosten-batenanalyses gebruik wordt gemaakt van de disconteringsvoet.

Uit het derde hoofdstuk zal blijken dat het exponentiële verdisconteren een product is uit de derde periode. Op dit moment is er echter al een vierde periode, die gekenmerkt wordt door een herwaardering van psychologische aspecten in het verdisconteren van de tijd. Het vierde hoofdstuk zal hierover gaan. In deze vierde periode wordt kritiek geuit op het exponentiële verdisconteren (zoals dat in kosten-batenanalyses gangbaar is). We zullen in het bijzonder ingaan op het hyperbolische verdisconteren. Volgens de critici is deze methode descriptief gezien beter: een hyperbolische functie beschrijft beter hoe de mens ‘van nature’ verdisconteert, dan een exponentiële functie.

In het vijfde hoofdstuk zal onderscheid worden gemaakt tussen het micro -en macroniveau. In dit onderzoek houdt het microniveau zich bezig met het individu, terwijl het macroniveau betrekking heeft op de van bovenaf gegeven regels van het exponentiële verdisconteren.



## 2. Micro-economische fundering disconteringsvoet

€100 euro over tien jaar heeft niet dezelfde waarde als €100 euro op dit moment. Hoe moeten we deze twee waardes vergelijken? We moeten gebruik maken van een disconteringsvoet. Maar welke waarde moet deze voet hebben? In dit gedeelte zullen we kijken hoe de disconteringsvoet theoretisch gefundeerd wordt in een samenleving. Hiervoor zullen we eerst kijken naar economische principes die van toepassing zijn op een enkel individu die leeft in twee tijdsperioden, om het vervolgens te generaliseren naar een samenleving met veel mensen en meer perioden. Ik volg hierbij de lijn van argumentatie zoals Zerbe en Dively (1994) dit doen.

Een persoon heeft de beschikking over goed X. Hij moet beslissen hoeveel van goed X hij wil consumeren in deze periode (zeg een jaar) en hoeveel hij in de tweede periode wil consumeren. Als je de voorkeuren van deze persoon met een indifferentiecurve zou weergeven, zou dit een convexe curve zijn, aangezien consumptie in het volgende jaar relatief gezien belangrijker wordt in vergelijking met dit jaar, als de persoon een groter deel van de voorraad nu verbruikt. De helling die de indifferentiecurve zou hebben geeft de *marginal rate of substitution* (MRS) van het individu weer. Deze laat zien hoeveel eenheden consumptie in het volgende jaar gelijk staat aan één eenheid consumptie nu. Als iemands MRS 1,5 is wil dat zeggen dat hij nu een eenheid consumptie op wil geven in ruil voor anderhalve eenheid in het volgende jaar. Aangezien we uitgaan van een efficiënte samenleving, moet de MRS gelijk zijn aan de prijs van een eenheid handelswaar dit jaar ten opzichte van een eenheid het volgende jaar. De *marginal rate of time preference* (MRTP) is gelijk aan de MRS min 1. Dus als de MRS 1,5 is, dan is de MRTP 0,5 ofwel 50 procent. We hebben dan de volgende vergelijking voor efficiëntie:

$$MRS = P_0 / P_1 = MRTP + 1$$

Het deel van goed X dat de persoon nu niet consumeert, kan worden geïnvesteerd, zodat het jaar daarna meer goederen kunnen worden geconsumeerd. Deze vermenigvuldigingsfactor is de *marginal rate of transformation* (MRT). Stel dat de MRT 1,8 is, dan kun je een eenheid handelswaar nu investeren en door toegevoegde productiviteit 1,8 eenheden handelswaar terugkrijgen in het volgende jaar. Efficiëntie in de samenleving zorgt ervoor dat de MRT en



de MRS aan elkaar gelijk moeten zijn. De MRT is gelijk aan de *marginal opportunity cost rate of capital*<sup>4</sup> (MOCR) plus 1. Dit levert de volgende vergelijking voor efficiëntie:

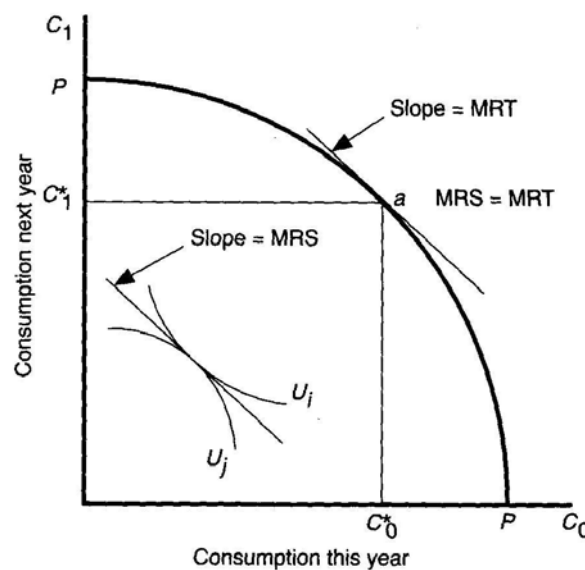
$$\text{MRS} - 1 = \text{MRT} - 1 = \text{MRTP} = \text{MOCR}$$

De MRTP moet gelijk zijn aan de MOCR in een efficiënte samenleving. Als dit namelijk niet zo is, ontstaat er handel waaruit Pareto optimale voordelen gehaald kunnen worden. Stel bijvoorbeeld dat van iemand de MOCR 80 procent is en de MRTP 50 procent, dan zal de persoon meer consumptie van dit moment willen opofferen om daar 80 procent meer consumptie voor terug te krijgen in de volgende periode. Zolang dit percentage boven de 50 procent (de MRTP) is, zal het individu consumptie op willen geven in ruil voor meer consumptie het jaar daarna. De waardes van de MOCR en de MRTP zullen dus naar elkaar toe divergeren, net zo lang tot ze gelijk zijn aan elkaar.

Het is niet moeilijk deze gegevens om te zetten naar een samenleving met meer mensen en meer periodes. Efficiëntie vereist dat de MRS van elk individu gelijk moet zijn. Figuur 1 laat onder andere de indifferenciecurven van personen i en j zien. De MRS van persoon i is gelijk aan die van persoon j. Wat gold voor één individu, geldt ook voor meer mensen.

**Figuur 1**<sup>5</sup>

Efficiency in intertemporal choice.



<sup>4</sup> Wordt ook wel de investment rate of return genoemd.

<sup>5</sup> Figuur afkomstig uit Zerbe en Dively 1994 p.35





Het consumentenevenwicht is af te lezen op de contract curve en wordt gevormd door de raaklijn van de indifferentiecurven van de personen, die de consumptie van nu en van later weergeven. Aangezien de hellingen van de indifferentiecurven de rentevoet plus 1 aangeven, is in het evenwicht elke MRTTP gelijk. Op het moment dat er verschillende MRTTP's zijn, kunnen mensen namelijk winstgevend inkomens van nu en van later met elkaar onderhandelen, totdat alle MRTTP's gelijk zijn. De mate van tijdsvoorkeur die geldt voor een grote groep mensen is de *social rate of time preference*<sup>6</sup> (SRTP).

Je kunt goed X zien als geld, zodat de theorie niet meer opgaat voor slechts één product, maar voor alle goederen, omdat geld een waarderingmiddel voor alle producten is. De *production possibility curve* (de lijn PP in figuur 1) geeft dan aan met welke ratio reëel inkomen in het heden getransformeerd kan worden naar reëel inkomen in de toekomst. Deze transformatiecurve min 1 is dan de *social opportunity cost rate* (SOCR). Je kunt deze theorie op elke twee opeenvolgende jaren van toepassing laten zijn, zodat de condities ook gelden voor een samenleving met meer periodes. Bij meer periodes en meer mensen geldt dus voor alle periodes bij efficiëntie:

$$\text{SRTP} = \text{SOCR}$$

Stel dat er nog niet aan de efficiëntiecondities is voldaan en de MRTTP is 10 procent en de MOCR is 20 procent. Consumenten zullen dan nu meer geld investeren omdat ze daar later meer voor terug kunnen krijgen dan hun tijdsvoorkeur aangeeft. Hierdoor kunnen ze op dit moment minder consumeren en stijgt hun relatieve waarde voor deze consumptie, waardoor de MRTTP stijgt. Ook daalt de MOCR omdat er meer wordt geïnvesteerd en de beste projecten hebben hun geld al binnengehaald. Deze bewegingen gaan door totdat de SRTP en de SOCR gelijk zijn aan elkaar.

We kunnen concluderen dat in een samenleving met perfecte competitie, geen transactiekosten, geen onzekerheid of risico's en geen belastingen de rentevoet gelijk is aan

---

<sup>6</sup> Er kleven een aantal ethische problemen aan deze uitspraak. Is de SRTP bijvoorbeeld alleen de gemeenschappelijke tijdsvoorkeur van de levende mensen in de samenleving, of moet hier ook gekeken worden naar de verwachte tijdsvoorkeur van toekomstige generaties, die nog niet geboren zijn of nog geen tijdsvoorkeur hebben (Sugden en Williams 1978). Onder andere bij milieuvervuiling kan dit een grote rol spelen; de vervuiling speelt vaak pas een rol in generaties na ons. Bijvoorbeeld: de baten van gasboringen in de Waddenzee kunnen op betrekkelijk korte termijn worden geïnd. Maar de kosten (zoals bodemdaling) worden waarschijnlijk pas na tientallen jaren zichtbaar, terwijl de milieugevolgen ervan zich over honderden jaren kunnen uitstrekken (voorbeeld van Folmer en Van Kooten 2000).



de marktrente en die is gelijk aan zowel de SRTP en de SOCR. Bij een KBA moeten toekomstige inkomsten verdisconteerd worden met de marktrente. De marktrente is dus de disconteringsvoet voor KBA's.

