

## Een analyse van de ontwikkeling van het begrip

### 'ENZYM' In een leerboek voor het VWO

G.Thijssen  
Werkgroep Biologie en Onderwijs  
Vrije Universiteit Amsterdam

#### Summary

*Understanding in biology, as in any science, is made possible by the application of certain theoretical principles. Some of these principles are applicable to a broad range of subjects, in this way tying together various topics in the domain of biology. One such principle is the concept of 'enzyme'. If one of the goals of biology teaching is that students should see coherence in biology content, they should see the applicability of principles like the working of enzymes in different parts of the biology curriculum. In this study an analysis is made of the way the concept 'enzyme' is introduced and developed in a Dutch secondary school biology textbook. "Development" in this case means 'application to successive topics in accordance with Ausubel's principles of 'progressive differentiation' and 'integrative reconciliation'".*

#### 1. Inleiding

In dit artikel wordt verslag gedaan van een analyse van de wijze, waarop het begrip enzym<sup>1</sup> wordt geïntroduceerd en verder ontwikkeld in een biologieleerboek voor de bovenbouw van het VWO. Het betreffende boek is H.H.Kreutzer en G.Oskamp, Biologie, de delen 4V en 5V, 1975. Aanleiding tot deze analyse was de daaraan gevoelde behoefte in de jaarlijks door onze werkgroep georganiseerde PAO-cursus 'Practicum en schoolonderzoek'. Eén van de thema's in deze PAO-cursus is 'samenhang in de leerstof'. Daarbij gaat het om 'samenhang tussen de begrippen onderling', zowel als om 'samenhang tussen begrippen en verschijnselen'. Er was behoefte aan een uitgewerkt voorbeeld daarvan. De keuze viel op ENZYM, omdat de meeste deelnemers 'enzym-proefjes' op hun practicumprogramma hadden staan. Voor het boek van Kreutzer en Oskamp werd gekozen, omdat het verreweg het meest gebruikte

biologieboek in de bovenbouw van het VWO is. Overigens zal hieronder nader toegelicht worden dat deze keuzes, hoewel pragmatisch, zeker niet willekeurig waren.

Biologie is een wetenschap die zeer rijk is aan begrippen. Zulke begrippen hoeven bij de behandeling van de leerstof niet spontaan allemaal met elkaar in verband te worden gebracht. Vaak zijn ze ook onafhankelijk van elkaar gevormd, men denke b.v. aan de begrippen 'enzym', 'ribosoom' en 'gen', waartussen pas na de ontdekking van de rol van DNA en RNA een direct verband is gelegd. Het is ook bekend dat leerlingen vaak niet spontaan zulk verband tussen begrippen leggen (Cho, Kahle & Nordland, 1985). Verband leggen tussen begrippen kan op allerlei manieren gebeuren. Naar de aard van biologie als natuurwetenschap behoort naar mijn mening het gebruik van verklarende principes als een middel daartoe gebruikt te worden, zeker in de bovenbouw van het VWO.

Volgens Ormell (1980) beweegt natuurwetenschap zich op drie niveau's:

- dat van het classificeren van natuurlijke voorwerpen,
- dat van het correleren van de eigenschappen en gedragingen daarvan,
- dat van het verklaren van deze correlaties.

Kortom, het gaat om het ontdekken van regelmatigheden in de verschijnselen en het verklaren daarvan. Voor die verklaringen zijn theorieën nodig, waarin verklarende principes centraal staan. Dergelijke verklarende principes zijn b.v. 'feedback', 'organisator' en 'enzymwerking'.

Een moeilijkheid, eigen aan de behandeling van biologieleerstof, is de complexiteit van de bestudeerde objecten. Niet alleen vallen er talrijke organisatieniveaus te onderscheiden, maar tevens bestaan er op elk niveau een groot aantal functies, die overigens vaak op andere niveaus hun parallel vinden. Men denke b.v. aan voortplanting, stofwisseling of beweeglijkheid, die alle drie zowel op het niveau van celorganellen als op dat van cellen en dat van organismen functioneren. Deze complexiteit leidt er gemakkelijk toe, dat de logische samenhang binnen de leerstof onduidelijk wordt. Als de leerlingen die samenhang niet zien, zal de behandeling van de leerstof verbrokkeld en anecdotisch worden. Dat geldt in het bijzonder voor begrippen of verschijnselen, die elk bij verschillende onderwerpen aan de orde komen. Schaeffer (1979) constateert dat integratie van leerstof uit verschillende onderwerpen door leerlingen alleen gebeurt als daaraan voldoende aandacht in het onderwijsaanbod wordt besteed. Volgens Giordan e.a. (1986), die signaleren dat het onderwijs in het eerste jaar van de Frans universitaire biologieopleidingen daaraan in hoge mate mank gaat, leidt dit tot *'... a feeling on the part of the students, that knowledge is*

*piecemeal and uncoordinated.* Een biologiecurriculum wordt zo tot een verzameling van losse onderwerpen, die de leerlingen meer een gevoel van 'veelheid' dan van complexiteit zal geven, en die zeker niet zal leiden tot wat volgens Ayala één van de drie functies van wetenschap is, n.l. *'to organize knowledge in a systematic way to discover patterns of relationships among events'* (Hill, 1986). Om dat te voorkomen moet voldoende aandacht worden geschonken aan de organisatie van begrippen en principes in de leerstofstructuur: op welke wijze en hoe expliciet worden die met elkaar in verband gebracht? Volgens Novak (1976) zou van de details die bij een onderwerp aan de orde komen, moeten worden uitgelegd, hoe ze samenhangen met de 'grote concepten' waarvan verwacht wordt dat de leerlingen die leren. Volgens Stewart, Finley en Yaroch (1982) zouden de leerlingen moeten beschikken over voldoende heldere schema's van de begrippen die aan de orde komen om het verwerven later in het curriculum aangeboden kennis te leiden. Ook Anderson (geciteerd door Posner, 1978) meent: *'The force of the concept of schema is to direct attention to the patterning of elements. What the elements (of knowledge) are and how they interrelate cannot profitably be addresses as separate issues.'*

Het lijkt gewenst dat leerlingen komen te beschikken over een structuur van begrippen waarvan de definities helder en de onderlinge samenhang duidelijk is, om zodoende een overzicht over het geheel van de biologieleerstof te blijven houden. Een dergelijk overzicht kan worden nagestreefd door te zoeken naar principes, die verklaringen mogelijk maken voor verschijnselen op verschillende organisatieniveaus en met betrekking tot verschillende functies. Eénzijdige keuze daarvan kan zeker leiden tot reductionisme, n.l. indien men zich beperkt tot 'directe oorzaken' (*proximate causations*, Mayr, 1982), maar er is natuurlijk geen reden om verklaringen te beperken tot zulke directe oorzaken. Men zou in een curriculum dergelijke principes kunnen introduceren, en het verband met begrippen en verschijnselen, die op de verschillende organisatieniveaus en met betrekking tot de verschillende functies spelen, direct daarop aansluitend kunnen behandelen.

Didactisch stuit dat op grote bezwaren. Juist omdat gezocht wordt naar principes die samenhang geven tussen de verschillende elementen in de leerstof, zouden bij integrale behandeling van zo'n principe allerlei onderwerpen aan de orde moeten komen. Sommige daarvan zouden al eerder behandeld zijn en dan kon tijdens die behandeling het gezochte verband niet gelegd worden. Andere onderwerpen zouden nog niet behandeld zijn, dan zouden de leerlingen de benodigde kennis missen om bij de behandeling van het principe dat verband te begrijpen. Bovendien zijn bij elk onderwerp een aantal verklarende principes in het geding, een

gescheiden behandeling zou dus niet eens technisch uitvoerbaar zijn. En tenslotte zou een dergelijke gescheiden behandeling opnieuw tot een verbroekeling van de leerstof leiden, de brokstukken zouden nu uit de afzonderlijke behandeling van de diverse principes bestaan.

Zulke principes zouden juist bij verschillende onderwerpen aan de orde moeten komen om te demonstreren, hoe begrippen en verschijnselen uit het ene onderwerp, samenhangen met begrippen en verschijnselen uit het andere onderwerp (Thijssen, 1986). Dan ontstaan er 'dwarsverbanden' tussen de verschillende onderwerpen. Aan het eind van het hoofdstuk is de betreffende leerstof niet af, maar hij werkt door in de volgende hoofdstukken. Ausubel e.a. (1978) merken terzake op, dat de gebruikelijke praktijk van de schrijvers van leerboeken, n.l. om ideeën gescheiden in verschillende hoofdstukken te behandelen, strijdig is met het principe van 'vergelijkend inpassen' (integrative reconciliation). Die schrijvers zouden daarbij ten onrechte uitgaan van twee aannamen:

*'Implicit in this latter practice is the assumption (perhaps logically valid, but certainly psychologically untenable) that pedagogic considerations are adequately served if overlapping topics are handled in self-contained fashion, so that each topic is presented in only one of the several possible places where treatment is relevant and warranted. It also assumes that all necessary cross-referencing of related ideas can be satisfactory performed, and customarily is by students. Hence, little serious effort is made explicitly to explore relationships between these ideas ...' (p. 192).*

Voor de wijze waarop dergelijke verklarende principes in de loop van het curriculum geïntroduceerd en ontwikkeld kunnen worden, vallen richtlijnen te ontleen aan de onderwijstheorie van Ausubel (Ausubel e.a., 1978). Deze heeft een theorie opgesteld die 'betekenisvol leren' (meaningful learning) als onderwerp heeft. Volgens Ausubel zal bij het opnemen van informatie in het lange termijn geheugen gebruik gemaakt worden van wat er reeds in het geheugen aanwezig is. Dat geheugen is volgens hem hiërarchisch georganiseerd, dat wil zeggen dat de meest algemene begrippen zich aan de top van de hiërarchie bevinden, terwijl afdalend in de hiërarchie steeds meer specifieke begrippen te vinden zijn. Algemene begrippen zijn ook de meest stabiele begrippen, dat wil zeggen dat ze het best onthouden worden. Bij het opnemen van informatie zal de leerling nu proberen de nieuwe informatie in die hiërarchie te passen. De nieuwe informatie wordt dan in een verband, d.w.z. betekenisvol, opgenomen. Vergeten gebeurt ten gevolge van twee verschillende oorzaken: iets wat niet betekenisvol, maar 'machinaal' (rote) geleerd is wordt snel vergeten, maar ook wat wel betekenisvol geleerd is kan vergeten worden, zij het meer

geleidelijk, n.l. als het nieuw geleerde niet voldoende gediscrimineerd is ten opzichte van het reeds aanwezige. Uit deze geheugentheorie volgens aanwijzingen voor het aanbieden van leerstof:

- begin met het activeren van de voorkennis van de leerling, en wel zo dat daarin de hiërarchische verhoudingen duidelijk zijn,
- zorg er voor, dat van de nieuw op te nemen informatie steeds duidelijk is, hoe de hiërarchische relaties met de reeds in het geheugen aanwezige kennis zijn. Dit betreft dus het eerder genoemde vergelijkend inpassen,
- werk van algemeen naar specifiek, d.w.z. zorg er voor, dat leerlingen eerst een algemeen basisbegrip hebben en werk naar steeds specifiekere begrippen toe (progressieve differentiatie). Daarbij dienen de meer algemene begrippen als 'anker' voor de meer specifieke begrippen.

