

HOOFDSTUK 2

DE BOUWSTENEN VAN EEN DOELMATIGE KENNISBASIS

Ferguson Hessler (1989) geeft aan dat de inhoud van de kennisbasis van een gegeven vak bepaald wordt door de *leerstoflijst* en de *lijst van doelstellingen*. De eerste geeft de vakinhoudelijke specificatie van de vakkennis, opgesplitst in declaratieve, procedurele, situationele en strategische kennis. De tweede geeft aan wat de studenten met de opgesomde leerstof moeten kunnen doen, dat wil zeggen welke theoretische en praktische vaardigheden zij moeten beheersen. Het 'begrijpen van een verband' is daarbij te definiëren als 'het hebben van kennis', zoals vastgelegd in de leerstoflijst en 'het beheersen van een aantal vaardigheden' zoals vastgelegd in de lijst van doelstellingen.

De leerstoflijst en de lijst van doelstellingen kunnen opgenomen worden in een leerplan. Ook de wijze waarop kennis overgedragen dient te worden, zou vastgelegd kunnen worden in dit leerplan. Wat betreft de economische vakken in het voortgezet onderwijs is dit tot op heden niet gebeurd. Men volstaat doorgaans met een leerstoflijst die zich beperkt tot declaratieve kennis, zonder nadere specificatie van de doelstellingen en zonder aanbevelingen hoe de kennis overgedragen zou kunnen worden. (ACLO-ER, 1981; SLO, 1989).

2.1 Leerpsychologische uitgangspunten

De eerste term die aandacht verdient betreft de term *probleem oplossen*. In de literatuur bestaat een verschil tussen de reikwijdte van het begrip 'oplossen' en het begrip 'oplossing'. Met de term 'oplossen' duidt men op het gehele proces vanaf het lezen van de probleembeschrijving tot het bereiken van de uitkomst. T. de Jong (1986, blz. 1) geeft zelfs aan dat de term probleem oplossen langzamerhand synoniem begint te worden met 'op kennis gebaseerd handelen'.

Anderzijds deelt men het probleem oplossen in twee globale fasen in: de probleem-analyse en de probleem-oplossing. Schouten-Van Parreren (1981, blz. 155) onderkent daarop aansluitend twee soorten denktechnieken: probleem-analysemethoden en probleem-oplossingsmethoden. De probleem-analysemethoden moeten ondersteuning geven in de fase vanaf het lezen van de probleembeschrijving tot het onderkennen van de structuur van het probleem. De probleem-oplossingsmethoden moeten daarop aansluitend zicht geven op de uitwerking van het probleem tot de uitkomst. Dit onderzoek richt zich zowel op de probleem-analysemethoden als de probleem-oplossingsmethoden.

2.1.1 Denktechnieken

Bij het aanpakken van een probleem begint de probleem oplosser met een fase waarin hij de kenmerken van het probleem tracht te onderkennen. Dit gebeurt door transformatie van het probleem waaronder Van Parreren (1981,a, blz. 162) verstaat het vervangen van een probleem door een ander probleem of eventueel het splitsen van het probleem in meerdere problemen. In deze fase hanteert de oplosser probleem-analysemethoden ofwel denkgeregels. Zodra een of meer kenmerken van een probleem zijn vastgesteld kan de oplosser volgens Van Parreren (1981,b) trachten een oplossingsmethode toe te passen. Daarbij kan het zijn dat de oplosser een oplossingspad weet dat bij correcte toepassing leidt tot het juiste antwoord (als kenmerk a zich voordoet, doe dan b). Er is dan sprake van een *algoritme*.

Het kan ook zijn dat de oplosser een idee krijgt over de richting waarin hij de oplossing kan zoeken (als kenmerk a zich voordoet, probeer dan b). In dit laatste geval is sprake van een *heuristiek* (Polya, 1954). Heuristieken zijn vuistregels die de kans op succes vergroten. In deze omschrijving zijn algoritmen en heuristieken gebonden aan het ontdekken van kenmerken van domeinspecifieke vraagstukken en ze zijn dus vakgebonden.

De beschrijving van het oplossingsproces krijgt nog een aanvulling door Van Parreren (1981,a), doordat hij onderscheid maakt tussen *heuristisch denken* en het *gebruik van heuristieken*. Het heuristische denken omvat altijd productief, creatief denken gericht op de analyse van het probleem. De benaming 'heuristisch' legt de nadruk op de gerichtheid, het zoeken in een bepaalde richting, waardoor deze vorm van denken gekenmerkt is. Als dat geen resultaat oplevert, kan gebruik gemaakt worden van heuristieken.

Deze kunnen worden beschouwd als 'gestolde' vormen van probleem-analyse. Het zijn transformatieregels opgesteld door de vorige generatie probleem-oplossers. Indien het een doelstelling van het onderwijs is om leerlingen heuristisch te leren denken, dan is het doel van de opleiding om iemand te *leren zoeken naar samenhangen*. Het inzichtelijk analyseren staat daarbij voorop. Heuristieken toepassen is iets van andere orde. Inzicht in samenhangen en het verwerven van inzicht in samenhangen zijn daarbij geen expliciet doel.

Van Parreren verwijst naar Duncker en Selz als grondleggers van een visie op probleem-analysemethoden. Duncker onderscheidde doel-analyse, situatie-analyse en conflict-analyse als algemene methoden om problemen aan te pakken. Anderson (1981, 1985) bouwt ook voort op het werk van Duncker. Onder verwijzing naar Newell and Simon definieerde hij het oplossen van problemen als het doorlopen van een probleemruimte waarin het probleem verschillende stadia doormaakt, ofwel probleemtoestanden doorloopt.

Hij ontwikkelde een *bewijs-boom* voor meetkundige problemen waarbij het doel bovenaan de boomstructuur staat en waarbij uit het doel subdoelen worden afgeleid (doel-analyse) totdat de relatie met de gegevens is gelegd. Proefpersonen in zijn onderzoek bleken het bewijs echter op te bouwen door enerzijds vanuit het einddoel subdoelen te formuleren, maar anderzijds ook gegevens te combineren tot hypothesen (situatie-analyse), dat wil zeggen tot beweringen die zij later wellicht zouden kunnen gebruiken. Het probleem werd daardoor ingeperkt tot het zoeken van de relatie tussen de subdoelen en de hypothesen.

In situaties waarbij zowel het doel als de middelen op voorhand gegeven zijn, ligt het voor de hand om tot een combinatie van de doel-analyse en de situatie-analyse te komen en te spreken van een doel-middelenanalyse (Anderson, 1985). Van Streun (1989) kiest hiervoor na aanvankelijk (1983) uitgegaan te zijn van de twee afzonderlijke analysevormen bij de codering van hardop-denken-protocollen van wiskundige vraagstukken. Ook bij de analyse van het bedrijfseconomische vraagstuk dat door 6 leerlingen hardop-denkend is opgelost, bleek het onderscheiden van doel-analyse en middelen-analyse grote problemen op te leveren (Zwierink, De Ruyter en Wortel, 1993). Dit was vooral het geval als leerlingen een trial-and-error methode uitvoerden en de situatie-analyse niet als hypothese formuleerden maar direct ten uitvoer brachten in rekenkundige bewerkingen. De uitwerking en de analyse vielen dan samen.

De doel-analyse biedt voor leerlingen die bedrijfseconomisch onderwijs volgen de mogelijkheid om tot een identificatie met de rol van ondernemer te komen. Juist die identificatie biedt de ruimte om de dagelijkse praktijk als uitgangspunt te nemen en de vraag te stellen, welke gegevens nodig zijn om antwoord te vinden op een bepaalde vraag. De vraag dwingt dan tot een logische analyse vanuit het gevraagde via beredeneerbare samenhangen en via voorstelbare vereenvoudigingen naar de vereiste gegevens. Vervolgens kan vanuit de waarde van de gevonden gegevens de weg terug gevolgd worden naar de waarde van het gevraagde.

Het is voorstelbaar dat een probleem-oplosser op basis van een correcte doel-analyse gegevens moet opvragen die nodig zijn om de juiste uitkomst te vinden. Een computerprogramma zou deze onderwijsvorm kunnen verzorgen omdat een computer gegevens buiten het gezichtsveld van een leerling kan houden. Een boek kan dat niet. Boeken kunnen wel gegevens en informatie weglaten, maar ze kunnen die niet alsnog beschikbaar stellen wanneer een leerling vastloopt. Daarom dragen zij bij aan een onderwijsvorm waarin het vanzelfsprekend is dat doel en middelen tegelijk bekend zijn. In het huidige onderwijs is het boek het meest gangbare leermiddel. De gevolgen van deze keuze voor de structuur van kostprijs- en nettowinstvraagstukken, worden nader besproken in hoofdstuk 5.

In geval een probleem-oplosser direct, dat wil zeggen zonder dat verdere transformatie nodig is, een probleem als een bekend type probleem herkent, is de fase van probleem-analyse summier en kan volgens Van Parreren (1981,b) van probleemidentificatie gesproken worden. Van Streun (1989) onderscheidt daarbij *meerdere niveaus van herkenning*. De herkenning kan bestaan uit het identificeren van het probleemtype en tevens uit het reproduceren van de daarbij behorende oplossingsmethode. Het proces is daarentegen als 'productief herkennen' te kenschetsen indien een bekende methode geabstraheerd moet worden vanuit het kenniscomplex van de oplosser voor gebruik in een nieuwe situatie. Een derde niveau van herkenning betreft het identificeren van gelijksoortige situaties. In verschillende probleemsituaties wordt dezelfde essentie herkend.

Bedrijfseconomisch onderwijs, dat gebaseerd is op het gebruik van voorbeelden als instructie-strategie, is gericht op het *productief herkennen*. De leerlingen krijgen een probleem met uitwerking en al voorgelegd. Dit voorbeeld kunnen zij opnemen in hun kenniscomplex, hetzij door toevoeging als losstaande kennis, hetzij door verbinding van de kennis met reeds bestaande kennis. Ferguson Hessler (1989) spreekt in dat verband van 'diepgaande

verwerking'. Vanuit het voorbeeld dienen leerlingen overeenkomstige situaties te identificeren. Dit proces van herkenning moet er dan toe leiden dat de leerlingen het oplossingspad abstraheren vanuit het voorbeeld en dit vertalen naar de nieuwe situatie. In de hoofdstukken 6 en 7 wordt de effectiviteit van deze wijze van instructie vergeleken met de effectiviteit van een methode waarbij de probleem-analyse voorop staat.