Om te beoordelen of een project begonnen moet worden of niet is het zaak om de netto contante waarde van het project uit te rekenen door middel van de som van de opbrengsten en de kosten, en deze te verdisconteren met de marktrente ofwel de SRTP. Is deze waarde positief, dan kan in het project geïnvesteerd worden. In formulevorm:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B - C}{(1 + r)^t} > 0$$

Waarbij NPV de *netto present value* is, B de opbrengsten, C de kosten, T de tijd en r de rentevoet die in deze samenleving ook vervangen kan worden door de SRTP.

De in dit hoofdstuk gebruikte micro-economische methode om te laten zien op welke manier de disconteringsvoet gebruikt wordt bij kosten-batenanalyses heeft als belangrijkste uitkomsten dat de rentevoet wordt weergegeven door de tijdsvoorkeur die mensen hebben en dat deze tijdsvoorkeur exponentieel berekend wordt. Deze exponentiële berekening wordt weergegeven door de macht t in de formule.

### *Complexere samenleving*<sup>7</sup>

We gaan de eenvoudige samenleving nu uitbreiden naar een samenleving waarin ook inkomstenbelasting en omzetbelasting betaald moeten worden<sup>8</sup>. Dit heeft als consequentie dat er geen efficiëntie wordt bereikt in deze samenleving op dezelfde manier als in een eenvoudige samenleving.

<sup>7</sup> Een uitgebreidere analyse van verdisconteren in een samenleving met belastingen is te vinden in de bijlage.

<sup>8</sup> Sugden en Williams (1978) zien de complexere samenleving als een samenleving met allerlei externe factoren. Extra productie van een bedrijf kan bijvoorbeeld zowel voordeel opleveren voor consumenten omdat de prijs van het product goedkoper wordt, maar het kan ook extra geluidsoverlast en milieuvervuiling veroorzaken. Dergelijke externaliteiten zijn niet volgens algemene regels in een model te verwerken. Twee externe factoren verdienen echter speciale aandacht, namelijk belastingen en onzekerheid. Deze factoren, vooral de eerste, hebben grote invloed op het model. In deze scriptie ga ik niet in op onzekerheid, omdat daar de ruimte voor ontbreekt en omdat de behandeling hiervan niet nodig is om te laten zien welke problemen er spelen in een complexe samenleving.



Stel bijvoorbeeld dat de inkomstenbelasting 27 procent bedraagt, de omzetbelasting 36 procent en de MRTP van een investeerder is 8 procent. We gaan er in dit voorbeeld vanuit dat alleen bedrijven investeren met het geld van aandeelhouders. Als een aandeelhouder €1,00 euro belegt, dan wil hij dat deze €1,08 euro (door de MRTP) waard is na een jaar. Belastingen zorgen er echter voor dat de investering veel meer moet opleveren dan €0,08 euro. De aandeelhouders moeten 10,9 procent krijgen, omdat na aftrek van 27 procent belasting pas de €0,08 euro wordt verkregen<sup>9</sup>. Het bedrijf moet 17 procent krijgen, omdat na aftrek van 38 procent omzetbelasting pas de €0,11 euro wordt overgehouden. De investering van €1,00 euro die het bedrijf doet moet dus 1,17 euro opleveren na een jaar om de MRTP van 8 procent van een individu te kunnen opleveren. Hier wordt dus geen efficiëntie bereikt, want beleggers zouden bij investeringen die 8 procent of meer opleveren al moeten investeren, maar ze doen dit pas bij investeringen die 17 procent of meer opleveren, omdat belastingen nog van het bedrag afgetrokken moeten worden. Hierdoor wordt in de samenleving te weinig geïnvesteerd.

De vraag wat nu de juiste disconteringsvoet moet zijn, gaat gepaard met de vraag of en hoeveel de overheid moet investeren. Deze vraag is niet gemakkelijk te beantwoorden; er is dan ook veel gedebatteerd over de juiste disconteringsvoet en de houding van de overheid met betrekking tot investeringen. Sommigen betoogden dat de MRTP de disconteringsvoet moet zijn en anderen dat de *opportunity cost rate* (OCR) dit moet zijn.

De laatste tijd vindt een combinatie van deze twee mogelijkheden vooral aanhang. De consumptiewaarde van een investering wordt tegen de MRTP verdisconteerd, maar er moet ook rekening gehouden worden met de verplaatsing en verwijdering van bedrijfsinvesteringen als de overheid investeert. Om dit te doen moet gekeken worden naar de consumptie die een investering oplevert. Alle kosten en baten van een investering moeten worden omgezet naar consumptie-eenheden en hiervan moet de netto contante waarde worden berekend door te verdisconteren met de SRTP. De schaduwprijs-methode<sup>10</sup> geeft alle kosten en baten van investeringen weer in consumptie-eenheden. Dit zorgt ervoor dat precies bepaald kan worden welke investeringen de overheid wel en niet moet doen. Ze moet namelijk alleen investeren als de netto contante waarde van de welvaart toeneemt. Deze welvaart is gemeten in consumptie-eenheden, welke zijn verdisconteerd met de tijdsvoorkeur van de samenleving.

---

<sup>9</sup> We negeren de eventuele belastingaftrek van rentebetalingen.

<sup>10</sup> Zie voor meer informatie hierover de bijlage



### 3. Historische achtergrond

Het gebruik van de disconteringsvoet zoals die in het vorige hoofdstuk op micro-economische manier is gefundeerd, is behoorlijk wijdverspreid geaccepteerd. Dat de tijdspreferentie van mensen de disconteringsvoet weergeeft is in vele boeken en artikelen over de KBA te vinden. Ook wordt door vele bedrijven en overheden exponentieel verdisconteerd (de bekende  $(1+r)^t$  in de noemer van de NPV-breuk). Deze toepassingen van het omgaan met keuzes in de tijd is echter niet altijd zo algemeen geaccepteerd geweest. Ook is het de vraag of dit zo zal blijven. In dit hoofdstuk kijken we naar de ontwikkelingen, die hebben geleid tot deze manier van omgang met de tijd in waarderingsvraagstukken zoals een KBA. Ook kijken we naar aannames die een rol spelen in dit model. In het volgende hoofdstuk zullen we dan verder kijken naar nieuwe kritieken op dit model.

Loewenstein (1992) onderscheidt vier historische fases in de wetenschappelijke kijk op het maken van keuzes in de tijd. Binnen deze fases bestaan zeker nog wel verschillen<sup>11</sup> tussen wetenschappers en hun gedachten over het tijdsaspect in de beslissingstheorie, maar Loewenstein ziet hierin toch vier fases, waarbij de invloed van de psychologie op de beslissingstheorie een belangrijke rol speelt in dit onderscheid. De manier waarop in deze scriptie de disconteringsvoet is gefundeerd en beargumenteerd, behoort tot het product van de derde fase. We zullen in dit hoofdstuk dan ook de eerste drie fases bespreken, waarbij het meeste aandacht wordt besteed aan de derde fase. Het beschrijven van de historische ontwikkelingen die uiteindelijk uitmondde in het Discounted Utility Model (derde periode), helpen ons in te zien hoe dit model in elkaar zit en welke factoren er in het model veranderd zijn ten opzichte van voorgaande periodes. In het volgende hoofdstuk zullen we de vierde fase nader bekijken.

#### *Eerste fase*

In de eerste fase zijn John Rae, N.W. Senior en W.S. Jevons de belangrijkste vertegenwoordigers. Rae was de eerste persoon die een diepgaande verhandeling gaf over keuzegedrag in de tijd. Net als veel andere economen in die tijd, was hij geïnteresseerd in de verschillen in welvaart door de tijd heen en tussen culturen. Adam Smith had al aangegeven

---

<sup>11</sup> Loewenstein deelt bijvoorbeeld mensen in een zelfde fase in, die door andere overzichtswerken (Brue 2000 bijvoorbeeld) in verschillende economische scholen worden ingedeeld.



dat het vergroten van welvaart te maken had met de besteding van het inkomen wat niet aan eerste levensbehoeften uitgegeven hoefde te worden. Mensen kunnen dit geld aan consumptie besteden of investeren, en het investeren zorgt voor accumulatie van welvaart. Rae (1834)<sup>12</sup> dacht dat de *wens* van de samenleving om welvaart te vermeerderen doorslaggevend was voor het percentage inkomen dat geïnvesteerd werd. Hij identificeerde vier determinanten van de wens voor accumulatie. Twee daarvan matigden de wens voor accumulatie en twee versterkten die wens juist. De eerste matigende factor is de kortheid en onzekerheid van het menselijke leven en de tweede het psychologische nadeel wat uitstel van voldoening met zich meebrengt. De twee versterkende factoren waren: *the prevalence throughout the society of the social and benevolent affections* en *the extent of the intellectual powers, and the consequent prevalence of habits of reflection, and prudence, in the minds of the members of society* (1834, p. 58)<sup>13</sup>. Hij zag vooral de cultuur als de factor waardoor de wens van mensen voor accumulatie beïnvloed werd.