Op deze aanwijzingen sterk gelijkende worden ook vanuit een geheel andere hoek gegeven, n.l. vanuit de zogenaamde cultuurhistorische school, in het bijzonder door Davydov (Haenen en Van Oers, 1983). Hoewel de leeractiviteiten die Ausubel en Davydov aanbevelen zeer verschillend zijn, stemmen zij in grote mate overeen wat betreft de volgorde, waarin begrippen aan de orde moeten komen en de relaties die er tussen die begrippen gelegd moeten worden.

## 2. Vraagstelling

In de hier geschetste visie is het van veel belang, dat in een curriculum begrippen ontwikkeld worden. Onder 'ontwikkelen' wordt hier verstaan: het na de introductie van een begrip (i.c. verklarend principe) in een curriculum, verrijken daarvan met nieuwe aspecten en specificaties bij de behandeling van andere onderwerpen uit de leerstof, en wel zodanig dat de leerlingen de samenhang daarvan met de voorgaande specificaties kunnen blijven inzien. Leraren dienen er zorg voor te dragen dat dergelijke verklarende principes bij de behandeling van de leerstof inderdaad ontwikkeld worden. Maar een leraar behandelt de leerstof zelden geheel op eigen kracht: hij/zij baseert zich daarbij op een leerboek. Een leraar moet dus de ontwikkeling van verklarende principes in een leerboek kunnen beoordelen en zonodig verbeteren. De vraag die aan de onderhavige analyse ten grondslag lag, luidt dus:

*Is het mogelijk een methode te ontwerpen die het mogelijk maakt de ontwikkeling van een begrip (i.c. een verklarend principe) in een leerboek te beschrijven, opdat de leraar die kan volgen en zonodig verbeteren?*

De vraag is dan, aan welke criteria men de adequaatheid van de ontwikkeling van zo'n verklarend principe kan beoordelen. Belangrijke criteria zijn mijns inziens:

1. **de didactische transformatie:** is de behandeling ervan (biologisch-) wetenschappelijk verantwoord?
2. **de curriculumopbouw:** heeft de behandeling betrekking op een breed gebied van de leerstof?
3. **leerpsychologische overwegingen:** wordt de samenhang voldoende expliciet gemaakt, zodat 'integrative reconciliation' op kan treden?

### 3. De keuze van onderwerp en leerboek

#### 3.1. De keuze van ENZYM als verklarend principe

Verklarende principes hebben meer waarde voor het aanbrengen van samenhang tussen elementen (verschijnselen, begrippen, principes) in de leerstof, naarmate ze een meer centrale plaats innemen in een goed ontwikkelde theorie. Van een dergelijke theorie mag men eisen dat zij

1. goed gearticuleerd is;
2. het inzicht verdiept in de verschijnselen die ze behandelt;
3. breed toepasbaar is.

ENZYM neemt een dergelijke plaats in, is immers het centrale begrip uit de enzymtheorie. Deze theorie voldoet aan de bovengestelde eisen: ten eerste is zij opgebouwd uit een groot aantal goed gedefinieerde en specifieke begrippen, daaronder ook de deelbegrippen van ENZYM zelf. Men kan daarom, wat didactisch van groot belang is, precies aanwijzen waaruit het verband dat door ENZYM tussen de elementen van de leerstof gelegd wordt, bestaat. Ten tweede is zij goed geïncorporeerd binnen het geheel van de theorie der chemie. Daardoor brengt zij de verschijnselen die zij behandelt terug tot manifestaties van fundamentele chemisch-fysische wetten. Ten derde verklaart zij verschijnselen uit zeer verschillende onderwerpen van de biologie. Daarbij zijn er, en dat is didactisch weer van groot belang, die een belangrijke rol in het dagelijks leven spelen. Te denken valt aan zulke uiteenlopende zaken als de smaak van zoute haring, de werking van insecticiden en het gebruik van pijnstillers. De keuze van ENZYM als onderwerp van deze analyse lijkt daarom verantwoord.

#### 3.2. De keuze van het boek

Voor de analyse werd het leerboek van Kreutzer en Oskamp, *Biologie*, de delen 4V en 5V (1975) gekozen. Dat deze keuze verantwoord was kan besloten worden op grond van de volgende overwegingen:

Het boek bevat een op het oog goedlopende tekst, met talrijke (vooral practicum-)opdrachten. In tekst en opdrachten wordt het vigerende eindexamen-programma volledig behandeld.

Een leerboektekst kan, schematisch gezegd, 'ontdekkend leren' (*discovery learning*) of 'ontvangend leren' (*reception learning*) beogen. In geval van ontdekkend leren zou het de bedoeling kunnen zijn dat de leerlingen zelf de verbanden tussen de leerstof-elementen vinden. In geval van ontvangend leren, dus als de tekst van het 'uiteenzettende'-type is, is dat niet het geval. *In reception learning (...) the entire content of what is to be learned is presented to the learner in final form. The learning task does not involve any independent discovery on the students part.* (Ausubel, Novak & Hanesian, 1976, p.24). Voor een analyse van de ontwikkeling van een begrip is een tekst van het 'uiteenzettende'-type daarom het meest toegankelijk. Het geanalyseerde leerboek is van dit type, althans voorzover het de lopende tekst betreft. Misschien hebben de auteurs bedoeld, de practica meer een strekking van ontdekkend leren mee te geven, ze zijn althans doorgaans voor de behandeling van de theorie geplaatst. Maar de bedoeling van de practica is meestal zeer onduidelijk: er wordt niet bij gezegd wat er eigenlijk in het practicum gedemonstreerd wordt, noch op welke theorie het practicum betrekking heeft en in de tekst wordt er niet op teruggekomen. Zo er al ontdekkend leren optreedt, zal dat daarom nogal ongericht zijn en het zich eigen maken van de leerstof moet op ontvangend leren berusten, tenzij de leraar als intermediair tussen practicum opdracht en theorietekst voor geleid ontdekken zorgt, maar dat valt buiten het bestek van deze analyse. Door deze opzet is het boek in principe geschikt voor zelfstudie. Als zodanig is of was het b.v. in gebruik bij enkele universitaire opleidingen in geval van deficiente vooropleidingen.

#### 4. De analysemethode

De analyse moest in elk geval antwoord geven op de volgende vragen:

- welke begrippen en principes die met ENZYM in verband staan of daar zinvol mee in verband kunnen worden gebracht, komen aan de orde?
- in welke volgorde en samenhang worden ze aan de orde gebracht?
- in welke bewoordingen worden ze aan de orde gebracht?

Hiermee wordt de structuur die het begrip in het boek heeft beschreven. Die structuur is, als neerslag van de gedachten van de auteurs, impliciet in de tekst aanwezig. Het is de vraag, in hoeverre hij door de lezer herkend wordt. Die zal zijn eigen voorkennis actualiseren en, geleid door de tekst, uitbouwen.

Daarbij is de kwaliteit van de tekst van groot belang. Tillema (1983) zegt ten aanzien hiervan:

*'Integratie en inferentie zijn verwerkingsprocessen door de leerling om een kennisstructuur te (re)construeren maar functioneren mede afhankelijk van de wijze waarop informatie wordt aangeboden n.l. van factoren als: hoeveel structuur biedt de tekst/uitleg aan; hoe groot is de referentiële helderheid van de tekst/uitleg; hoeveel wordt in de tekst bekend verondersteld bij de lezer, etc.'*

Of lezers, in dit geval leerlingen, inderdaad samenhang tussen de (sub)-begrippen van ENZYM vinden, hangt af van talrijke factoren die leerlingen, leraar en onderwijssituatie betreffen. De auteurs van een tekst kunnen daarvoor natuurlijk nooit garanties geven. Anderzijds zullen woordkeus en opbouw van passages waarin het begrip in de tekst verder ontwikkeld wordt, de waarschijnlijkheid dat dat bij leerlingen inderdaad gebeurt, groter of kleiner maken. Op deze elementen is de analyse dan ook gericht.

#### 4.1. Het overzicht van de begrippen die in de tekst voorkomen en onderling te relateren zijn.

Wil men de wijze waarop relaties tussen begrippen in een tekst worden gelegd kunnen beoordelen, dan moet men eerst over een methode beschikken om zulke begrippen en hun relaties in de tekst op te sporen. Een geschikte methode daarvoor is het maken van een begrippenkaart (semantic network). Posner (1978) zegt daarvan dat ze een mogelijke structuur vertegenwoordigen van de kennis van leerlingen, de inhoud van onderwijsmateriaal, of die van een discipline en dat zo'n begrippenkaart onder andere verkregen kan worden door de analyse van onderwijsmateriaal. Stewart and Atkin (1982) menen dat begrippenkaarten gebruikt kunnen worden om betekenis te geven aan de termen als 'begrijpen' of 'betekenisvol leren'. Het opsporen en beschrijven van de structuur is echter geen doel op zich, het moet er toe leiden dat de gebruiker van de methode, i.c. de leraar, opgespoorde tekortkomingen en hiaten kan verbeteren. Begrippenkaarten, zoals Posner (1978) die voorstelt, bevatten daartoe teveel informatie. Stewart, Van Kirk & Rowell (1979) bevelen aan *'... to get the concepts down on the map in a general superordinate-to-subordinate order that is in keeping with the structure of the content to be included in the course.'*

Een goed geoperationaliseerde methode om zo'n hiërarchisch geordende begrippenkaart te maken is de methode leerstofanalyse (MLA), beschreven door Boschhuizen (1982). De MLA berust op de principes van boven-, neven- en onderschikbaarheid van begrippen. Volgens deze methode ontstaat een boomvormig vertakt relatie-schema van de betrokken begrippen waarbij die steeds specifiekere worden, naarmate ze in 'fijnere' vertakkingen voorkomen, e.e.a. in



aansluiting op de leertheorie van Ausubel e.a. (1978) en Novak (1979). De MLA bevat een subjectief element in die zin, dat daarmee de hiërarchische structuur van iemands persoonlijke kennisbestand in kaart wordt gebracht. In enigszins aangepaste vorm is hij echter ook bruikbaar voor een tekstanalyse. Dan worden niet de eigen vrije associaties als te bewerken materiaal gebruikt, maar de begrippen uit de te analyseren tekst. (zie ook Bol en Gresnicht, 1983).

