

Productiefunctie en factorvraagrelaties in SAFFIER II

Achtergronddocument bij: SAFFIER II (CPB-document 217)

April 26, 2011

Hans Lusing

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Het model	7
2.1	Productiefunctie	7
2.2	Lopende prijsbasis	8
2.3	Productiefunctie met lopende basis	10
2.4	Factorvraag en productiekostprijs	11
2.5	Schaduwrijzen	13
2.6	Korte-termijn dynamiek factorvraagvergelijkingen	14
2.7	Prijs van factordiensten	15
	2.7.1 Arbeidskosten	16
	2.7.2 Kapitaalkosten	17
3	De data	21
3.1	Statistiek van de Kapitaalgoederenvoorraad	21
3.2	Productiviteit	23
	3.2.1 Met toerekening van technologie aan arbeid	23
	3.2.2 Verdeling van technologie over arbeid en kapitaal	25
3.3	Kostprijzen	26
	3.3.1 Niet-productgebonden indirecte belastingen en subsidies	27
	3.3.2 Risicopremies	27
4	Schatting	29
4.1	Lange termijn	29
	4.1.1 Hoe moet de substitutie-elasticiteit worden geschat?	29
	4.1.2 Schatting uit kostenaandeel	30
	4.1.3 Schatting uit vraagvergelijkingen	31
	4.1.4 Eindresultaat	32
4.2	Korte termijn	33
	4.2.1 De korte-termijn vergelijkingen van de vraag naar arbeid en kapitaal	33
	4.2.2 De arbeidsvraagvergelijking	34
	4.2.3 De kapitaalvraagvergelijking	35
5	Implementatie in SAFFIER II	39
A	Betekenis van namen van variabelen	43

1 Inleiding

Dit document geeft achtergrondinformatie bij de modellering van de productiefunctie en de factorvraagrelaties van de marktsector in SAFFIER II¹.

De marktsector bestaat uit alle Nederlandse productiehuishoudingen die hun producten op niet of niet sterk gereguleerde markten verhandelen. Niet tot de marktsector behoren de bedrijfstakken overheid, zorg, onroerend goed (vnl. woningdiensten) en delfstoffen (vnl. aardgas). De productiefunctie beschrijft het verband tussen de inzet van de verschillende productiefactoren van de marktsector en de daarmee te realiseren productie, ofwel de productiecapaciteit. Het gaat hierbij om de toegevoegde waarde, dat is de productie na aftrek van het intermediaire verbruik. Naast de productiefunctie staat een kostenfunctie waarmee de kostprijs van deze productie uit de prijzen van de factordiensten wordt afgeleid. Uit beide functies volgen de factorvraagvergelijkingen, die voor elk van de productiefactoren beschrijven hoeveel er van nodig is om een gegeven productie te bereiken. Als productiefactoren worden arbeid en kapitaal onderscheiden. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar soorten arbeid en kapitaal.

Het model op basis van de productiefunctie wordt besproken in *hoofdstuk 2*. Eerst wordt de gebruikelijke formulering van de productiefunctie met vaste prijsbasis besproken, waarna wordt ingegaan op het waarom en het hoe van de overgang naar een lopende prijsbasis. Vervolgens komen factorvraag en productiekostprijs aan de orde en worden schaduw prijzen besproken. De formulering van de korte-termijndynamiek komt dan aan bod, waarna wordt afgesloten met een bespreking van de samenstelling en afleiding van de prijzen van factordiensten.

Het onderwerp van hoofdstuk 3 zijn de data. De belangrijkste data zoals werkgelegenheid, loonsom, investeringen etc. zijn afkomstig uit de CBS Statistiek van de Nationale rekeningen. Deze behoeven geen nadere toelichting. In dit hoofdstuk worden een aantal uit andere bron afkomstige data besproken. Eerst komt de nieuwe CBS Statistiek van de Kapitaalgoederenvoorraad aan de orde. Dit is de bron voor data met betrekking tot de kapitaalgoederenvoorraad van de marktsector zoals volume/prijssplit en afschrijvingsvoet. Vervolgens wordt uitgebreid ingegaan op de wijze waarop de ontwikkeling van effecten van technologische groei en veranderingen van de bedrijfstijd op de productiviteit van arbeid en kapitaal wordt geschat. Tot slot komen nog enkele data met betrekking tot de kostprijzen aan bod, namelijk de verdeling van niet-productgebonden indirecte belastingen en subsidies over arbeid en kapitaal, en de risicopremies op gewenste rendementen.

¹ CPB document No 217, "SAFFIER II: 1 model voor de Nederlandse economie, in 2 hoedanigheden, voor 3 toepassingen", d.d. december 2010

Het laatste hoofdstuk 4 gaat over het schatten van de parameters van het in hoofdstuk 2 beschreven model. Het eigenlijke model bevat maar één relevante parameter, te weten σ , de elasticiteit van substitutie tussen arbeid en kapitaal op basis van relatieve prijsveranderingen. De schatting van σ is geen sinecure, maar verloopt in feite via een iteratief proces. Dat is het onderwerp van de eerste paragraaf. Daarna sluit het hoofdstuk af met de schatting van de parameters van de korte-termijndynamiek.

De betekenis van de namen van de variabelen wordt uit de doeken gedaan in bijlage A.

2 Het model

2.1 Productiefunctie

De productiefunctie voor de marktsector beschrijft het verband tussen de inzet van de productiefactoren arbeid en kapitaal en de daarmee te realiseren productie, ofwel de potentiële productie. Daarbij worden de productiefactoren uitgedrukt in zgn. *efficiency-eenheden*, hetgeen wil zeggen dat ze zijn gecorrigeerd voor veranderingen van de productiviteit door veranderingen in arbeids- resp. bedrijfsduur, technologische groei en (in het geval van kapitaal) slijtage. Één efficiency-eenheid arbeid of kapitaal heeft daardoor een constante productiviteit. Arbeid en kapitaal zijn tot op zekere hoogte uitwisselbaar: verschillende inputcombinaties kunnen tot hetzelfde productieniveau leiden. De kosten van deze inputcombinaties hangen af van de prijzen van de productiefactoren. Bij voorkeur wordt de combinatie met de laagste kosten gekozen. Van jaar op jaar kan de combinatie met de laagste kosten veranderen doordat de prijzen van arbeid en kapitaal ten opzichte van elkaar bewegen. De relatief duurder geworden productiefactor wordt dan gesubstitueerd door de relatief goedkoper geworden factor. Een productiefunctie beschrijft de relatie tussen de productie in de marktsector en de daarvoor benodigde hoeveelheid arbeid en kapitaal, waarbij de aandelen van arbeid en kapitaal worden bepaald door de mate van substitutie op grond van relatieve prijsverhoudingen. In SAFFIER II is de productiefunctie geformuleerd als een CES functie, waarbij CES staat voor *Constant Elasticity of Substitution*. De substitutie-elasticiteit σ geeft weer hoe de verhouding tussen arbeid en kapitaal verandert wanneer de relatieve prijzen van deze productiefactoren veranderen.

In de literatuur luidt de CES productiefunctie gebruikelijk in volumina, welke in de praktijk veelal worden vertaald als de waarde van de productie en de ingezette arbeids- en kapitaaldiensten in prijzen van een gekozen basisjaar. Deze productiefunctie luidt als volgt:

$$y_{bban_e} = y_{bbsn_0} \left(lk_{qn_0} \left(\frac{le_{an}}{lk_{qn_0}} \right)^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - lk_{qn_0}) \left(\frac{ke_{an}}{1 - lk_{qn_0}} \right)^{1-\frac{1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma}}} \quad (2.1)$$

De betekenis van de namen van de variabelen wordt uit de doeken gedaan in bijlage A. De namen met *an* op posities 4 en 5 zijn waarden in prijzen van een vast basisjaar.

le_{an} en ke_{an} zijn de hoeveelheden arbeids- en kapitaaldiensten in efficiency-eenheden, dat zijn natuurlijke eenheden gecorrigeerd voor veranderingen in gewerkte tijd en bedrijfsduur, productiviteitseffecten van technologische groei en slijtage van kapitaal:

$$le_{an} = lk_{an} \times at_{tx} \times e^{heail} \quad (2.2)$$

$$ke_{an} = kk_{an} \times kt_{tx} \times e^{hekil} \quad (2.3)$$

De hoeveelheid arbeidsdiensten in natuurlijke eenheden lk_{an} is gelijk aan de werkgelegenheid in arbeidsjaren gewaardeerd tegen de prijs van arbeid in het basisjaar, terwijl de hoeveelheid

kapitaaldiensten kk_{an} gelijk is aan de kapitaalgoederenvoorraad in prijzen van het basisjaar vermenigvuldigd met het vereiste rendement na belastingen in het basisjaar:

$$lk_{an} = a_{mn} \times lk_{pn_0} \quad (2.4)$$

$$kk_{an} = k_{az} \times kk_{rn_0} \quad (2.5)$$

Naast de substitutie-elasticiteit σ komen in de vergelijking nog twee parameters voor: de factor voor de mark-up op de kostprijs $ybsn_0$ en het aandeel van arbeidsdiensten in de productiekosten lk_{qn_0} . Het gedeelte van de vergelijking na de mark-up factor bepaalt de potentiële productie uitgedrukt in kostprijzen. Om de potentiële productie uit te drukken in basisprijzen (de in rekening gebrachte prijzen excl. btw etc.) moet nog worden vermenigvuldigd met de mark-up factor. Dat impliceert dat het om de mark-up in het basisjaar gaat. Als aandeel van de arbeidskosten kan een gemiddelde over een periode worden gekozen. Wordt echter gekozen voor het aandeel in het basisjaar dan kan de formulering van de productiefunctie aanzienlijk worden vereenvoudigd, namelijk als volgt:

$$ybbvx_e = \left(lk_{qn_0} \times le_{vx}^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - lk_{qn_0}) \times ke_{vx}^{1-\frac{1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma}}} \quad (2.6)$$

De waarden in constante prijzen (an) zijn overgegaan in indices in constante prijzen (vx), ofwel volume-indices. Deze hebben in het basisjaar allemaal de waarde 1, waardoor de mark-up van het basisjaar geen rol meer speelt.

2.2 Lopende prijsbasis

In de vorige paragraaf werd de productiefunctie op “klassieke” wijze geformuleerd met een vaste prijsbasis. Zo werd hij in eerdere modellen van het CPB, waaronder de voorgaande versie van SAFFIER, toegepast. In SAFFIER II worden de productiefunctie en de ervan afgeleide relaties echter met een lopende prijsbasis geformuleerd. Dat houdt in dat de prijsniveaus van het vorige jaar of kwartaal als basis dienen voor de afleiding van de volume-ontwikkeling van samengestelde variabelen in het lopende jaar.

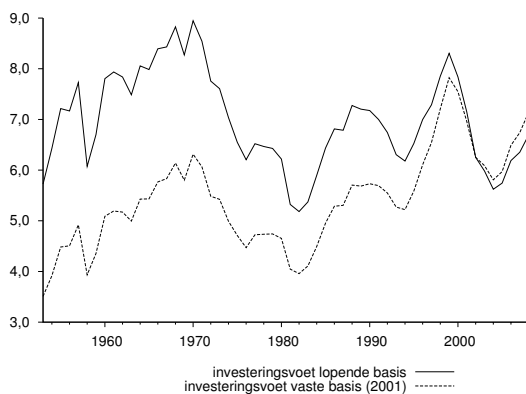
Bij aggregatie van volumina met een vaste prijsbasis blijft de samenstelling van het aggregaat in het basisjaar tegen de dan geldende prijzen een rol spelen. Als prijsverhoudingen niet of nauwelijks veranderen is dat geen belangrijk probleem, maar in de praktijk zien we veel prijsverhoudingen op de lange termijn wel degelijk veranderen. Een element waarvan de relatieve prijs lager is dan in het basisjaar heeft te veel invloed, en een element met een relatief hogere prijs te weinig. De fout zal in het algemeen groter worden naarmate we verder van het basisjaar afzitten. Dat is dan ook de reden dat men toch regelmatig op een nieuw basisjaar moet overgaan, ook al hanteert men een vast basisjaar. Één vast basisjaar voor een periode van zeg 40 jaar kan eigenlijk niet omdat relatieve prijzen in zo'n lange periode sterk zullen zijn veranderd.

Regelmatige overgang op een nieuw vast basisjaar heeft echter tot gevolg dat geen eenduidige lange reeksen kunnen worden gevormd. Een ander probleem wordt veroorzaakt door het feit dat de periode gedurende welke een bepaald vast basisjaar geldt bij voorkeur symmetrisch rond dat basisjaar zou moeten liggen. Dat betekent dat het basisjaar voor ruwweg de helft van het aantal jaren in de toekomst ligt, maar voor recente jaren is de toekomst nog niet bekend.

Om al die redenen is indertijd door zowel CBS als CPB besloten om volumina op lopende prijsbasis (en wel het vorige jaar) te definiëren. De daarbij behorende prijsindices zijn dus kettingindices. Dank zij die keuze is altijd duidelijk wat een volume voorstelt. In de ontwikkeling van volumina wordt automatisch rekening gehouden met de verandering van hun samenstelling als gevolg van herwaardering van onderdelen. Er hoeft niet steeds om de zoveel jaar een nieuw basisjaar te worden gekozen omdat de gewichten sterk zijn veranderd.

Wat voor invloed de keuze van een basisjaar heeft komt heel goed tot uiting in figuur 2.1. Daarin wordt de investeringsvoet² in twee gedaanten getoond: één uitgedrukt in prijzen van het voorgaande jaar, en één uitgedrukt in prijzen van het jaar 2001. Op grote afstand van 2001 zijn de verschillen groot: in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw scheelt het 2,5 á 3%-punt!