2.1.2 Fasen in het oplossen van problemen

Al deze denktechnieken zijn beschikbaar om een probleem te transformeren in een zodanige vorm dat de oplossing is vast te stellen. Doornbos en Van Streun (1981) spreken in hun beschrijving van het oplossingsproces van de ontwikkeling van de *mentale voorstelling* van de probleemsituatie. Op ieder ogenblik van het denkproces bestaat deze mentale voorstelling en vertoont een bepaalde ontwikkelingsstand, waar de oplosser zich niet altijd van bewust is. T. de Jong (1986) beschrijft uitvoerig hoe in de cognitieve psychologie vrij algemeen wordt aangenomen dat een persoon die een probleem oplost een dergelijke mentale voorstelling ofwel een *probleemrepresentatie* van dat probleem construeert.

Binnen de probleemrepresentatie onderscheidt T. de Jong vier fasen, die meer functioneel dan volgtijdelijk zijn. Twee fasen hebben betrekking op het analyseren van problemen en twee fasen hebben betrekking op het oplossen van problemen. Vanuit de probleembeschrijving die de oplosser krijgt voorgelegd, kan deze zich een voorstelling trachten te maken van de probleemsituatie. Dit is de eerste fase. Hiervoor is nodig dat de probleem-oplosser zijn subjectieve (en dus selectieve) waarneming van de probleembeschrijving combineert met kennis over probleemsituaties vanuit het geheugen. Dit proces leidt tot een *initiële representatie van het probleem*. In deze initiële representatie is nog geen informatie over het oplosproces verwerkt maar alleen kennis van probleemsituaties waardoor een categorisering van het probleem tot stand is gekomen.

Vanuit de initiële representatie van de probleemsituatie vindt door toevoeging van informatie over de mogelijke oplossing (oplosinformatie) de ontwikkeling plaats van een *volwaardige representatie* van het probleem. Dit is de tweede fase. De informatie is deels te ontleen aan de opgave en deels aan het geheugen. Ook hier zal de oplosser niet aanwezig, maar voor hem of haar logische, informatie toevoegen aan de voorstelling die hij of zij zich maakt van het probleem. Zo kan de probleem-oplosser zich realiseren dat er bepaalde tussenstappen nodig zijn, waarvoor aparte procedures of begrippen van belang zijn.

Is het probleem eenmaal geanalyseerd dan treedt de derde fase in doordat de oplossing geformuleerd kan worden. Deze fase van de probleemaanpak betreft de vaststelling van de feitelijke *oplossingsroute* ofwel het oplossingspad. Ferguson Hessler (1989) omschrijft dit als het kiezen van een aantal deelproblemen die in een bepaalde volgorde zullen worden opgelost om tot het gevraagde antwoord te komen. Door manipulatie van de gebundelde informatie over de opgebouwde probleemrepresentatie ontstaan de successieve stappen die voor uitvoering in aanmerking dienen te komen. Hiervoor zijn algemene en vakspecifieke procedures nodig die de oplosser uit het geheugen moet halen.

De vierde fase in het oplosproces betreft de uitwerking van de oplossingsroute tot de *uitkomst in de vereiste vorm*. Dat kan een rekentechnische vorm zijn, zodat van de 'uitkomst' gesproken kan worden. In dat geval wordt de oplossing weergegeven door één of enkele getallen. Het kan ook zijn dat een grafiek, schema, tabel of een bijzondere representatievorm gevraagd wordt, zodat de term 'antwoord' meer adequaat is.

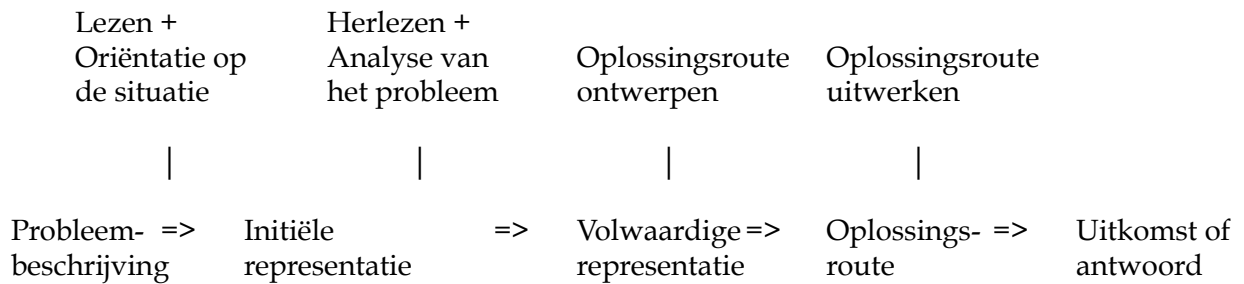
Onbesproken tot nu toe is de rol van het *controleren* als deel van het oplosproces. Volgens de russische leerpsycholoog Gal'perin, bestaat het wezen van de aandacht uit controle (Van Parreren en Carpay, 1980). Hij hanteert de hypothese dat aandacht een geautomatiseerde controle-operatie is. In de cognitieve psychologie wordt de 'controle' vaak als aparte (en tevens als laatste) fase opgenomen in het oplosproces (o.a. T. de Jong, 1986; Ferguson Hessler 1989). Hamaker, Van Thiel en Van Essen (1990) constateerden dat zeer weinig leerlingen uit hun groep spontaan tot controle overgingen. Hun advies is dat leerlingen de aanbeveling krijgen voor het uitvoeren van controlehandelingen een andere representatie (grafisch, analytisch, rekentechnisch of verbaal) en/of een andere oplossingsroute te kiezen zodat niet een herhaling van identieke handelingen plaats hoeft te vinden.

Schoenfeld (1989) spreekt van 'monitoring' en doelt daarmee op een bepaald aspect van de metacognitie: de *zelfregulatie*. Aangezien het doelmatig is om elke transformatie op juistheid te controleren en bij te sturen indien het feitelijk verloop van het proces afwijkt van het gewenste verloop, behoeft elke fase in het probleem oplossen in principe controle. Voor zover de tijd niet beschikbaar is om alle noodzakelijke controlehandelingen uit te voeren, zal de oplosser op efficiëntiegronden vervolgens een keuze moeten maken uit de controlehandelingen waar het meeste effect van te verwachten is. Als laatste fase van het probleem-oplossen noemt Schoenfeld de fase van *verifying*. Dat is meer dan controleren of de uitkomst correct is. Het is ook meer dan evalueren of de gevonden oplossingsmethode de beste of de snelste is.

Hij pleit er zelfs voor om de uitkomst als middel te beschouwen en niet als doel. Het doel van de opgave is om het probleem te doorgronden. Het vinden van een uitkomst is één manier om zicht te krijgen op de structuur van het probleem. Juist door meerdere oplossingen te zoeken, of door variaties te bedenken op hetzelfde probleem, ontstaat het inzicht in het probleem. Voor een deel komt dit tot uiting doordat meerdere opgaven over hetzelfde probleem gaan, maar leerlingen moeten dat dan niet zien als losse opgaven over hetzelfde onderwerp, maar als meerdere benaderingen van hetzelfde probleem.

Om een beeld te schetsen van het proces van probleem oplossen is in schema 2.1 een functionele beschrijving van het oplosproces in schematische vorm weergegeven. Warries en Pieters (1992) beschrijven onder verwijzing naar Mayer een gelijksoortig model. Het schema bevat niet alle termen en alle varianten die in het voorgaande zijn besproken. Het geeft slechts een beeld van de hoofdlijnen van het proces van probleem oplossen. In het navolgende zal dit beeld verder gespecificeerd en genuanceerd worden. De fase van evalueren of verifiëren blijft in dit schema buiten beschouwing evenals het proces van 'monitoring' dat permanent plaats kan vinden.

Schema 2.1 Globaal verloop van het oplossen van problemen



2.1.3 Soorten van kennis

Jorna (1989) geeft aan dat de cognitieve psychologie drie kernbegrippen hanteert: symboolsysteem, (mentale) representatie en computatie. Symboolsystemen, zoals het alfabet of het notenschrift zijn de constituerende bestanddelen van de representaties. Computaties zijn de *verwerkingsprocessen* die de omzetting van de ene representatie in een andere representatie uitvoeren. Representaties worden volgens Jorna in de cognitieve psychologie op uiteenlopende wijzen gedefinieerd. De connotatie van het begrip ontleent hij aan Palmer: **iets staat voor iets anders**. Deze omschrijving is recursief toe te passen.

Indien deze opvatting wordt toegepast op kostprijs- en nettowinstvraagstukken kunnen we de tekst van een vraagstuk opvatten als een representatie van een probleemsituatie in het hoofd van de auteur van het vraagstuk. Deze probleemsituatie kan weer opgevat worden als een representatie van een van de achtergrondmodellen waaraan de bedrijfseconomie rijk is. Het achtergrondmodel is weer te beschouwen als een representatie van een bepaald type administratieproces zoals dat zich in de werkelijkheid voordoet. Het voorbeeld uit de Inleiding geeft aan wat er mis kan gaan in het hoofd van een auteur als de achtergrondmodellen niet goed getransformeerd worden tot een vraagstuk.

De mentale voorstelling van een probleem ontwikkelt zich in fasen. Voor elke fase kan gezocht worden naar een beschrijving van de invoer. De verwerking van de invoer in een bepaalde fase leidt tot de uitvoer van een nieuwe representatie van het probleem. Deze uitvoerrepresentatie is beschikbaar als invoerrepresentatie voor de volgende fase. Toevoeging van nieuwe kenniselementen leidt tot nieuwe verwerkingsprocessen en daarmee tot een nieuwe uitvoer. Dit leidt tot de vraag welke soorten kennis toegevoegd dienen te worden ten einde het oplossingsproces succesvol te laten verlopen.

Volgens Anderson c.s. (1981) zal een beginner beroep moeten doen op andere kennis dan de expert. Beginners zullen alleen een beroep kunnen doen op feitelijke kennis en algemeen geldige procedures c.q. procedures die geldig zijn voor andere terreinen. Zij moeten nieuwe informatie vastleggen in zgn propositionele netwerken en beschikken dan over 'declaratieve kennis'. Dit is kennis die in diverse richtingen gebruikt kan worden zonder dat het gebruik in een bepaalde richting al vast ligt.

Met behulp van *algemene interpretatieprocedures* kan deze kennis geschikt gemaakt worden voor toepassing in bijzondere omstandigheden door de omstandigheden te interpreteren.

Door herhaalde toepassing van declaratieve kennis kan de interpretatie als tussenstap verdwijnen. De kennis is direct bruikbaar geworden in de vorm van procedures die contextgebonden zijn. Deze vorm van leren noemen Anderson c.s kenniscompilatie. Glaser en Bassok (1989) geven nog een nadere uitwerking aan de wijze waarop de kenniscompilatie verloopt.