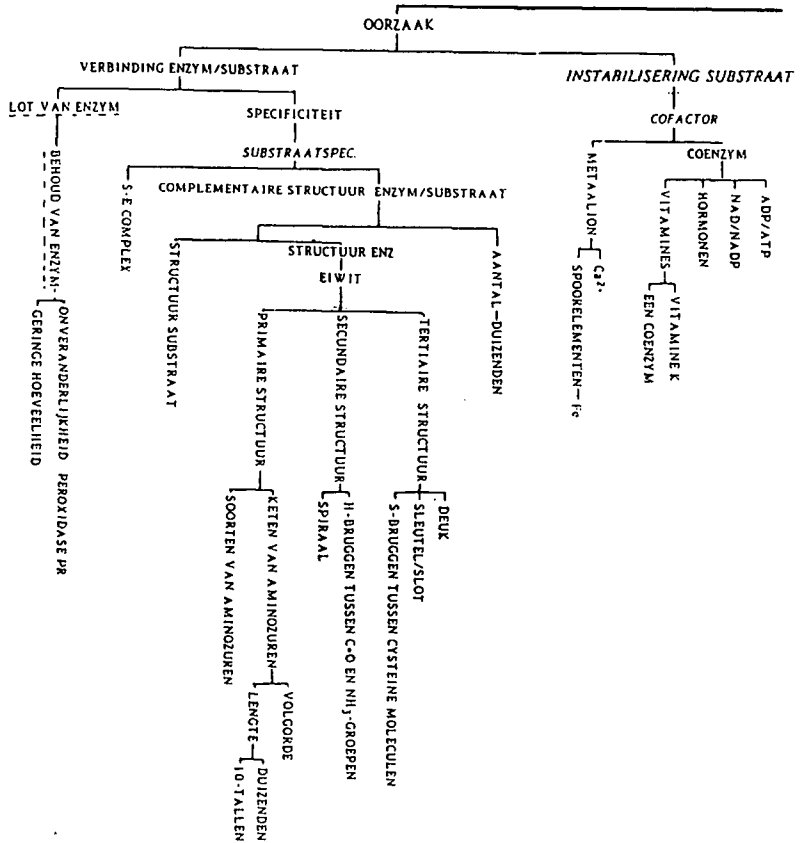
Als de MLA zo gebruikt wordt om een tekst te analyseren, ontstaat een begrippenkaart die gedeeltelijk voorgestructureerd is, doordat het merendeel van de erin figurerende begrippen aan de tekst is ontleend. Daarmee is in elk geval een deel van de hiërarchische relaties gegeven. Uit de tekst zijn echter niet alle hiërarchische relaties duidelijk. Als dat het geval is moet men dus daar waar in de hiërarchie benodigde begrippen ontbreken, die zelf invoeren, zodat nadere specificaties (die wel in de tekst voorkomen) in de hiërarchie opgenomen kunnen worden. De op deze manier vervaardigde begrippenkaart is opgenomen in fig.1.

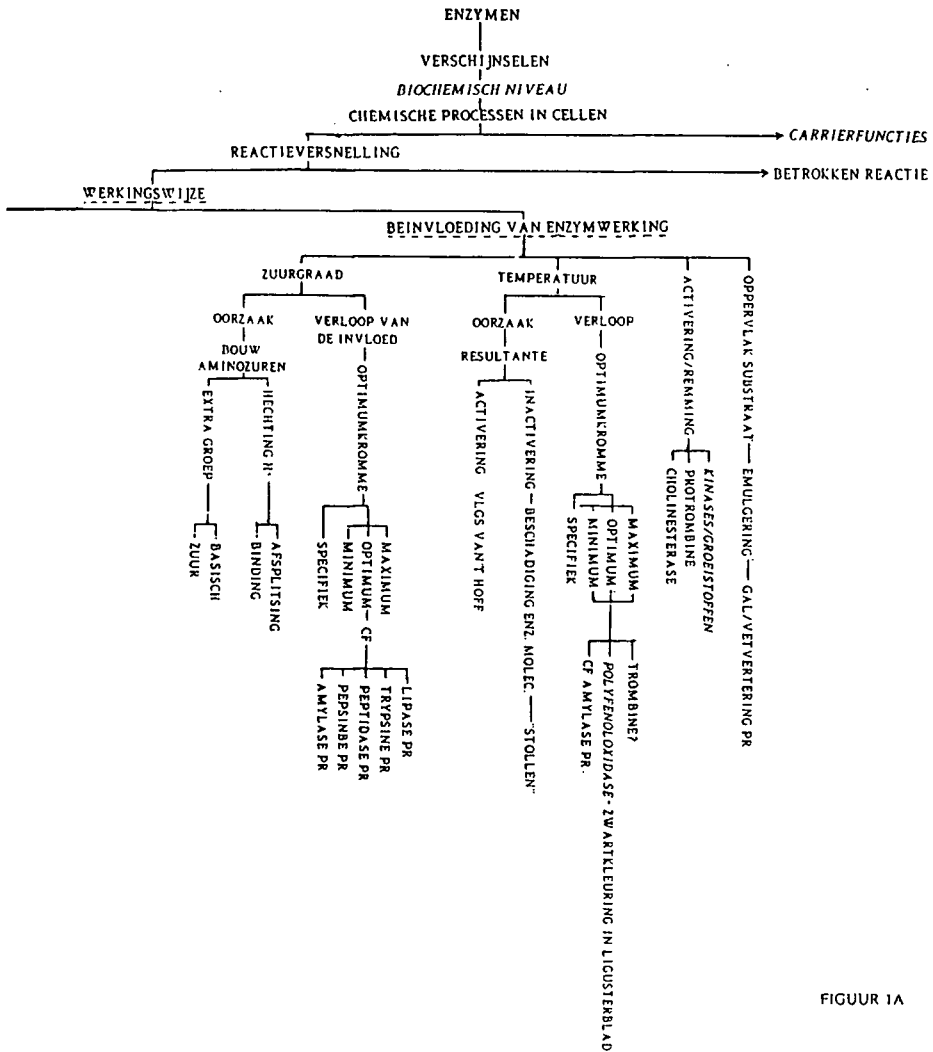
#### 4.2. Criteria om de ontwikkeling van een begrip op de adequaatheid van de bewoordingen te beoordelen.

Een dergelijke begrippenkaart is het eindproduct van een analyse. Allicht zal men meer verbanden tussen begrippen in de tekst kunnen leggen, naarmate men meer deskundig is. Uit de begrippenkaart valt niet af te lezen in welke volgorde de begrippen aan de orde komen, noch in welke bewoordingen. Er valt niet uit af te lezen, op welke wijze het begrip in de tekst ontwikkeld is. De tekst is daarom nog op een tweede manier geanalyseerd, zodanig dat recht gedaan wordt aan de volgorde van, het onderwerp waarbij en de woordkeus waarin de in de tekst voorkomende begrippen met ENZYM in verband worden gebracht.

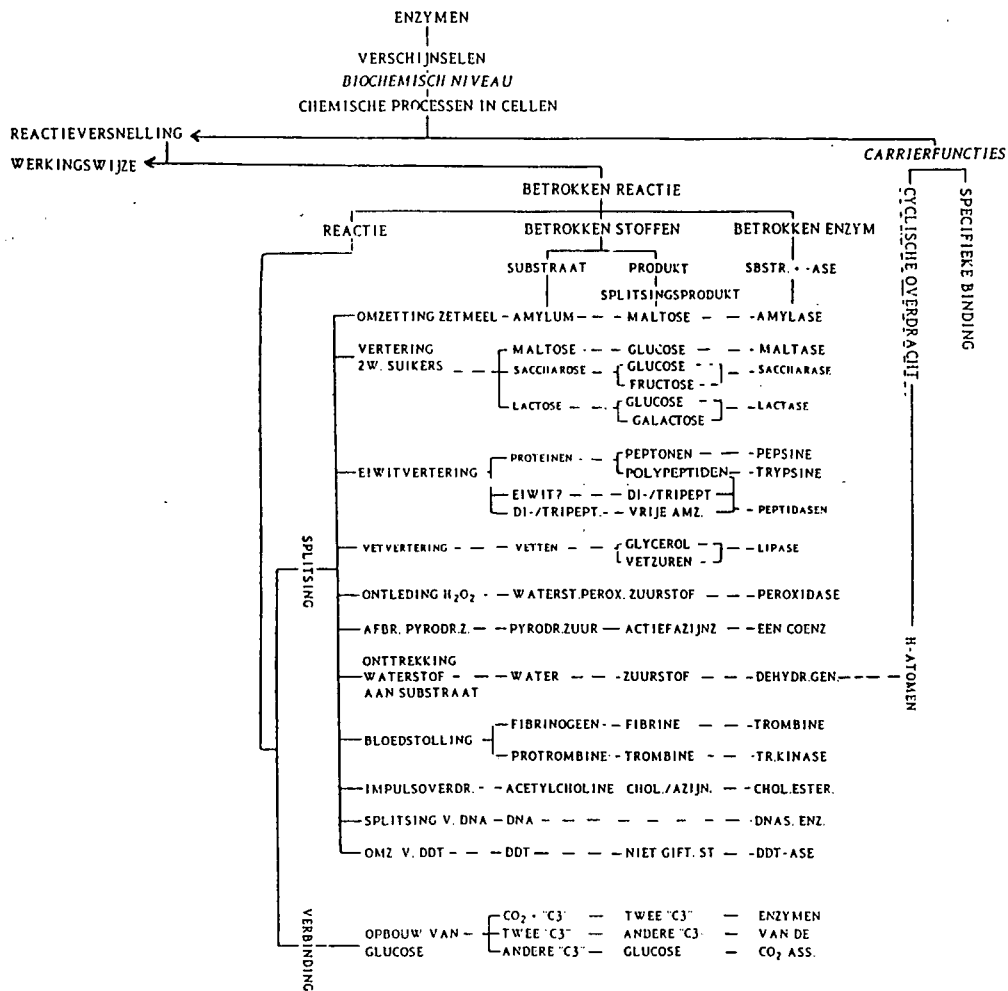
Analyses van teksten in leerboeken, ook in biologieleerboeken, zijn wel te vinden. Zij betreffen dan echter doorgaans het percentage tekst dat aan een onderwerp wordt gewijd (Rosenthal, 1985; Levin and Lindbeck, 1979), of de onderwerpen die aan de orde komen (Levin and Lindbeck, 1979). Cho, Kahle and Nordland (1985) gaan wel in op de bewoordingen en conceptuele relaties in de tekst, maar slechts in beperkte mate. In geen van deze gevallen wordt de ontwikkeling van een begrip, zoals door ons bedoeld, nagegaan.