Figuur 2.1 Investeringsvoet in prijzen van een lopend dan wel vast basisjaar



Het feit dat volumina in de statistieken van het CBS, de Nationale rekeningen en de Statistiek van de Kapitaalgoederenvoorraad, geen vaste maar een lopende prijsbasis hebben heeft tot gevolg dat het gebruik van volumina op vaste prijsbasis, afgeleid uit de CBS data, in de productiefunctie inconsistent en theoretisch onjuist is. Deze zogenaamde volumina zijn immers geen zuivere volumereeks waarin veranderingen van samenstelling alleen het gevolg zijn van uiteenlopende volume-ontwikkelingen van de samenstellende delen. Ook herwaarderingen dragen bij aan veranderingen van zijn samenstelling en dus aan zijn ontwikkeling in de tijd. De bijbehorende prijsindices zijn dus ook niet zuiver omdat ze de gevolgen van herwaardering

² investeringen uitgedrukt in de kapitaalgoederenvoorraad van het jaar ervoor

missen. Daarom zal ook in de productiefunctie met volumina op lopende prijsbasis moeten worden gewerkt. Hoe de herformulering van de productiefunctie van een vaste naar een lopende basis in zijn werk gaat wordt in de volgende paragraaf uiteengezet.

2.3 Productiefunctie met lopende basis

Herformulering van de productiefunctie van een vaste naar een lopende basis draait om de keuze van het basisjaar. Keuze van een ander basisjaar geeft een andere productiefunctie met andere resultaten. Hoe verder de basisjaren uit elkaar liggen des te meer zullen in het algemeen de resultaten verschillen. Stel u nu een continuüm van productiefuncties met opeenvolgende basisjaren voor, te beginnen met het eerste jaar met waarnemingen voor de relevante reeksen, en te eindigen met het voorlaatste jaar met waarnemingen. Neem nu van al die functies het eerste jaar na het basisjaar, en knoop die aan elkaar. Dan ontstaat een nieuwe samengestelde productiefunctie waarin het basisjaar elk jaar een jaar opschuift. Dat is precies de productiefunctie op lopende basis die we zoeken.

De juiste formulering van de *productiefunctie op lopende basis* krijgen we door in de oorspronkelijke formule (2.1) alle verwijzingen naar het basisjaar te vervangen door overeenkomstige verwijzingen naar het vorige jaar. Het resultaat is:

$$ybbvne = ybbsn_{-1} \left(lk_{qn_{-1}} \left(\frac{le_{vn}}{lk_{qn_{-1}}} \right)^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - lk_{qn_{-1}}) \left(\frac{ke_{vn}}{1 - lk_{qn_{-1}}} \right)^{1-\frac{1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma}}} \quad (2.7)$$

met

$$le_{vn} = lk_{vn} \times at_{ti} \times e^{heav} \quad (2.8)$$

$$ke_{vn} = kk_{vn} \times kt_{ti} \times e^{hekiv} \quad (2.9)$$

en

$$lk_{vn} = a_{mn} \times lk_{pn_{-1}} \quad (2.10)$$

$$kk_{vn} = k_{vz} \times kk_{rn_{-1}} \quad (2.11)$$

In plaats van waarden in prijzen van een vast basisjaar (*an*) worden nu waarden in prijzen van het vorig jaar (*vn*) gebruikt. De parameters voor de mark-up en het arbeidsaandeel zijn vervangen door één jaar vertraagde reeksen. Net zoals de productiefunctie op vaste basis kan de productiefunctie op lopende basis worden vereenvoudigd, als volgt:

$$ybbvi_e = \left(lk_{qn_{-1}} \times le_{vi}^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - lk_{qn_{-1}}) \times ke_{vi}^{1-\frac{1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma}}} \quad (2.12)$$

De waarden in prijzen (vn) van het vorige jaar zijn overgegaan in volume-indices (vi) ten opzichte van het vorige jaar. Hoewel het aan vergelijking (2.7) niet direct te zien is blijkt uit vergelijking (2.12) dat de productiefunctie op lopende basis in wezen in mutaties luidt. Immers, net zoals indices ten opzichte van een vast basisjaar de verandering ten opzichte van dat basisjaar weergeven, geven indices ten opzichte van het vorige jaar de verandering ten opzichte van dat jaar aan. Dat is van belang bij de interpretatie van schattingsresultaten (die verderop aan bod komen). Zo zijn de residuen te vergelijken met de eerste verschillen van de residuen van vergelijking (2.1), of pas na cumulatie met die residuen zelf.

2.4 Factorvraag en productiekostprijs

Minimalisatie van de kosten voor een gewenste productie houdt in dat voor elke productiefactor geldt dat zijn reële prijs gelijk is aan zijn marginale product op basis van de productiefunctie. De reële prijs is de factorprijs in verhouding tot de gemiddelde kostprijs van de productie. Zo ontstaan de vraagvergelijkingen voor de productiefactoren arbeid en kapitaal uitgedrukt in efficiency-eenheden:

$$le_vn_t = lk_qn_{-1} ybkvn \left(\frac{le_pi}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.13)$$

$$ke_vn_t = (1 - lk_qn_{-1}) ybkvn \left(\frac{ke_pi}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.14)$$

De namen met pi op posities 4 en 5 zijn prijsindices met het vorige jaar als basis.

De gewenste productie $ybkvn$ is uitgedrukt in kostprijzen van het vorige jaar. Hij is gelijk aan de productie tegen basisprijzen in het vorige jaar gedeeld door de mark-up factor in dat jaar:

$$ybkvn = \frac{ybbvn}{ybsn_{-1}} \quad (2.15)$$

le_pi en ke_pi zijn de prijsindices van arbeids- en kapitaaldiensten in efficiency-eenheden, dat zijn natuurlijke eenheden gecorrigeerd voor veranderingen in gewerkte tijd en bedrijfsduur, productiviteitseffecten van technologische groei en slijtage van kapitaal:

$$le_pi = \frac{lk_pi}{at_ti \times e^{heaiv}} \quad (2.16)$$

$$ke_pi = \frac{kk_pi}{kt_ti \times e^{hektiv}} \quad (2.17)$$

Op de samenstelling van de prijzen van factordiensten in natuurlijke eenheden wordt verder ingegaan in paragraaf 2.7.

$ybkpi_t$ is de bij de gewenste productie behorende minimale kostprijsindex. De kostprijs van de productie is per definitie gelijk aan de totale kosten gedeeld door de productie tegen kostprijzen:

$$ybkpi_t = \frac{le_pi \times le_vn_t + ke_pi \times ke_vn_t}{ybkvn} \quad (2.18)$$

Als hierin de arbeids- en kapitaalvolumina worden gesubstitueerd die volgens vergelijkingen (2.13) en (2.14) bij de gewenste productie horen krijgen we na enige herrangschikking een uitdrukking voor de minimale kostprijsindex van de gewenste productie:

$$ybkpi_t = (lk_{qn_{-1}} \times le_{pi}^{1-\sigma} + (1 - lk_{qn_{-1}}) \times ke_{pi}^{1-\sigma})^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2.19)$$

De gewenste werkgelegenheid en kapitaalgoederenvoorraad (volume) kunnen uit de vergelijkingen (2.8) t/m (2.11) worden berekend:

$$a_{mn_t} = lk_{pn_{-1}}^{-1} \left(\frac{le_{vn_t}}{at_{ti} \times e^{heaiv}} \right) \quad (2.20)$$

$$k_{vz_t} = kk_{rn_{-1}}^{-1} \left(\frac{ke_{vn_t}}{kt_{ti} \times e^{hekiv}} \right) \quad (2.21)$$

Net als de productiefunctie kunnen ook de vraagvergelijkingen worden vereenvoudigd door ze uit te drukken in indices ten opzichte van het vorige jaar:

$$le_{vi_t} = ybkvi \left(\frac{le_{pi}}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.22)$$

$$ke_{vi_t} = ybkvi \left(\frac{ke_{pi}}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.23)$$

waarin de volume-index van de productie in kostprijzen per definitie gelijk is aan die in basisprijzen:

$$ybkvi = ybbvi \quad (2.24)$$

De werkgelegenheid en de kapitaalgoederenvoorraad (in volume) volgen dan uit:

$$a_{mn_t} = a_{mn_{-1}} \left(\frac{le_{vi_t}}{at_{ti} \times e^{heaiv}} \right) \quad (2.25)$$

$$k_{vz_t} = k_{wz_{-1}} \left(\frac{ke_{vi_t}}{kt_{ti} \times e^{hekiv}} \right) \quad (2.26)$$

Alle indices in vergelijkingen (2.22) en (2.23) kunnen in vaste indices worden omgezet door een basisjaar te kiezen en de indices over de tijd te cumuleren (door te vermenigvuldigen). Het resultaat is:

$$le_{vx_t} = ybkvx \left(\frac{le_{px}}{ybkpx_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.27)$$

$$ke_{vx_t} = ybkvx \left(\frac{ke_{px}}{ybkpx_t} \right)^{-\sigma} \quad (2.28)$$

De werkgelegenheid en de kapitaalgoederenvoorraad (in volume) volgen dan uit:

$$a_{mn_t} = a_{mn_0} \left(\frac{le_{vx_t}}{at_{tx} \times e^{hea0}} \right) \quad (2.29)$$

$$k_{vz_t} = k_{wz_0} \left(\frac{ke_{vx_t}}{kt_{tx} \times e^{hek0}} \right) \quad (2.30)$$

Hierin zijn a_{mn_0} en k_{wz_0} de werkgelegenheid en de kapitaalgoederenvoorraad in het gekozen basisjaar. Het moge duidelijk zijn dat deze vergelijkingen in het basisjaar precies de waargenomen waarden opleveren.

2.5 Schaduwrijzen

Zowel de inzet van arbeid als van kapitaal kunnen door verschillende oorzaken mogelijk niet onmiddellijk op het gewenste niveau worden gebracht. Bij arbeid is bijvoorbeeld sprake van ontslagbescherming, terwijl anderzijds vacatures soms moeilijk kunnen worden opgevuld. Bij kapitaal geldt dat allerlei kapitaalgoederen niet onmiddellijk kunnen worden geleverd.

Het gewenste niveau hangt af van de relatieve prijs. De prijs waarbij het gewenste niveau precies gelijk is aan het actueel haalbare niveau wordt de *schaduwrijzen* genoemd. Als het bij de actuele prijs gewenste niveau hoger is dan het actuele niveau zal de schaduwrijzen hoger zijn dan de actuele prijs, en omgekeerd. De schaduwrijzen kunnen worden berekend door de vraagvergelijkingen omgekeerd op te lossen op basis van de actuele vraag en de actuele kostprijsindex. Deze laatste is gelijk aan:

$$ybkpi = \frac{le_{pi} \times le_{vn} + ke_{pi} \times ke_{vn}}{ybkvn} \quad (2.31)$$

Oplossing van de vraagvergelijkingen naar de schaduwrijzen geeft dan;

$$le_{pi_k} = ybkpi \left(\frac{lk_{qn}}{lk_{qn-1}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2.32)$$

$$ke_{pi_k} = ybkpi \left(\frac{1 - lk_{qn}}{1 - lk_{qn-1}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2.33)$$

Als vergelijking (2.19) voor de kostprijsindex wordt herschreven met in het rechterlid de schaduwrijzen in plaats van de actuele prijsindices is het resultaat de actuele kostprijsindex van de productie:

$$ybkpi = (lk_{qn-1} \times le_{pi_k}^{1-\sigma} + (1 - lk_{qn-1}) \times ke_{pi_k}^{1-\sigma})^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2.34)$$

Herschrijving van de factorvraagvergelijkingen met in het rechterlid de schaduwrijzen en de actuele kostprijsindex geeft de actuele factorvraag:

$$le_{vi} = ybkvi \left(\frac{le_{pi_k}}{ybkpi} \right)^{-\sigma} \quad (2.35)$$

$$ke_{vi} = ybkvi \left(\frac{ke_{pi_k}}{ybkpi} \right)^{-\sigma} \quad (2.36)$$

2.6 Korte-termijn dynamiek factorvraagvergelijkingen

Bedrijven streven er naar de inzet van arbeid en kapitaal op het gewenste niveau te brengen dat door vergelijkingen (2.29) en (2.30) wordt beschreven. Op lange termijn lukt dat gemiddeld genomen wel, maar op korte termijn kan de feitelijke inzet door allerlei oorzaken van de gewenste afwijken. Om de aan dit proces inherente dynamiek te beschrijven worden de vergelijkingen voor de feitelijke vraag naar arbeid en kapitaal geformuleerd als ECM (*Error Correction Mechanism*) vergelijkingen.

In de korte-termijn dynamiek van de ECM vergelijkingen spelen de relatieve residuen van de lange-termijn vraagvergelijkingen in de vorm van (2.29) en (2.30) een rol als verklarende variabele, de ECM fout. Ze kunnen worden berekend als:

$$a_{_mxd} = \frac{a_{_mn}}{a_{_mn_l}} \quad (2.37)$$

$$k_{_vxd} = \frac{k_{_vz}}{k_{_vz_l}} \quad (2.38)$$

waarin $a_{_mn_l}$ en $k_{_vz_l}$ de uitkomsten van beide vergelijkingen zijn. In plaats van direct uit de niveauvergelijkingen (2.29) en (2.30) kunnen de gezochte ECM fouten ook uit de mutatievergelijkingen (2.25) en (2.26) worden afgeleid door hun relatieve residuen over de tijd te cumuleren. De ECM fouten zijn zo gekalibreerd dat ze in het jaar 2001 de waarde 1 hebben.

Daarnaast worden de mutaties van de verklarende variabelen van de lange-termijn vergelijkingen, de productie en de relatieve prijs, als verklarenden opgenomen. Bovendien nemen we aan dat de vraag op korte termijn wordt beïnvloed door de gerealiseerde verandering van de winstgevendheid. Om de korte-termijndynamiek zo goed mogelijk te kunnen volgen is aan al deze verklarenden een vertragingstructuur opgelegd. Deze wordt aangeduid met L_{ij} .