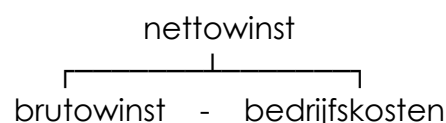
Anderson (1985) omschrijft proposities als de kleinste kenniseenheden waarover de uitspraak 'waar' of 'onwaar' gedaan kan worden. Naast proposities onderkent Anderson productieregels. Productieregels zijn een nadere uitbouw van proposities. Deze zijn opgebouwd uit conditie-actie paren (als ... dan ... relaties). Zodra aan de relatie is voldaan, wordt de actie uitgevoerd. Het verwerven van productieregels (procedurele kennis) verloopt niet door het coderen en opslaan van informatie, zoals het geval is bij declaratieve kennis, maar door het uitvoeren van mentale handelingen.

Zo zou de zin: "De nettowinst is gelijk aan het verschil tussen de brutowinst en de bedrijfskosten" in het geheugen opgeslagen kunnen worden als propositie. Uit deze propositie is de volgende productieregel af te leiden:

ALS de brutowinst is gedefinieerd
EN de waarde van de brutowinst is gegeven
EN de bedrijfskosten zijn gedefinieerd
EN de waarde van de bedrijfskosten is gegeven
EN de nettowinst is gedefinieerd als het verschil tussen de brutowinst en de
 bedrijfskosten
DAN kan de nettowinst berekend worden als het verschil tussen de waarde van de
 brutowinst en de waarde van de bedrijfskosten.

Op basis van proposities zijn grotere kenniseenheden samen te stellen met daarbij aansluitende stelsels van productieregels. De brutowinst heeft nog een nadere definiëring en mogelijk een nadere omschrijving van de wijze waarop deze berekend kan worden. Ook de bedrijfskosten kunnen nader omschreven worden in een propositie met bijpassende productieregel. Zodoende kan een procedure ontstaan voor de berekening van de gezochte nettowinst. De beschreven wijze om de proposities en productieregels te representeren is voor grotere eenheden echter niet overzichtelijk. Daarom zullen deze worden weergegeven in een schematische representatie waarin de relaties tussen de grootheden staan weergegeven.

Deze representatie ('iets staat voor iets anders') gaat met enig informatieverlies gepaard, maar heeft als voordeel dat zowel de propositie als de productieregel uit het schema zijn af te leiden. Van boven naar beneden is de propositie af te lezen, van beneden naar boven de productieregel zodra de corresponderende waarden van de brutowinst en de bedrijfskosten worden ingevuld. De propositie zal worden aangeduid als het *handelingsvoorschrift* waarmee de waarde van een bepaalde grootheid berekend kan worden.



Op basis van dit type triades zijn kennisstructuren te beschrijven die een representatie zijn van bedrijfseconomische procedures die op hun beurt weer beschrijvingen zijn van bedrijfsgebonden administratieve handelingen. Elke grootheid onder in de hiërarchie is op te vatten als een *aankoppelingspunt*, dat wil zeggen als een plaats waar hetzij een waarde, hetzij een volgende triade aan te koppelen is. In hoofdstuk 3 volgt met behulp van deze representatiewijze een beschrijving van enkele kennisstructuren uit de bedrijfseconomie. Daarbij zal aandacht besteed worden aan de definiëring van de begrippen die nodig is om tot een eenduidige uitvoering van de productieregels te komen.

De bovenomschreven interpretatie van de visie van Anderson sluit aan bij de visie van Norman, Gentner & Stevens (1976). Zij stelden reeds dat voor de organisatie van de kennis in het geheugen kennis van situaties van groot belang is. Daarbij stellen zij het zo voor dat experts in staat zijn kennis te ordenen in modellen die opgebouwd zijn uit variabelen. Zodra er een confrontatie is met een feitelijke situatie kunnen experts de variabelen in het model van de probleemsituatie een waarde toekennen. Dat kan zowel een getalswaarde zijn als een ondergeschikte propositie.

De variabelen die in de feitelijke situatie geen waarde hebben, krijgen een standaardwaarde. In de informatica spreekt men van default-waarden, dit zijn waarden die automatisch ingevuld worden in een programma ten einde de voortgang op de meest waarschijnlijke manier te garanderen. De term 'default' is afgeleid van het de uitdrukking "to be judged by default", hetgeen betekent "bij verstek veroordeeld".

Breuker (1980), die veel aandacht besteed heeft aan het in kaart brengen van leerstof, onderscheidt drie niveaus die binnen de conceptuele kennis zijn te onderkennen: lexicale kennis, specifieke kennis en kaders. Lexicale kennis heeft betrekking op kennis van woordbetekenissen. Specifieke kennis heeft betrekking op de samenhang tussen feiten en begrippen. Kaders hebben betrekking op de grotere gehelen waar de specifieke kennis is ingebouwd. Zij zijn in grote mate bepalend voor de toegang tot de specifieke kenniselementen. Zij worden in de literatuur ook wel aangeduid met termen als 'frame', 'script' en 'schemata'.

Larkin (1983) geeft aan dat experts in de natuurkunde zich eerst een *natuurkundige voorstelling* maken van een probleemsituatie voordat zij overgaan tot het formuleren en uitwerken van een wiskundige voorstelling. Beginners trachten direct te komen tot een wiskundige voorstelling, op grond van, wat zij noemt, een naïeve voorstelling. Deze is gebaseerd op objecten uit de realiteit, welke schijnbaar worden gestuurd door tijdgebonden, waarneembare verschijnselen.

De natuurkundige representatie van experts daarentegen is gebaseerd op concepten die als fictieve entiteiten bestaan binnen de wetenschap. Voor de economische wetenschap is te postuleren dat economische experts zich ook een economische representatie vormen van een probleemsituatie voordat zij zich een beeld vormen van de mathematische of rekenkundige bewerkingen die moeten plaatsvinden.

Larkin heeft voorts aanwijzingen dat experts, bij het ontwikkelen van een natuurkundige voorstelling, gebruik maken van *schema's*, die aankoppelingspunten ('slots') bevatten. Deze

punten bieden de mogelijkheid om aanvullende informatie in op te nemen, welke gerelateerd is aan de beschikbare data uit het probleem. Indien de problemen ingewikkeld zijn, maken experts inschattingen over de consistentie en de adequaatheid van het samenstel aan schema's waarmee zij hun natuurkundige representaties opbouwen. Daarna gaan zij over tot de formulering van de wiskundige voorstelling.

Riemersma (1991, blz. 5) onderzocht het oplossen van wiskundige problemen in het voortgezet onderwijs. Hij merkte op dat de start van een succesvol probleemoplossingsproces bij wiskundige opgaven, gelegen is in de vorming van een wiskundige representatie van het probleem. Het zwakke punt in het onderwijs is volgens Riemersma dat een dergelijke kansrijke representatie onvoldoende aandacht krijgt. Een voorwaarde om wel tot een goede wiskundige representatie te komen is de ontwikkeling van de vaardigheid om voorkennis en beschikbare strategieën te verwoorden. Ook Mettes (1985) bracht naar voren dat experts over grote en goed georganiseerde systemen van procedurele kennis beschikken. Zij kunnen uit signalen in probleembeschrijvingen kennis oproepen die georganiseerd is in probleemschemata.

Mettes en Pilot (1980) hanteerden twee informatiebronnen om *strategische kennis* te beschrijven die nodig is bij het oplossen van problemen uit de thermodynamica. De eerste betreft de literatuur over probleem oplossen en de tweede betreft het feitelijk handelingsverloop van beginners en experts bij het oplossen van vraagstukken. Zij omschreven het feitelijk handelingsverloop als het oplossingsproces dat feitelijk werd waargenomen bij proefpersonen en zoals dat is vastgelegd met behulp van hardop-denken protocollen.

Zij ontwikkelden een model voor het oplossingsproces van thermodynamische problemen en legden dit naast de protocollen. Daarmee kon een tweede model ontworpen worden dat beter aansloot op het oplossingsproces zoals dat feitelijk was waargenomen bij de proefpersonen. Met dit model kon de algemene structuur van het verloop van het oplossingsproces beschreven worden in denkpsychologische en dus niet-vakinhoudelijke termen. Tot slot hebben Mettes en Pilot een stelsel van heuristieken en denkgeregels ontworpen dat als Gewenst Handelings Verloop aan studenten is voorgelegd en getoetst.

T. de Jong (1986) en Ferguson Hessler (1989) hebben hun onderzoek mede gebaseerd op het werk van Mettes en Pilot. Daarbij hebben zij enige afstand genomen van de gedetailleerde omschrijving van het Gewenst Handelings Verloop en de accenten verlegd naar de samenhang tussen de diverse kennissoorten die nodig zijn om vraagstukken op te lossen. Zij signaleren een eenzijdige aandacht voor begripsmatige kennis en voor algoritmen (c.q. kant-en-klare-uitwerkingen). Zij willen de aandacht meer richten op onderwijs waarin de kennis van situaties en de kennis van strategieën om problemen aan te pakken centraal staat.

Daarom spreken zij van een kennisrepertoire en onderscheiden daarbij vier soorten van kennis:

- situationele kennis,
- declaratieve kennis,
- procedurele kennis en
- strategische kennis.

Situationele kennis heeft betrekking op typen van probleemsituaties. Experts beschikken in tegenstelling tot beginners over modellen van probleemsituaties. Het kunnen onderscheiden van relevante kenmerken van een probleemsituatie is de basis voor het selecteren van begrippen, grootheden en procedures die binnen de desbetreffende situatie van belang zijn. Situationele kennis is vooral van belang in de eerste fase van het opbouwen van een probleemrepresentatie. Bij de ontwikkeling van een initiële representatie kan de oplosser op basis van de kennis van probleemsituaties de beschrijving aanvullen. Zo is in de bedrijfseconomie informatie over het bedrijfstype van groot belang bij het interpreteren van een vraagstuk.

Declaratieve kennis heeft betrekking op kennis waar een probleem-oplosser paraat over moet kunnen beschikken: begrippen, grootheden, formules, principes, e.d. Het zijn de informatie-eenheden die doorgaans in de leerboeken beschreven staan. Declaratieve kennis speelt in alle fasen van het probleem-oplossen een rol, maar het grootste belang ligt in de tweede fase, wanneer de initiële representatie ontwikkeld moet worden tot een volwaardige representatie.