Tillema (1983, p.103) zegt dat het van belang is, hoeveel structuur de tekst aanbiedt, hoe groot de referentiële helderheid ervan is en hoeveel bij de lezer bekend wordt verondersteld in de tekst. Deze criteria zijn nog te algemeen gesteld en zullen voor





FIGUUR 1A



FIGUUR 1B

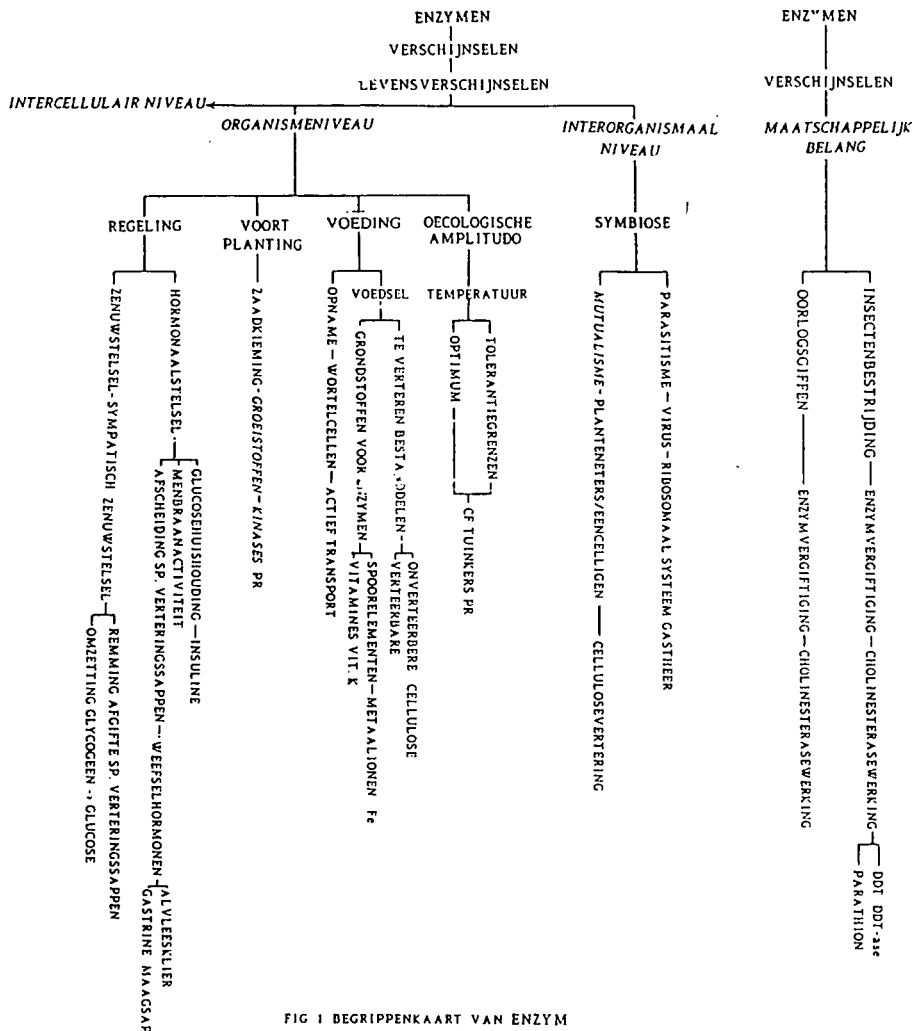


FIG 1 BEGRIPPENKAART VAN ENZYM

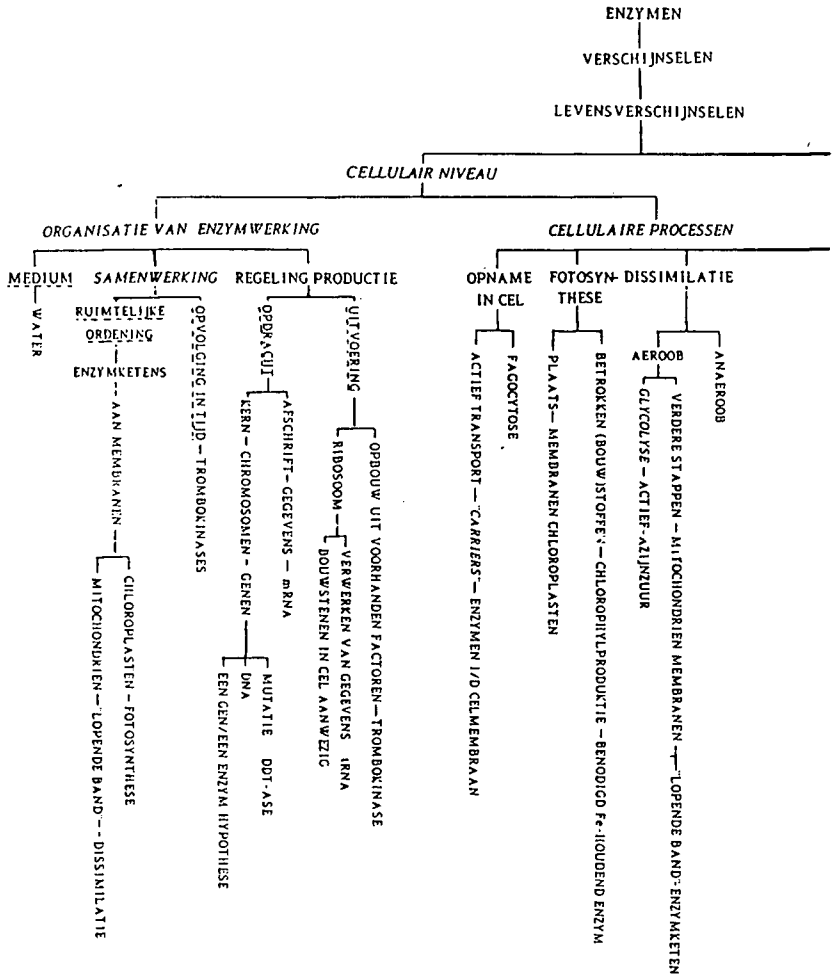
in KREUTZER & OSKAMP, BIOLOGIE 4V EN 5V

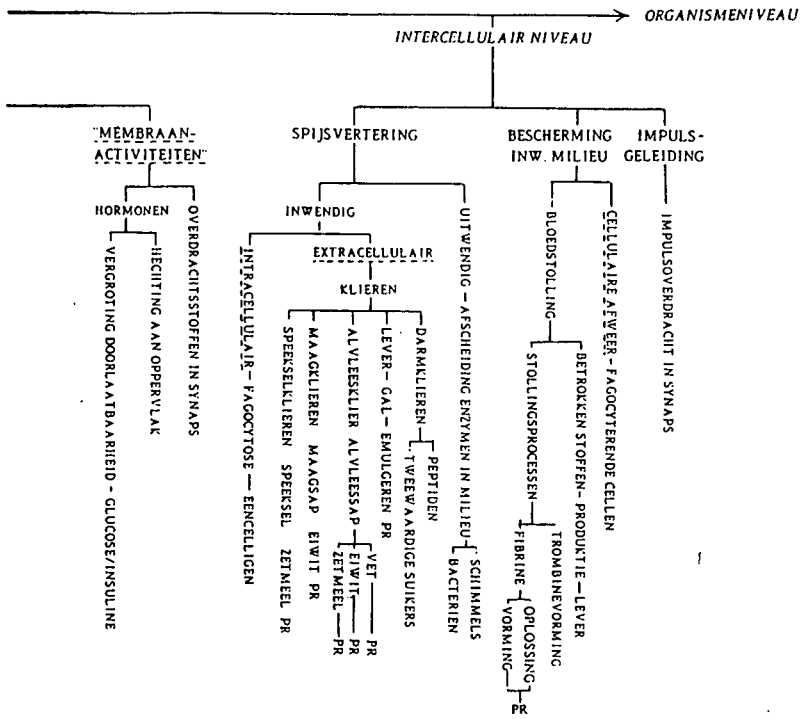
COFACTOR DOOR DE ANALIST TOEGEVOEGD BEGRIJP

SPECIFIEK DOOR DE ANALIST NADER BENOEMD BEGRIJP

PR IN EEN PRACTICUM AAN DE ORDE GESTELD

FIGUUR 1D





FIGUUR IC

ons doel gespecificeerd moeten worden. Cho, Kahle and Nordland (1985) vergeleken de behandeling van het onderwerp Genetica in een aantal Amerikaanse leerboeken. Zij stellen dat misconcepties bij leerlingen kunnen ontstaan of worden bevorderd door bewoordingen en afbeeldingen in leerboeken. Daarbij noemen ze wel specifieke voorbeelden, maar generaliseren die nauwelijks. Zij noemen 'niet eenduidig en onjuist gebruik van genetica-begrippen'. Daar voegen ze aan toe, dat de begripsmatige scheiding van termen de oorzaak kan zijn van moeilijkheden bij het verband leggen tussen de bijbehorende begrippen. Verder noemen ze het ontbreken van relaties tussen een aantal begrippen, en voegen daar aan toe '*Repetition of the concepts without developing explicit and scientifically correct relationships among them may strengthen word associations, but hinder the development of more advanced and sophisticated concepts.*' Zij concluderen tenslotte dat 'niet begrijpen' meestal verbonden is met vier factoren: de volgorde van besproken onderwerpen, de relatie tussen meiose en genetica zowel als een stelsel van relaties tussen de begrippen die basaal zijn voor het begrijpen van meiose en genetica, het gebruik van termen en tenslotte de mathematische elementen in de genetica.