Het gedrag van bedrijven zal betrekking hebben op de factorvraag in natuurlijke eenheden. Daarom worden veranderingen in de productiviteit door veranderingen in arbeidstijd, bedrijfstijd en technologie en door slijtage eveneens met een eigen parameter als verklarenden opgenomen. Die parameter hoeft niet de waarde -1 te hebben omdat het mogelijk is dat bij beslissingen over de werkgelegenheid of de investeringen op korte termijn nog geen of maar gedeeltelijk rekening wordt gehouden met veranderingen in de productiviteit. Tot slot gaan we er van uit dat het gedrag in de vergelijking van de kapitaalvraag betrekking heeft op de bruto investeringen. Daarom moeten we de afstoot $ks_{_qn}$ er nog aftrekken en de overige veranderingen van de kapitaalgoederenvoorraad $ko_{_qn}$ er nog bijtellen. Bij experimenten bleek dat betrekking van het gedrag op de bruto investeringen tot veel betere schattingsresultaten leidt dan wanneer het op de netto investeringen wordt betrokken.

Hiermee luiden de korte-termijnvergelijkingen als volgt:

$$\log(lk_{vi}) = \gamma_1 L_1 [\log(a_{mxd_{-1}})] + \alpha_{11} L_{11} [\log(ybbvi)] + \alpha_{12} L_{12} \left[\log \left(\frac{le_{pi}}{ybkpi_i} \right) \right] + \alpha_{13} L_{13} [\Delta \log(ybbsn_{-1})] + \alpha_{14} (\log(at_{ti}) + heaiv) + \beta_1 \quad (2.39)$$

$$\log(kk_{vi}) = \gamma_2 L_2 [\log(k_{vxd_{-1}})] + \alpha_{21} L_{21} [\log(ybbvi)] + \alpha_{22} L_{22} \left[\log \left(\frac{ke_{pi}}{ybkpi_i} \right) \right] + \alpha_{23} L_{23} [\Delta \log(ybbsn_{-1})] + \alpha_{24} (\log(kt_{ti}) + hektiv) + \beta_2 - ks_{qn} + ko_{qn} \quad (2.40)$$

Omrekening naar werkgelegenheid resp investeringsquote is eenvoudig:

$$a_{mi} = lk_{vi} \quad (2.41)$$

$$e_{qn} = kk_{vr} + ks_{qn} - ko_{qn} \quad (2.42)$$

De code *vr* op posities 4 en 5 van een naam staat voor relatieve volumemutatie. Er geldt dan ook dat $vr = vi - 1$ en $vr \approx \log(vi)$. Op basis van de investeringsquote kan ook een uitdrukking voor de lopende volume-index van de investeringen worden afgeleid:

$$e_{vi} = \frac{\Delta e_{qn} + e_{qn_{-1}}}{e_{qnw_{-1}}} \quad (2.43)$$

De beide investeringsquotes zijn gedefinieerd als

$$e_{qn} = \frac{e_{vn}}{k_{wz_{-1}}} \quad (2.44)$$

$$e_{qnw} = \frac{e_{wn}}{k_{wz}} \quad (2.45)$$

Samenvattend luiden de vergelijkingen voor de investeringsquote en de volume-index van de investeringen als volgt:

$$e_{qn} = \gamma_2 L_2 [\log(k_{vxd_{-1}})] + \alpha_{21} L_{21} [\log(ybbvi)] + \alpha_{22} L_{22} \left[\log \left(\frac{ke_{pi}}{ybkpi_i} \right) \right] + \alpha_{23} L_{23} [\Delta \log(ybbsn_{-1})] + \alpha_{24} (\log(kt_{ti}) + hektiv) + \beta_2 \quad (2.46)$$

$$e_{vi} = \left(\gamma_2 L_2 [\Delta \log(k_{vxd_{-1}})] + \alpha_{21} L_{21} [\Delta \log(ybbvi)] + \alpha_{22} L_{22} \left[\Delta \log \left(\frac{ke_{pi}}{ybkpi_i} \right) \right] + \alpha_{23} L_{23} [\Delta^2 \log(ybbsn_{-1})] + \alpha_{24} (\Delta \log(kt_{ti}) + \Delta hektiv) + e_{qn_{-1}} \right) / e_{qnw_{-1}} \quad (2.47)$$

2.7 Prijs van factordiensten

Een belangrijke rol bij de verdeling van de vraag naar productiefactoren over arbeid en kapitaal wordt gespeeld door de mate waarin hun prijzen per efficiency-eenheid ten opzichte van elkaar veranderen. Om de gemiddelde kostprijs van de productie bij een verandering van de relatieve factorprijzen zo laag mogelijk te maken zullen bedrijven meer van de goedkoper geworden

productiefactor gaan inzetten en minder van de duurder geworden productiefactor. De prijs per efficiency-eenheid wordt bepaald door de prijs per natuurlijke eenheid en door de productiviteit per natuurlijke eenheid.

In deze paragraaf wordt uiteengezet hoe de kosten van beide productiefactoren zijn samengesteld en wat dat inhoudt voor hun prijs per natuurlijke eenheid.

2.7.1 Arbeidskosten

Arbeidskosten bestaan uit de loonsom van werknemers, het arbeidsinkomen dat aan zelfstandigen wordt toegerekend, en de niet-productgebonden indirecte belastingen en subsidies die op de arbeidskosten betrekking hebben. De prijs van de door arbeid geleverde diensten is gelijk aan de arbeidskosten per werkende (zowel werknemers als zelfstandigen), waarbij het aantal werkenden wordt gemeten in volledige arbeidsjaren.

Het aan zelfstandigen toegerekende inkomen wordt berekend door hun gemiddelde inkomen per arbeidsjaar gelijk te stellen aan het dito gemiddelde loon van werknemers, met inbegrip van de sociale werkgeverslasten³.

De vergelijking voor de arbeidskosten is dus:

$$lk_{wn} = ll_{wn} + lz_{wn} + tslwn \quad (2.48)$$

waarin

$$lz_{wn} = ll_{wn} \frac{az_{mn}}{al_{mn}} \quad (2.49)$$

De prijs per eenheid arbeid volgt dan uit:

$$lk_{pn} = \frac{lk_{wn}}{a_{mn}} \quad (2.50)$$

Hierin staat de code *mn* op plaats 4 en 5 van een naam voor een aantal arbeidsjaren. De prijs per eenheid arbeid kan ook worden uitgedrukt in de gemiddelde loonvoet:

$$lk_{pn} = ll_{pn} (1 + tslqn) \quad (2.51)$$

waarin de gemiddelde loonvoet gelijk is aan:

$$ll_{pn} = \frac{ll_{wn} + lz_{wn}}{a_{mn}} \quad (2.52)$$

en het gemiddelde tarief van de loongerelateerde indirecte belastingen en subsidies als volgt wordt berekend:

$$tslqn = \frac{tslwn}{ll_{wn} + lz_{wn}} \quad (2.53)$$

³ Dit gebeurt op het niveau van de marktsector als geheel. Er wordt dus geen rekening gehouden met loonverschillen tussen bedrijfstakken. Het is immers maar de vraag of die verschillen naar het inkomen van zelfstandigen mogen worden geëxtrapoleerd.

Uit vergelijking (2.51) volgt dat de mutatie van de prijs per eenheid wordt beïnvloed door veranderingen van de gemiddelde loonvoet van werknemers met inbegrip van de sociale lasten en van het gemiddelde tarief van de loongerelateerde indirecte belastingen en subsidies:

$$lk_{pi} = ll_{pi} \frac{1 + tslqn}{1 + tslqn_{-1}} \quad (2.54)$$

2.7.2 Kapitaalkosten

Kapitaalkosten zijn de beloning van door kapitaal geleverde productieve diensten. De kosten van de per eenheid kapitaal geleverde productieve diensten wordt afgeleid uit winstmaximalisatie door bedrijven, waarbij rekening wordt gehouden met financiering uit eigen of vreemd vermogen. De kapitaalkosten zijn in dat geval gelijk aan het marginale product van kapitaal.

Beleggers, de financiers van ondernemingen, willen een netto rendement over hun belegging in een onderneming, zoals aandelen en leningen, dat minimaal gelijk is aan wat ze elders bij een gelijk risico kunnen behalen. Ondernemers hebben tot doel de waarde van hun bedrijf te maximaliseren. Daartoe kiezen ze de optimale afzetprijs, inzet van arbeid en kapitaal en de optimale manier van financiering (uit bestaand eigen vermogen, nieuw aandelenkapitaal of vreemd vermogen). Ondernemers willen voor de financiering van een kapitaalgoed netto niet meer betalen dan de extra winst die het oplevert.

Bij een afnemend marginaal product van kapitaal leiden de eisen van beleggers en ondernemers ertoe dat het netto rendement van beleggers op een ingelegde euro gelijk zal zijn aan de marginale netto kapitaalkosten die ondernemers betalen voor een geïnvesteerde euro. De formulering van het *vereiste kapitaalrendement* na belastingen is gebaseerd op een afleiding van Jorgenson⁴. We veronderstellen daarbij dat een vaste fractie (ϕ_{vv}) van de kapitaalgoedervoorraad met vreemd vermogen wordt gefinancierd. Rekening houdend met vennootschapsbelasting en met niet-productgebonden indirecte belastingen en subsidies luidt het vereiste kapitaalrendement dan als weergegeven in vergelijking (2.55)⁵:

$$kk_{rn} = \left[(1 - \phi_{vv}) re_{rn} + \phi_{vv} rebrn - tvtn \left(\phi_{vv} rlbrn + ksfqn \frac{re_{rn}}{rlxrn + ksfqn} \right) \right] \times \frac{1 + tskqn}{1 - tvtn} \quad (2.55)$$

⁴ "Capital Theory and Investment Behavior", American Economic Review, Vol. 53, No. 2, May 1963, pp. 247-259; herdrukt in R. A. Gordon and L. R. Klein (eds.), Readings in Business Cycles, Homewood, Irwin, 1965, pp. 366-378; herdrukt in Bobbs-Merrill Reprint Series in Economics, Econ-167.

⁵ Een afleiding van deze formule, zij het nog zonder rekening te houden met indirecte belastingen en subsidies, staat in "The effect of corporate taxes on investment and the capital stock", door Nick Draper en Free Huizinga, CPB Memorandum d.d. 10 juli 2001.

met

$$rlxrn = rl_rnt + rr_rnt$$

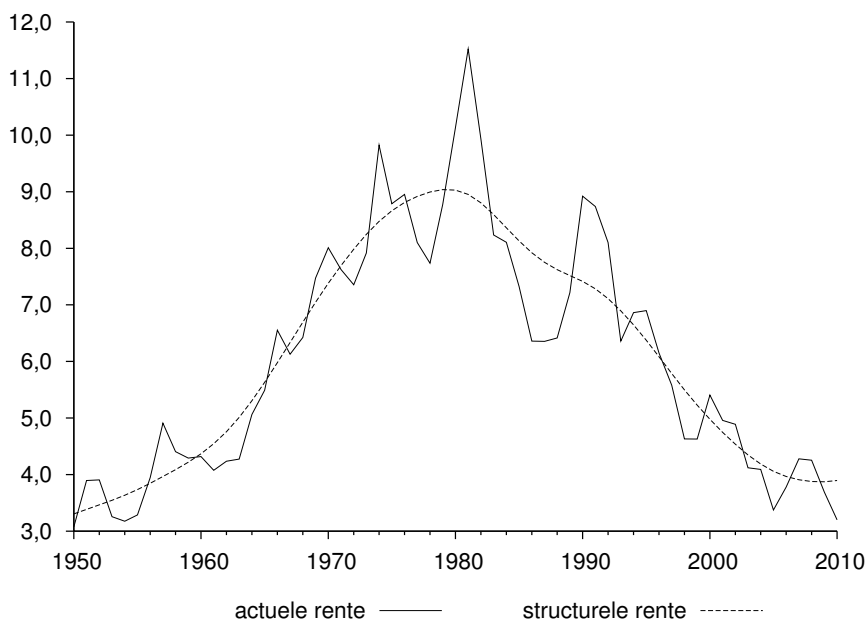
$$rlbrn = rl_rnt + rrbrnt$$

$$re_rn = rlxrn - k_pr_e + ks_qn$$

$$rebrn = rlbrn - k_pr_e + ks_qn$$

Aan de basis ligt een gewogen gemiddelde van de vereiste reële rendementen op eigen en op vreemd vermogen, vermeerderd met de afschrijvingsquote. De nominale rendementen worden afgeleid uit de risicovrije lange rente (dat is de rente op tienjarige staatsleningen), vermeerderd met een risicopremie voor beleggingen in aandelen dan wel in obligaties. Aangenomen wordt dat ondernemers en beleggers niet reageren op de actuele ontwikkeling van de rendementen, maar op hun onderliggende langetermijnontwikkeling. Daarom worden zowel de lange rente als de risicopremies 'structureel' gemaakt door toepassing van een HP (Hodrick-Prescott) filter. Om een indruk te geven van wat een HP filter doet toont grafiek 2.2 een grafiek van de actuele en de structurele lange rente. De reële rendementen worden vervolgens berekend door aftrek van de

Figuur 2.2 Actuele en structurele rente



verwachte inflatie van de prijs van kapitaalgoederen. Verondersteld is dat deze afhangt van de feitelijke prijsontwikkeling en de verwachtingen in het verleden: elk jaar beweegt de verwachte prijsontwikkeling zich een stukje in de richting van de feitelijke. Vergelijking (2.56) laat de toegepaste updateregels zien.

$$k_pr_e = k_pr_{e,-1} + 0.05(k_pr - k_pr_{e,-1}) \quad (2.56)$$

Omdat de buitengebruikstelling van niet meer rendabele kapitaalgoederen een directe kostenpost vormt wordt het vereiste reële rendement opgehoogd met de afschrijvingsquote.⁶

Daarnaast wordt rekening gehouden met de vennootschapsbelasting en de daarvoor geldende fiscale regels, zoals de fiscale afschrijvingsvrijstelling. Hogere *fiscale* afschrijvingen verlagen de marginale kosten: deze afschrijvingen komen ten laste van de winst en leiden derhalve tot een lager te betalen bedrag aan vennootschapsbelasting. Dit effect van de fiscale afschrijvingen komt tot uiting in de derde en laatste term tussen vierkante haken. Ook rentelasten op vreemd vermogen mogen van de winst worden afgetrokken en leiden zodoende tot een ‘besparing’ op de te betalen belasting.