Senior en Jevons legden het verdisconteren van tijd beiden uit in termen van wat nu door psychologen *motivational effects* worden genoemd. Deze effecten verwijzen naar emotionele en / of hedonistische invloeden op gedrag. Zowel Senior als Jevons geloofden dat de mate waarin mensen voldoening willen uitstellen afhankelijk is van emoties die ervaren worden op het moment van de te nemen beslissing (Loewenstein 1992).

Wat opvalt in deze eerste fase in de evolutie van de tijdsfactor in economische beslissingstheorie, is dat de vragen nog behoorlijk basaal zijn. Jevons (1871) vroeg zich bijvoorbeeld af waarom mensen überhaupt rekening houden met de toekomst. Maar wat vooral ook opvalt is dat veel psychologie gehaald wordt bij de antwoorden op de (redelijk basale) vraag waarom mensen soms voldoening (lees: consumptie) uitstellen ten gunste van toekomstige voldoening.

### *Tweede fase*

In de tweede fase zijn Eugen von Böhm-Bawerk en Irving Fisher de belangrijkste vertegenwoordigers. Deze periode was rijk aan nieuwe psychologische inzichten. Inzichten die verhelderend werkten op het gebied van de temporele beslissingstheorie, maar uiteindelijk

---

<sup>12</sup> Dit werk heette 'Statement of some new principles on the subject of political economy', maar later werd het anders genoemd, namelijk 'Sociological theory of capital'.

<sup>13</sup> Citaten overgenomen uit Loewenstein (1992)



ook zouden leiden tot een afstandsname van de psychologie. Een belangrijk inzicht van Böhm-Bawerk was de onafhankelijkheid van de rente ten opzichte van het kapitaal. Rente werd altijd gekoppeld aan de productiviteit van het kapitaal, maar door dit los te koppelen kwam Böhm-Bawerk (1889) tot de ontdekking dat rente gezien kan worden als de relatieve prijs van huidige consumptie ten opzichte van toekomstige consumptie. Hier zien we dus al een grote stap richting de MRTP. Böhm-Bawerk dacht echter dat het verdisconteren van de toekomst te wijten is, aan het niet goed kunnen inschatten van de toekomst door de beslissingnemer. De mens lijdt aan een systematische neiging om de toekomstige behoeftes onder te waarderen. Dit niet goed in kunnen schatten impliceerde echter wel dat het ervaren van emoties en voldoening over de tijd uitgestrekt kan worden (al doet een mens dat imperfect). Dit was een nieuw inzicht. Bij Senior en Jevons ging het nog om de ervaring van het nut (ook van toekomstige verwachtingen) op het moment van de te nemen beslissing, terwijl Böhm-Bawerk vond dat je emoties in de tijd kan vergelijken door inbeelding. Hij zegt dus niet dat het nut van die inbeelding op dit moment van belang is voor de beslissingnemer, maar het nut wat hij verwacht te hebben op een moment in de tijd.

De belangrijkste taak van Fisher was het verhelderen en formaliseren van het werk van Böhm-Bawerk. Een belangrijke toevoeging van Fisher (1930) was dat hij als eerste indifferentiecurven ging toepassen in de beslissingstheorie. Op deze manier gaf hij tijdsvoorkeur van een individu tussen periode 1 en 2 weer op een manier zoals we dat ook hebben gebruikt in hoofdstuk 2 voor de marginal rate of substitution (MRS).

In deze tweede fase zijn dus diverse psychologische inzichten vernieuwend geweest voor de economische beslissingstheorie, maar een aantal factoren (zoals de toepassing van indifferentiecurven) zouden juist gaan zorgen voor een vermindering van psychologische aspecten in deze theorie. We komen dan bij het derde stadium, die van het Discounted Utility Model (DU-model).

### *Derde fase*

In 1937 introduceerde Paul Samuelson het DU-model in een artikel van vijf pagina's.<sup>14</sup> Zijn doel was om een model te maken over keuzes in de tijd, die voor meer tijdsperiodes toepasbaar was, omdat Fisher's grafische analyse van indifferentiecurven moeilijk toepasbaar

---

<sup>14</sup> A note on measurement of utility



was op meer dan twee periodes. Tevens wilde hij laten zien dat inter-temporele ruilhandel een kardinale manier om nut te meten nodig heeft (Frederick et al. 2002). Kardinaal nut houdt in dat je nut kunt meten en vergelijken. In het model van Samuelson zijn alle psychologische aspecten die we hebben gezien in de vorige twee stadia in één enkele parameter gestopt, namelijk de disconteringsvoet. Het DU-model specificiert inter-temporele voorkeuren van een besluitvormer naar consumptieprofielen. Uit zulke voorkeuren kan vervolgens een inter-temporele nutsfunctie afgeleid worden. Door de disconteringsvoet hierbij te betrekken, geeft het model de volgende inter-temporele nutsfunctie van een individu:<sup>15</sup>

$$U^t(c_t, \dots, c_T) = \sum_{k=0}^{T-t} D(k)u(c_{t+k})$$

$$\text{where } D(k) = \left( \frac{1}{1 + \rho} \right)^k.$$

In deze formulering wordt  $u(c_{t+k})$  meestal geïnterpreteerd als de onmiddellijke kardinale nutsfunctie van een persoon; zijn welzijn in periode  $t+k$ . De term  $D(k)$  wordt vaak gezien als de disconteringsvoet van een persoon; de relatieve waarde die hij toekent in periode  $t$  aan zijn welzijn in periode  $t+k$ . De  $\rho$  representeert de MRTP van een individu, die alle effecten van psychologische processen, zoals genoemd in de vorige twee stadia, reflecteert. Op het eerste gezicht lijkt deze formule niet erg op onze afleiding van de disconteringsvoet in hoofdstuk 2. Toch is die afleiding een gevolg van de toepassing van het DU-model. De  $\rho$  als MRTP is een overeenkomst die snel in te zien is, evenals het exponentiële verdisconteren van tijd. We hebben het alleen niet veel gehad over het nut wat individuen toekennen aan kosten en baten. Het DU-model impliceert dat dit nut kardinaal is en dus te meten is en te vergelijken met het nut van andere kosten en baten. Dit kardinale karakter zien we in onze afleiding terug in de veronderstelde mogelijkheid om alle kosten en baten van een investering om te zetten in consumptie-eenheden. De nutfactor zit hierin impliciet verwerkt; hoe meer consumptie uitgedrukt in netto contante waarde, hoe meer nut het oplevert voor een individu. De nutfactor zit zelfs al verwerkt in de begrippen *kosten* en *baten*. We hebben daar in deze scriptie verder niet bij stil gestaan, maar het meten van kosten en baten is geen gemakkelijke zaak. Niet alleen de in geld uitgedrukte kosten, zijn kosten, maar bijvoorbeeld ook reputatieverlies of een minder mooi uitzicht uit je raam door een bepaalde investering. Dergelijke factoren moeten ook bij de kosten en baten gerekend worden en derhalve reflecteren kosten en baten van een investering het nut voor de beslissingnemer.

<sup>15</sup> Frederick et al. 2002, p355





Frederick et al. (2002) noemen een aantal psychologische veronderstellingen die horen bij het DU-model. We zullen een aantal hiervan kort bespreken.

1. *Integratie van nieuwe alternatieven met bestaande plannen.* Stel dat een individu zijn plannen met betrekking tot consumptie nu en in de toekomst op een rijtje heeft. Hij krijgt echter een nieuwe optie dat hij bijvoorbeeld €5.000 euro kan investeren, om daar €10.000 euro voor terug te krijgen over vijf jaar. Om te besluiten of hij de nieuwe optie zal uitvoeren, moet hij deze integreren bij zijn al bestaande plannen. Hij moet kijken wat het nut is van zijn geplande consumptie zonder deze optie (zijn oorspronkelijke nut) en hij moet kijken wat het nut is van zijn consumptie als hij deze investering zou doen. Het is echter lastig voor een persoon, om elke keer als er een nieuwe inter-temporele keuze gemaakt moet worden, het nieuwe consumptieplan te gaan herberekenen.
2. *Onafhankelijkheid van nut.* Aangezien nut pas wordt ervaren in de tijdsperiode waarin de consumptie plaatsvindt, is preferentie van een bepaald nutpatroon niet van belang. Er wordt bijvoorbeeld geen verschil gezien met iemand die een voorkeur heeft voor een berg en dal patroon in het nut in de tijd en iemand die een constant patroon preferereert.
3. *Onafhankelijkheid van consumptie.* Als een individu twee consumptiestromen vergelijkt, dan wordt aan tijdsperiodes waarin consumptie in beide stromen gelijk zijn hetzelfde nut toegekend, ook al verandert de consumptie en het nut hiervan in andere tijden. Deze onafhankelijkheid heeft als gevolg, dat bijvoorbeeld bij het kijken welk nut iemand toekent aan het eten van pasta of chinees morgen, het er niet toe doet wat die persoon vandaag heeft gegeten.
4. *Gelijkblijvend onmiddellijk nut.* Het nut of het welzijn wat een activiteit oplevert is hetzelfde in verschillende tijdsperiodes. Voorkeuren van mensen veranderen dus niet.
5. *Onafhankelijkheid van de disconteringsvoet met betrekking tot consumptie.* Elke vorm van consumptie heeft dezelfde disconteringsvoet, namelijk de MRTP (of SRTP); of het nu gaat om een banaan, een vakantie of een huis.
6. *Tijdsconsistentie en constante verdiscontering.* De disconteringsvoet is voor elke periode hetzelfde. Dit heeft als consequentie dat een individu indifferent is tussen keuzes waarbij de tijdsinterval even groot is, maar het begintijdstip van het tijdsinterval in tijd gemeten vanaf het heden verschilt.