In onze analyse is een soortgelijke gedachtengang gevolgd als bij Cho, Kahle and Nordland, maar er is daarbij meer nadruk gelegd op een systeem, volgens welk de ons inziens (on)juiste behandeling van de leerstof kan worden geklasseerd aan de hand van een aantal criteria. Het gaat in deze analyse om de bewoordingen waarin de specificaties van ENZYM aan de orde worden gesteld. Van veel belang is daarbij in de hier ontwikkelde visie, dat later geïntroduceerde begrippen (kunnen) worden gerelateerd aan eerder figurerende. Reicheluth e.a. (1980) menen dat '*(subject-matter) structure should be taught - it should be part of the instruction - in order to teach the important relationships within the subject-matter*'. Zij onder scheiden om dat na te streven drie 'macrostrategieën'. Daarvan is één synthetiseren, dat betreft de wijze waarop de relaties tussen de respectievelijke begrippen en principes wordt gedemonstreerd. Daarbij is nog niets gezegd over de bewoordingen waarin dat moet gebeuren. Men kan echter aan de door Ausubel ontwikkelde theorie richtlijnen daartoe ontleen (Ausubel e.a., 1978; Novak, 1976). Volgens deze theorie moeten de hiërarchische (onder-/bovenshikkende) relaties worden geëxpliciteerd. Volgens een tweede richtlijn moeten de begrippen helder worden geformuleerd, zodat voldoende onderscheid mogelijk blijft. 'Samenhang' kan echter niet het enige aspect zijn waaraan de ontwikkeling van een begrip moet voldoen. Natuurlijk moet die ook in overeenstemming zijn met gangbare wetenschappelijke opvattingen. De definitie die de leerlingen aangeboden krijgen zal in het



algemeen wel eenvoudiger zijn dan die welke in de 'officiële' wetenschap wordt gehanteerd, maar deze wel globaal moeten dekken en er zeker niet mee strijdig zijn. In een modern biologiecurriculum zal ook de maatschappelijke relevantie van de behandelde leerstof aan de orde dienen te komen.

Criteria om de ontwikkeling van een begrip in de tekst van een leerboek op de adequaatheid daarvan te kunnen beoordelen moeten volgens ons de *samenhang*, de *wetenschappelijke validiteit* en de *duidelijkheid van formulering* betreffen.

Het ontwikkelde analyseinstrument

A. Samenhang. Hierbij gaat het erom in hoeverre er bewust naar wordt gestreefd, het onderhavige begrip als verklarend principe dat voor samenhang tussen de onderdelen van de leerstof zorgt, te gebruiken. Daarbij zijn drie vragen gesteld:

1. **Welke specificaties worden er achtereenvolgens met het begrip in verband gebracht?** Het betreft hier de volgorde, waarin de betrokken (sub)begrippen geïntroduceerd worden. Of de relatie tussen deze begrippen ook uit de tekst blijkt is bij deze vraag niet aan de orde. Er valt daarbij onderscheid te maken tussen
  - a. *Uitbreiding*, waarbij verband wordt gelegd met begrippen op een hoog niveau van algemeenheid. Zulke begrippen vindt men in de conceptmap terug hoog in de hiërarchie. Via uitbreiding zullen verschillende onderwerpen uit de leerstof, dikwijls uit verschillende hoofdstukken, begripmatig met elkaar verbonden worden.
  - b. *Detailering*, waarbij verband wordt gelegd met begrippen met een meer specifiek karakter. Zulke begrippen vindt men in de conceptmap terug laag in de hiërarchie.
2. **Wordt er naar gestreefd dat de leerlingen zich de samenhang ook bewust zijn?** Hier wordt dus gevraagd in hoeverre expliciet wordt gerefereerd aan de voorgaande behandeling van het begrip. Er zijn weer twee subcategorieën:
  - a. *Herhalen*, eerder behandelde stof wordt zonder nieuwe toevoegingen opnieuw aan de orde gesteld.
  - b. *Aansluiten*, als bij de introductie van een nieuwe specificatie van het begrip expliciet de hiërarchische relaties met voorgaande specificaties genoemd worden.
3. **Gebeurt de specificatie van het begrip op een zinvolle manier?** Via specificaties van ENZYM worden verschillende onderwerpen uit de leerstof met elkaar verbonden, een specificatie is dus als het ware een knooppunt. De specificatie moet dus ook logisch in het onderhavige onderwerp passen. Er zijn weer twee mogelijkheden:

- a. *Context*, de specificatie moet passen bij het onderwerp en er niet 'met de haren bijgesleept' worden, dat wil zeggen niet in feite buiten het onderwerp dat aan de orde is vallen.
  - b. *Relevantie*, bij een bepaald onderwerp voor de hand liggende en belangrijke specificaties moeten aanwezig zijn. (In het bijzonder valt hier te denken aan toepassingen in het dagelijks leven).
- B. Validiteit.** Ten aanzien van de ontwikkeling van een begrip mag men de eis stellen, dat bij deze ontwikkeling een beeld ontstaat, dat voldoende in overeenstemming is met gangbare wetenschappelijke opvattingen. Natuurlijk valt hier te bedenken dat het om een leerboek van VWO-scholieren gaat, eisen aangaande wat wetenschappelijk verantwoord is zullen daarmee rekening moeten houden. Van belang is vooral dat de leerlingen geen begrippen vormen die later weer tegengesproken zouden moeten worden. In het ideale geval zouden ze alleen uitgebreid en verdiept moeten worden. Deze overwegingen gelden in het bijzonder voor de hieronder volgende categorieën juist, niet misleidend en volledig.
- Ten aanzien hiervan zijn de volgende vragen gesteld:
1. Is de behandeling van het begrip wetenschappelijk verantwoord? Dat behoort natuurlijk zo te zijn, maar er kunnen wetenschappelijk of anderszins onjuiste mededelingen worden gedaan. Er zijn weer twee mogelijkheden te onderscheiden:
    - a. Juist, is de behandeling in feite juist?
    - b. Niet misleidend, is de formulering zodanig dat er geen verkeerde gevolgtrekkingen getrokken zouden kunnen worden m.b.t. de geldigheid van een principe of de juistheid van een bewijsvoering?
  2. Is de behandeling van het begrip consequent? Hierbij is onderscheid gemaakt tussen
    - a. Conform, latere beweringen moeten niet strijdig zijn met voorgaande. Regels (b.v. die terzake van nomenclatuur) moeten worden nagekomen.
    - b. Volledigheid, de behandeling dient volledig te zijn in die zin dat definities het gehele begrip, en niet slechts deelbegrippen, moeten dekken, of, vice versa, er mogen niet eenzijdig voorbeelden bij een definitie of beschrijving gegeven worden.
- C. Duidelijkheid.** De derde vraag die in de analyse aan de orde was, betreft de duidelijkheid van de gepresenteerde leerstof. Men kan aan de leerstof de eis stellen, dat ze voor de leerling begrijpbaar en nauwkeurig geformuleerd is. Indien de leerstof niet te begrijpen is, kunnen leerlingen de hiërarchische relaties, ook al worden die geëxpliciteerd, niet leggen en kan hun leren niet betekenisvol worden. Is de leerstof niet nauwkeurig geformuleerd, dan kan ze in onvoldoende mate van andere leerstof gediscrimineerd

worden, en zal ze dus vrij snel vergeten dreigen te worden. De wijze waarop een onderdeel van de leerstof aan de orde gesteld wordt mag ook niet, in vergelijking met de rest van de rest van de leerstof, te laconiek of te beknopt zijn, anders zal een leerling allicht denken dat dit deel minder belangrijk is en er niet in voldoende mate kennis van nemen.

Er zijn met betrekking tot 'duidelijkheid' drie vragen gesteld:

1. **Leidt de behandeling tot verbalismen?** Het gaat hier om de vraag of verwacht mag worden dat de leerlingen de leerstof zullen begrijpen. Daarbij vallen nog twee aspecten te onderscheiden:
  - a. *Voorkennis*. De behandeling moet aansluiten bij de voorkennis van de leerlingen.
  - b. *Gevoel*. De behandeling moet voldoende gedetailleerd zijn en van duidelijke voorbeelden voorzien.
2. **Hoe nauwkeurig is de behandeling?** Een exacte omschrijving en benoeming van de behandelde begrippen en verschijnselen verhoogt de voorstelbaarheid ervan en maakt het mogelijk er later aan te refereren. In de analyse zijn onderscheiden:
  - a. *Bepaaldheid*. Is de beschrijving voldoende gepreciseerd, worden van grootheden voldoende specifieke waarden gegeven?
  - b. *Met referentie*. Zijn bij de behandelde voorbeelden ook normen bekend (referentieschema's, standaardwaarden, etc.), zodat de waarde van de individuele waarneming in dit voorbeeld geschat kan worden?
3. **Is er voldoende focus bij de behandeling?** Reeds Mursell (1954) heeft gewezen op het belang van een focus, waardoor de aandacht van de leerlingen in voldoende mate bij het te behandelen onderwerp bepaald wordt. In elk geval dient de behandeling te voldoen aan:
  - a. *Explicietheid*. Impliciete mededelingen of bedoelingen worden lang niet altijd door de leerlingen opgemerkt.
  - b. *Ampele behandeling*. Een onderwerp dient ook voldoende uitgebreid behandeld te worden.

## 5. Resultaten

5.1. Het beeld van ENZYM volgens de begrippenkaart.

De begrippenkaart die op grond van de analyse van de ontwikkeling van ENZYM in het leerboek van Kreutzet/Oskamp werd gemaakt, is te vinden als fig.1. In een aantal gevallen zijn in de begrippenkaart opgenomen begrippen<sup>2</sup> niet in de tekst terug te vinden. Dat betreft gevallen waarin

- òf een, voor een sluitende hiërarchie noodzakelijk begrip ontbrak;

in die gevallen is een nieuw begrip ingevoerd. Deze begrippen zijn in de begrippenkaart cursief afgedrukt;

- òf het hiërarchisch verband in de tekst wel duidelijk was, maar een handzame term voor het verbindende begrip ontbrak. Zulke begrippen zijn in de begrippenkaart met een gebroken onderstreping aangegeven.

Met nadruk zij erop gewezen, dat de aldus geproduceerde begrippenkaart die is, welke de analist aan de tekst ontleent. Hoe uitgebreid de begrippenkaart is en in hoeverre hij een juiste afspiegeling (vanuit de wetenschappelijke biologie gezien) geeft, is afhankelijk van de deskundigheid van de analist, die immers wel of niet verband kan leggen op plaatsen waar de tekst daar niet duidelijk over is. Bij de productie van een begrippenkaart speelt de persoonlijke voorkennis in belangrijke mate mee. In hoeverre een ondeskundige lezer, i.c. een leerling, een voldoende uitgebreide en juiste begrippenkaart zou kunnen maken hangt daarom in grote mate af van de kwaliteit van de bewoordingen, waarin in de tekst aan ENZYM wordt gerefereerd. Een overzicht van de kwalificaties die aan de referenties aan ENZYM worden toegekend, is te vinden in tabel 1<sup>3</sup>.