Tot slot wordt het vereiste rendement vóór belastingen beïnvloed door het gemiddelde tarief van niet-productgebonden belastingen en subsidies, althans voorzover deze geen betrekking hebben op loonkosten.⁷

Op basis van deze afleiding bestaan de kapitaalkosten uit het rendement op het in de kapitaalgoederenvoorraad geïnvesteerde bedrag dat bij gelijk risico met datzelfde bedrag elders had kunnen worden behaald:

$$kk_{wn} = kk_{rn} \times k_{wz} \quad (2.57)$$

Per definitie zijn de kapitaalkosten gelijk aan het product van de hoeveelheid kapitaalgoederen (in vaste prijzen) en de kostprijs van de per eenheid kapitaal geleverde productieve diensten:

$$kk_{wn} = kk_{pn} \times k_{az} \quad (2.58)$$

Hieruit volgt dat de kostprijs van de per eenheid kapitaal (in vaste prijzen) geleverde productieve diensten gelijk is aan het product van het vereiste rendement en de prijs per eenheid kapitaal (als index):

$$kk_{pn} = kk_{rn} \times k_{px} \quad (2.59)$$

Zijn mutatie wordt dus beïnvloed door veranderingen van de gemiddelde prijs van kapitaalgoederen en van het vereiste rendement per eenheid kapitaal vóór belastingen:

$$kk_{pi} = k_{pi} \frac{kk_{rn}}{kk_{rn-1}} \quad (2.60)$$

⁶ De niet-structurele variabelen, zoals de afschrijvingsquote, zijn met een korte verdeelde vertraging, gemiddeld 0.7 jaar, in de vergelijking opgenomen. In de formule is dat eenvoudigheidshalve niet weergegeven.

⁷ In de in SAFFIER II opgenomen vergelijking wordt rekening gehouden met de tot 2001 bestaande inkomstenbelasting over actuele rendementen en met de in de jaren tachtig gegeven investeringssubsidies.

3 De data

De belangrijkste bron van de gebruikte data is de CBS Statistiek van de Nationale rekeningen. Een aantal data komt uit andere bronnen of moet worden geschat. Dit hoofdstuk gaat daar nader op in.

3.1 Statistiek van de Kapitaalgoederenvoorraad

Voor de modellering van de productiefunctie en de factorvraagrelaties kon voor de eerste maal gebruik worden gemaakt van de CBS Statistiek van de Kapitaalgoederenvoorraad.

In de herziene statistiek hanteert het CBS drie verschillende kapitaalgoederenbegrippen:

1. De *bruto* kapitaalgoederenvoorraad geeft de vervangingswaarde van in gebruik zijnde activa weer. De vervangingswaarde is gelijk gesteld aan de actuele prijs van de investeringen in deze kapitaalgoederen.
2. De *productieve* kapitaalgoederenvoorraad geeft de productiecapaciteit van de in gebruik zijnde activa weer. Omdat oudere jaargangen door slijtage en veroudering doorgaans minder productief zijn, worden deze jaargangen via zogenaamde age/efficiency-profielen herwogen tot efficiency eenheden van nieuwe kapitaalgoederen. Net als de bruto kapitaalgoederenvoorraad wordt deze kapitaalgoederenvoorraad tegen investeringsprijzen gewaardeerd.
3. De *netto* kapitaalgoederenvoorraad staat voor de actuele marktwaarde van de in gebruik zijnde activa. In beginsel wordt de marktwaarde weergegeven door de prijs op de tweedehandsmarkt voor kapitaalgoederen. Omdat deze prijs echter niet altijd wordt waargenomen wordt via zogenaamde age/price-profielen een koppeling met de actuele investeringsprijs gemaakt.

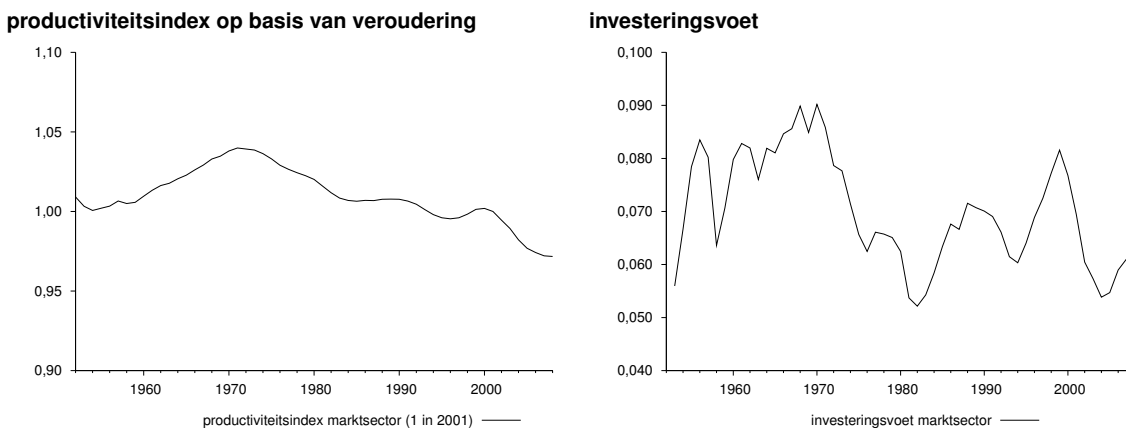
Voor het traceren van de kapitaalaccumulatie is de bruto kapitaalgoederenvoorraad het meest geëigende begrip. Bezien vanuit de productiefunctie zijn de geleverde kapitaaldiensten relevant. Door in dat geval uit te gaan van de productieve kapitaalgoederenvoorraad kan rekening worden gehouden met verlies van efficiency door veroudering. Voor de bepalingen van de afschrijvingen gaat het CBS al sinds enige jaren uit van de waarde van de netto kapitaalgoederenvoorraad. Om niet de hele CBS-administratie van kapitaalgoederenbegrippen in SAFFIER II te moeten opnemen is terwille van de eenvoud gekozen voor de bruto kapitaalgoederenvoorraad als centraal begrip. Met veranderingen van de productiviteit wordt rekening gehouden door introductie van een *productiviteitsindex*, terwijl de *afschrijvingsvoet* wordt herberekend met de bruto kapitaalgoederenvoorraad als basis.

De productiviteitsindex wordt in eerste instantie berekend door de productieve kapitaalgoederenvoorraad uit te drukken in de bruto kapitaalgoederenvoorraad. Deze index is

blijkens de linker figuur 3.1 redelijk constant over de tijd. Steeg hij de eerste 20 jaar (1950-1970) ongeveer 4%, daarna daalde hij in ruim 35 jaar zo'n 7%, dat is gemiddeld 0,2% per jaar. Verderop zal nog blijken dat mede door de introductie van software als kapitaalgoed sinds het begin van de jaren '90 sprake is van kapitaalbesparende technologische groei. Ook deze vindt zijn uitdrukking in de productiviteitsindex.

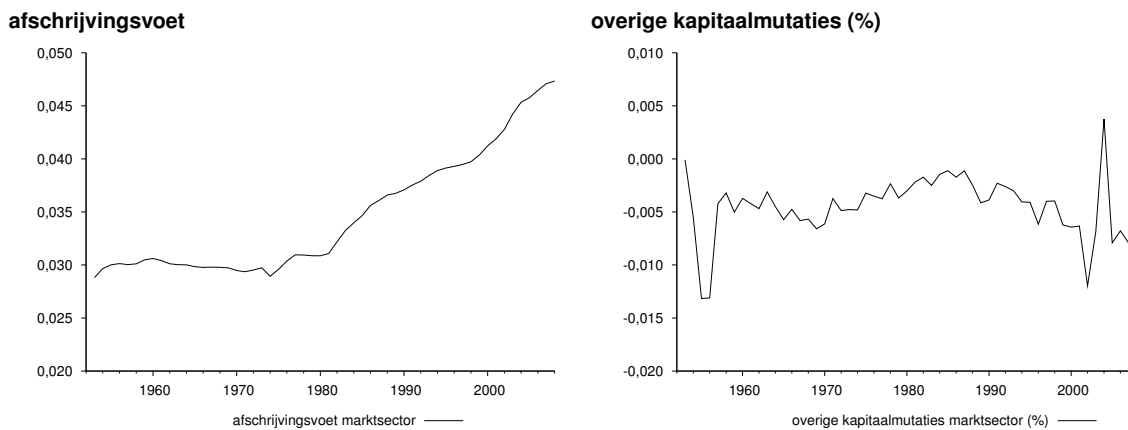
De kapitaalgoederenvoorraad verandert in de loop van de tijd door investeringen, afschrijvingen en overige oorzaken. De rechter figuur 3.1 toont de investeringsvoet, dat zijn de investeringen uitgedrukt in de kapitaalgoederenvoorraad van het vorige jaar. In de periode van de wederopbouw na de tweede wereldoorlog (tot 1970) waren de investeringen over het algemeen hoog. Daarna dalen ze tot tijdens de depressie van begin jaren '80 een dieptepunt wordt bereikt. Dat wordt gevolgd door sterke fluctuaties, waarbij de piek rond 1999 (het begin van de internetbubbel) en het dal in 2004 en 2005 in het bijzonder opvallen. De afschrijvingsvoet, getoond in de de linker figuur 3.2, verloopt veel gelijkmatiger. Tot de jaren '80 is hij betrekkelijk constant, maar daarna loopt hij gestaag op door de snelle groei van de voorraad nieuwe kapitaalgoederen met een kortere levensduur dan gemiddeld, in het bijzonder computers en immateriële activa (software). Bij de overige oorzaken gaat het onder meer om verkopen, branden en natuurrampen. De daardoor veroorzaakte mutaties, uitgedrukt in de kapitaalgoederenvoorraad van vorig jaar, zijn in beeld gebracht in de rechter figuur 3.2. Lange tijd schommelen ze rond de -0,5%, maar vanaf het midden van de jaren '80 lijkt wel sprake van een geleidelijke toeneming (van hun absolute waarde), met in het begin van het nieuwe millennium een paar grote neer- en opwaartse pieken.

Figuur 3.1 Productiviteitsindex en investeringsvoet van de marktsector



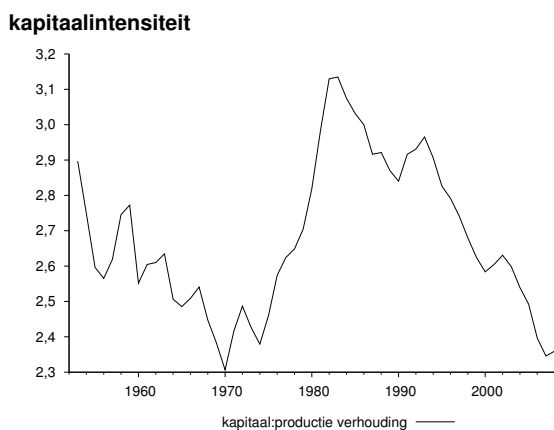
Terwijl de investeringen na 1980 geen op- of neerwaartse trend vertonen stijgen de afschrijvingen en overige verminderingen van de kapitaalgoederenvoorraad gestaag. Het gevolg

Figuur 3.2 Afschrijvingsvoet en overige kapitaalmutaties van de marktsector



daarvan zien we in de kapitaalintensiteit, dat is het volume van de kapitaalgoederenvoorraad uitgedrukt in het productievolume (in prijzen van het vorige jaar), die in figuur 3.3 is afgebeeld.

Figuur 3.3 Kapitaalintensiteit van de marktsector



3.2 Productiviteit

3.2.1 Met toerekening van technologie aan arbeid

De effectieve prijs van de productiefactoren arbeid en kapitaal wordt naast hun prijs per eenheid bepaald door hun productiviteit. Bepalende factoren daarbij zijn arbeidstijd en bedrijfstijd, fysieke slijtage (van kapitaalgoederen) en technologie. De ontwikkeling van de arbeidstijd is bekend. Dat geldt ook voor het effect van fysieke slijtage van de kapitaalgoederenvoorraad, die we kunnen afleiden uit de verhouding van de productieve en de bruto kapitaalgoederenvoorraad van de kapitaalgoederenstatistiek van het CBS. Voorzover hun effecten onbekend zijn - dat geldt voor technologie en bedrijfstijd - worden ze geschat als HP filter van de residuen van de

vraagvergelijkingen. Daarvoor moet de waarde van σ bekend zijn, maar dat is hij nog niet. Hij moet immers worden geschat.

De oplossing is om de technologische effecten voorshands volledig toe te rekenen aan arbeid, en voor de bedrijfstijd van kapitaal een rekenregel te hanteren die hem koppelt aan de arbeidstijd. De groei van de productiviteit van arbeid anders dan door veranderingen van de arbeidstijd kan dan worden berekend uit het residu van de productiefunctie. Dit wordt ook wel het Solow residu genoemd naar Robert Solow die een soortgelijk residu in 1957 voor het eerst berekende⁸. Door daar de korte-termijn fluctuaties uit te filteren houden we naar veronderstelling het structurele effect van technologische groei op de productiviteit van arbeid over. Weliswaar is de nog onbekende waarde van σ ook nodig om het residu van de productiefunctie te bepalen, maar het blijkt dat het uit het Solow residu geschatte effect van technologische groei vrij ongevoelig is voor de precieze waarde van σ . Als we een startwaarde van σ kiezen die na afloop in een ruime omgeving van de geschatte waarde, zeg ± 0.2 , blijkt te liggen is het effect van de technologische groei en daarmee ook σ voldoende betrouwbaar geschat. Met enige voorkennis gaan we uit van $\sigma=0.5$.