Procedurele kennis heeft betrekking op datgene wat men met de declaratieve kennis kan doen. Zij geven een 'als .. dan ..' relatie aan. Bij deze soort van kennis gaat het om acties, manipulaties of handelingen die in een specifiek vakgebied zijn toegestaan. Hieronder vallen dus ook algoritmen en vakspecifieke rekentechnieken (zoals de berekening van 'het percentage onder het honderd' bij bedrijfseconomie). Het grote belang van procedurele kennis ligt in de derde fase van het probleem-oplossen: de uitwerking van de volwaardige probleemrepresentatie tot de feitelijke oplossing. Het hanteren van algemene rekenregels die niet vakgebonden zijn, rekenen T. de Jong en Ferguson Hessler niet tot de procedurele kennis.

Strategische kennis heeft betrekking op de planning van het hele oplosproces. Volgens Posner en McLeod (1982) kan een strategie gezien worden als een algemeen actieplan waarin de volgorde van afzonderlijke cognitieve handelingen is vastgelegd.

Ferguson Hessler en T. de Jong splitsen situationele kennis af van declaratieve kennis. Daarmee wijken zij af van de definitie die Anderson hanteert. Vanuit didactisch oogpunt is het wellicht aantrekkelijk bij het formuleren van instructie-strategieën een aparte kennis-soort vorm te geven. Vanuit het perspectief van de denkpsychologie is het echter de vraag of situationele kenmerken niet gewoon behoren tot de declaratieve kennis. Indeling van situationele kennis als onderdeel van declaratieve kennis heeft dan tot voordeel dat de samenhang tussen begripsmatige kennis en de context waarbinnen die begrippen gedefinieerd zijn, beter tot haar recht komt.

Ook het onderkennen van strategische kennis als aparte kenniscategorie is geen vanzelfsprekende zaak. Noch Mettes als representant van de handelingstheoretische benadering (Mettes, 1985), noch Anderson als representant van de cognitivistische benadering (1985) onderkennen strategische kennis als aparte kennissoort. Voor zover zij meta-kennis, dat wil zeggen kennis over de eigen kennis, onderscheiden, vatten zij dat onder procedurele kennis.

T. de Jong (1986) en Ferguson Hessler (1989) noemen strategische kennis echter als aparte kennissoort, deels omdat kennis van oplossingsstrategieën als reflectie op het handelen een eigen karakter heeft, deels omdat op deze wijze expliciet aandacht gevraagd kan worden van docenten voor de vaardigheid om sturing te geven aan het proces van probleem oplossen.

Opvallend in het werk van T. de Jong (1986) is dat er wel sprake is van 'algemene cognitieve vaardigheden' of 'hulpkennis', maar dat hij in het kennisrepertoire geen plaats maakt voor kennis van een dergelijke categorie. Tot de algemene cognitieve vaardigheden behoren 'het trekken van conclusies' en 'het toepassen van eenvoudige rekenregels'. Ook het gebruik van algemene heuristieken, zoals de doelanalyse en de situatie-analyse zou ertoe gerekend kunnen worden. Het ligt dan ook voor de hand de kennis over algemene cognitieve vaardigheden als aparte kennissoort op te nemen.

Naast kennis van vakgebonden procedures, zou er dan een categorie *kennis van niet-vakgebonden procedures* bestaan. Het risico bestaat dat deze categorie een verzamelnaam wordt van kennis over moeilijk identificeerbare cognitieve handelingen, maar in de huidige indeling blijft deze categorie ook als restcategorie op de achtergrond meespelen. Overigens is met het onderkennen van niet-vakgebonden procedures als categorie niet gezegd dat deze onderwijsbaar zou zijn los van vakinhouden.

De kennis van de categorie 'strategische kennis' is de laatste jaren sterk toegenomen. Riemersma (1991) heeft met zijn onderzoek naar het leren oplossen van wiskundige problemen in het voortgezet onderwijs aangetoond dat het overbrengen van heuristieken op leerlingen tot betere onderwijsresultaten leidt. De voortdurende herhaling van instructies gericht op de aanpak en gericht op de bewustwording van de manier waarop de aanpak plaats vindt, blijken effectief te zijn.

Taconis, Stevens & Ferguson-Hessler (1992) maakten een inventarisatie van probleemoplossingsvaardigheden voor het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs. Zij gaven een omschrijving van de oplossingsactiviteiten die in afzonderlijke fasen van het oplossingsproces van natuurkundige problemen van belang zijn. Van Hout-Wolters (1992) geeft aan dat achter algemene vaardigheden zoals leesvaardigheid, studievaardigheid en probleemoplossingsvaardigheid een bijzonder soort vaardigheid schuil gaat, namelijk de vaardigheid in het gebruik van leesstrategieën, studeerstrategieën en probleemoplossingsstrategieën. Kennis van deze strategieën is kan onderwezen worden.

Boekaerts en Simons (1993) profileren de metacognitieve kennis en vaardigheden als een derde verklarende factor voor leerprestaties, naast domein-specifieke kennis en vaardigheden en naast cognitieve strategieën. Zij maken voorts een nader onderscheid tussen cognitieve strategieën (strategieën die gebruikt worden bij de informatieverwerking) en leerstrategieën (strategieën die specifiek gericht zijn op het bereiken van bepaalde leerdoelen). Afhankelijk van de aard en combinatie van leerstrategieën die leerlingen geneigd zijn te kiezen, zijn leerstijlen te definiëren.

Vermunt (1992) heeft nadere invulling gegeven aan de leerstijlen die studenten in het hoger onderwijs hanteren en de consequenties die dat heeft voor de theorie over het opzetten van

instructieprocessen. Hij onderscheidt 24 leeractiviteiten. Afhankelijk van de mate waarin studenten deze activiteiten zelf uitvoeren of ze laten uitvoeren door de docent zijn een viertal *leerstijlen* te onderscheiden: betekenisgerichte, reproductiegerichte, toepassingsgerichte en ongerichte leerstijl.

F. de Jong (1992) heeft onderzocht hoe metacognitie, opgevat als het zelf reguleren van het leerproces, van invloed is op het verwerken van informatie. Hij onderzocht de mogelijkheden voor 'zelfstandig leren' die optreden zodra leerlingen zicht krijgen op hun eigen kennisontwikkeling en daar sturing aan kunnen geven.

Al deze benaderingen gaan wat betreft de reflectie op strategieën om problemen op te lossen uit van enige bekendheid met de wijze waarop vraagstukken zijn gestructureerd en de wijze waarop leerlingen deze vraagstukken aanpakken. Voor de bedrijfseconomie is daar nog niet eerder onderzoek naar verricht. Dit onderzoek richt zich vooral op de cognitieve aspecten van het oplossen van een bepaalde categorie van bedrijfseconomische vraagstukken en levert daarmee een bijdrage aan de basis voor verdergaand onderzoek naar metacognitieve vaardigheden.

2.1.4 Opbouw van een doelmatige kennisbasis

De vraagstelling van dit onderzoek luidt:

Welke kennisbasis is doelmatig voor leerlingen uit het VWO en het HAVO om te komen tot een systematische aanpak van vraagstukken over de berekening van de kostprijs en de nettowinst?

Aan de hand van de besproken literatuur is het mogelijk om nu aan te geven wat onder een 'doelmatige kennisbasis' verstaan dient te worden. In algemene bewoordingen bestaat een doelmatige kennisbasis uit de kennis en kunde die vereist is om naast reproductie op directe vragen ook te komen tot het oplossen van problemen in nieuwe situaties en tot het inpassen van nieuwe onderdelen van de stof in de bestaande kennisstructuur (Ferguson Hessler, 1989). Het onderwijs heeft dan als algemeen geformuleerd doel een dergelijke kennisbasis aan te brengen. De inhoud van de kennisbasis die leerlingen nodig hebben om kostprijs- en nettowinstvraagstukken op succesvolle wijze op te lossen, dient opgebouwd te zijn uit de volgende elementen:

- a. *Declaratieve kennis*, opgebouwd uit kennis die nodig is om een initiële representatie van de probleemvoorstelling op te bouwen en deze uit te werken tot een volwaardige representatie. In hoofdstuk 3 zullen voor dit doel aan de orde komen: postulaten en principes, situationele kennis, begripsmatige kennis en formules.
- b. *Procedurele kennis*, opgebouwd uit kennis die leidt tot een effectieve uitwerking van problemen. In hoofdstuk 4 zal daartoe onderscheid gemaakt worden tussen vakgebonden procedurele kennis en niet-vakgebonden procedurele kennis.

Kennis van niet-vakgebonden procedures is gericht op het analyseren van de probleemsituatie met behulp van algemene interpretatieprocedures, heuristisch denken

en algemene heuristieken, alsmede vaardigheden gericht op het trekken van conclusies, het uitvoeren van controleberekeningen en het beschikken over hulpkennis zoals algemene reken- en leesvaardigheden.

Kennis van vakgebonden procedures bestaat uit kennis van regels om bedrijfseconomische grootheden een transformatie te laten ondergaan, specifieke heuristieken, algoritmen en vakgebonden rekentechnieken die nodig zijn om de initiële representatie van het probleem in successieve stappen uit te werken tot een oplossing. Bij algoritmen zullen niet zozeer de vaste oplossingsroutes voor standaardvraagstukken aan de orde komen, want zodra iemand zich die routes herinneren kan behoren deze tot de declaratieve kennis, maar de bijzondere representatievormen die de algoritmen structureren. Te denken valt aan scontro- en staffelvorm, aan tabelstructuren en aan situatiespecifieke vormen als kostenverdeelstaat en proef- en saldibalans.

- c. *Strategische kennis*, opgebouwd uit cognitieve strategieën en metacognitieve kennis en strategieën. In dit onderzoek richt de aandacht zich op de planning van het oplosproces waarbij diverse stadia van transformatie van het probleem doorlopen worden tot een uitkomst is bereikt. Voorts richt de aandacht zich op het belang van de procesbewaking die in elke fase van het transformatieproces nodig is om de acties te controleren en bij te sturen.

2.2 De ontwikkeling van de mentale voorstelling van een probleem

In paragraaf 2.1 is aangegeven welke kennissoorten de leerlingen zich eigen moeten maken om een doelmatige kennisbasis op te bouwen. Ook is herhaaldelijk aangegeven dat leerlingen zich een mentale voorstelling maken van een probleem en dat deze voorstelling zich ontwikkelt tijdens het oplossen van het probleem. In deze paragraaf wordt aan de hand van hardop-denken-protocollen getracht een beeld te schetsen van de mentale voorstellingen waarvan leerlingen blijken gaven bij het oplossen van een vraagstuk.