Uit de begrippenkaart blijkt, dat ENZYM vooral ontwikkeld is op het biochemisch niveau. Op dit niveau wordt een groot aantal specificaties gegeven. Ook wordt d.m.v. een groot aantal practica geprobeerd dergelijke specificaties te concretiseren. Op de hogere niveau's van organisatie (cellulair, intercellulair, organismaal en interorganismaal niveau) is het beeld veel minder rijk. Slechts een beperkt aantal levensverschijnselen wordt met ENZYM verbonden. Weliswaar lijkt dit gedeelte van de begrippenkaart op het eerste gezicht tamelijk uitgebreid. Maar te bedenken valt, dat deze niveau's alle structuren en processen betreffen, voor zover die niet in termen van moleculen, chemische reacties en de invloed van fysische factoren daarop te beschrijven zijn. Verschijnselen van maatschappelijk belang, tenslotte, worden vrijwel helemaal niet met ENZYM verbonden.

Vergelijkt men dit beeld met de spreiding van de referenties aan ENZYM over de tekst, dan wordt het bevestigd (tabel 1). De onderwerpen waarbij ENZYM aan de orde komt zijn vrijwel beperkt tot de introductie van ENZYM in par.6 zelf, en de onderwerpen Stofwisseling, Spijsvertering, Bloedstolling en Regeling, d.w.z. typisch die onderwerpen waarbij uitweiding over biochemische aspecten voor de hand ligt. Tezamen omvat de behandeling van deze onderwerpen nog geen 15% van de tekst van het boek, gemeten in aantal bladzijden, terwijl bij de behandeling ervan ruim 75% van de referenties aan ENZYM gemaakt worden.

Bij nadere beschouwing blijkt ook dat onder de specificaties van ENZYM er weinig voorkomen die ENZYM als een geïntegreerd, vanuit het geheel van het organisme begrijpbaar principe beschrijven. En voor zover die al aanwezig zijn worden ze nauwelijks verder ontwikkeld. Te noemen vallen in dit verband in het bijzonder het ontbreken van noties als turnover en regulering van de enzymactiviteit. Zonder het principe van turnover<sup>3</sup> wordt eigenlijk het hele voorkomen van stofwisselingsproducten onbegrijpelijk. Begrip van het principe is tevens noodzakelijk om te begrijpen hoe processen als veroudering, aanpassing aan veranderde omstandigheden tijdens het leven, enz. mogelijk zijn. De sleutelrol die productie, activatie, remming en afbraak van enzymen daarbij spelen behoeft geen nader betoog. Ook daarom al zou de regulering van productie en activiteit van enzymen een belangrijk aandachtspunt moeten zijn. Deze vraag wordt echter niet aan de orde gesteld. Wel wordt de rol van DNA en RNA besproken, maar de vraag hoe de productie geregeld wordt, ontbreekt. Bovendien worden principes als remming en activatie nergens systematisch behandeld en wordt op enzymen als onderdelen van regelingsystemen niet of nauwelijks ingegaan.

## 5.2. De ontwikkeling van ENZYM in de bewoordingen

### 5.2.a. Samenhang: worden de relaties expliciet gelegd?

Tussen de begrippenkaart en de kwalificaties van de bewoordingen is een zekere overlap. Immers, de verbindingen die in de begrippenkaart zijn gelegd moeten terug te vinden zijn onder de kwalificaties die samen de categorie 'samenhang' vormen. Maar bij die kwalificaties gaat het er niet om, of in het eindresultaat zulke verbindingen door de analist gelegd zijn. Het gaat er nu om of dat ook gebeurt op een voor de leerlingen te volgen en zinvolle wijze. Volgens het beeld dat uit de begrippenkaart naar voren komt, kan ENZYM in het boek slechts in geringe mate als verklarend principe fungeren. Dit wordt in de analyse van de bewoordingen bevestigd onder het aspect 'samenhang'.

Van de specificaties werden er 23 als 'uitbreiding' geklasseerd, en 184 als 'detaillering'. Van deze 'uitbreidingen' vielen er bovendien nog 9 binnen de introductieparagraaf. Dat betekent dat ENZYM met slechts weinig andere onderwerpen dan zulke op puur biochemisch niveau in verband werd gebracht.

In liefst eenendertig gevallen werden passages waarin aan ENZYM werd gerefereerd gekwalificeerd als 'niet-aansluitend'. Doorgaans ging het daarbij om gevallen, waarbij van een ingevoerd principe later voorbeelden aan de orde worden gesteld zonder dat op de relatie met het principe wordt gewezen. Vooral in die gevallen waarin een specificatie van het principe destijds zonder

Deel 4V		aant.	U	D	H
hs. 1	<b>Biologie</b>	-	-	-	-
hs. 2	<b>Cellen, weefsels, organen</b>	<b>53</b>	<b>10</b>	<b>57</b>	<b>5</b>
(§ 6)	Regeling van de levensverschijnselen in de cel; enzymen	52	9	57	5)
(§ 7)	Stoffentransport tussen cel en omgeving en binnen de cel	1	1	-	-)
hs. 3	<b>Orde in de veelheid van organismen</b>	-	-	-	-
hs. 4	<b>Voortplanting en ontwikkeling</b>	-	-	-	-
hs. 5	<b>Erfelijkheid</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
(§ 23)	Erfelijkheid en milieu	2	0	1	1)
hs. 6	<b>Stofwisseling</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>3</b>
(§ 34)	Assimilatie en dissimilatie	1	-	-	1)
(§ 35)	Koolstofassimilatie	2	1	-	1)
(§ 36)	Meer over fotosynthese en chemosynthese	9	-	11	-)
(§ 38)	Dissimilatie	4	1	2	1)
(§ 39)	Meer over aerobe en anearobe dissimilatie	6	-	9	-)
hs. 7	<b>Ecologie</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
(§ 14)	Abiotische milieufactoren	4	2	1	1)

Tabel 1. Aantal referenties, specificaties en herhalingen met betrekking tot ENZYM, per paragraaf in Kreutzer/Oskamp, Biologie, deel 4V en 5V.

Deel 5V	aant.	U	D	H
hs. 1 <b>Voeding</b>	46	3	63	10
(§ 1 De voeding bij de autotrofe groene planten	4	0	2	2)
(§ 2 De voeding bij de heterotrofe organismen	7	2	6	1)
(§ 3 Voedselopname en vertering bij heterotrofe organismen	35	1	55	7)
hs. 2 <b>Gaswisseling</b>	-	-	-	-
hs. 3 <b>Transport</b>	-	-	-	-
hs. 4 <b>Opslag en uitscheiding; inwendig milieu</b>	14	2	21	0
(§ 16 Het behoud van het inwendig milieu	13	2	20	0)
(§ 17 Afweerreacties en het inwendig milieu	1	0	1	0)
hs. 5 <b>Beweging</b>	-	-	-	-
hs. 6 <b>Regeling</b>	13	4	12	0
(§ 22 Inleiding	5	1	5	0)
(§ 23 Regeling door hormonen	4	0	4	0)
(§ 25 Impuls geleiding	4	3	4	0)
hs. 7 <b>Gedrag</b>	-	-	-	-
hs. 8 <b>Moleculaire erfelijkheidsleer</b>	6	1	5	1
(§ 31 Moleculaire bouw en duplicatie van chromosomen	4	1	4	1)
(§ 32 RNA en eiwitsynthese	2	0	1	0)
hs. 9 <b>Evolutie</b>	-	-	-	-
hs. 10 <b>Mens en milieu</b>	2	0	6	0
(§ 38 Wereldvoedselproductie	2	0	6	0)
<b>Totaal 17 hs., 86 paragrafen, 541 pagina's</b>	<b>160</b>	<b>23</b>	<b>184</b>	<b>20</b>

voorbeelden of verder detailleringen werd geïntroduceerd, mag niet verwacht worden dat leerlingen (vaak honderden bladzijden later) uit zichzelf dit verband leggen. Een drietal voorbeelden:

- de relatie vitamine-coenzym. Bij de behandeling van 'vitamines' (deel 5, p. 18) wordt het verband in algemene termen vermeld. Maar in die gevallen, waar voorbeelden daarvan voorkomen (coenzym A, vit.K) wordt daar niet op gewezen, andere voorbeelden worden nergens genoemd. De relaties tussen cofactor (welke term op zich overigens niet genoemd wordt) en  $Ca^{2+}$  of ADP/ATP worden in het geheel niet genoemd.
- het complementair zijn van de structuur van enzym- en substraatmolecuul. Dit principe wordt op p. 25/26 van deel 4 geïntroduceerd. Maar als er dan 287(!) bladzijden later, n.l. in deel 5 op p.23, voor het eerst een voorbeeld van wordt gegeven, wordt daar niet meer aan herinnerd.
- het 'second messenger' principe. Dit wordt, in weliswaar vage bewoordingen, in deel 5 op blz. 127 geïntroduceerd. Bij geen van de daarop toepasbare voorbeelden (div. hormonen, transmittersstoffen) wordt erop gewezen dat dit nu een voorbeeld is van een factor die via dat principe werkt. Evidente gevallen van het ontbreken van relevante voorbeelden zijn b.v.
- het niet, n.a.v. de pH-gevoeligheid van enzymen, ingaan op de concurrentiekracht van microben (melkzuur-, azijnzuurbacteriën!), voedselconservering (inleggen in het zuur) en desinfectie (maagsap!).
- het niet, n.a.v. de temperatuurgevoeligheid van enzymen, ingaan op biologische wasmiddelen, voedselbederf, blancheren.
- het niet, n.a.v. de proteïnesynthese ingaan op de werking van antibiotica.
- het niet ingaan op erfelijke stofwisselingsziekten (diabetes, fenolketonurie, etc.), n.a.v. de wel genoemde relatie enzymengen.

'Samenhang' betreft ook de vraag, of de specificaties op een voor de leerling zinvolle plaats geïntroduceerd worden, d.w.z. passend in de context. Daarop is nogal wat aan te merken: elf maal werd aan een passage de kwalificatie 'geen context' gegeven. Dat is deels het gevolg van de analytische behandeling van de leerstof. De auteurs benaderen de biologische leerstof vanuit de basale niveau's (biochemisch, cellulair) en volgen dus een bottom-top ordening. Daardoor gaat de introductie van specificaties van ENZYM vooraf aan verschijnselen op hogere niveau's, waarbij (d.m.v. deze specificaties) ENZYM als verklarend principe gebruikt kan worden. Bovendien wordt vaak de introductie van deze specificatie en de behandeling van de bedoelde verschijnselen op



Deel 4V, blz. 161.