Het Solow residu heeft normaliter betrekking op een productiefunctie in niveaus. Onze productiefunctie (2.12) luidt echter in mutaties. Dat geldt dan ook voor het er uit berekende residu. Door dit residu over de tijd te cumuleren ontstaat het Solow residu. Vervolgens wordt het effect van technologische groei op de arbeidsproductiviteit bepaald door een HP (Hodrick-Prescott) filter toe te passen. Hierbij doet zich het probleem voor dat de Solow residuen aan het begin van de schattingsperiode, het begin van de jaren '70, aanmerkelijk hoger zijn dan daarna. Het HP filter houdt daar onvoldoende rekening mee, waardoor de technologische groei in die tijd waarschijnlijk te laag wordt ingeschat. Idealiter zouden we de reeks Solow residuen aan het begin moeten aanvullen tot zeg halverwege de jaren '60, maar voor die tijd ontbreken de benodigde data voor het berekenen van de kapitaalkosten. Daarom wordt de reeks Solow residuen waarop het filter werkt aan het begin aangevuld met een reeks Solow residuen van de productiefunctie op vaste prijsbasis, die wel voldoende ver kan worden teruggerekend. Dat mogen we zo doen omdat deze residuen over de gemeenschappelijke periode in de jaren '70 niet veel verschillen van de residuen van de productiefunctie op lopende prijsbasis.

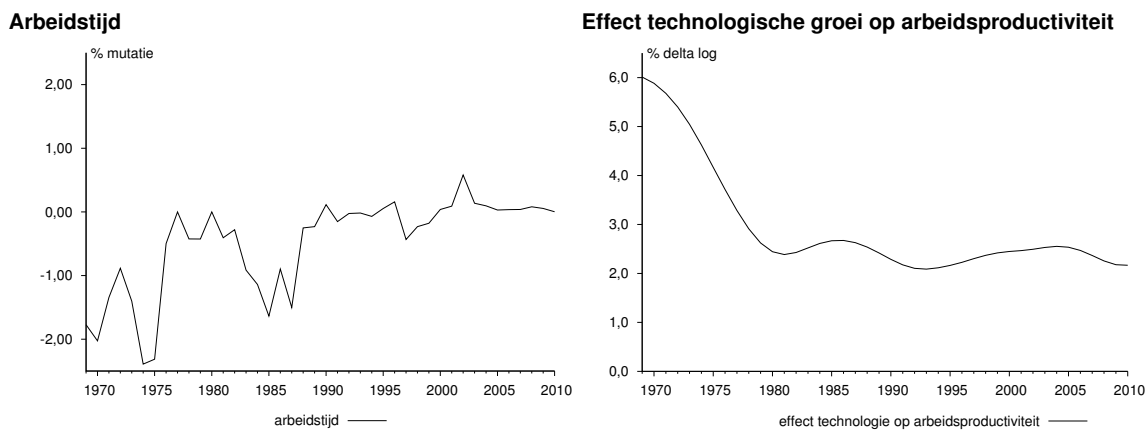
De mate waarin de bedrijfstijd van kapitaal aan de arbeidstijd wordt gekoppeld heeft invloed op de resultaten. Uit experimenten bleek dat een koppelfactor van 100% (de bedrijfstijd verandert in dezelfde mate als de arbeidstijd) bij schatting van σ tot een hogere verklaringsgraad (R^2) van het kostenaandeel en van het stelsel vraagvergelijkingen leidde dan lagere koppelfactoren, waarbij de veranderingen van de bedrijfstijd geringer zijn dan die van de arbeidstijd. Het is zelfs zo dat de verklaringsgraad nog toenam naarmate een nog hogere factor

⁸ Solow, Robert M. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function". *Review of Economics and Statistics* (The MIT Press) 3 (3): 312-320.

werd gekozen, maar zulke sterke veranderingen van de bedrijfstijd ten opzicht van de arbeidstijd zijn a priori niet zo geloofwaardig. In bovenstaande berekeningen is daarom aangenomen dat de bedrijfstijd in dezelfde mate verandert als de arbeidstijd.

Figuur 3.4 toont de ontwikkeling van de arbeidstijd en van het effect van technologische groei op de arbeidsproductiviteit zoals berekend uit de productiefunctie met een substitutie-elasticiteit σ van 0.5. Daarbij is het Solow residu vóór 1972 aangevuld met het Solow residu van de productiefunctie in niveaus op vaste basis. De ontwikkeling van de bedrijfstijd is gelijkgesteld aan die van de arbeidstijd. De schatting van σ komt aan de orde in paragraaf 4.1.

Figuur 3.4 Arbeidstijd en technologische groei



3.2.2 Verdeling van technologie over arbeid en kapitaal

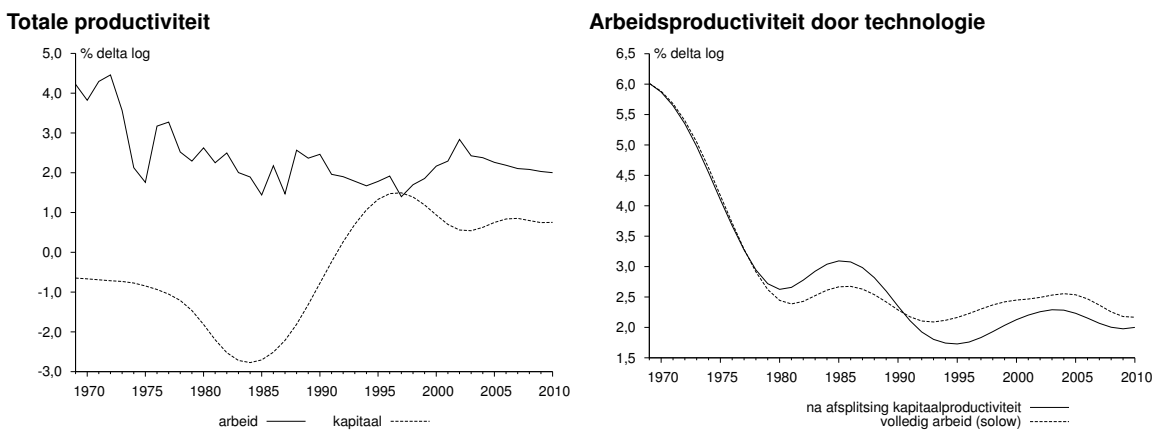
Nadat de bepalende lange-termijn parameter σ is vastgelegd kan de korte-termijn dynamiek worden geschat. Gebleken is dat de resultaten van die schatting aanzienlijk verbeteren als vooraf het effect van technologische groei, dat tot dusver via het Solow residu alleen aan arbeid is toebedeeld, over arbeid en kapitaal wordt verdeeld door de overeenkomstige residuen van de lange-termijn vraagvergelijkingen (2.22) en (2.23) te filteren.

Omdat de bedrijfstijd van kapitaal in feite onbekend is en het effect van slijtage in het model is samengenomen met het effect van technologische groei wordt het HP filter bij de vraagvergelijking van kapitaal toegepast op de volledige productiviteitsontwikkeling. Na toepassing van het filter wordt een splitsing gemaakt naar oorzaken. Het effect van slijtage is bekend. Door dat in gefilterde vorm af te trekken van het totale effect resteren nog de gecombineerde effecten van bedrijfstijd en technologie op de productiviteit van kapitaal. Het blijkt dat de productiviteit vóór circa 1990 afgezien van slijtage daalt. Als we veronderstellen dat technologische groei niet leidt tot vermindering van de kapitaalproductiviteit moet die daling worden toegerekend aan een daling van de bedrijfstijd. Dat betekent wel dat de daling van de

bedrijfstijd over de periode 1969-1990 sterker is dan die van de arbeidstijd, in tegenstelling tot ons oorspronkelijke uitgangspunt. Het verschil is een kleine 0.5% per jaar. De rechter grafiek van figuur 3.6 brengt dit in beeld. De resterende ontwikkeling van de productiviteit na 1990 heeft naar veronderstelling technologische oorzaken voorzover het niet om fysieke veranderingen als slijtage gaat. Dat laatste effect is klein: het ligt tussen -0,8% en +0,6% en is gemiddeld -0,2%. De technologisch geïnduceerde groei van de kapitaalproductiviteit na 1990 houdt mogelijk verband met de sterke groei van de investeringen in immateriële activa (software). Nieuwe verbeterde software kan de productiviteit van hardware positief beïnvloeden.

De linkergrafiek van figuur 3.5 toont de ontwikkeling van de totale arbeids- en kapitaalproductiviteit, met inbegrip van het effect van arbeidstijd en bedrijfstijd, en van fysieke slijtage. De arbeidstijd is bekend en niet gefilterd, zodat de grafiek van de arbeidsproductiviteit er niet zo glad uitziet als die van de kapitaalproductiviteit. De rechtergrafiek toont hoe het effect van technologische groei op arbeid is veranderd door een deel ervan op bovenstaande wijze toe te rekenen aan kapitaal. De veranderingen van vóór 1990 zijn het gevolg van de verschillende veronderstellingen voor de ontwikkeling van de bedrijfstijd van kapitaal. In figuur 3.6 worden de

Figuur 3.5 Ontwikkeling van de productiviteit



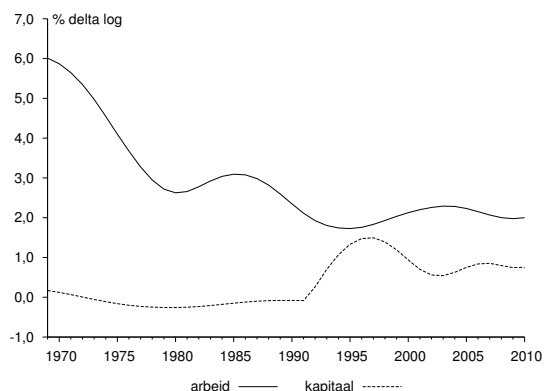
effecten van technologische groei (incl. slijtage) en arbeids- en bedrijfstijd apart getoond. Opgemerkt zij dat onderscheid naar verschillende oorzaken van productiviteitsveranderingen voor het model eigenlijk niet relevant is omdat ze allemaal precies dezelfde functie vervullen.

3.3 Kostprijzen

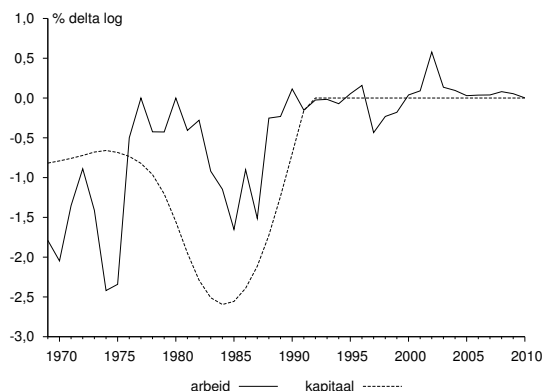
In deze paragraaf wordt ingegaan op enkele bijzondere elementen van de kostprijzen van de productiefactoren arbeid en kapitaal.

Figuur 3.6 Effecten van technologische groei, arbeidstijd en bedrijfstijd op productiviteit

Effect technologische groei



Effect van arbeidstijd en bedrijfstijd



3.3.1 Niet-productgebonden indirecte belastingen en subsidies

Een deel van de productiekosten wordt gevormd door het saldo van de *niet productgebonden indirecte belastingen en subsidies*. Tabel 3.1 geeft een indruk van de samenstelling van beide posten volgens de Nationale rekeningen in 2009. De belasting op spaarloon en de loonsubsidies

Tabel 3.1 Samenstelling niet productgebonden indirecte belastingen en subsidies in 2009

	aandeel in %		aandeel in %
Indirecte belastingen		Subsidies	
Onroerendezaakbelasting	44	EU subsidies op voedingsmiddelen	15
Motorrijtuigenbelasting	15	Loonsubsidies	51
Milieuheffingen	24	Subsidies door productschappen e.d.	2
Belasting op spaarloon	8	Overige	32
Overige	11		

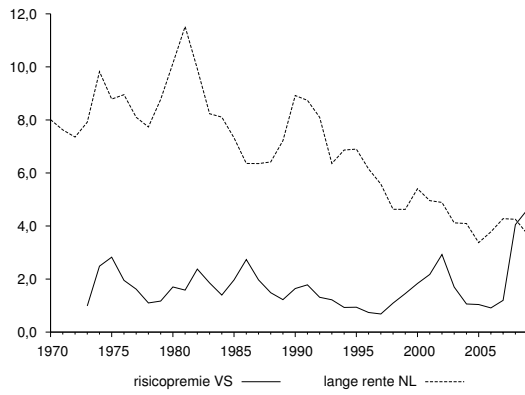
worden tot de arbeidskosten gerekend. Alle overige belastingen en subsidies worden aan kapitaal toegerekend.

3.3.2 Risicopremies

Ter berekening van de risicopremie op het rendement over vreemd vermogen worden Amerikaanse data van Barclays gebruikt. De risicopremie wordt berekend als het verschil tussen het rendement op bedrijfsobligaties (*Barclays US corporate BAA intermediate*) en dat op overheidsobligaties (*Barclays US AGG government*). Verondersteld wordt dat de risicopremie van het rendement op eigen vermogen hieraan gelijk is. Voor Amerikaanse data is gekozen omdat deze over een veel langere periode beschikbaar zijn dan Europese data, namelijk vanaf 1973 in plaats van 1999. Afgezien van het niveau blijkt de ontwikkeling van de Europese risicopremie echter niet heel veel van die van de Amerikaanse te verschillen, zodat een eventuele overgang naar Europese data weinig toegevoegde waarde heeft. Figuur 3.3.2 toont de

Amerikaanse risicopremie samen met de Nederlandse lange rente. Het effect van de recente economische crisis is goed te zien in de sterke stijging van de risicopremie in 2008.

Figuur 3.7 Risicopremie US en Nederlandse lange rente



4 Schatting

In dit hoofdstuk wordt de schatting van de parameters van het model besproken. Eerst komen de lange-termijnrelaties aan de orde, waarna wordt afgesloten met de relaties die de korte-termijn dynamiek beschrijven.

4.1 Lange termijn

4.1.1 Hoe moet de substitutie-elasticiteit worden geschat?

A priori is de enige te schatten parameter van de lange-termijnrelaties σ , de prijselasticiteit van substitutie tussen arbeid en kapitaal.