Samuelson was met de introductie van het DU-model de grondlegger van de derde periode in de evolutie van de economische beslissingstheorie. Het DU-model kan makkelijk toegepast





worden en dat is waarschijnlijk de oorzaak van het vele gebruik dat van dit model wordt gemaakt. Psychologische invloeden zijn in dit model sterk geminimaliseerd. In de vierde periode zal de psychologie haar herintrede doen.



#### 4. Hyperbolisch verdisconteren

Frederick et al. (2002) wijzen erop dat Samuelson het DU-model niet onderschreef als zijnde een normatief model van beslissingstheorie. Zo schreef hij dat ‘*any connection between utility as discussed here and any welfare concept is disavowed*’ (Samuelson 1937 p. 161)<sup>16</sup>. Ook maakte hij geen claims met betrekking tot de descriptieve validiteit van het model. Ondanks Samuelsons eigen terughoudendheid, was de ‘eenvoud en de elegantie’<sup>17</sup> van de formulering onweerstaanbaar en het model werd al snel het raamwerk voor het analyseren van intertemporele beslissingen.

##### *Anomalieën*

De laatste decennia heeft empirisch onderzoek echter een aantal gevarieerde tekortkomingen van het DU-model gedocumenteerd. Dit is het begin van de vierde periode in de evolutie van de economische beslissingstheorie zoals Loewenstein (1992) deze indeelde. Loewenstein beschrijft in zijn artikel alleen de eerste drie stadia, omdat het vierde stadium het onderwerp in het hele boek *Choice over Time* (Loewenstein en Elster 1992) is. In deze laatste periode doet de psychologie haar herintrede. Onderzoeken wijzen uit dat het DU-model als descriptief model niet goed werkt. Loewenstein en Prelec (1992) noemen vier anomalieën van de theorie en Frederick et al. (2002) noemen er zes. In beide artikelen wordt bijvoorbeeld gesproken over de *asymmetrie van verliezen en winsten* als anomalie. Verliezen worden met een lagere voet verdisconteerd dan winsten. Thaler (1980) vond bijvoorbeeld geschatte disconteringsvoeten voor winsten die drie tot tien keer hoger waren dan die voor verliezen. De tweede anomalie was *het effect dat de absolute hoogte van bedragen had op het verdisconteren*. Hoge bedragen worden met kleinere waardes verdisconteerd dan lage bedragen. In een studie van Thaler (1981) waren personen indifferent tussen de drie keuzes: \$15 dollar nu of 60 over een jaar, \$250 dollar nu of 350 over een jaar en \$3000 dollar nu of 4000 over een jaar. Hierbij was men dus indifferent bij disconteringsvoeten van respectievelijk 139 procent, 34 procent en 29 procent. De derde anomalie die beide artikelen noemen is de *asymmetrie tussen versnelling en vertraging* van consumptie. Loewenstein (1988) ontdekte dat het bedrag, wat een vertraging van een beloning moest compenseren bij

<sup>16</sup> Citaat overgenomen uit Frederick et al. (2002)

<sup>17</sup> Simplicity and elegance, aldus Frederick et al. (2002)



een gegeven tijdsinterval, twee tot vier keer groter was dan het bedrag dat dezelfde mensen op zouden willen offeren om die beloning sneller te krijgen met hetzelfde tijdsinterval.

De vierde anomalie is *hyperbolisch verdisconteren*<sup>18</sup> en verdient in het kader van dit onderzoek de meeste aandacht. In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat één van de veronderstellingen van het DU-model de tijdsconsistentie is (de zesde genoemde veronderstelling). Dit hield in dat tijdsintervallen met dezelfde lengte, verdisconteerd worden met dezelfde voet, waarbij het niet uitmaakt hoever het tijdsinterval in de tijd ligt vanaf het heden. Dit is de consequentie van het exponentiële verdisconteren. Exponentieel verdisconteren betekent immers dat voor elk zelfde tijdsinterval dezelfde disconteringsvoet wordt gebruikt. Het volgende voorbeeld verduidelijkt dit (Frank 2001). Een persoon heeft de volgende twee paar keuzemogelijkheden:

A: \$100 dollar morgen of \$105 dollar morgen over een week.

B: \$100 dollar na 52 weken of \$105 dollar na 53 weken.

Volgens het DU-model zou een persoon in beide gevallen dezelfde keuze moeten maken (beide keren voor \$100 dollar kiezen of beide keren voor \$105 dollar kiezen). In beide opties zit immers een week tijdsinterval tussen de twee momenten en in beide opties wordt dezelfde disconteringsvoet gebruikt voor deze week. Uit onderzoek blijkt echter dat veel mensen bij keuzemogelijkheid A kiezen voor \$100 dollar en bij B voor \$105 dollar. Blijkbaar heeft de langere tijdsduur bij B tot gevolg dat mensen voor zichzelf een andere disconteringsvoet gebruiken. Een ander voorbeeld met dezelfde strekking komt van Thaler (1981). Een persoon kan volgens zijn onderzoek één appel vandaag prefereren boven twee appels morgen en op hetzelfde moment twee appels over 51 dagen prefereren boven één appel over 50 dagen. Deze en andere voorbeelden geven aanleiding om te denken dat mensen niet exponentieel verdisconteren, maar hyperbolisch. Bij hyperbolisch verdisconteren heeft een persoon een steeds kleiner wordende disconteringsvoet naarmate de tijd van de kosten of baten verder van het heden afluigen. Dit past niet in het DU-model en dus ook niet in de manier van verdisconteren zoals we dat hebben gedaan in hoofdstuk 2; hier gingen we immers uit van een

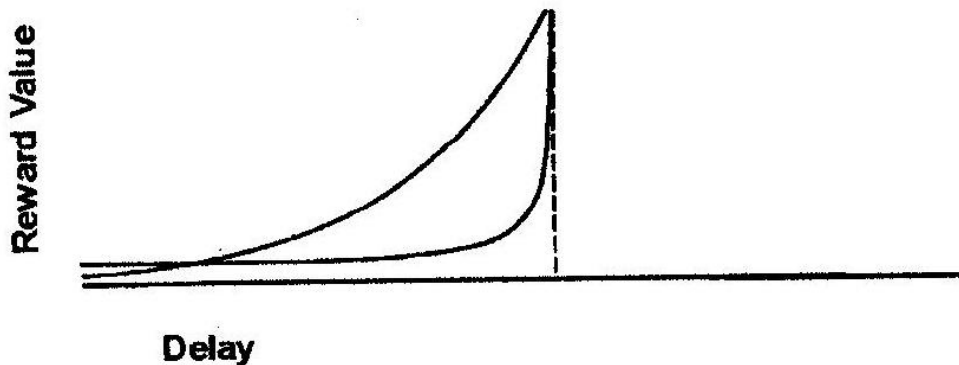
---

<sup>18</sup> Het lijkt wat vreemd om dit een anomalie te noemen, omdat het eerder een oplossing van een anomalie is. Frederick et al. (2002) geven echter wel deze naam aan de anomalie. Loewenstein (1992) geeft de anomalie de titel 'the common difference effect'.



exponentiële voet, de SRTP. Toch is er wel veel bewijsmateriaal dat mensen hyperbolisch verdisconteren.

Figuur 2<sup>19</sup>



In figuur 2 is duidelijk het verschil te zien tussen een exponentiële functie en een hyperbolische functie. Op de verticale as wordt de waarde van de opbrengt gemeten en op de horizontale as de vertraging; de tijd die de opbrengt nog vanaf het heden verwijderd is. De verticale stippellijn geeft het tijdstip aan waarop de opbrengt daadwerkelijk een opbrengt wordt. De grafiek moet dan zo gelezen worden, dat een punt op de lijn aangeeft hoeveel waarde de opbrengt op dat moment heeft en die waarde is dus afhankelijk van de afstand vanaf de stippellijn. Bij de hyperbolische functie blijft de lijn veel langer vlak; dit betekent dat als de daadwerkelijke opbrengt nog behoorlijk ver weg is, het weinig uitmaakt of je er nu een beetje dichterbij komt of niet; de disconteringsvoet is laag. Als je echter vlakbij het tijdstip bent waarop de opbrengt ‘uitgekeerd’ wordt, dan maakt elke kleine tijdsverschuiving wel degelijk uit voor de waarde van de opbrengt op dat moment; de disconteringsvoet is hoog.