De protocollen zijn afgenomen in klas 6 VWO bij leerlingen die vlak voor hun eerste schoolonderzoek Economie II stonden. Zij hebben een eindexamenopgave voorgelegd gekregen die boekhoudkundig van opzet was. Het accent in de vragen is van het maken van journaalposten verschoven naar de berekeningen die achter de journaalposten liggen. Zo werd in de oorspronkelijke opgave eerst gevraagd het verkoopboek te journaliseren en daarna het verkoopresultaat te berekenen. In de test-opgave is direct gevraagd naar het verkoopresultaat. Daarmee is getracht een beeld te krijgen van de economische noties die leerlingen hanteren als zij economische termen gebruiken. Voort was de bedoeling een beeld te krijgen van de mentale voorstellingen die zij zich maken van economische berekeningen.

2.2.1 Economische grootheden

Dit onderzoek richt zich op de berekening van twee belangrijke economische grootheden: de kostprijs en de nettowinst. Grootheden bestaan uit een naam, een waarde en een dimensie. De naam kan een semantische betekenis hebben, hetgeen wil zeggen dat in

woorden is te omschrijven wat men bedoelt met de term. Zo is de 'nettowinst' te omschrijven als *het financieel resultaat in een periode waarover de ondernemer vrij beschikken kan.*

Naast deze kwalitatieve omschrijving van de term 'nettowinst' kan ook een kwantitatieve omschrijving geformuleerd worden. Het vrij beschikken over een financieel resultaat heeft alleen nut als de ondernemer in staat is de omvang van dit resultaat te berekenen. Als economische grootheid heeft de 'nettowinst' daarom ook een waarde. Die waarde is te berekenen door relaties te leggen tussen andere economische grootheden, bij voorbeeld 'de nettowinst is gelijk aan de brutowinst minus de totale bedrijfskosten'. Deze andere grootheden hebben binnen de bedrijfseconomie meestal ook weer een naam en voor deze andere grootheden kan ook weer aangegeven worden in kwantitatieve termen hoe de waarde ervan berekend kan worden.

Maar de berekende waarde krijgt pas een concrete betekenis als een dimensie wordt toegevoegd. De *dimensie* is het maatbegrip waarmee de waarde van een grootheid wordt uitgedrukt (De Jong, 1962). Het gaat dan om de eenheden die duidelijk maken welke betekenis aan de waarde van een grootheid kan worden toegekend. Zo zal de nettowinst in 'guldens per jaar' of, indien de overzichtelijkheid daarmee is gemoeid, in 'miljoenen guldens per maand' weergegeven kunnen worden.

Het berekenen van een onbekende economische grootheid vanuit een aantal gegeven grootheden is mogelijk indien men op de hoogte is van de wijze waarop de gegeven grootheden gecombineerd dienen te worden. Het totale stelsel van relaties tussen de grootheden leidt tot een procedure (c.q. algoritme) waarmee de gestelde vraag beantwoord kan worden. Elk fragment uit een dergelijke procedure vereist van de leerling een zekere kennis indien in de opgave zelf niet aangegeven staat hoe de gegeven grootheden gecombineerd moeten worden.

Eerder is aangegeven dat de bewering over de wijze waarop een grootheid berekend moet worden als 'propositie' is aan te merken, terwijl de uitvoering van de propositie is op te vatten als een 'productieregel'. De triades die voortvloeien uit dergelijke beweringen kunnen de elementaire eenheden vormen in bedrijfseconomische procedures en zullen worden aangeduid als 'handelingsvoorschriften'.

Het kennen van handelingsvoorschriften op zich, houdt nog niet in dat leerlingen inzicht hebben in hetgeen ze doen. De handelingsvoorschriften vooronderstellen dat leerlingen kennis hebben van een aantal fundamentele bedrijfseconomische begrippen, zoals kosten, uitgaven, betalingen, opbrengsten, ontvangsten en winst. Kennis van deze begrippen en van de wijze waarop deze kennis zich ontwikkelt, is eveneens onderwerp van studie.

Maar de context waarbinnen een onderzoek naar fundamentele begrippen gedaan dient te worden, strekt zich verder uit dan het bestek van deze studie. Een dergelijk onderzoek dient zich te richten op de voorkennis die leerlingen hebben van economische termen vanuit het dagelijks leven.

2.2.2 De aanwezigheid van economische noties

Pen (1980) heeft ooit de opmerking gemaakt: "Alles heeft een economische betekenis. Geef me een plaatje van een zebra en ik vertel een verhaal over de dierentuin en wat dat niet allemaal kost." Het plaatje van een zebra blijkt niet alleen te functioneren als afbeelding van een *biologische* werkelijkheid, maar kan ook opgevat worden als afbeelding van een *economische* werkelijkheid. Althans, iemand kan zich een economische voorstelling maken van de werkelijkheid die achter dit plaatje schuil gaat. Althans het plaatje kan aanleiding zijn tot het oproepen van een economische voorstelling van een stukje van de werkelijkheid.

Het vermogen om een economische voorstelling te maken van de werkelijkheid, aan de hand van signalen die aangeboden worden, is een voorwaarde om economisch inzicht in een probleem te ontwikkelen. Doornbos en Van Streun (1981) formuleerden als een van de eerste vereisten voor het oplossen van wiskundige problemen, dat een probleem-oplosser inzicht moet hebben in de stof en dat deze zich er iets bij voor moet kunnen stellen. Dit is nodig om te voorkomen dat leerlingen tot formalistisch manipuleren van kennis overgaan. Uit hun hardop-denken-protocollen haalden zij de conclusie dat de introductie van nieuwe begrippen gepaard dient te gaan met een *oriëntering* op het nieuwe kennisveld en wel aan de hand van *concrete* voorbeelden zodat de leerlingen wiskundige noties kunnen ontwikkelen.

Voor de economieles zou dit kunnen betekenen dat eerst een verificatie nodig is of leerlingen zich een technische, maatschappelijke of biologische voorstelling kunnen maken van de werkelijkheid achter een probleem. Vervolgens kan een uitgebreide oriëntatie op de economische werkelijkheid achter datzelfde probleem plaatsvinden.

Zo zou men zich in het voorbeeld van Pen kunnen afvragen welke *economische noties* men ontwikkelen kan bij een plaatje van de zebra. Voorstelbaar zijn: de kosten om zo'n dier te verwerven, de kosten om het te onderhouden en er een onderkomen voor te bouwen, de opbrengst van de entreekaartjes voor het dierenpark, mogelijke inkomsten uit subsidie of sponsoring, verkoop van posters, beeldjes (en niet te vergeten) plaatjes van zebra's en uiteindelijk de nettowinst of het nettoverlies dat per saldo ontstaat op het exploiteren van een dierentuin met zebra's.

Een leer methode waarin veel aandacht is besteed aan het ontwikkelen van noties die ten grondslag liggen aan de economische redeneringen is de methode B-E in Balans (Hogenbirk, c.s, 1988/1991). Met behulp van foto's proberen de auteurs technische noties over het bedrijfsleven over te dragen. De economische noties staan beeldend uitgewerkt in amusante tekeningen.

Het zou een studie op zich zijn om bij voorbeeld met behulp van hardop-denken-protocollen na te gaan welke economische noties schrijvers van leerboeken en docenten in de economie hanteren bij het lezen van een eenvoudig vraagstuk. Ook leerlingen kunnen met behulp van hardop-denken-protocollen onderzocht worden op de noties die zij gebruiken om een probleembeschrijving te doorgronden. Dat zou inzicht opleveren in de mogelijke verschillen tussen de initiële voorstelling die een expert zich maakt van een probleemsituatie en de initiële voorstelling die de leerlingen zich maken. In dit onderzoek kan slechts op summier

wijze aandacht besteed worden aan deze problematiek, maar de omvang van die aandacht is geen indicatie voor het belang ervan.

In een van de hardop denk-protocollen in klas 6 VWO formuleert een leerling de notie die hij heeft van het verkoopresultaat. Uit het bijgevoegde fragment blijkt dat de leerling in onvoldoende mate onderscheid maakt tussen het verkoopresultaat (i.c. de brutowinst), de opbrengst van de verkoop (i.c. de omzet) en de ontvangsten van het geld:

A: *Als we het over resultaat hebben, hebben we het over verkoopresultaat, dat is de verkoopopbrengst, daar wordt je een stuk beter van, dan krijg je geld.*

Later realiseert hij zich dat er iets niet klopt als hij bezig is het verkoopresultaat te berekenen door de 'kostprijs verkopen' af te trekken van de 'opbrengst verkopen':

A: *Ik merk dat ik nu vanzelf onder 'opbrengst' meerdere dingen versta. Onder opbrengst zou je kunnen verstaan het hele bedrag dat je krijgt als je iets verkoopt, of je zou er ook onder kunnen verstaan: opbrengst is het bedrag dat het echt opbrengt dat je er meer voor krijgt dus het resultaat.*

De toevoeging "wat het echt opbrengt" duidt op een preconceptie uit het alledaagse spraakgebruik die interfereert met de wetenschappelijk begripsontwikkeling. Marton (1988) wijst in zijn exposé over 'Phenomenography' op het bestaan van een dubbele begripsstructuur en de problemen die ontstaan indien voor-wetenschappelijke begrippen niet ontwikkeld worden tot wetenschappelijke begrippen. Het opheffen van een dergelijke dubbele structuur is niet eenvoudig. Ondanks dat hij zijn fout onderkent, vervalt hij later weer in dezelfde fout.

Overigens schrijft de Wet op de Jaarrekening de term 'Overige bedrijfsopbrengsten' voor, waardoor bedrijfseconomen zelf ook de term opbrengst in de betekenis van winst gebruiken, zoals te zien is in voorbeeld 1 uit hoofdstuk 1.

Dezelfde leerling uit 6 VWO verwarde tijdens de beantwoording van het vraagstuk twintig maal de grootheid 'uitgaven' met de grootheid 'kosten' en dit leidde alleen al om deze reden tot fouten in alle antwoorden.

A: *Dan zou ik nu dus het resultatenoverzicht moeten maken, dan zou ik de uitgaven links zetten, dan zou ik de directe en indirecte kosten opschrijven bij de uitgaven en aan de rechterkant zou ik de opbrengst, eh het verkoopresultaat opschrijven.*

De begripsproblemen die uit de hardop-denken-protocollen naar voren kwamen, waren aanleiding om in het vervolg van het onderzoek een test (Kennis van Begrippen) op te nemen die is gericht op de noties die leerlingen ontwikkeld hebben bij de term *kosten*. De leerlingen dienen in deze test aan te geven welke termen in een bepaalde situatie synoniem zijn met 'kosten'.