Terwijl het in de productiefunctie met vaste basis om substitutie ten opzichte van het basisjaar gaat, handelt het in de productiefunctie met lopende basis om substitutie ten opzichte van het vorige jaar. Dat verschil is van groot belang voor de schatting van de σ . Als de verhouding tussen de inzet van beide productiefactoren in de productiefunctie ongeveer constant is lijkt de productiefunctie sterk op een Leontieff productiefunctie waarin de substitutie-elasticiteit nul is. En dat is nu juist het geval voor de productiefunctie op lopende basis. Dat is het best te zien aan de vereenvoudigde vorm (2.12). Zowel le_{vi} als ke_{vi} zijn indices ten opzichte van het vorige jaar, en zullen normaliter dus in de buurt van de 1 liggen. Gevolg is dat hun verhouding ook in de buurt van de 1 ligt. Dat is zelfs zo als hun verhouding steeds iets onder of boven de 1 ligt, in welk geval hun verhouding op langere termijn, zoals op basis van vergelijking (2.6), voortdurend daalt dan wel stijgt.

Schatting van σ in de productiefunctie met lopende basis zal daarom steeds tot een lage waarde leiden, terwijl de substitutie op langere termijn wel degelijk sterker kan zijn. Het probleem is dat de in enig jaar uitgevoerde substitutie het jaar daarop als het ware wordt verborgen in een verandering van de kostenaandelen van de productiefactoren die dan als basis dienen. Kortom, de verandering van die kostenaandelen is ook afhankelijk van σ , ook al zie je dat niet.

Gelukkig kan σ zo worden geschat dat rekening wordt gehouden met zijn effecten op de langere termijn. Een eerste methode is directe schatting uit het kostenaandeel. Een andere methode is schatting uit de gecumuleerde vraagvergelijkingen. Beide schattingen komen nu aan bod. In beide worden de technologisch geïnduceerde ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit en de ontwikkeling van de bedrijfstijd van kapitaal gebruikt zoals ze in paragraaf 3.2.1 zijn berekend.

4.1.2 Schatting uit kostenaandeel

Het kostenaandeel van arbeid is als volgt gedefinieerd:

$$lk_{qn} = \frac{lk_{wn}}{lk_{wn} + kk_{wn}} \quad (4.1)$$

$$= \left(1 + \frac{kk_{wn}}{lk_{wn}}\right)^{-1} \quad (4.2)$$

Voor de schatting kunnen we dus ook de K/L-verhouding gebruiken in plaats van het kostenaandeel. De kosten van arbeids- en kapitaaldiensten kunnen we schrijven als:

$$lk_{wn} = lk_{wn0} \times le_{vx} \times le_{px} \quad (4.3)$$

$$kk_{wn} = kk_{wn0} \times ke_{vx} \times ke_{px} \quad (4.4)$$

Kortom, de kosten zijn gelijk aan de waarde in een basisjaar vermenigvuldigd met een volume-index en een prijsindex. De beide volume-indices worden geschat met de vraagvergelijkingen (2.27) en (2.28). Substitutie in (4.3) en (4.4) geeft:

$$lk_{wn} = lk_{wn0} \times ybbvx \times ybkpx_l \left(\frac{le_{px}}{ybkpx_l}\right)^{1-\sigma} \quad (4.5)$$

$$kk_{wn} = kk_{wn0} \times ybbvx \times ybkpx_l \left(\frac{ke_{px}}{ybkpx_l}\right)^{1-\sigma} \quad (4.6)$$

Hieruit volgt voor de K/L verhouding kk_{qnl} :

$$kk_{qnl} = kk_{qnl0} \times \left(\frac{ke_{px}}{le_{px}}\right)^{1-\sigma} \quad (4.7)$$

Een ander basisjaar geeft een andere waarde van kk_{qnl0} zonder iets aan de verhouding tussen ke_{px} en le_{px} te veranderen. De vergelijking gaat dus over in:

$$kk_{qnl} = \kappa \times kk_{qnl0} \times \left(\frac{ke_{px}}{le_{px}}\right)^{1-\sigma} \quad (4.8)$$

waarin σ en κ de te schatten parameters zijn.

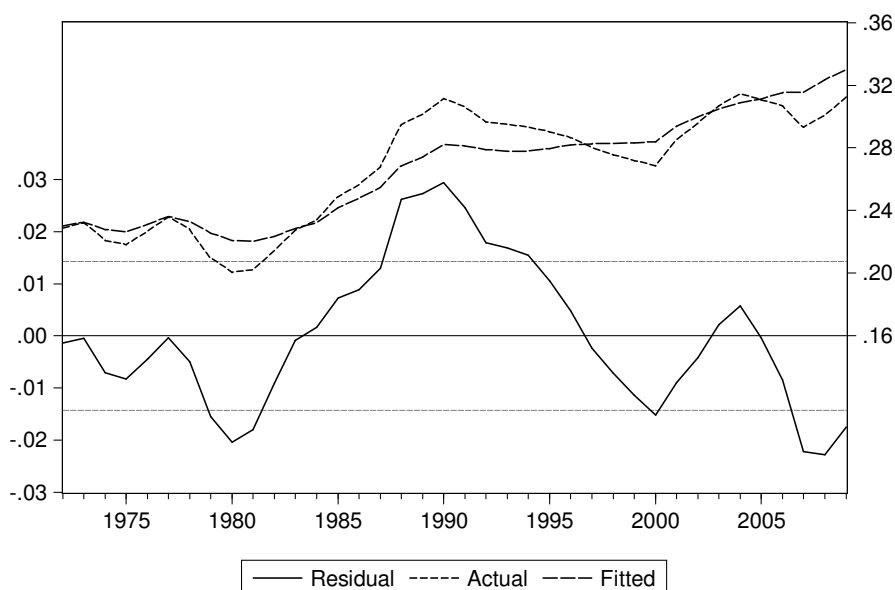
Schatting over de periode 1972-2009 geeft het in tabel 4.1 weergegeven resultaat. Blijkens de

Tabel 4.1 NLS schatting van de logaritme van de K/L verhouding over 1972-2009

	coef	stdev
substitutie-elasticiteit (σ)	0.520	0.029
constante ($\log(\kappa)$)	0.0014	0.0034
R ² aangepast	0.851	
DW statistic	0.176	

waarde van de DW statistic is er heel wat autocorrelatie in de residuen, maar in een lange-termijnvergelijking mag dat. Wel heeft dat tot gevolg dat de geschatte waarden van de standaarddeviaties van de coëfficiënten waarschijnlijk te laag zijn. Figuur 4.1 toont de actuele en gefitte waarden en de residuen. Let op de neerwaartse trend in de residuen vanaf ongeveer 1990.

Figuur 4.1 Actuele en gefitte waarden van de K/L verhouding, en de residuen



4.1.3 Schatting uit vraagvergelijkingen

Naast de K/L verhouding kunnen ook de vraagvergelijkingen (2.27) en (2.28) zelf als systeem worden geschat met de actuele volume-indices als verklaarde variabelen. Daarbij doet zich één probleem voor: de uit de kostprijfunctie berekende kostprijsindex op lopende basis $ybkpi_t$ is ook afhankelijk van σ , maar het is niet mogelijk om hieruit een eenvoudige uitdrukking in σ af te leiden voor de kostprijsindex op vaste basis $ybkpx_t$. Zijn verloop blijkt gelukkig tamelijk ongevoelig te zijn voor de waarde van σ , zolang σ tenminste 0 of 1 is of ertussenin ligt. Hij blijkt dan ook vrijwel gelijk te zijn aan de actuele kostprijsindex $ybkpx$, die - onafhankelijk van σ - op de gebruikelijke wijze wordt berekend als gewogen gemiddelde van de prijsindices van arbeids- en kapitaaldiensten in efficiency-eenheden, waarin de bijpassende volume- aandelen als gewicht fungeren. Daarom kunnen we $ybkpx_t$ in de schatting gerust vervangen door $ybkpx$ zonder dat dit een significant effect heeft op de resultaten.

In het gekozen basisjaar zijn de residuen van de vraagvergelijkingen per definitie 0. Keuze van een ander basisjaar verandert dus de residuen en daarmee ook de schatting van de substitutie-elasticiteit σ . Om die schatting onafhankelijk te maken van de keuze van het basisjaar moeten de vergelijkingen elk nog met een constante worden vermenigvuldigd. De voor de schatting te gebruiken vergelijkingen worden dan:

$$le_{vx} = \kappa_l ybbvx \left(\frac{le_{px}}{ybkpx} \right)^{-\sigma} \quad (4.9)$$

$$ke_{vx} = \kappa_k ybbvx \left(\frac{ke_{px}}{ybkpx} \right)^{-\sigma} \quad (4.10)$$

Het systeem heeft dus drie te schatten variabelen. De schattingsresultaten staan in tabel 4.2. In de geschatte waarden van de constanten wordt de keuze van 1972 als basisjaar weerspiegeld. Bij

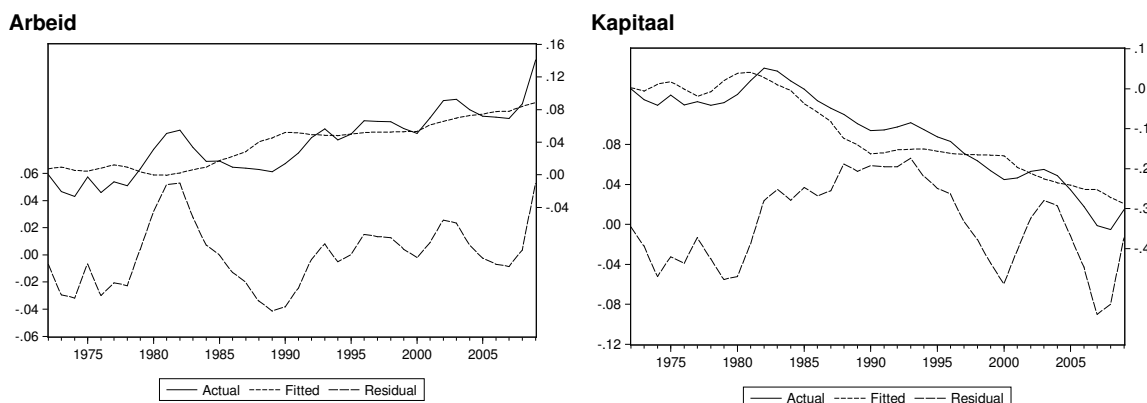
Tabel 4.2 SUR schatting van de gecumuleerde vraagvergelijkingen in logaritmen over 1972-2009

	coef	stdev
substitutie-elasticiteit (σ)	0.493	0.031
constante bij arbeid ($\log(\kappa_l)$)	0.0071	0.0043
constante bij kapitaal ($\log(\kappa_k)$)	0.0026	0.0100
	Arbeid	Kapitaal
R ² aangepast	0.592	0.844
DW statistic	0.457	0.314

keuze van een ander basisjaar veranderen de constanten, maar blijft de geschatte waarde van σ gelijk.

De geschatte waarde van σ ligt iets onder die welke uit de K/L verhouding is geschat. De verklaaringsgraad R^2 van de kapitaalvraag is een stuk hoger dan die van de arbeidsvraag, maar de residuen vertonen meer autocorrelatie. Dat is goed te zien in figuur 4.2 die de de residuen toont. Met de gevonden σ kan nu $ybkpx_l$ worden berekend. Herschatting van de vraagvergelijkingen

Figuur 4.2 Actuele en gefitte waarden van de vraagvergelijkingen, en hun residuen



met deze $ybkpx_l$ gesubstitueerd voor $ybkpx$ levert voor σ vrijwel hetzelfde resultaat. Alleen de niet relevante constanten verschillen.

4.1.4 Eindresultaat

Bij schatting van σ uit de K/L verhouding is het resultaat 0.520 ± 0.029 , terwijl de schatting uit de vraagvergelijkingen 0.493 ± 0.031 geeft. In het vervolg zullen we uitgaan van de afgeronde waarde $\sigma=0.5$, die in beide schattingen binnen één maal de geschatte standaarddeviatie van de geschatte waarde ligt. Bedenk daarbij dat de geschatte waarde van standaarddeviatie als gevolg van de autocorrelatie van de residuen waarschijnlijk te laag is.

4.2 Korte termijn

4.2.1 De korte-termijn vergelijkingen van de vraag naar arbeid en kapitaal

We gaan nu over naar de schattingen van de korte-termijndynamiek. Ter wille van de resultaten wordt eerst het effect van technologische groei op de productiviteit, dat tot dusver in zijn geheel aan arbeid was toegerekend, gegeven de gevonden waarde 0.5 van σ verdeeld over arbeid en kapitaal. Hoe dat in zijn werk gaat is uitgelegd in paragraaf 3.2.2. Daarbij wordt de totale kapitaalproductiviteit ook nog eens verdeeld over bedrijfstijd en technologie, maar die verdeling is in wezen niet relevant. Alleen het totale effect doet er toe.

De te schatten vergelijkingen zijn (2.39) met de groei van de vraag naar arbeid, en (2.46) en (2.47) met de investeringsquote en de groei van de investeringen. Er is voor gekozen deze laatste twee gezamenlijk te schatten met de methode van gewogen kleinste kwadraten. Zo wordt voorkomen dat schatting van de één te negatieve gevolgen heeft voor de uitkomsten van de ander.

Naast de waarde van de parameters staat ook de vertragsstructuren L_{ij} nog niet vast. Het is vrijwel onmogelijk om deze mee te schatten. Daarom is per structuur met een beperkt aantal vertragingen geëxperimenteerd, waarna de vertraging die het beste schattingsresultaat gaf werd gekozen. Daarbij is niet alleen gekeken naar de verklaringsgraad van de vergelijking, maar ook naar de geschatte waarde van de coëfficiënten en hun effect op de werking van het model. Zo zorgde een vertragsstructuur van [0.5 0.5] op de relatieve-prijsterm met name bij de kapitaalvraag voor een sterk significante vrij hoge coëfficiënt, maar daardoor werd de initiële reactie op verandering van de relatieve prijs in varianten veel te krachtig. Daarom is er voor gekozen om hier geen vertraging toe te passen. Tot slot lag bij de keuze van vertragsstructuren voor de kapitaalvraag de nadruk op hun effect voor de groei van de investeringen. Tabel 4.3 toont de toegepaste vertragsstructuren⁹.