"Een chromosoom bestaat uit een groot aantal eenheden, de genen, die elk de aanzet kunnen geven voor de aanmaak van een ander enzym..."

- 1) **Specificatie: detaillering** van "opdracht tot productie-chromosoom".
- 2) **Zinvolheid: relevantie**. Geen relevante voorbeelden. Voorbeelden van hoe/wat voor enzymen, hoe/wat voor processen beïnvloeden worden hier noch elders genoemd, terwijl toch talrijke erfelijke stofwisselingsziekten bekend zijn, die op een gestoorde enzymproductie berusten.
- 3) **Verbalisme: niet gevuld**. Er wordt niets gezegd over hoe men zich dit alles moet voorstellen.

Toelichting:

1) Deze specificatie is een detaillering, omdat op bladzijde 31 reeds de uitbreiding naar "Betekenis op cellulair niveau - Opdracht tot produktie" plaats vond, waar namelijk de rol van celkern en chromosomen genoemd wordt. Het begrip "gen" is hier de nieuwe informatie.

2) Wat voor erfelijke eigenschappen of wat voor enzymen men daarbij bedenken moet is nergens gezegd. Er is een aantal erfelijke ziekten bekend, waarbij juist heel duidelijk is, hoe het ontbreken (of onwerzaam zijn) van een enzym leidt tot storingen in de stofwisseling, en zo bijvoorbeeld tot storingen in de ontwikkeling. Dit betreft belangrijke erfelijke ziekten zoals fenylketonurie, amaurotische idiotie, maar ook tot een veel voorkomen de ziekte als suikerziekte. Door middel van dergelijke voorbeelden zou deze mededeling geconcretiseerd kunnen worden (een aspect van "gevuld", zie onder 3), maar zou tevens duidelijk kunnen gemaakt kunnen worden wat het algemene belang is van deze leerstof, ook buiten het terrein van de academische biologie.

3) Als onder het hoofd "Erfelijkheid" het verband tussen genen en enzymen genoemd wordt, zou ergens duidelijk gemaakt moeten worden hoe enzymen nu tot eigenschappen kunnen leiden. Tot nu toe weten de leerlingen alleen, dat enzymen de omzetting van stoffen als zetmeel en waterstofperoxyde katalyseren en zo "de levensverschijnselen regelen", wat dat ook wezen moge.

Fig. 2. Voorbeeld van de beoordeling van een passage in de tekst.

hoger niveau in de tijd ver uiteen gelegd. Na de introductie van ENZYM in deel 4 op p.25 t/m 31, wordt op p.35 éénmaal aan ENZYM gerefereerd. Daarna duurt het 126 pagina's voor er weer een dergelijke eenmalige referentie plaatsvindt, waarna het weer 60 pagina's duurt voor er opnieuw aan ENZYM gerefereerd wordt (zie ook tabel 1). Zo worden specificaties van ENZYM geïntroduceerd en zelfs in practica gedemonstreerd, waarvan de leerlingen nog onmogelijk de biologische betekenis kunnen inzien.

Voorbeelden hiervan zijn b.v. de practica die in de introductieparagraaf van ENZYM (deel 4, par.6, p.25 t/m 31) voorgescreven. De leerlingen worden daar geconfronteerd met een aantal biochemische processen die pas betekenis krijgen in verband met respectievelijk Spijsvertering, Cellulaire respiratie en Voortplanting, onderwerpen die nog lang niet aan de orde zijn en waarbij bovendien niet op al deze processen wordt teruggekomen. De leerlingen leren dan dat er blijkbaar bepaalde door enzymen gekatalyseerde processen bestaan, zonder dat ze begrijpen wat de rol van die processen in het grote geheel is. Dat komt o.i. dicht bij machinaal leren (in Ausubel's termen 'rote learning').

Andere gevallen van 'geen context' ontstaan doordat de auteurs een associatief gelegd verband uitwerken, terwijl de vraag die er aan ten grondslag ligt, bij dit onderwerp eigenlijk niet aan de orde is. Door dergelijke uitweidingen wordt de lijn van de tekst moeilijk te volgen.

Een goed voorbeeld daarvan wordt aangetroffen bij de behandeling van eiwitten als voedingsstof, waar uitgebreid wordt ingegaan op de secundaire en tertiaire structuur van eiwitten, die hier niet ter zake is (deel 5, p.23 t/m 25).

5.2.b. Validiteit: is de behandeling wetenschappelijk verantwoord en consequent?

Een belangrijke vraag is natuurlijk, of de leerstof naar wat de inhoud betreft valide is. De behandeling ervan moet wetenschappelijk verantwoord en consequent zijn. Het is eigenlijk een taak voor specialisten in de diverse biologische disciplines om dit aspect te beoordelen, het kan hier alleen om opvallende onjuistheden gaan.

Aperte onjuistheden zijn er in de tekst, met bovenstaande beperking, niet veel aangetroffen. Ze zijn meestal het gevolg van verouderde kennis.

Voorbeelden zijn de mededeling dat in de terminale ademhalingsketen waterstof (i.p.v. electronen) overgedragen wordt (deel 4, p.250) en die, volgens welke maltose, saccharose en lactose in het lumen van de darm verteerd worden, i.p.v. intracellulair (deel 5, p.38).

Misleidende beweringen zijn in groter aantal gevonden. Misleiding kan op een aantal manieren gebeuren. Een belangrijke vorm is die waarbij de informatie op zich juist maar onvolledig is. Een oorzaak voor die onvolledigheid kan zijn dat verschijnselen of processen geïsoleerd en niet als elementen van een geheel behandeld worden.

Een voorbeeld daarvan is de mededeling 'amylase die in het gekauwde voedsel zit wordt door de lege maag-pH onwerkzaam' (deel 5, p.37). Dat is wel zo, maar het duurt in feite lang voor het zover is, omdat het zure maagsap slechts langzaam in de voedselbrei doordringt!

Verder zijn er logische fouten

(n.a.v. de practica 4 en 5 op p.27 van deel 4 moeten de leerlingen inductief - want de theorie is nog niet behandeld uit het na elkaar verschijnen van twee stoffen concluderen dat ze uit elkaar ontstaan zijn),

slordig taalgebruik

(bijvoorbeeld 'experiment' noemen wat in feite een geïsoleerd proefje is, deel 5, p.36),

en valse beeldspraak

(bijvoorbeeld de vermaarde sleutel/slot-metafoer, die ook hier gebruikt wordt om substraatspecificiteit te verklaren, maar die in feite de reactiespecificiteit van het coenzym beschrijft).

Het andere aspect dat de (wetenschappelijke) verantwoordheid van ENZYM in het boek betreft, is de vraag of de behandeling consequent is. Worden er b.v. geen tegenstrijdige beweringen gedaan? Dat is zeker wel het geval.

Bijvoorbeeld wordt op p.25 van deel 4 gesteld, dat na de reactie de enzymmoleculen onveranderd aanwezig zijn. Op p.31 wordt echter gezegd dat de cellen via de vorming van enzymen de levensverschijnselen regelt. Maar hoe kun je iets regelen door er steeds meer van te maken, terwijl het gevormde niet verdwijnt?

Andere gevallen waarin de latere behandeling van leerstof niet conform is met voorgaande beweringen komen vooral door slordig taalgebruik.

B.v. worden op blz.100 van deel 5 'stollingsfactoren' gedefinieerd als stoffen waaruit trombokinase wordt gevormd, maar op blz. 101 wordt trombokinase zelf een 'stollingsfactor' genoemd, enz.

Tenslotte valt onder dit aspect de kwalificatie 'onvolledigheid'. Onvolledig is de behandeling bijvoorbeeld als éénzijdige voorbeelden worden gegeven.

Opvallend is dat t.a.v. de bewering 'enzymen zijn zowel noodzakelijk bij de splitsing van een stof in meer stoffen als

bij de verbinding van stoffen tot één stof` (deel 4, p.25). In de rest van het boek wordt daarna één (serie) reactie(s) genoemd, waarin 'verbinding` aan de orde is (n.l. de synthese van glucose, deel 4, p.239). Dit tegenover twaalf verschillende gevallen waar het om 'splitsing` gaat en die met ENZYM in verband worden gebracht.

5.2.c. Duidelijkheid: is de leerstof duidelijk en nauwkeurig geformuleerd?

Het derde aspect dat in de analyse aan de orde is gekomen betreft de duidelijkheid van de gepresenteerde leerstof voor de leerlingen. Gebrek aan duidelijkheid kan drie oorzaken hebben: **verbalisme**, **onnauwkeurigheid** en **gebrek aan focus**.

**Verbalisme** doet zich voor als de bewoordingen op zich wel helder zijn, maar toch voor leerlingen onbegrijpelijk. Dit weer als gevolg van **gebrek aan voorkennis** en/of **ongevuld zijn** van begrippen of principes. Met betrekking tot **voorkennis**, kan niet vanuit de studeerkamer worden vastgesteld welke voorkennis leerlingen precies hebben. Er doen zich echter bij het analyseren van de tekst een aantal gevallen voor, waarbij in alle redelijkheid verwacht mag worden dat leerlingen in het algemeen de noodzakelijke basiskennis zullen missen. Het duidelijkst doet zich dat voor, waar kennis uit andere schoolvakken voorondersteld wordt. Voor zover het de onderzochte tekst betreft gaat het vooral om (bio)chemische begrippen.

*Reeds in het eerste begin, n.l. in de paragraaf waarin ENZYM wordt geïntroduceerd (deel 4, par.7, p.25 t/m 31) wordt een beroep gedaan op nogal gevorderde chemische kennis, namelijk*

- *de (niet nader uitgelegde) relatie polysaccharide/disaccharide in het geval van zetmeel/maltose,*
- *de bouw van proteïnen op basis van de polymeriseringsmogelijkheden van aminozuren,*
- *het gedrag van (zwak)zure of basische groepen (van aminozuren) o.i.v. de zuurgraad.*

*Het is veelbetekenend dat de auteurs gemeend hebben de structuur van proteïnemoleculen en de rol van aminozuren daarbij, in deel 5 (ruim driehonderd bladzijden, in de tijd minstens een jaar, later!) uitgebreid te behandelen.*

Een andere oorzaak waardoor op zich helder geformuleerde leerstof voor leerlingen niet begrijpelijk wordt, is dat begrippen of principes wel benoemd maar niet nader gevuld worden. In het boek zijn twee varianten daarop gevonden, n.l.

- a. Er wordt een proces aangeduid, zonder dat uitgelegd wordt hoe dat eigenlijk gaat:

'De activatie van protrombine is een ingewikkelde proces ...' (deel 5, p.100),

'... met behulp van deze gegevens kan aan de ribosomen het enzym worden gemaakt uit bouwstoffen die in de cel aanwezig moeten zijn' (deel 4, p.31).