### *Inconsistentie*

In de stadia vóór het DU-model had exponentieel verdisconteren geen speciale status en de betekenis hiervan voor consistentie in menselijk gedrag werd niet ingezien. Zo stelde Jevons bijvoorbeeld dat:

*An event which is to happen a year hence affects us on the average about as much one day as another; but an event of importance, which is to take place three days hence will probably affect us on each of the intervening days more acutely than the last. (Jevons 1871, p. 34)<sup>20</sup>*

<sup>19</sup> Figuur afkomstig uit Ainslie (2003, p. 4)

<sup>20</sup> Citaat overgenomen uit Loewenstein en Elster (1992, p. xiv)

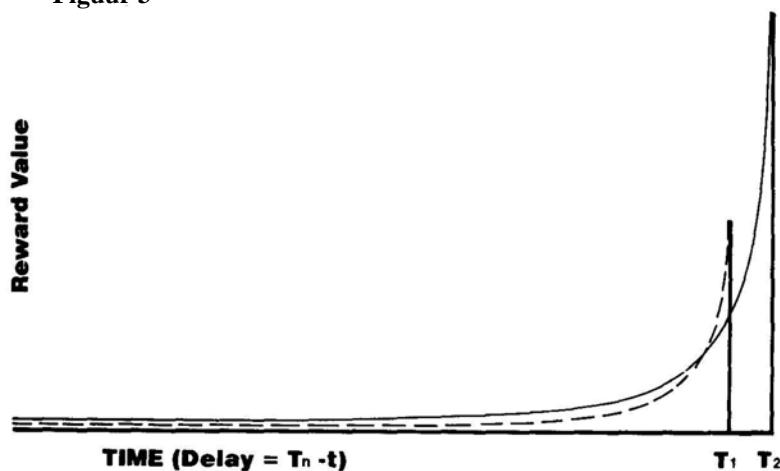


De interesse voor en het onderzoek naar hyperbolisch verdisconteren is dus een teruggrijpen naar de tijd voor het DU-model. Dit model had, onder andere door het exponentiële verdisconteren, te weinig ruimte gelaten aan de psychologie van de mens en was daardoor descriptief niet erg sterk.

Volgens Loewenstein en Prelec (1992) was Strotz (1955) de eerste na de intrede van het DU-model met bijbehorende exponentiële disconteringsvoet, die opmerkte dat het *common difference effect*<sup>21</sup> een veroorzaker was van inconsistent gedrag bij mensen. Daarna is hier door diverse mensen onderzoek naar gedaan (eerst vooral bij dieren, later ook bij mensen, zie Loewenstein en Elster (1992 p. xv) voor een overzicht) en is vooral een omvangrijke bijdrage geleverd door de psycholoog Ainslie.

Ainslie (1992, 2003) toont met behulp van veel onderzoek van andere wetenschappers aan dat het hyperbolische model beter past bij het gedrag van mensen dan het exponentiële model. Mensen hebben vaak een voorkeur voor kleine, snelle (KS) opbrengsten ten opzichte van grote, latere (GL) opbrengsten. Om nog een voorbeeld te geven die Ainslie (2002) zelf geeft: veel mensen zeggen de voorkeur te geven aan een prijs van \$100 dollar direct, ten opzichte van \$200 dollar te verzilveren over twee jaar. Dezelfde mensen zeggen echter ook voorkeur te geven aan een prijs van \$200 dollar over acht jaar ten opzichte van \$100 dollar over zes jaar. Deze mensen prefereren in dit geval dus KS ten opzichte van GL. Deze voorkeur heeft een bijzondere consequentie, zoals we kunnen zien in figuur 3.

Figuur 3<sup>22</sup>



<sup>21</sup> Het patroon dat een persoon eenzelfde tijdsinterval soms toch met een verschillende voet verdisconteert, omdat het interval verder in de tijd vanaf het heden ligt.

<sup>22</sup> Figuur overgenomen uit Ainslie en Haslam (2002 p. 66)



Beide hyperbolische lijnen geven waarden aan van twee verschillende opbrengsten in de tijd, die uitgekeerd zullen worden op respectievelijk  $T_1$  en  $T_2$ . De verticale lijnen bij  $T_1$  en  $T_2$  geven de waarde van de uiteindelijke uitkering aan. Op het moment dat een persoon zich nog ver van beide tijdstippen af bevindt, heeft hij voorkeur voor de tweede opbrengst. Dit blijft behoorlijk lang zo, totdat de persoon vlakbij het tijdstip komt dat  $T_1$  uitgekeerd zou kunnen worden. Vanaf dat moment heeft hij voorkeur voor opbrengst 1, zoals de onderbroken lijn aangeeft, aangezien deze boven de ononderbroken lijn uitkomt. Deze consequentie van hyperbolische verdiscontering, die het gedrag van mensen beter voorspelt dan exponentiële verdiscontering, zorgt voor conflicten bij individuen. Op de lange termijn geniet opbrengst twee de voorkeur, tot een bepaald moment waarop de lagere opbrengst zo dichtbij is dat het individu als het ware wordt verblind door de zo dichtbij zijnde opbrengst, dat het individu daarvoor kiest. De hyperbolische curven zien er in formulevorm volgens Ainslie (1992) als volgt uit:

$$V = \frac{A}{Z + \Gamma (T - t)}$$

Waarbij  $V$  de waarde is op een bepaalde tijd,  $A$  de waarde wanneer de opbrengst wordt 'uitgekeerd',  $Z$  een constante om geen oneindige waarde te krijgen bij geen vertraging,  $\Gamma$  de gevoeligheid van het individu voor vertraging en  $(T-t)$  de vertraging zelf.

De conflictsituaties die dit model laat zien, zijn in de praktijk goed herkenbaar. Iemand die te zwaar is hecht bijvoorbeeld veel waarde aan slank worden (GL), hij heeft echter ook zin om lekker te eten (KS). In dit geval bevindt de persoon zich in een conflict en aangezien het lekkere eten dichterbij is, is hij geneigd om hiervoor te kiezen, ook al is de waarde van het slank worden eigenlijk groter. Een aantal andere voorbeelden die Ainslie (1992, 2003) noemt zijn nagelbijten, uitslapen, drinken, roken en onveilig vrijen. Mensen verkeren in deze voorbeelden in een conflictsituatie waarbij ze kunnen kiezen voor kleine, snelle opbrengsten of voor grote, latere opbrengsten.

Volgens Ainslie (2003) bestaat een mens uit verschillende interesses (interests). Elke interesse heeft een bepaalde beloning op het oog. Een persoon is eigenlijk een populatie van interesses.

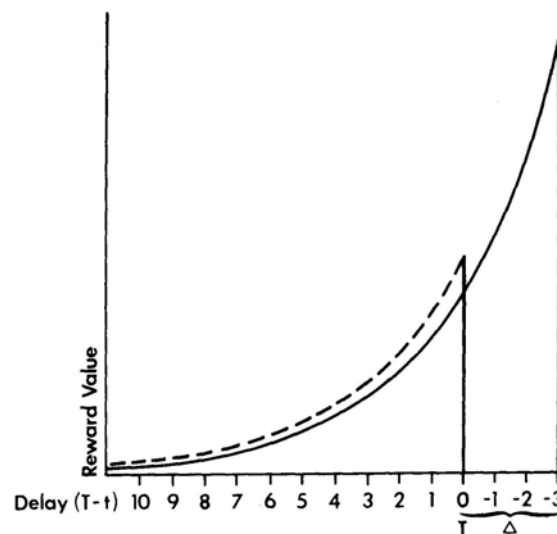


*This model has a radical implication for personality theory: that the person behaves as a unit only insofar as her longest range interest, the one that is stable, has adequate influence over her shorter range interests.* (Ainslie, 2003 p. 6)

Een mens verkeert dus in conflicten door de verschillende interesses, maar het is het beste voor de mens om de GL beloningen te kiezen. Ainslie (2003, p. 7) noemt drie strategieën om toekomstig gedrag te beïnvloeden: het veranderen van de omgeving, het onder controle houden van de aandacht en het cultiveren van bepaalde mentale processen, zoals emoties. Het gaat te ver om in dit onderzoek door te gaan op deze onderwerpen, maar duidelijk is wel dat in de psychologie het één en ander gedaan wordt met de ontdekking van het hyperbolisch verdisconteren (denk ook aan verslavingstherapieën).

In rationele keuzetheorieën en het DU-model komen dergelijke conflicten niet voor. De curven uit figuur 3 (hyperbolisch) zouden er dan uitzien als in figuur 4 (exponentieel) en er zouden geen problemen ontstaan.

**Figuur 4**<sup>23</sup>



Rationele keuzetheorieën gaan uit van de mens als een rationeel wezen. De conflicten die door hyperbolisch verdisconteren ontstaan, geven aan dat de mens niet altijd rationeel handelt. De genoemde voorbeelden (nagelbijten, veel eten terwijl je te zwaar bent, roken etc.) zijn hiermee in overeenstemming. Exponentiële disconteringsfuncties zouden daarom normatief genoemd kunnen worden (de mens zou rationeel moeten handelen) en hyperbolische disconteringsfuncties descriptief (ze zijn beter in het beschrijven van het gedrag van mensen).

<sup>23</sup> Figuur overgenomen uit Ainslie en Haslam (1992, p. 64)



Het uit onderzoek verkregen gegeven dat mensen van nature geneigd zijn hyperbolisch te verdisconteren heeft meestal negatieve<sup>24</sup> consequenties. De zojuist genoemde voorbeelden (nagelbijten etc.) maken dit duidelijk evenals het gegeven dat mensen KS opbrengsten prefereren boven GL opbrengsten als ze hyperbolisch verdisconteren. Om deze negatieve consequenties tegen te gaan, is exponentieel verdisconteren een oplossing.

---

<sup>24</sup> Dit geldt wanneer men uitgaat van moraliteit dat op zijn minst gedeeltelijk is gebaseerd op de rede.