Het gaat om termen als uitgaven, betalingen, verliezen, lasten, bezitsvorming en toegevoegde waarde. Als consument hebben zij in hun eigen leefwereld de ervaring dat de vraag naar de kosten van iets, correspondeert met de begrippen verkoopprijs, uitgave en betaling. De verwisseling in perspectief van consument naar ondernemer brengt met zich mee dat de leerlingen andere noties moeten ontwikkelen over de gebruikte begrippen.

Nader onderzoek naar de preconcepties waarmee leerlingen het onderwijs starten is wenselijk. Het kan meer inzicht opleveren in de verschillen tussen 'thuis taal' en 'vaktaal' die leiden tot problemen bij de oriëntatie op de opgavetekst. Dat kan bijdragen aan een inperking van de *formalistische benadering* van vraagstukken (Van Streun, 1989). Deze is voor de bedrijfseconomie te kenschetsen als een benadering waarin de economische noties ontbreken of slechts summier ontwikkeld zijn.

Leerlingen die zich geen of slechts een summier economische voorstelling kunnen maken van een probleem, zullen op grond van andere noties tot een antwoord op de gestelde vragen moeten komen. Zolang de uitkomst, in de woorden van Schoenfeld (1989, blz. 92), als doel van het onderwijs wordt gezien in plaats van als middel, zullen vele leerlingen redelijk kunnen scoren op een examen dankzij een formalistische aanpak.

2.2.3 De aanwezigheid van instructietechnische noties

In een van de noties die leerlingen kunnen hanteren om te trachten vraagstukken op te lossen zijn de *instructietechnische noties*. Deze kunnen leiding geven aan het oplossingsgedrag zonder referentie naar economische noties.

Inschatting van de bedoeling van de vragenstellers:

Een goede gewoonte bij het maken van proefwerken is om een inschatting te maken van de bedoelingen van de vragensteller. Het stuurt de oriëntatie op een opgave, maar het is een andere notie dan de bedrijfseconomische:

B: *Het zou ook nog kunnen zijn dat ze in plaats van 430 Intrestkosten zouden willen zien 251 Intrest Vreemd Vermogen, maar ik heb nog nooit met die berekening gewerkt, dus .. ik zou niet goed weten of ze dat inderdaad zouden willen zien of dat ze intrestkosten ook goed zouden rekenen omdat je het vooraf betaalt. Ik laat het gewoon staan.*

A: *Ik twijfel dan toch aan mijzelf want ik denk ze kunnen toch moeilijk precies hetzelfde vragen.*

Inschatten van de moeilijkheidsgraad:

Leerling B verwijst diverse malen naar inschattingen van de moeilijkheidsgraad:

B: *Voor zo'n vraag zou je toch veel meer moeten doen. Nou volgens mij lees ik over iets heen, maar daar kom ik vanzelf wel achter.*

Maar leerling F, die op het spoor was van de angel in de boekhoudopgave, staakte zijn analyse met de opmerking:

F: *Dit gaat te diep. Dit zullen ze niet bedoelen.*

Antwoord geven op vragen uit vorige vraagstukken:

Diverse leerlingen gingen bij de hardop-denken sessies antwoorden opschrijven zonder de vragen te lezen. Zij interpreteerden het vraagstuk niet op basis van de geformuleerde vraag, maar op basis van eerdere vraagstukken waar steeds dezelfde soort vragen waren gesteld. Twee leerlingen waren al aan vraag 3 toe voor zij door hadden, wat er werkelijk gevraagd werd. Ook uit een andere opmerking bleek dat vragen uit eerdere opgaven doorwerkten:

B: *Ik heb gekozen voor maandelijks, dat staat mij het meeste bij, omdat het altijd maandelijks gaat.*

Alle beschikbare gegevens zijn nodig:

Een belangrijke instructietechnische notie betreft de gewoonte dat alle beschikbare gegevens ook nodig zijn voor de berekening.

B: *Nee ik doe het toch met de vaste verrekenprijs anders zetten ze die er niet bij.*

B: *Dan begrijp ik niet waarom ik de vaste verrekenprijs heb genomen, maar het is altijd handig. Dat kan ik vast nog een keer gebruiken.*

A: *Ik moet even kijken want het gaat om het bedrijfsresultaat van de maand mei en ik denk, anders had het hier niet bij gestaan, dat je die er ook bij moet nemen.*

Uit het hoofd leren:

De meest ingrijpende instructietechnische notie betreft de nummering van de grootboekrekeningen. Leerling D die voor het protocol gekozen was op grond van haar goede prestaties op het schoolonderzoek, merkte op:

D: *Ik moet de journaalposten uit mijn hoofd leren, want ik begrijp op zich niet waarom je dit moet doen. (..) Het is elke keer mazzel dat ik een goed cijfer heb.*

Op het eindexamen kunnen leerlingen volstaan met het noteren van de grootboekrekeningen en hoeven zij de naam van de grootboekrekeningen niet op te schrijven. Daar hebben veel leerlingen ook geen tijd voor. Maar aangezien altijd dezelfde nummers voor dezelfde grootboekrekeningen worden gebruikt, bleek uit de hardop-denken-protocollen dat sommige leerlingen zich beperkten tot het uit het hoofd leren van rekeningnummers. Zodra het signaal 'register gereed product' verscheen, noteerden zij 700 / aan 610, aan 611, aan 612.

Op de vraag waar '700' voor stond, antwoordde een van de leerlingen:

E: *Dat weet ik niet, dat moet ik even opzoeken.*

Indien het doel van het onderwijs is om bedrijfseconomisch inzicht te bewerkstelligen, ligt hier een punt van aandacht.

Wat betreft de instructietechnische noties valt op te merken dat deze goed bruikbaar zijn als signalen die aanzetten tot het *controleren* van uitgevoerde bewerkingen. Een gegeven dat overblijft nadat de uitkomst is gevonden kan duiden op gemaakte fouten maar dat hoeft niet. Evenmin hoeft een berekening die geen mooi rond getal oplevert onjuist te zijn, maar het kan wel nuttig zijn die berekening nog even extra na te lopen.

Instructietechnische noties zijn zeer nuttig om het proces van 'monitoring' uit te voeren, maar ze zijn niet geschikt om als basis te dienen voor het oplossen van vraagstukken. Ten minste niet als de doelstelling van het bedrijfseconomisch onderwijs is om bedrijfseconomisch inzicht bij te brengen.

2.2.4 Hardop-denken-protocol van een berekening

In het voorafgaande is aangegeven welke kennissoorten nuttig zijn bij de ontwikkeling van de mentale voorstelling van een bedrijfseconomisch probleem. Ook is aangegeven dat bedrijfseconomische noties kunnen bijdragen aan het maken van een goede voorstelling van het probleem. Maar wat stelt iemand zich nou voor bij een probleem dat hij aan het oplossen is?

Van Streun (1989, blz. 17) geeft aan dat het verloop van een oplossingsproces kan worden beschreven als de *ontwikkeling* van het geheel aan ideeën van de oplosser over de probleemsituatie. Daarmee ligt het accent op hetgeen zich voltrekt in het hoofd van de probleem-oplosser. Van Streun richt zich in zijn studie echter niet verder op de beschrijving van de mentale voorstelling, maar op de blokkades die een stilstand in die ontwikkeling teweeg kunnen brengen.

Een beschrijving van de mentale ontwikkeling van een probleemsituatie is wel te vinden bij Williams, Hollan & Stevens (1983). Aan de hand van een hardop-denken-protocol beschrijven zij de ontwikkeling van de mentale voorstelling van het probleem in een reeks opeenvolgende *mentale modellen* die te onderkennen zijn in de geregistreerde redenering van de student. De dynamiek van de ontwikkeling ligt bij de confrontatie van een opgebouwd mentaal model met een nog onverwerkt gegeven of met een situatie die niet verklaard kan worden met het opgebouwde model. Deze confrontatie leidt tot een conflict-analyse die een verder uitbouw van het model mogelijk maakt.

Norman (1983) attendeert op de noodzaak om te komen tot een juiste beeldvorming van het concept 'mentaal model' aan de hand van een studie over de bediening van rekenapparaten. Hij maakt onderscheid tussen (1) het object van studie, in zijn geval het rekenapparaat, (2) het conceptuele model dat een consistente beschrijving geeft van het functioneren van het rekenapparaat, (3) het mentale model dat een persoon in zijn hoofd ontwikkelt bij het bedienen van het apparaat en (4) de beschrijving door wetenschappers van het mentale model dat zij kunnen waarnemen bij degenen die bij voorbeeld via hardop-denken-protocollen aangeven welke ideeën zij hebben over het rekenapparaat. Daarna gaat hij in op de samenhang tussen de drie beschreven representaties van hetzelfde object van studie.

Holland, Holyoak, Nisbett en Thagard (1989) ontwikkelden een complexere visie op de term 'mentaal model'. Voor hen gaat het niet om specifieke voorstellingen van specifieke situaties, maar om een hiërarchische structuur van regels en categorieën die tot doel hebben om details te elimineren die niet relevant zijn voor het doel. De intentie is om voorspellingen te kunnen doen van soortgelijke situaties die zich in de toekomst voor kunnen doen. Zij onderkennen niveaus in een mentaal model waarbij situaties die afwijken van de verwachting aanleiding zijn tot het ontwikkelen van een nieuw niveau van regels en categorieën gericht op de uitzonderingssituatie.

Langs inductieve weg ontstaat zo een op praktische toepassingen gerichte structuur, waarbij de verschillende niveaus onderling niet consistent behoeven te zijn. Een dergelijk model heeft de flexibiliteit om over te schakelen op een andere interpretatie van verschijnselen zodra bepaalde afwijkingen zich voordoen.

Met hun benadering grijpen Holland c.s. terug op de ideeën van Rosch (1978) die uitging van categorisering op basis van 'cognitive economy'. Dit houdt in dat de belasting van het geheugen wordt geminimaliseerd door te abstraheren van zoveel mogelijk kenmerken en verschillen die niet relevant zijn voor het bereiken van een bepaald doel. Maar in plaats van daaruit te concluderen dat mensen denken in termen van prototypen zoals Rosch, komen Holland c.s. tot de conclusie dat afhankelijk van de situatie een bepaald niveau van het mentale model met zijn regels en categorieën geactiveerd wordt. Voor een nadere uiteenzetting over recente ideeën ten aanzien van mentale modellen en de controverse die ontstaan is tussen aanhangers van mentale modellen en aanhangers van propositionele netwerken, zij verwezen naar Oden (1987) en Van der Veer (1990).