Tabel 4.3 Vertragsstructuren

	Arbeid		Kapitaal				
ECM fout	L_1 :	0.5 0.5	L_2 :	0.5	0.5		
productie	L_{11} :	0.5 0.5	L_{21} :	0.5	0.5		
relatieve prijs	L_{12} :	1.0	L_{22} :	1.0			
winst	L_{13} :	0.5 0.5	L_{23} :	0.25	0.25	0.25	0.25

⁹ Let wel: de in de vergelijkingen aangegeven vertragingen zijn hierin niet meegenomen!

4.2.2 De arbeidsvraagvergelijking

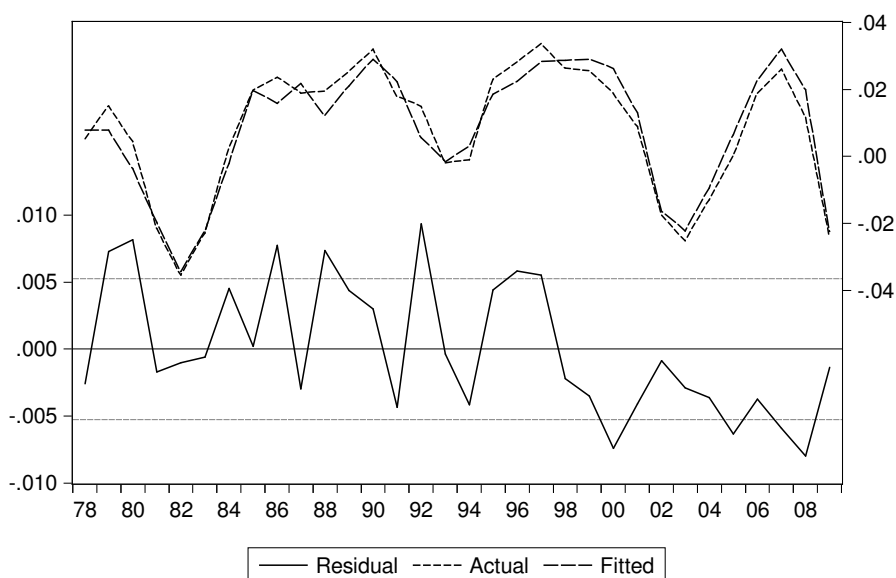
De korte-termijn vergelijking van de vraag naar arbeid is geschat over de periode 1978-2009 en geeft goede resultaten. Ze staan in tabel 4.4. De coëfficiënt van de productiviteit werd voor beide perioden geschat als groter dan 1 in absolute waarde, maar verschilde niet significant van -1. Hij is daarom op -1 gezet en verder niet in de schatting meegenomen. De geschatte coëfficiënt van de relatieve prijs is klein en verschilt niet significant van nul. Hij is daarom in de definitieve, als tweede opgenomen, schatting weggelaten. Grafiek 4.3 toont de actuele en geschatte waarden en de residuen. Er is getest op multicollineariteit, maar daarvan bleek geen sprake te zijn. Andere startjaren van 1976 t/m 1992 geven statistisch gezien vrijwel hetzelfde resultaat. Bij latere startjaren dalen de coëfficiënten van de ECM fout en de productie enigszins, terwijl die van de winst stijgt, maar de veranderingen zijn statistisch niet of nauwelijks significant. De verklaaringsgraad blijft ongeveer gelijk. Wel wordt de DW statistic een stuk lager, maar duikt pas voor 1992-2009 onder de 1. Bovendien neemt de correlatie tussen de verklarende variabelen toe, mede als gevolg waarvan de geschatte standaardfouten ongeveer verdubbelen. Vanaf het startjaar 1993 is het effect van de winst over de vrij korte periode 1993-2009 opeens aanzienlijk groter, terwijl dat van de ECM fout en de productie aanzienlijk afnemen. Dat leidt er ook toe dat de DW statistic weer boven de 1 komt. De coëfficiënt van de ECM fout verschilt niet meer significant van nul. Ook deze resultaten staan ter informatie in tabel 4.4.

Tabel 4.4 NLS schatting van korte-termijn vergelijking arbeidsvraag

	Periode 1978-2009				Periode 1993-2009			
	Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs		Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs	
	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev
ECM fout (γ_1)	- 0.213	0.052	- 0.210	0.050	- 0.054	0.064	- 0.016	0.065
Productie (α_{11})	0.721	0.053	0.721	0.052	0.460	0.064	0.507	0.063
Relatieve prijs (α_{12})	- 0.048	0.115	-	-	0.295	0.164	-	-
Winst (α_{13})	0.270	0.103	0.274	0.101	0.776	0.118	0.734	0.125
Productiviteit (α_{14})	- 1.000	-	- 1.000	-	- 1.000	-	- 1.000	-
Constante (β_1)	0.0094	0.0017	0.0096	0.0017	0.0143	0.0019	0.0128	0.0018
R ² aangepast	0.923		0.925		0.979		0.975	
DW statistic	1.452		1.455		1.956		1.398	

De schattingen over de lange periode verdienen duidelijk de voorkeur. De statistische eigenschappen zijn goed, terwijl de parameters aannemelijke waarden en kleine geschatte standaardfouten hebben. Bovendien zijn de parameterwaarden robuust: over een lange reeks van startjaren veranderen ze niet significant. In Saffier II is daarom de schatting over 1978-2009 zonder relatieve-prijsterm opgenomen.

Figuur 4.3 Fit van NLS schatting van korte-termijn vergelijking arbeidsvraag



4.2.3 De kapitaalvraagvergelijking

De vergelijkingen voor de groei van de investeringen en voor de investeringsquote (die de bruto groei van de kapitaalgoederenvoorraad weergeeft) zijn als systeem geschat met de gewogen kleinste-kwadratenmethode (WLS). De bedoeling daarvan is er voor te zorgen dat de geschatte coëfficiënten voor beide vergelijkingen tot een zo goed mogelijke verklaring leiden. De resultaten staan in tabel 4.5. Om een indruk te krijgen van de mate waarin de WLS schatting de parameters bijstuurt zijn beide vergelijkingen ook nog eens afzonderlijk geschat met de gewone (niet-lineaire) kleinste-kwadratenmethode (NLS). Tabel 4.6 toont daarvan de resultaten. In beide gevallen is de schatting uitgevoerd over twee perioden: de 33-jarige periode 1978-2009 (1979-2009 voor de investeringsgroei) als langst mogelijke, en de 19-jarige periode 1991-2009, waarin er voor het eerst een significant effect van de winst is.

Het resultaat van de gezamenlijke schatting is over beide perioden bevredigend. Vooral de investeringsgroei doet het over de periode 1991-2009 beter dan over de hele periode vanaf 1979. De coëfficiënt van de productiviteit kreeg over 1978-2009 een weliswaar maar net significante, positieve waarde, terwijl hij over 1991-2009 een waarde in de buurt van 0 kreeg die er bovendien niet significant van verschilde. In de hier gepresenteerde vergelijkingen heeft de productiviteit daarom over beide perioden geen effect. De coëfficiënten van de relatieve prijs en de winst zijn over 1978-2009 niet, maar over 1991-2009 wel significant. Omdat opneming van een korte-termijn effect van de relatieve prijs in het model gemakkelijk tot ongewenste, niet aannemelijke reacties leidt zijn de vergelijkingen ook zonder dat effect geschat. Over de kortere periode 1991-2009, waarover een significant relatieve-prijseffect werd geschat, heeft dat wel

Tabel 4.5 WLS schatting van korte-termijn vergelijkingen kapitaalvraag

	Periode 1978-2009				Periode 1991-2009			
	Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs		Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs	
	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev
ECM fout (γ_2)	- 0.102	0.024	- 0.102	0.024	- 0.124	0.029	- 0.112	0.031
Productie (α_{21})	0.285	0.026	0.288	0.025	0.211	0.031	0.226	0.032
Relatieve prijs (α_{22})	- 0.007	0.017	-	-	- 0.062	0.026	-	-
Winst (α_{23})	0.060	0.061	0.047	0.054	0.259	0.096	0.180	0.094
Productiviteit (α_{24})	-	-	-	-	-	-	-	-
Constante (β_2)	0.0571	0.0010	0.0569	0.0010	0.0600	0.0012	0.0595	0.0013
Investeringsgroei								
R ² aangepast	0.584		0.601		0.712		0.717	
DW statistic	2.120		2.077		2.429		1.887	
Investeringsquote								
R ² aangepast	0.714		0.720		0.735		0.676	
DW statistic	0.542		0.531		0.458		0.367	

gevolgen voor het schattingsresultaat. De verklaringsgraad van de investeringsquote wordt lager, en de winst krijgt een lagere coëfficiënt die nog wel steeds veel hoger is dan over de langere periode 1978-2009. De coëfficiënt van de productie kreeg over 1991-2009 een significant lagere waarde dan over 1978-2009. Die van de ECM fout is tamelijk robuust.

Bekijken we de schattingen van de afzonderlijke vergelijkingen in tabel 4.6 dan zien we dat de gezamenlijke schatting ongeveer het midden houdt tussen die van de investeringsgroei en investeringsquote afzonderlijk, terwijl zijn standaardfouten lager zijn dan van elk van beide. Het effect van ECM fout, productie en relatieve prijs is bij de investeringsquote hoger dan bij de investeringsgroei, terwijl het bij de winst juist andersom is. De significantie van het effect van de winst over de periode 1991-2009 is vooral te danken aan de investeringsgroei, terwijl die van de relatieve prijs vooral stoelt op het resultaat van de investeringsquote. Schatting zonder relatieve-prijseffect pakt voor de verklaring van de investeringsquote dan ook negatief uit. Al met al zorgt de gezamenlijke schatting er wel voor dat de schade beperkt blijft, maar hij is er wel degelijk. Een blik op de verschillen in R² en DW statistic zegt genoeg.

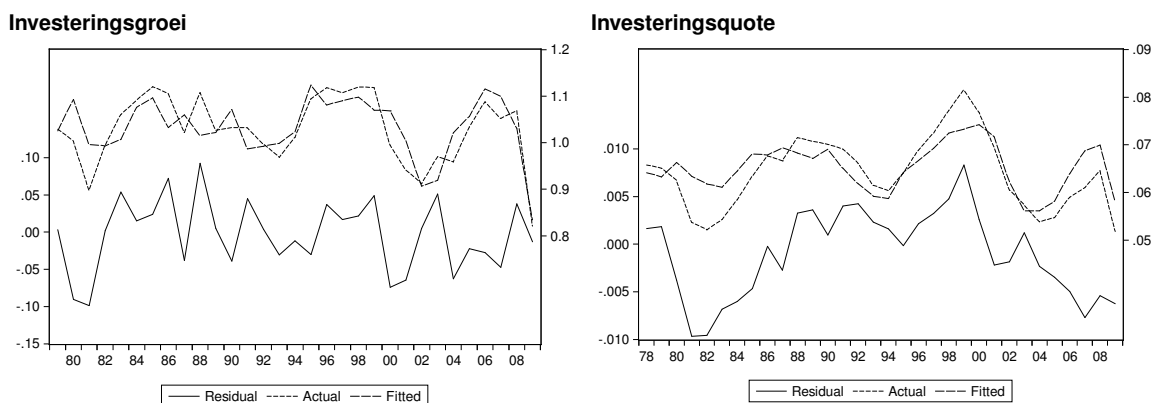
Omdat een effect van de winstontwikkeling naar onze mening in de vergelijking thuishoort, terwijl een direct effect van de relatieve-prijsontwikkeling niet gewenst is, kiezen we voor de vierde schatting van tabel 4.5. De geschatte coëfficiënten zijn voldoende robuust. De verklaringsgraad van zowel de investeringsquote, als representant van de aanpassing van de kapitaalgoederenvoorraad, als van de investeringsgroei kan de toets der kritiek weerstaan. De

Tabel 4.6 NLS schattingen van korte-termijn vergelijkingen kapitaalvraag

	Periode 1978-2009				Periode 1991-2009			
	Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs		Met relatieve prijs		Zonder relatieve prijs	
	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev	coef	stdev
Investeringsgroei								
ECM fout (γ_2)	- 0.096	0.036	- 0.096	0.035	- 0.106	0.041	- 0.099	0.041
Productie (α_{21})	0.246	0.035	0.244	0.034	0.191	0.040	0.197	0.040
Relatieve prijs (α_{22})	0.007	0.024	-	-	- 0.036	0.033	-	-
Winst (α_{23})	0.044	0.080	0.055	0.068	0.252	0.123	0.197	0.113
Productiviteit (α_{24})	-	-	-	-	-	-	-	-
R ² aangepast	0.613		0.626		0.730		0.727	
DW statistic	1.954		2.002		2.215		1.863	
Investeringsquote								
ECM fout (γ_2)	- 0.116	0.032	- 0.118	0.032	- 0.187	0.050	- 0.148	0.058
Productie (α_{21})	0.354	0.038	0.361	0.038	0.245	0.065	0.320	0.071
Relatieve prijs (α_{22})	- 0.025	0.023	-	-	- 0.162	0.058	-	-
Winst (α_{23})	0.047	0.102	- 0.001	0.092	0.134	0.195	0.048	0.232
Productiviteit (α_{24})	-	-	-	-	-	-	-	-
Constante (β_1)	0.0556	0.0012	0.0551	0.0011	0.0602	0.0019	0.0574	0.0019
R ² aangepast	0.756		0.754		0.802		0.713	
DW statistic	0.861		0.794		1.168		0.596	

DW statistic van de investeringsgroei geeft aan dat zijn residuen geen autocorrelatie vertonen. Dat is echter wel het geval voor de investeringsquote, zeker als geen effect van de relatieve prijs wordt meegenomen. Grafiek 4.4 toont het verloop van de actuele en gefitte waarden en van de residuen over de periode 1978-2009 (terwijl over de periode 1991-2009 is geschat).

Figuur 4.4 Actuele en gefitte waarden van de investeringsvergelijkingen, en hun residuen



5 Implementatie in SAFFIER II

Tot slot volgt hier een overzicht van de specificaties die in SAFFIER II zijn ingebouwd.