## 5. Micro / macro

We hebben gezien dat kritiek op het exponentiële verdisconteren vooral vanuit de psychologie is geleverd. In die kritiek staat het individu centraal en met allerlei experimenten wordt aangetoond dat dit individu zijn keuzes in de tijd vaak ordent met een hyperbolische disconteringsfunctie. Opbrengsten die dichtbij het heden zijn, worden hierdoor hoger gewaardeerd dan rationeel gezien hogere opbrengsten die verder weg zijn vanaf het heden. De mate van gevoeligheid voor deze manier van waarden verschilt per persoon. Elke persoon bestaat immers uit verschillende interesses en het verschilt per individu welke interesse het ‘voor het zeggen heeft’. Ook zijn er verschillende strategieën om iemands toekomstige keuzegedrag te beïnvloeden. Omdat het in deze kritiek om de psyche en om individuen gaat, zouden we dit het microniveau kunnen noemen.

In dit onderzoek gaat het echter om de disconteringsvoet in een kosten-batenanalyse. Als een bedrijf of overheid een KBA uitvoert, is het gebonden aan de regels van exponentieel verdisconteren. We zouden deze regelgeving van bovenaf het macroniveau kunnen noemen.

Op microniveau zijn mensen geneigd hyperbolisch te verdisconteren, maar bij een KBA worden ze verplicht om exponentieel te verdisconteren. We kunnen hierbij de vraag stellen of het niet betuttelend en paternalistisch is dat de mens dus geen ruimte krijgt om op ‘natuurlijke’ manier te verdisconteren in een KBA. Van paternalisme is hier sprake als de mensen zelf liever ‘natuurlijk’ ofwel hyperbolisch willen verdisconteren in een KBA. Er is geen sprake van paternalisme als mensen tegen zichzelf beschermd willen worden en dus eigenlijk blij zijn met de regels van exponentieel verdisconteren, ook al verdisconteren ze van nature tot op zekere hoogte hyperbolisch.

Zoals we in het vorige hoofdstuk hebben gezien, brengt hyperbolisch verdisconteren conflicten met zich mee in de tijd. Het is mogelijk dat bij twee gegeven toekomstige opbrengsten, een individu op dit moment voorkeur heeft voor opbrengst A, terwijl hij later in de tijd opbrengst B prefereert. Aangezien het individu op dit moment (lees: op het moment van het uitvoeren van een KBA) nog opbrengst A prefereert, zal hij zich op dit moment willen beschermen tegen een toekomstig conflict waarbij ineens opbrengst B wordt geprefereerd (hij ziet op dit moment opbrengst B immers als een lagere opbrengst dan opbrengst A). Hij zal zich hierdoor willen committeren aan een exponentiële disconteringsvoet. Het willen maken van dit *commitment* geeft aan dat exponentieel verdisconteren niet paternalistisch is.



## 6. Conclusie

Het tijdsaspect is in kosten-batenanalyses een zeer belangrijke factor die tot uiting komt in de disconteringsvoet. Een economische afleiding van deze voet geeft aan dat deze gevormd wordt en zelfs overeenkomt met de tijdsvoorkeur die mensen hebben. De tijdsvoorkeur van een individu geeft weer van hoeveel consumptie hij op dit moment af zou willen zien, om daar in de toekomst een bepaalde hoeveelheid consumptie voor terug te krijgen. In een samenleving zonder belastingen wordt in het evenwicht deze tijdsvoorkeur weergegeven door de marktrente. In een samenleving met belastingen ontstaat het vraagstuk met welke disconteringsvoet de overheid rekening moet houden, bij de besluitvorming voor investeringen. De schaduwprijs-methode geeft alle kosten en baten van investeringen weer in consumptie-eenheden. Dit zorgt ervoor dat precies bepaald kan worden welke investeringen de overheid wel en niet moet doen. Ze moet namelijk alleen investeren als de netto contante waarde van de welvaart toeneemt. Deze welvaart is gemeten in consumptie-eenheden, welke zijn verdisconteerd met de tijdsvoorkeur van de samenleving.

Deze manier van het verdisconteren van kosten en baten in de tijd, is niet altijd hetzelfde geweest. De standaard afleiding van de disconteringsvoet is namelijk een product van het Discounted Utility model welke zijn intrede deed in 1937. In de periodes vóór dit model hadden psychologische processen nog een belangrijke invloed op het tijdsaspect. Met de komst van het DU-model werden alle psychologische processen en invloeden in de disconteringsvoet gestopt. Eén van de psychologische veronderstellingen van dit model was dat de disconteringsvoet in gelijke tijdsperioden gelijk blijft. Deze veronderstelling kwam tot uiting in de exponentiële functie van de disconteringsvoet. De laatste decennia zijn, vooral vanuit psychologisch perspectief, diverse anomalieën beschreven, die de door het DU-model gevormde disconteringsvoet in twijfel hebben getrokken. De bekendste hiervan is het hyperbolische verdisconteren. Vele onderzoeken hebben aangetoond dat vertragingen in de tijd invloed hebben op de hoogte van de disconteringsvoet. Mensen zijn in staat voor kleine inkomsten te kiezen, als deze inkomsten vlakbij hen zijn op de tijdshorizon, terwijl ze deze niet hadden gekozen als ze hier nog verder in tijd vanaf waren geweest. Een hyperbolische functie, die eerst vlakker en daarna steiler is dan een exponentiële functie, past beter bij deze bevindingen.



In de psychologie heeft de ontdekking dat een hyperbolische disconteringsvoet het gedrag van de mens beter beschrijft, veel invloed gehad. Zo zijn er theorieën over hulpmiddelen waarmee mensen de korte, snelle opbrengsten makkelijker kunnen laten liggen ten gunste van grotere, latere opbrengsten. Ook sommige theorieën over verslavingstherapie zijn gebaseerd op dit inzicht. In de economie en de praktijk van de kosten-batenanalyse is de invloed van deze ontdekking echter vrij klein tot nihil. In de wetenschappelijke tijdschriften wordt af en toe iets gepubliceerd over het hyperbolische verdisconteren, maar in de praktijk wordt het vrijwel nooit toegepast. Hyperbolisch verdisconteren beschrijft het werkelijke gedrag van een individu wel beter dan exponentieel verdisconteren.

*De vraag of de exponentiële disconteringsvoet, die veelal in de praktijk wordt gebruikt om het tijdsaspect in kosten-batenanalyses te verwerken, empirisch adequaat is kan hierdoor met nee beantwoord worden. Het is gebleken dat individuen geneigd zijn hyperbolisch te verdisconteren.*

*Maar is deze exponentiële disconteringsvoet dan gewenst? Twee argumenten voor een bevestiging zijn:*

1. Een hyperbolische disconteringsvoet is te lastig om mee te rekenen. Het veronderstelt een bepaalde gevoeligheid bij personen voor de voorkeur voor korte, snelle opbrengsten ten koste van grotere, latere opbrengsten. Aangezien deze gevoeligheid per persoon verschillend is, kun je niet uitgaan van een algemene disconteringsfunctie.
2. Hyperbolisch verdisconteren is als descriptief model beter dan exponentieel verdisconteren. Als normatief model kun je hier vraagtekens bij stellen. Het is immers niet rationeel dat mensen in conflictsituaties komen en daarin soms voor de -op lange termijn- minst goede keuze gaan. Het is beter voor de mensen -en daardoor rationeel- om altijd de grotere, latere opbrengsten te kiezen boven de snelle, korte opbrengsten. Als mensen exponentieel verdisconteren, laten ze zich in de berekening niet verleiden door de snelle, korte opbrengsten en nemen ze een rationele beslissing door af te gaan op de netto contante waarde van de investering. Dit is misschien niet de meest empirisch adequate beschrijving van het gedrag van mensen, maar het zorgt er juist wel voor dat de mensen goede, rationele keuzes maken. Mensen willen zich hierdoor committeren aan het exponentiële verdisconteren.



Het eerste argument is niet erg sterk. Er kan gesteld worden dat de disconteringscurve in elk geval wat meer hyperbolisch zou moeten lopen dan exponentieel. Het tweede argument is echter wel sterk. De mens is er niet bij gebaat om de eventuele nadelige gevolgen van de menselijke psyche te gaan implementeren in een KBA, welke advies geeft over juiste investeringsbeslissingen. Door exponentieel te verdisconteren blijven deze nadelige consequenties van de psyche juist buiten het advies.