In dit onderzoek zal niet de term 'mentaal model' gebruikt worden, maar zal wel gesproken worden over 'mentale voorstelling' als het gaat om de wijze waarop leerlingen de aangeboden stof verwerken. Leerlingen maken zich een voorstelling van de operaties die in een opgave verwerkt zitten en kunnen daaruit algemene regels (c.q. handelingsvoorschriften) afleiden via inductie.

Op basis van die handelingsvoorschriften kunnen zij trachten nieuwe vraagstukken aan te pakken. Zodra de procedure in een nieuw vraagstuk afwijkt van de handelingsvoorschriften die zij via generalisaties ontwikkeld hebben, ontstaat de noodzaak om de handelingsvoorschriften te operationaliseren voor het nieuwe vraagstuk. Daarmee is het probleem oplossen gekarakteriseerd als een wisselwerking tussen twee abstractieniveaus.

Tot slot van dit hoofdstuk volgt een uitwerking van de ontwikkeling van de mentale voorstelling zoals die kan plaatsvinden bij het oplossen van een probleem. Er is voor gekozen om één leerling als voorbeeld te kiezen en wel leerling A. Zijn aanpak om het verkoopresultaat te berekenen bevat voldoende elementen om duidelijk te maken hoe een mentale voorstelling zich in fasen ontwikkelen kan.

Eerst volgt een samenvatting van de opgave voor zover ze van belang is voor de berekening van het verkoopresultaat (zie ook [bijlage 1](#)). Aansluitend is een beknopte uitwerking gegeven, vergezeld van een diagram waarin het probleem geanalyseerd staat (een *Probleem Analyse Diagram*, ofwel een PAD). Daarna volgt de tekst van het hardop-denken-protocol dat gemaakt is van de uitwerking van het vraagstuk door leerling A.

Dit protocol is op details aangepast om de leesbaarheid te vergroten. De strekking komt geheel overeen met het originele protocol dat staat afgedrukt in [deelrapport nummer 1](#). Daarna vindt aan de hand van de uitwerking die de leerling op papier zette een reconstructie plaats van de mentale voorstelling zoals die uiteindelijk tot stand is gekomen met aansluitend enkele wijzen waarop de mentale voorstelling samengevat kan worden.

Schema 2.2 Fragmenten uit de opgave

De handelsonderneming Verfutul houdt zich bezig met de groothandel in verf. Zij verhandelt onder andere basislak. De voorraad wordt bijgehouden tegen vaste verrekenprijzen (vvp). De vvp van basislak is € 15 per liter. De kostprijs van een verkochte

partij verf bestaat uit de vvp plus een bedrag van € 2 per liter ter dekking van de kosten van de afdeling inkoop en magazijn. Deze dekking wordt geboekt bij de afgifte van de verkochte verf. De directe verkoopkosten bestaan o.a. uit een provisie van 10% voor de vertegenwoordigers. Deze kosten worden geboekt bij de verzending van de factuur.

Voor haar boekhouding maakt de ondernemer onder andere gebruik van de navolgende rekeningen:

800 Kostprijs van de verkopen basislak	810 Directe verkoopkosten basislak
830 Rabatten en kortingen op basislak basislak	840 Opbrengst van de verkopen

Kostenverdeelstaat: o.a. directe verkoopkosten € 6.000.

Verkoopboek: verkocht 15.000 liter basislak à € 20, exclusief 20% BTW.
De afnemers ontvangen deze maand 5% korting.

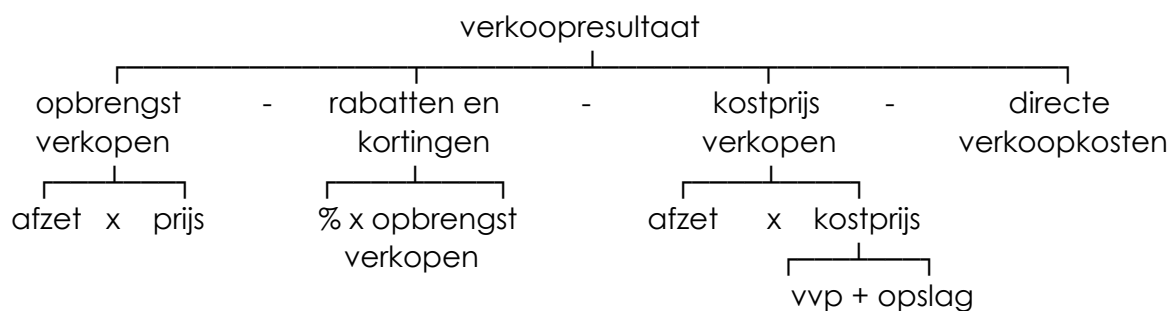
Gevraagd:

1. Bereken voor de maand mei het verkoopresultaat op basislak

Uitwerking:

Opbrengst: 15.000 liter a € 20		€ 300.000
Rabatten en kortingen 5% van € 300.000	€ 15.000	
Kostprijs: 15.000 liter a (€ 15 + € 2)	€ 255.000	
Directe verkoopkosten: € 6.000 + € 30.000	€ 36.000	
Totaal in mindering		€ 306.000
Negatief verkoopresultaat:		€ 6.000

Schema 2.3 Probleem Analyse Diagram (PAD) voor de berekening van het verkoopresultaat



De ontwikkeling van de mentale voorstelling van leerling A tijdens de berekening van het verkoopresultaat:

<i>Oriëntatie</i>	Nu moet ik het verkoopresultaat berekenen, dan moet ik kijken wat er is verkocht en dan moet ik kijken wat daar de inkoopprijs van was en dan moet ik de inkoopprijs ervan afhalen en wat er dan van over is, is de winst en dat is het verkoopresultaat.
<i>Analyse:</i>	Nou moet ik kijken hoeveel er is ingekocht .. even kijken hoor, oh nee, ik moet eerst kijken wat er is verkocht natuurlijk .. 15.000 liter verkocht.
<i>Planning:</i>	Er is 15.000 liter verkocht dan moet ik 15.000 liter maal € 20 doen, plus 20% BTW en van dat hele bedrag moet ik 5% korting afhalen,
<i>Analyse:</i>	Alhoewel, die 5% moet ik van .. nee, dat weet ik niet zeker of ik moet het van het hele bedrag plus belasting afhalen of juist eerst die 5% eraf halen en dan de belasting erover nemen.
<i>Planning:</i>	Ik doe het laatste.
<i>Uitwerking:</i>	(schrijft op:) $15000 \times 20 = 300.000$.
<i>Planning:</i>	Nu 5% korting eraf halen;
<i>Uitwerking:</i>	min 5%, even mijn rekenmachine pakken ($300.000 - 5\% = 285.000$)
<i>Planning:</i>	Oh, nu hoeft ik niet meer de belasting eraf te halen.

De leerling vervolgt met een correcte berekening van de inkoopwaarde, maar geeft blijk van onvolgroeide noties van de begrippen 'uitgaven' (i.c. de inkoopwaarde van de ingekochte goederen) en 'kosten' (de inkoopwaarde van de verkochte goederen):

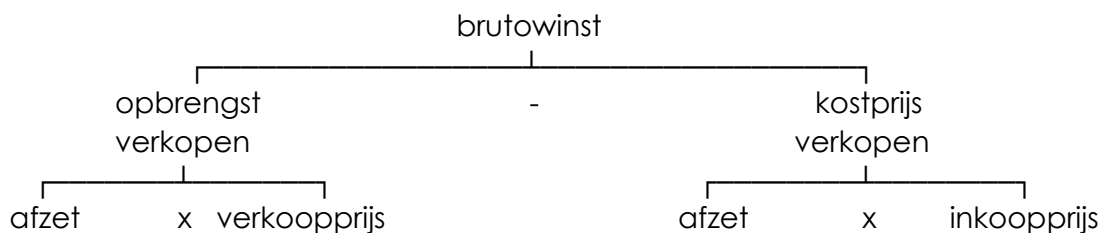
<i>Planning:</i>	Nu moet ik de inkopen (= <i>uitgaven</i>) daar vanaf halen. Ik zit even te kijken voor hoe duur (= <i>kosten</i>) eh, hoeveel geld er is ingekocht (= <i>uitgaven</i>). Er staat hier: de vaste verrekenprijs is € 15 per liter. Ik heb verkocht voor € 20 per liter dus dan moet ik 15.000 maal € 15 doen (= <i>kosten</i>).
<i>Analyse:</i>	Ik zie hier nog iets anders staan. Nu ik dit zie, zou ik zeggen dat de inkoop van die partij verf bestaat uit een vaste verrekenprijs plus een bedrag van € 2 per liter.
<i>Planning:</i>	Dus dat moet er nog bij.
<i>Uitwerking:</i>	Dus dan wordt het € 17 per liter.
<i>Planning:</i>	$15.000 \times € 17$ en dan heb je gelijk de dekking.
<i>Analyse:</i>	En dan .. het bedrag dat je daarvoor hebt ontvangen .. dan heb je het verkoopresultaat, denk ik. Dat weet ik niet zeker.
<i>Uitwerking:</i>	$15.000 \times (15 + 2) = 255.000$.
<i>Planning:</i>	Dan doe ik € 285.000, dat is de opbrengst van de verkochte verf en daar haal ik dan het geld, dat betaald is om het in te kopen, vanaf.
<i>Uitwerking:</i>	$285.000 - 255.000 = € 30.000$.

Uit deze protocolfragmenten blijkt dat de vier functionele fasen uit het oplossingsproces in dit protocol zijn te onderkennen. Tegelijk is te constateren dat de chronologische volgorde van de fasen in het oplosproces afwijkt van de functionele fasering. Een registratie van de initiële representatie die de leerling in deze oriënterende opmerkingen maakt, is moeilijk

weer te geven in schemavorm. Dat blijkt uit de wijze waarop hij zijn oriëntatie op het verkoopresultaat beschrijft. Deze is niet exact weer te geven in een schema.

De omschrijving van de leerling duidt op een mentale voorstelling die afgeleid is van het conceptuele model om de brutowinst te berekenen in een handelsonderneming. In schema 2.4 is dit model weergegeven. Maar het zou niet correct zijn om zonder meer dit schema als initiële representatie van de leerling te nemen omdat de tekst die de leerling formuleert niet exact overeen komt met dit schema.