Productiecapaciteit

De groei van de productiecapaciteit, ook wel de potentiële productie, wordt bepaald met vergelijking (2.12). Hij wordt gebruikt om de verandering van de bezettingsgraad te berekenen. Deze speelt in de prijsvergelijkingen een belangrijke rol als indicator van de marktomstandigheden. De vergelijking luidt als volgt:

$$ybbvi_e = \left(lk_{qn-1} \times le_{vi}^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1 - lk_{qn-1}) \times ke_{vi}^{1-\frac{1}{\sigma}} \right)^{\frac{1}{1-\frac{1}{\sigma}}}$$

Factorvraag

De lange-termijnrelaties van de vraag naar arbeid en kapitaal worden gegeven door

- voor arbeid: vergelijking (2.25), gecombineerd met vergelijking (2.22) voor de mutatie van de hoeveelheid arbeidsdiensten in efficiency-eenheden, en vergelijking (2.16) voor het verband tussen de prijs van arbeidsdiensten in efficiency-eenheden en dito in natuurlijke eenheden.
- voor kapitaal: vergelijking (2.26), gecombineerd met vergelijking (2.23) voor de mutatie van de hoeveelheid kapitaaldiensten in efficiency-eenheden, en vergelijking (2.17) voor het verband tussen de prijs van kapitaaldiensten in efficiency-eenheden en dito in natuurlijke eenheden.

De factorvraag is afhankelijk van de productie, de relatieve prijs, de arbeids- dan wel bedrijfstijd en de technologische ontwikkeling. De gecombineerde vergelijkingen luiden als volgt:

$$a_mi_t = ybkvi \left(\frac{le_pi}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \frac{le_pi}{lk_pi} \quad (5.1)$$

$$k_vi_t = ybkvi \left(\frac{ke_pi}{ybkpi_t} \right)^{-\sigma} \frac{ke_pi}{kk_pi} \quad (5.2)$$

waarin:

$$\frac{le_pi}{lk_pi} = (at_ti \times e^{heaiv})^{-1}$$

$$\frac{ke_pi}{kk_pi} = (kt_ti \times e^{hekiv})^{-1}$$

De korte-termijndynamiek wordt beschreven door ECM vergelijkingen waarin naast de ECM fout, de productie en de relatieve prijs ook nog de mark-up een rol speelt als indicator van de winst. Het zijn

- voor arbeid: vergelijking (2.39). De parameters zijn ontleend aan de schatting over de periode 1978-2009 zoals die in tabel 4.4 is opgenomen.

- voor kapitaal: vergelijking (2.46). Van deze vergelijking zijn de parameters ontleend aan de schatting over de periode 1991-2009 waarvan de resultaten in tabel 4.5 staan. De in deze vergelijkingen toegepaste vertragingstructuren staan in tabel 4.3.

Factorkosten

De prijzen van arbeids- en kapitaaldiensten in efficiency-eenheden zijn gemodelleerd à la vergelijkingen (2.16) resp. (2.17):

$$le_{pi} = \frac{lk_{pi}}{at_{ti} \times e^{heaiv}}$$

$$ke_{pi} = \frac{kk_{pi}}{kt_{ti} \times e^{hekiv}}$$

De totale kostprijs die hoort bij de lange-termijn arbeidsvraag en een rol speelt in de relatieve-prijstermen wordt berekend uit vergelijking (2.19):

$$ybkpi_t = \left(lk_{qn_{-1}} \times le_{pi}^{1-\sigma} + (1 - lk_{qn_{-1}}) \times ke_{pi}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$$

Bij de berekening van de prijs van arbeidsdiensten wordt naast de loonvoet rekening gehouden met indirecte belastingen en subsidies over loonkosten zoals weergegeven in vergelijking (2.54):

$$lk_{pi} = ll_{pi} \frac{1 + tslqn}{1 + tslqn_{-1}}$$

De prijs van kapitaaldiensten is volgens vergelijking (2.60) afhankelijk van de prijs van kapitaal en van het gewenste kapitaalrendement:

$$kk_{pi} = k_{pi} \frac{kk_{rn}}{kk_{rn_{-1}}}$$

Vergelijking (2.55) beschrijft de samenstelling van het gewenste reële kapitaalrendement:

$$kk_{rn} = \left[(1 - \varphi_{vv}) re_{rn} + \varphi_{vv} rebrn - tv tqn \left(\varphi_{vv} rlbrn + ksfqn \frac{re_{rn}}{rlxrn + ksfqn} \right) \right] \times \frac{1 + tskqn}{1 - tv tqn}$$

waarin:

$$rlxrn = rl_{rnt} + rr_{rnt}$$

$$rlbrn = rl_{rnt} + rrbrnt$$

$$re_{rn} = rlxrn - k_{pr_e} + ks_{qn}$$

$$rebrn = rlbrn - k_{pr_e} + ks_{qn}$$

Het is gebaseerd op een structurele reële lange rente (inclusief risicopremie), zowel bij financiering uit vreemd als uit eigen vermogen. Aangenomen wordt dat 45% (φ_{vv}) van de kapitaalgoederenvoorraad met vreemd vermogen wordt gefinancierd, en dat voor financiering

met eigen vermogen dezelfde risicopremie geldt als voor financiering met vreemd vermogen. Voorts wordt in het kapitaalrendement rekening gehouden met afschrijvingen en belastingheffing, waarbij zowel de vennootschapsbelasting als kapitaalgebonden indirecte belastingen en subsidies een rol spelen. Verondersteld wordt dat de fiscale afschrijvingsvoet (k_{sfqn}) 40% boven de reële afschrijvingsvoet (k_{s_qn}) ligt.

Als deflator voor de reële lange rente wordt de verwachte kapitaalprijsinflatie toegepast. Deze ontwikkelt zich volgens vergelijking (2.56):

$$k_{pr_e} = k_{pr_{e,-1}} + 0.05(k_{pr} - k_{pr_{e,-1}})$$

Bijlage A Betekenis van namen van variabelen

<i>a__mn</i>	werkgelegenheid in arbeidsjaren
<i>a__mi</i>	éénjaars index van de werkgelegenheid in arbeidsjaren
<i>a__mxd</i>	verhouding van actuele en gewenste werkgelegenheid
<i>at__ti</i>	éénjaars index van de arbeidstijd (aantal uren per arbeidsjaar)
<i>at__tx</i>	index van de arbeidstijd in uren per arbeidsjaar (ten opzichte van het basisjaar)
<i>e__pi</i>	éénjaars prijsindex van investeringen
<i>e__qmw</i>	waarde investeringen (in lopende prijzen) uitgedrukt in de lopende kapitaalgoederenvoorraad
<i>e__qn</i>	volume investeringen (in prijzen vorige jaar) uitgedrukt in kapitaalgoederenvoorraad van vorig jaar
<i>e__vi</i>	éénjaars volume-index van de investeringen
<i>e__vn</i>	volume van de investeringen (waarde in prijzen vorige jaar)
<i>e__wn</i>	waarde van de investeringen (in lopende prijzen)
<i>heail</i>	productiviteitsindex voor arbeid (in logs ten opzichte van het basisjaar): effect van technologische groei
<i>heaiv</i>	éénjaars productiviteitsindex voor arbeid (in logs): effect van technologische groei
<i>hekil</i>	productiviteitsindex voor kapitaal (in logs ten opzichte van het basisjaar): effect van technologische groei en slijtage
<i>hekiv</i>	éénjaars productiviteitsindex voor kapitaal (in logs): effect van technologische groei en slijtage
<i>k__az</i>	volume kapitaalgoederenvoorraad (waarde in prijs van het basisjaar)
<i>k__pi</i>	éénjaars prijsindex van kapitaalgoederen
<i>k__pre</i>	verwachte mutatie van de prijs van kapitaalgoederen
<i>k__px</i>	prijsindex kapitaalgoederenvoorraad
<i>k__vxd</i>	verhouding van actuele en gewenste kapitaalgoederenvoorraad (in prijzen van het vorige jaar)
<i>k__vz</i>	volume kapitaalgoederenvoorraad (waarde in prijzen van het vorige jaar)
<i>k__wz</i>	waarde kapitaalgoederenvoorraad (in lopende prijzen)
<i>ke__an</i>	hoeveelheid kapitaaldiensten in efficiency-eenheden (waarde in prijs van het basisjaar)
<i>ke__pi</i>	éénjaars prijsindex van kapitaaldiensten in efficiency-eenheden
<i>ke__px</i>	prijsindex van kapitaaldiensten in efficiency-eenheden (ten opzichte van het basisjaar)
<i>ke__vi</i>	éénjaars index van de hoeveelheid kapitaaldiensten in efficiency-eenheden
<i>ke__vn</i>	hoeveelheid kapitaaldiensten in efficiency-eenheden (waarde in prijs van het vorige jaar)
<i>ke__vx</i>	index van de hoeveelheid kapitaaldiensten in efficiency-eenheden (ten opzichte van het basisjaar)
<i>kk__an</i>	hoeveelheid kapitaaldiensten (waarde in prijs van het basisjaar)

<i>kk_pi</i>	prijsindex van kapitaaldiensten (ten opzichte van het vorige jaar)
<i>kk_pn</i>	prijs van kapitaaldiensten
<i>kk_px</i>	prijsindex van kapitaaldiensten (ten opzichte van het basisjaar)
<i>kk_rn</i>	vereist kapitaalrendement na belastingen
<i>kk_jrn</i>	vereist kapitaalrendement vóór belastingen
<i>kk_vi</i>	éénjaars index van de hoeveelheid kapitaaldiensten in normale eenheden
<i>kk_vn</i>	hoeveelheid kapitaaldiensten (waarde in prijs van het vorige jaar)
<i>kk_vr</i>	relatieve mutatie van de hoeveelheid kapitaaldiensten in normale eenheden
<i>kk_wn</i>	kosten van kapitaaldiensten
<i>ko_qn</i>	volume overige kapitaalmutaties (in prijzen vorige jaar) uitgedrukt in kapitaalgoederenvoorraad van vorig jaar
<i>ks_qn</i>	afschrijvingsvoet: volume fysieke afschrijvingen (in prijzen vorige jaar) uitgedrukt in kapitaalgoederenvoorraad van vorig jaar
<i>ksfqn</i>	fiscale afschrijvingsvoet
<i>kt_ti</i>	éénjaars index van de bedrijfstijd (aantal uren in bedrijf)
<i>kt_tx</i>	index van de bedrijfstijd in uren per bedrijfsjaar (ten opzichte van het basisjaar)
<i>le_an</i>	hoeveelheid arbeidsdiensten in efficiency-eenheden (waarde in prijs van het basisjaar)
<i>le_pi</i>	éénjaars prijsindex van arbeidsdiensten in efficiency-eenheden
<i>le_px</i>	prijsindex van arbeidsdiensten in efficiency-eenheden (ten opzichte van het basisjaar)
<i>le_vi</i>	éénjaars index van de hoeveelheid arbeidsdiensten in efficiency-eenheden
<i>le_vn</i>	hoeveelheid arbeidsdiensten in efficiency-eenheden (waarde in prijs van het vorige jaar)
<i>le_vx</i>	index van de hoeveelheid arbeidsdiensten in efficiency-eenheden (ten opzichte van het basisjaar)
<i>lk_an</i>	hoeveelheid arbeidsdiensten (waarde in prijs van het basisjaar)
<i>lk_pi</i>	prijsindex van arbeidsdiensten (ten opzichte van het vorige jaar)
<i>lk_pn</i>	prijs van arbeidsdiensten (per arbeidsjaar)
<i>lk_px</i>	prijsindex van arbeidsdiensten (ten opzichte van het basisjaar)
<i>lk_qn</i>	aandeel van arbeid in de productiekosten
<i>lk_vi</i>	éénjaars index van de hoeveelheid arbeidsdiensten in normale eenheden
<i>lk_vn</i>	hoeveelheid arbeidsdiensten (waarde in prijs van het vorige jaar)
<i>lk_wn</i>	kosten van arbeidsdiensten
<i>ll_pn</i>	loonvoet (per arbeidsjaar)
<i>ll_wn</i>	loonsom van werknemers
<i>lz_wn</i>	toegerekend looninkomen van zelfstandigen
<i>re_rn</i>	reëel structureel rendement op een alternatieve belegging
<i>rebrn</i>	reëel structureel rendement op vreemd vermogen
<i>rlxrn</i>	structurele rendement op een alternatieve belegging
<i>rlbrn</i>	structurele rendement op vreemd vermogen

<i>rl_rnt</i>	structurele lange rente
<i>rr_rnt</i>	structurele risicopremie aandelen
<i>rrbrnt</i>	structurele risicopremie obligaties
<i>tskqn</i>	gemiddeld tarief van kapitaalgerelateerde indirecte belastingen minus subsidies
<i>tslqn</i>	gemiddeld tarief van loongerelateerde indirecte belastingen minus subsidies
<i>vtqn</i>	tarief van de vennootschapsbelasting
<i>ybban</i>	productievolume (waarde in basisprijzen van het basisjaar)
<i>ybb_{sn}</i>	mark-up factor (verhouding basisprijs : kostprijs)
<i>ybb_{vi}</i>	éénjaars volume-index van de productie
<i>ybb_{vn}</i>	productievolume tegen basisprijzen (waarde in prijzen van het vorige jaar)
<i>ybb_{vx}</i>	volume-index van de productie
<i>ybk_{pi}</i>	éénjaars kostprijsindex van de productie
<i>ybk_{px}</i>	kostprijsindex van de productie
<i>ybk_{vn}</i>	productievolume tegen kostprijzen (waarde in prijzen van het vorige jaar)

Alle indices zijn 1 in het basisjaar. Dat kan een vast basisjaar (*x* op positie 5) of het vorige jaar (*i* op positie 5) zijn. Als suffixen worden gebruikt:

0	waarde in het basisjaar
-1	waarde in het vorige jaar
<i>e</i>	productie bij een gegeven inzet van arbeid en kapitaal, ofwel potentiële productie
<i>k</i>	schaduwprijs van de feitelijke factorvraag
<i>l</i>	factorvraag en bijbehorende kostprijs bij een bepaald gewenst productievolume