*De vraag of de exponentiële disconteringsvoet, die veelal in de praktijk wordt gebruikt om het tijdsaspect in kosten-batenanalyses te verwerken, gewenst is, kan dus duidelijk met een ja beantwoord worden.*





## 7. Discussie / verder onderzoek

Hoewel veel onderzoeken lijken uit te wijzen dat hyperbolisch verdisconteren de oplossing is voor allerlei gedrag wat niet door exponentieel verdisconteren kan worden verklaard, is de laatste jaren ook een andere oplossing geopperd. Onder andere Daniel Read (2001) en Read en Roelofsma (2003) laten zien dat het belangrijkste bewijs voor hyperbolisch verdisconteren – de ontdekking dat impliciete disconteringsvoeten dalen met de tijdshorizon – ook verklaard kan worden met subadditief verdisconteren. Read (2001) liet dit zien door de disconteringsvoet van een tweejarig project te vergelijken met het gemiddelde van drie disconteringsvoeten die elk een periode van acht maanden besloegen binnen die twee jaar. De meting werd dus over dezelfde twee jaar gedaan, alleen in het eerste geval was dit een disconteringsvoet over twee jaar, terwijl in het tweede geval er sprake was van drie achtereenvolgende periodes van acht maanden. Read ontdekte dat de gemiddelde disconteringsvoet van het tweejarige interval lager was dan het gemiddelde van de drie disconteringsvoeten. Dit resultaat kan niet voorspeld worden met hyperbolisch verdisconteren. Er was zelfs geen aanwijzing dat de disconteringsvoeten daalden met de tijdshorizon; de drie intervallen van acht maanden hadden ongeveer gelijke disconteringsvoeten. Subadditief verdisconteren is echter niet mogelijk bij KBA's, omdat beslissingen moeten worden genomen in het heden en niet op meerdere punten in de tijd<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Frederick et al (2002 p. 362)



## Referenties

- Ainslie, George (2003), 'The Effect of Hyperbolic Discounting on Personal Choices',  
Keynote speech to the thematic session, "Personal Choice and Change"  
Presented at the annual convention of the *American Psychological Association*  
at Chicago, IL, August 22, 2002, website: [www.picoeconomics.com/Articles/APA.pdf](http://www.picoeconomics.com/Articles/APA.pdf)
- Ainslie, George and Nick Haslam (1992), 'Hyperbolic Discounting' in Loewenstein, George  
and Jon Elster (eds) *Choice over Time*, New York: Russell Sage Foundation
- Ardens Adviesgroep (2006), *Cognitieve Dissonantie*, artikel gebruikt tijdens college  
Management & Communicatie door Patricia Janssen
- Böhm-Bawerk, Eugen v. (1889), *Capital and Interest*, South Holland, IL: Libertarian Press  
(herdruk 1970)
- Bradford, D. F. (1975), 'Constraints on Government Investment Opportunities and the Choice  
of Discount Rate', *American Economic Review* 65, p. 265-287
- Brue, Stanley L. (2000), *The Evolution of Economic Thought*, Thomson South-Western
- Fisher, I. (1930), *The Theorie of Interest*, New York: Macmillan
- Folmer, H. en G. C. van Kooten (2000), 'Discontering op Maat', *Economische Statistische  
Berichten* 85, p. 803-806
- Frank, Robert H. (2001) 'Why is Cost-Benefit Analysis so Controversial?' in Adler, Matthew  
D. and Eric A. Posner (eds) *Cost-Benefit Analysis: Legal, Economic, and Philosophical  
Perspectives*, The University of Chicago Press
- Frederick, Shane, George Loewenstein and Ted O'Donoghue (2002), 'Time Discounting and  
Time Preference: A Critical Review', *Journal of Economic Literature* 40, p. 351-401
- Jevons, W.S. (1871), *Theory of Political Economy*. London: Macmillan
- Loewenstein, George (1988), 'Frames of Mind in Intertemporal Choice', *Management  
Science* 34, 200-214
- Loewenstein, George (1992), 'Fall and Rise of Psychological Explanations' in Loewenstein,  
George and Jon Elster (eds) *Choice over Time*, New York: Russell Sage Foundation
- Loewenstein, George and Drazen Prelec (1992), 'Anomalies in Intertemporal Choice:  
Evidence and an Interpretation' in Loewenstein, George and Jon Elster (eds) *Choice  
over Time*, New York: Russell Sage Foundation
- Loewenstein, George and Jon Elster (1992), *Choice over Time*, New York: Russell Sage  
Foundation



- Musgrave, R. A. (1969), 'Cost-Benefit Analysis and the Theory of Public Finance', *Journal of Economic Literature* 7, p. 759-806
- Rae, J. (1905), *The Sociological Theory of Capital* (herdruk van originele editie uit 1834), London: Macmillan
- Read, Daniel (2001), 'Is Time-Discounting Hyperbolic or Subadditive?', *Journal of Risk and Uncertainty* 23, p. 5-32
- Read, Daniel and Peter H. M. P. Roelofsma (2003), 'Subadditive versus Hyperbolic discounting: A Comparison of Choice and Matching', *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 91, 140-153
- Salmon, Merrilee H. et al. (1999), *Introduction to the Philosophy of Science*, Hackett Publishing Company
- Samuelson, Paul (1937), 'A Note on Measurement of Utility', *Review of Economic Studies* 4, p. 155-161
- Strotz, R. H. (1955), 'Myopia and Inconsistency in Dynamic Utility Maximization', *Review of Economic Studies* 23, p. 165-180
- Sugden, Robert and Alan Williams (1978), *The Principles of Practical Cost-Benefit Analysis*, Oxford University Press
- Thaler, Richard H. (1980), 'Toward a Positive Theory of Consumer Choice', *Journal of Economic Behavior and Organization* 1, p. 39-60
- Thaler, Richard H. (1981), 'Some Empirical Evidence on Dynamic Inconsistency', *Economic Letters* 8, p. 201-207
- Zerbe, Richard O Jr. and Dively D. Dwight (1994), *Benefit-Cost Analysis in Theory and Practice*, HarperCollins College Publishers



### **Bijlage: Uitgebreide analyse van disconteringsvoet in een complexere samenleving**

We gaan de eenvoudige samenleving uit het vorige hoofdstuk nu uitbreiden naar een samenleving waarin ook inkomstenbelasting en omzetbelasting betaald moeten worden<sup>26</sup>. Dit heeft als consequentie dat er geen efficiëntie wordt bereikt in deze samenleving op dezelfde manier als in een eenvoudige samenleving.

Stel bijvoorbeeld dat de inkomstenbelasting 27 procent bedraagt, de omzetbelasting 36 procent en de MRTP van een investeerder is 8 procent. We gaan er in dit voorbeeld vanuit dat alleen bedrijven investeren met het geld van aandeelhouders. Als een aandeelhouder €1,00 euro belegt, dan wil hij dat deze €1,08 euro (door de MRTP) waard is na een jaar. Belastingen zorgen er echter voor dat de investering veel meer moet opleveren dan €0,08 euro. De aandeelhouders moeten 10,9 procent krijgen, omdat na aftrek van 27 procent belasting pas de €0,08 euro wordt verkregen<sup>27</sup>. Het bedrijf moet 17 procent krijgen, omdat na aftrek van 38 procent omzetbelasting pas de €0,11 euro wordt overgehouden. De investering van €1,00 euro die het bedrijf doet moet dus 1,17 euro opleveren na een jaar om de MRTP van 8 procent van een individu te kunnen opleveren. Hier wordt dus geen efficiëntie bereikt, want beleggers zouden bij investeringen die 8 procent of meer opleveren al moeten investeren, maar ze doen dit pas bij investeringen die 17 procent of meer opleveren, omdat belastingen nog van het bedrag afgetrokken moeten worden. Hierdoor wordt in de samenleving te weinig geïnvesteerd. Daarnaast worden lange termijn investeringen benadeeld ten opzichte van korte termijn investeringen door de belastingen. Dit is goed te zien in het volgende voorbeeld:

Tijd in jaren	Geldstroom Project A	Geldstroom Project B
0	-100	-100
1	63,09	27,85
2	63,09	27,86
3		27,86
4		27,86
5		27,86
6		27,86

<sup>26</sup> Sugden en Williams (1978) zien de complexere samenleving als een samenleving met allerlei externe factoren. Extra productie van een bedrijf kan bijvoorbeeld zowel voordeel opleveren voor consumenten omdat de prijs van het product goedkoper wordt, maar het kan ook extra geluidsoverlast en milieuvuiling veroorzaken.

Dergelijke externaliteiten zijn niet volgens algemene regels in een model te verwerken. Twee externe factoren verdienen echter speciale aandacht, namelijk belastingen en onzekerheid. Deze factoren, vooral de eerste, hebben grote invloed op het model. In deze scriptie ga ik niet in op onzekerheid, omdat daar de ruimte voor ontbreekt en omdat de behandeling hiervan niet nodig is om te laten zien welke problemen er spelen in een complexe samenleving.

<sup>27</sup> We negeren de eventuele belastingaftrek van rentebetalingen.





Beide projecten hebben een investeringsbedrag van €100 euro. Voor beide projecten geldt dat bij een disconteringsvoet van 17 procent de *netto present value* nul is. Het maakt dus voor een investeerder niet uit welk project hij kiest. Als we echter de disconteringsvoet van 8 procent aanhouden (MRTP) dan is de  $NPV_a$  €12,51 euro en de  $NPV_b$  €28,75 euro. Zonder belastingen zou een investeerder dus duidelijk voorkeur hebben voor project B, maar door de belastingen verdwijnt deze voorkeur.

De vraag wat nu de juiste disconteringsvoet moet zijn, gaat gepaard met de vraag of en hoeveel de overheid moet investeren. Deze vraag is niet gemakkelijk te beantwoorden; er is dan ook veel gedebatteerd over de juiste disconteringsvoet en de houding van de overheid met betrekking tot investeringen. Sommigen betoogden dat de MRTP de disconteringsvoet moet zijn en anderen dat de *opportunity cost rate* (OCR) dit moet zijn.

Voorstanders van de MRTP beargumenteerden dat deze ratio de hoeveelheid consumptie aangeeft, die men nu wil verhandelen voor consumptie in de toekomst. Als een project geëvalueerd wordt als zijnde waardevol met de MRTP als rentevoet, dan levert het genoeg consumptie op. Echter, geen enkel bedrijf zal in een project investeren als deze precies de MRTP oplevert, omdat de belastingen dan een negatieve werking hebben. De voorstanders van de MRTP vinden hierdoor, dat de overheid de investeringen moet doen die waardevol zijn bij een disconteringsvoet tussen de MRTP (inclusief) en de OCR in. Bedrijven kunnen dan de investeringen doen die waardevol zijn als gerekend wordt met de OCR of hoger. De disconteringsvoet die de bedrijven dan uiteindelijk gebruiken is wel gewoon de MRTP.