Schema 2.4 Het conceptueel model berekening brutowinst in een handelsonderneming waar leerling A naar refereert om zich een voorstelling te maken van het verkoopresultaat



Er is wel een andere benadering mogelijk om grip te krijgen op de mentale voorstelling. De meest uitgekristalliseerde vorm van de mentale voorstelling die de leerling zich gemaakt heeft van het vraagstuk, is te vinden in de uitwerking die uiteindelijk op papier komt. In de uitwerking gebruikt de leerling een aantal van de gegeven grootheden en legt verbanden tussen deze data en de onbekende grootheid.

Op deze wijze komt de conceptualisering van de mentale voorstelling van een leerling, waar Norman (1983) over sprak, tot stand door uit te gaan van de keuzes die de leerling zelf maakte bij het oplossen van het vraagstuk. Die keuzes hebben dan betrekking op:

- de keuze van de data die gebruikt zijn bij de uitwerking;
- de keuze van de handelingsvoorschriften die geoperationaliseerd zijn in een vraagstuk;
- de keuze van de volgorde waarin de geoperationaliseerde handelingsvoorschriften zijn uitgevoerd.

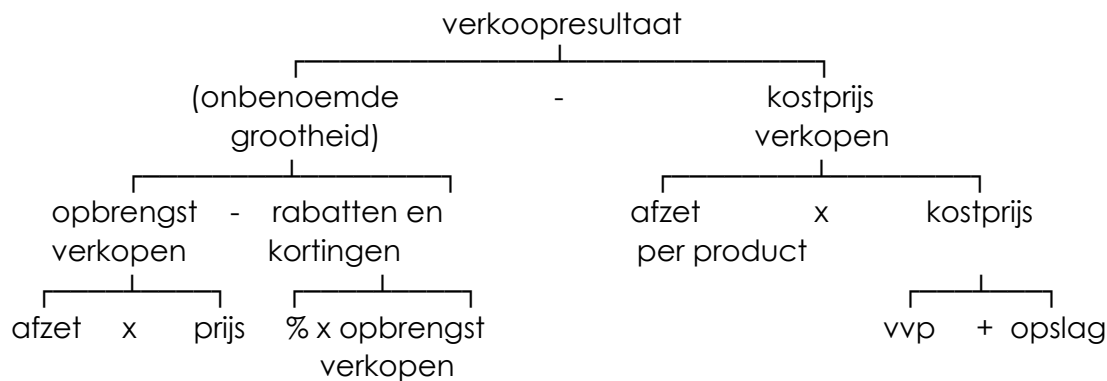
In hoofdstuk 7 is dezelfde procedure gebruikt om voor alle 155 HAVO-leerlingen vast te leggen hoe zij de kostprijs en de nettowinst berekend hebben in de vier toetsen die uitgevoerd zijn tijdens het hoofdonderzoek. Reconstructie van de mentale voorstelling van het verkoopresultaat die leerling A zich gemaakt heeft, leidt tot schema 2.5. Twee mogelijke samenvattingen zijn weergegeven in schema 2.6.

Uitgevoerde berekening door leerling A:

$$\begin{array}{r}
 15.000 \times 20 = 300.000 - 5\% = \quad 285.000 \\
 15.000 \times (15 + 2) \quad \quad \quad \underline{255.000} \\
 \text{€ } 30.000,-
 \end{array}$$

In de schriftelijke uitwerking staat alleen bij de uitkomst een gulden-teken, voor het overige heeft de leerling volledig geabstraheerd van de dimensie. Het ontbreken van namen bij de getallen kan het gevolg zijn van de situatie dat de uitwerking op de band werd opgenomen. Tijdens de hardop-denk-sessie heeft de leerling wel namen van grootheden gebruikt.

Schema 2.5 Mentale voorstelling van de berekening van het verkoopresultaat door leerling A



Schema 2.6 Verkorte weergaven van de mentale voorstelling van de berekening van het verkoopresultaat door leerling A.

Verkoopresultaat = opbrengst verkopen - kortingen - kostprijs verkopen;

Verkoopresultaat = afzet x prijs - korting% x opbrengst verkopen - afzet x (vvp + opslag voor dekking inkoopkosten en magazijnkosten).

Een vergelijking van het conceptuele model dat in de opgave verwerkt zit (zie schema 2.3) met de mentale voorstelling van leerling A over de berekening van het verkoopresultaat (schema 2.5), levert het volgende resultaat op. De leerling berekent vanuit de opbrengst verkopen en de kortingen eerst een onbenoemd tussenresultaat. Opvallend is dat de korting niet in zijn initiële representatie genoemd werd. Dit kan erop duiden dat de kortingen de defaultwaarde 0 hadden. Voorts valt op dat de directe verkoopkosten volledig over het hoofd worden gezien. Dit was eveneens gebeurd in de initiële representatie.

Wat betreft de kostprijs verkopen is te constateren dat in de aanvankelijke voorstelling van de brutowinstberekening de inkoopprijs centraal stond. Via een latere mentale voorstelling waarin de vaste verrekenprijs een plaats heeft, is een mentale voorstelling tot stand gekomen die beter correspondeert met het conceptuele model uit de opgave. Ook de barrière van de omzetbelasting is correct verwerkt.

De moeilijkheid om de initiële representatie in schemavorm vast te leggen bleek ook bij de andere vragen uit de opgave. De leerling omschreef voor de gevraagde grootheden in de opgave ook steeds zijn mentale voorstelling van de initiële representatie. Soms was die helder en exact, soms vaag en nauwelijks geschikt voor verdere uitwerking van het probleem:

Intrestresultaat:	"Nu staat er iets wat ik niet goed begrijpen kan. Het resultaat zou je denken dat het een opbrengst zou moeten zijn, en ik zou niet weten waarover de intrest een opbrengst zou moeten hebben."
Resultaat indirecte kosten:	"Het resultaat op indirecte kosten .. ik zie bij 2c (intrestresultaat) dat dit niet altijd positief is en dan kijk je welke indirecte kosten verdeeld worden en of er bedragen vanaf gaan of er bij komen."
Prijsverschillen:	"Bij 'prijsverschillen' denk ik meteen aan het verschil tussen de vaste verreken prijs en de prijs die je er werkelijk voor betaalt."
Bedrijfsresultaat:	"Het woord bedrijfsresultaat dat ken ik niet. Ik kan me daar niet echt iets bij voorstellen, ja ik kan me er wel het een en ander bij voorstellen maar het is niet echt een begrip waarvan ik zou kunnen zeggen: het bedrijfsresultaat is .. Maar als bedrijfsresultaat zou ik het berekenen als alle inkomsten van een bedrijf en alle uitgaven en daar het resultaat van om te kijken of dat positief of negatief is."

De typering van de fasen in het oplossingsproces is niet eenvoudig. Zwierink, De Ruyter en Wortel (1993) hebben vier protocollen uit klas 6 VWO geanalyseerd. Als maatstaf voor de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is Cohen's kappa gebruikt. Deze statistische grootte vergelijkt de mate waarin de beoordelaars tot gelijklopende coderingen komen en corrigeert daarbij voor de kans dat beoordelaars bij toeval tot dezelfde codes komen. Cohen's kappa kan variëren van 0 (overeenstemming die ook op basis van toeval verwacht mag worden) tot 1 (volledige overeenstemming). De norm voor betrouwbare analyses ligt op 0,7. De onderzoekers komen tot een kappa per protocol die varieert van 0,46 tot 0,55.

Bij de protocol-analyses is gekozen voor de benadering van Ericsson & Simon (1984; zie ook Ferguson Hessler, 1989). Zij gaan ervan uit de hardop-denken-protocollen een weergave zijn van de gedachtenprocessen die zich in het korte-termijn-geheugen voltrekken. Dit impliceert dat niet het gehele gedachtenproces wordt vastgelegd, maar alleen de fragmenten die niet met behulp van verworven automatismen worden afgewerkt.

Deze fragmenten dienen in de kleinst mogelijke semantische eenheden te worden ingedeeld, zodat zij als onafhankelijke data gecodeerd kunnen worden. Voor de vier gecodeerde protocollen varieerde het aantal semantische eenheden van 412 tot 851. De opsplitsing van de tekst in semantische eenheden bleek tot een zeer grote mate van overeenstemming te leiden (Zwierink, De Ruyter & Wortel, 1993; deelrapport 1).

Het probleem was echter dat de kleine eenheden niet altijd geïnterpreteerd konden worden zonder oog te hebben voor het betoog waar zij deel van uitmaken. In de oriëntatie kan een leerling een beschrijving geven van de wijze waarop een grootte berekend moet worden

op basis van het handelingsvoorschrift dat beschikbaar is. Daarmee is nog niet gezegd dat het gekozen handelingsvoorschrift voor het specifieke vraagstuk geldig is en dus deel uitmaakt van de probleemstructuur van het vraagstuk.

In het afgedrukte fragment van leerling A blijkt dat er sprake is van een *oriëntatie* op de grootheid verkoopresultaat omdat de leerling zegt dat hij de 'inkoopprijs' eraf wil halen. De operationalisering van dit handelingsvoorschrift vindt plaats door de inkoopprijs eerst te vervangen door de 'vaste verrekenprijs' en wordt later aangescherpt tot de 'kostprijs'. Daarmee voltrekt de ontwikkeling van de mentale voorstelling zich in drie stappen terwijl het handelingsvoorschrift wordt omgebouwd tot een operatie die deels, maar nog steeds niet volledig, correct is.

Een ander probleem betreft de overgang van planning naar uitwerking. Deze kan zowel verbaal als in getallen uitgevoerd worden. In bovenstaand fragment is de omschrijving $15.000 \times \text{€} 17$ geen uitwerking maar is het een omschrijving van de planning, waarbij de grootheden niet worden genoemd via hun naam maar via de waarde die ze hebben. Pas later vindt de uitwerking plaats.

Ook is moeilijk onderscheid te maken tussen een doel-middelenanalyse waarbij hypothesevorming plaatsvindt, zoals door Anderson (1981, 1985) beschreven, en een bewuste planning van de stappen die genomen moeten worden. Vanuit het gekozen protocolfragment is daar geen voorbeeld van te geven omdat de leerling steeds analyseert voordat hij gaat rekenen.

Een extreme vorm was wel waar te nemen bij leerling B (deelrapport 1). Deze leerling verzamelde bij de berekening van een van de vragen gegevens die betrekking hadden op het thema van de vraag en begon schijnbaar overtuigd van haar zaak correcte vermenigvuldigingen uit te voeren. Daarna ging ze de gevonden tussenresultaten optellen, waar ze het verschil tussen de twee tussenresultaten had moeten bepalen. In de nabespreking gaf zij de volgende toelichting op haar strategie:

Ik zet gegevens bij elkaar waarvan ik denk dat ik ze wel gebruiken kan en dan reken ik alvast wat uit.