Voorstanders van de OCR als disconteringsvoet laten zien dat overheidsinvesteringen gepaard gaan met verplaatsing en zelfs vermindering van bedrijfsinvesteringen. Als de overheid investeringen doet, dan komen deze in de plaats van bedrijfsinvesteringen. Stel dat de overheid een investering doet tegen 8 procent opbrengst per jaar, terwijl dit ten koste gaat van een investering van de bedrijvensector die een investering tegen 17 procent per jaar had kunnen doen. De investering van de overheid zorgt dan voor een daling in de welvaart van deze samenleving. Het argument is hier dat de overheid niet mag investeren in projecten die minder dan de OCR opleveren, omdat dat een daling in het welvaartspeil met zich meebrengt. Deze redenering heeft bijvoorbeeld veel invloed gehad op het beleid voor overheidsinvesteringen in de Verenigde Staten ten tijde van president Nixon. (Zerbe en Dively 1994 p. 281)



De laatste tijd vindt een combinatie van deze twee mogelijkheden vooral aanhang. De consumptiewaarde van een investering wordt tegen de MRTTP verdisconteerd, maar er moet ook rekening gehouden worden met de verplaatsing en verwijdering van bedrijfsinvesteringen als de overheid investeert. Om dit te doen moet gekeken worden naar de consumptie die een investering oplevert. Alle kosten en baten van een investering moeten worden omgezet naar consumptie-eenheden en hiervan moet de netto contante waarde worden berekend door te verdisconteren met de SRTP. Bradford (1975), Musgrave (1969) en vele anderen waren voorstanders van deze theorie. Deze methode veronderstelt dat de waarde van een investering uiteindelijk ligt in de consumptie die deze genereert en dat de mate waarin de samenleving huidige consumptie wil opgeven voor toekomstige consumptie, wordt weergegeven door de SRTP. De verandering in welvaart wordt dus weergegeven door de som van de veranderingen in consumptie per jaar, verdisconteerd met de SRTP:

$$dW = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta C_t}{(1+i)^t}$$

Hierin is  $\Delta C_t$  de verandering in consumptie als gevolg van de investering en  $i$  is de SRTP. Tot zover lijkt het erop dat we gewoon de MRTTP als rentevoet hanteren, want deze is sterk gerelateerd aan de SRTP. In de verandering van consumptie zit echter het effect van de OCR verwerkt.

Om dit te laten zien, moeten we eerst beseffen dat het geld voor een overheidsinvestering ergens vandaan moet komen. Dit geld kan komen van bedrijfsinvesteringen en van consumptie. Een euro overheidsinvestering vervangt dus bedrijfsinvesteringen en consumptie voor in totaal één euro. We noemen de fractie waarmee bedrijfsinvesteringen worden verplaatst  $\theta_c$  en de fractie waarmee consumptie wordt verplaatst  $(1 - \theta_c)$ . Om de consumptieverandering  $\Delta C_t$  uit te kunnen drukken, moeten we de contante waarde van de kosten en baten van een investering in termen van consumptie weten. De kosten van een investering bestaan uit de verplaatste bedrijfsinvesteringen en uit de verplaatste consumptie. De contante waarde van de kosten zou je in eerste instantie kunnen zien als  $\theta_c + (1 - \theta_c)$  en voor de laatste term, heb je deze dan meteen al in consumptie-eenheden gerekend, maar in de eerste term nog niet. Het zou immers zo kunnen zijn dat de verplaatste bedrijfsinvestering meer consumptie zou hebben opgeleverd als deze niet was verplaatst, omdat de winst van deze bedrijfsinvestering wellicht hoger zou zijn geweest, dan van de overheidsinvestering. Deze winst zou vervolgens kunnen zorgen voor meer consumptie in contante waarde. Om dit



verschil mee te nemen in de berekening van de contante waarde van de kosten, moeten we een term vinden die weergeeft hoeveel consumptie de samenleving in wil ruilen voor het geld dat is geïnvesteerd in de private sector. Deze term geeft dan immers in consumptie-eenheden weer welke winst de private sector zou hebben gemaakt met het geld dat nu in de publieke sector wordt geïnvesteerd. Door deze term zit het effect van de OCR in de berekening verwerkt. De term die we zoeken is de *shadow price of capital* (SPC), die we aanduiden met  $V_t$ . De contante waarde ( $PV_c$ ) van de kosten van een investering is dan:

$$PV_c = \theta_c (V_t) + (1 - \theta_c)$$

En de contante waarde in consumptie-eenheden van de kosten in een bepaald jaar zijn dan:

$$C_t^* = C_t [\theta_c (V_t) + (1 - \theta_c)]$$

Waarbij  $C_t$  de gewone kosten in een bepaald jaar zijn en  $C_t^*$  de aangepaste kosten naar consumptie-eenheden.

Eenzelfde formule kun je opstellen voor de baten van een investering. We noemen de fractie die aangeeft welk deel van de opbrengsten van een overheidsinvestering gaat naar de bedrijvensector  $\theta_b$ . Op dezelfde manier als voor de kosten krijgen we dan de formule voor de contante waarde van de baten in consumptie-eenheden:

$$B_t^* = B_t [\theta_b (V_t) + (1 - \theta_b)]$$

De verandering in consumptie in elk jaar kan dan worden weergegeven met:<sup>28</sup>

$$\Delta C_t = B_t^* - C_t^*$$

En vervolgens kunnen we dit invullen in de eerdere formule van de welvaartsverandering, wat gelijk is aan de netto contante waarde van de consumptiewaarde van het investeringsproject:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t^* - C_t^*}{(1 + i)^t}$$

<sup>28</sup> Hierbij moet opgelet worden dat de C in de eerste term staat voor consumption en in de laatste voor costs



Ofwel:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t[\theta_b V_t + (1 - \theta_b)] - C_t[\theta_c V_t + (1 - \theta_c)]}{(1 + i)^t}$$

We hebben nu dus een formule waarin de netto contante waarde van de kosten en baten van een investeringsproject is weergegeven, waarbij rekening wordt gehouden met de verplaatsing en toevoeging van geld uit de bedrijvensector en met verkregen en verloren consumptie. Dit is gedaan door al deze effecten in consumptie-eenheden uit te drukken en te verdisconteren door de SRTP.

Dan rest ons nog de vraag hoe we komen aan de term  $V_t$  ofwel de *shadow price of capital* (SPC). Om deze af te leiden gebruiken we de volgende variabelen:

- $K_0$  = De originele investering op tijdstip  $t$
- $K(t)$  = De waarde van de investering op tijdstip  $t$
- $s$  = De fractie van de opbrengsten van de investering die worden geherinvesteerd bovenop het bedrag dat nodig is om het kapitaal in stand te houden
- $r$  = OCR
- $e$  = Natuurlijke logaritme
- $i$  = SRTP

De waarde van een investering op tijdstip  $t$  ten opzichte van de beginwaarde kan worden weergegeven met:

$$K(t) = K_0 e^{sr t}$$

De term  $sr$  is als het ware de groeifactor van de investering. Als investeringsrente  $r$  bijvoorbeeld 8 procent is en de fractie die wordt geherinvesteerd is 100 procent, dan is de groeifactor van het kapitaal per jaar 8 procent.

Het inkomen in een jaar is de rente maal de waarde van de investering in dat jaar. Het gedeelte van dat inkomen wat wordt besteed aan consumptie is  $(1 - s)$ . De consumptie in een jaar is dus  $(1 - s) r K_0 e^{sr t}$ . Omdat we  $K_0$  weg willen werken, kijken we naar de consumptie per investering ofwel naar de consumptie per eenheid geïnvesteerd vermogen. Dit is:



$$C(t) = \frac{(1-s)rK_0e^{srt}}{K_0} = (1-s)re^{srt}$$

Aangezien de contante waarde van een reeks in de toekomst met een continue disconteringsvoet  $Pe^{-it}$  is, is de contante waarde van de consumptie voor periode  $t$  gelijk aan:

$$PV_t = (1-s)re^{srt-it}$$

De contante waarde van de consumptie voor alle toekomstige jaren is dan:

$$PV_c = \sum_{t=0}^T (1-s)re^{srt-it}$$

Hierbij wordt de consumptie dus verdisconteerd door  $i$ , de *social rate of time preference*.

De waarde van  $PV_c$  is oneindig als  $sr > i$ . Maar normaal gesproken is dit niet zo en dan reduceert de formule naar:

$$PV_c = \frac{(1-s)r}{i-sr}$$

Deze contante waarde van de consumptie die voortvloeit uit een investeringsbedrag is precies waar we het over hadden toen we zochten naar de term  $V_t$ . We kunnen dus concluderen dat:

$$V_t = \frac{(1-s)r}{i-sr}$$

Zoals al eerder vermeld, zit in deze  $V_t$  of SPC de *opportunity cost rate* (OCR) verwerkt. Dit is duidelijk te zien aan de  $r$  die immers gelijk is aan de OCR. In de eenvoudige samenleving waren de SRTP en de OCR gelijk aan elkaar en had je daarom niet te maken met de SPC.

Deze was daar simpelweg 1. Dit kun je in de formule zien door  $i$  te vervangen door  $r$ .