- b. Er worden principes of begrippen genoemd, maar daarbij worden geen voorbeelden gegeven:

'Men veronderstelt dat de werking van vitamines meestal berust op hun werking als coenzym' (deel 5, blz.18).

'Elk enzym heeft zijn eigen optimum, minimum en maximum met betrekking tot de invloed van de temperatuur'. In dit geval is van één verschijnsel, n.l. het verkleuren van ligusterbladeren, bekend dat er zo iets als een optimumkromme voor bestaat. Wat kunnen leerlingen zich dan voorstellen bij 'Elk enzym ... zijn eigen ...'.

Verbalismen, die op 'niet gevuld zijn' berusten, komen in het boek relatief veel voor.

Onder 'duidelijkheid' valt ook de vraag naar de nauwkeurigheid van de behandeling. Daarbij is de helderheid van de woordkeus zelf in het geding, en wel ten gevolge van een gebrek aan eenduidigheid. Hieronder valt niet-bepaaldheid, een relatief veel voorkomend euvel in de tekst. Het gaat daarbij om vage beschrijvingen.

Voorbeelden zijn 'een geringe hoeveelheid enzym' (deel 4, p.25), 'een (oplosbare) suiker' (deel 4, p.225), 'bepaalde niet-eiwitachtige stoffen, coenzymen' (deel 4, p.236).

In de beschrijving van processen komen aanduidingen voor waarmee je alle kanten uitkunt.

Bijvoorbeeld 'de vorming van protrombine gebeurt onder invloed van vitamine K' (deel 5, p.101), er is zelfs geen aanduiding van waaruit die invloed bestaat. Een goed voorbeeld van niet-bepaald is ook 'Kooldioxide wordt vastgelegd in twee C<sub>3</sub>-verbindingen ... die gaan weer over in andere C<sub>3</sub>-verbindingen' (deel 4, p.239).

Bij practica waarin het om de invloed van de pH gaat wordt die niet bepaald (deel 4, p.28, par.6), enz.

Verwant zijn de gevallen van geen referentie, waarbij de waarde van een parameter op zich wel nauwkeurig wordt gegeven, maar waarbij niet duidelijk is met welke referentiewaarde hij moet worden vergeleken.

Bijvoorbeeld wordt in practicum 3 op p.36 van deel 5 de vertering van eiwit o.i.v. pepsine nagegaan en wel in zuur, neutraal en basisch milieu. Maar waar nu het pH-minimum,-optimum en -maximum van pepsine ligt staat niet in de practicum-instructie.

Omdat er in de practica weinig gemeten wordt, en ook in de tekst weinig getallen voorkomen, komen er slechts weinig gevallen van 'geen referentie' voor.

Tenslotte is er nog de categorie 'focus', krijgt een onderwerp de aandacht die het verdient? Er is nogal eens **impliciet** woordgebruik in de tekst op te merken.

*Een typerend, zij het nogal onschuldig voorbeeld is '(trombo-kinase wordt geproduceerd door alle cellen en komt vrij als weefsels worden beschadigd'. Blijkbaar worden ook de cellen beschadigd, maar dat staat er niet (deel 5, p.100).*

Een voorbeeld van zeer **beperkte behandeling** is te vinden in deel 5 op p.148, dat als volgt luidt:

*'Er bestaan stoffen die de werking van het enzym cholinesterase remmen; sommige zijn toegepast als oorlogsgiften, andere (parathion) worden als insectenbestrijder gebruikt. Verklaar deze toepassing'.*

*Zowel biologisch-inhoudelijk (enzymremming, vergiftiging) als maatschappelijk (wapengebruik, milieuproblematiek) gaat het hier om ons inziens zeer belangrijke zaken. Met uitzondering van de milieuproblematiek wordt er nergens verdere aandacht aan gegeven.*

## 6. Conclusie

### 6.1. De ontwikkeling van ENZYM in het leerboek van Kreutzer/Oskamp

De resultaten overziende kan men zeggen dat ENZYM in het boek van Kreutzer/Oskamp weinig ontwikkeling ondergaat. Dat is voor een deel het gevolg van de gekozen benadering van de biologie. Die is sterk analytisch en reductionistisch. Het gevolg is dat er wel veel aandacht is voor 'directe oorzaken' (*proximate causations*, Mayr, 1982), maar dat juist de vraag naar grotere verbanden ontbreekt. Daarbij passend volgen de auteurs een ordening van meer fundamentele naar meer complexe niveaus van organisatie: eerst wordt ENZYM als geïsoleerd begrip behandeld, met de vage mededeling dat daarmee 'de' levensverschijnselen geregeld worden. Veel later wordt 'stofwisseling in het algemeen', i.c. assimilatie en dissimilatie, weer als geïsoleerd onderwerp besproken, en weer veel later komt dan 'voeding en spijsvertering' aan de orde. Zo'n benadering is mede de oorzaak ervan, dat leerlingen met leerstof geconfronteerd worden, waarvoor ze de benodigde voorkennis missen en die voor hen ook geen vertrouwde context heeft. De hele wijze waarop ENZYM wordt geïntroduceerd is daar een voorbeeld van. Ook kan geconstateerd worden, dat de formuleringen vaak weinig duidelijk zijn. Natuurlijk worden bewoordingen in de tekst in een analyse als de onderhavige wel erg nauwkeurig gewogen en zullen

de geconstateerde ondeugdelijkheden op zich vaak tamelijk onschuldig zijn. Dat geldt echter niet meer als men het totaal overziet: als 72% van alle in aanmerking komen passages in een of meer opzichten negatief beoordeeld kunnen worden, dan mag niet verwacht worden, dat er op grond van de tekst van het boek alleen een goed begrip van ENZYM ontwikkeld kan worden.

## 6.2. De bruikbaarheid van de analysemethode

De vraag was of het mogelijk zou zijn een methode te ontwerpen die het mogelijk maakt de ontwikkeling van een begrip (i.c. een verklarend principe) in een leerboek te beschrijven, opdat de leraar die kan volgen en zondig verbeteren. De bespreking van de resultaten maakt duidelijk, dat het eerste deel van deze vraag bevestigend beantwoord kan worden, althans voor zover het de ontwikkeling van ENZYM in het leerboek 'Biologie' van Kreutzer en Oskamp, de delen 4V en 5V betreft. Het is echter de vraag of de door ons gevolgde methode voor leraren bruikbaar is.

Om een analyse als de onderhavige te kunnen uitvoeren, moet men eerst kunnen beschikken over een voldoende uitvoerig overzicht van de structuur van het begrip. Dat zou ook moeten gebeuren ten aanzien van andere begrippen die in de tekst van een boek voor samenhang kunnen zorgen. Dat vereist veel begripsmatige kennis en de vaardigheid deze kennis op overzichtelijke wijze in kaart te brengen. Het is de vraag hoeveel leraren over deze kennis en vaardigheid beschikken. Bovendien moet, nadat zo'n overzicht is verkregen, de eigenlijke analyse nog gebeuren. Die is zeer tijdrovend. Het valt niet te verwachten dat in het drukke bestaan van leraren een dergelijke omvangrijke taak veel prioriteit zal krijgen. Veel leraren zullen ook niet alert zijn op het soort vragen dat in deze analyse is gesteld. Leerstofanalyse is, vooral wanneer het grotere delen van een curriculum betreft, geen onderwerp dat tot nu toe in de opleidingen veel aandacht kreeg.

Toch is de structuur van leerteksten van groot belang (Tillema 1983, p.101 e.v.). Er zal aandacht aan moeten worden geschonken dat leerlingen die kunnen herkennen. Immers gaan zowel volgens Schaefer (1979) als Giordan e.a. (1986) en Cho, Kahle and Nordland (1985) leerlingen (c.q. studenten) niet spontaan tot integratie van de inhoud van een curriculum over. Het is daarom een taak van de leraar, de samenhang tussen begrippen in de leerteksten duidelijk te maken, in de lerarenopleidingen zal daaraan aandacht moeten worden besteed.

Belangrijker is wat dit betreft nog de taak van de auteurs van leerteksten. Zij dienen aandacht aan het expliciteren van de samenhang binnen te besteden en daaraan voldoende prioriteit te geven. Die aandacht dient er in dat geval echter vooraf aan

gegeven te worden, en niet zoals in deze analyse achteraf. De vragen die in deze analyse gesteld zijn, zouden daartoe geoperationaliseerd moeten worden tot handelingsvoorschriften. Het is het voornemen van de schrijver van dit artikel te proberen zulke handelingsvoorschriften te formuleren.

#### Noten:

1. Het 'begrip enzym' hierna aan te duiden met ENZYM
2. Voor de goede orde zij opgemerkt dat in de begrippenkaart natuurlijk alleen de labels voor de betreffende begrippen zijn afgedrukt.
3. 'Turnover' is het proces waarbij moleculen in een organisme worden afgebroken en gesynthetiseerd. Zoals bekend verkeert een organisme in een dynamisch evenwicht, zo zijn in ons lichaam binnen drie jaar alle moleculen vervangen door in principe identieke.

#### Literatuur

- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. **Educational Psychology. A cognitive view**, New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- Bol, E. & Chresnigt, C. Worden leerlingen in het basisonderwijs voldoende voorbereid op het lezen van leerboekteksten in het vervolgonderwijs?, **Moer**, 176-190, 1983.
- Boschhuizen, R. The preparation of hierarchical concept maps, **Revue ATEE Journal**, 4, 199-218, 1982.
- Cho, H., Kahle, J.B. & Nordland, F.H. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics, **Science Education**, 69, 5, 707-719, 1985.
- Davydov, V.V. Grondslagen van de dialectisch-materialistische denktheorie. In: J.Haenen en B.van Oers (Eds.). **Begrippen in het onderwijs. De theorie van Davydov**. Amsterdam: Pegasus, 1983.
- Giordan, A., c.s. Preliminary analysis to build an integrative conceptual network for biological education at university level, **European Journal of Science Education**, 8, 3, 251-261, 1986.
- Hill, L. Teaching and practice of Biology, **Journal of Biology Education**, 20, 112-116, 1986.
- Kreutzer, H.H. & Oskamp, A.A.G. **Biologie, deel 4 en 5**, Groningen: Wolters-Noordhoff, 1975.
- Levin, F.S. & Lindbeck, J.S. An analysis of selected biology textbooks for the treatment of controversial issues and biosocial problems, **Journal of Research in Science Teaching**, 16, 199-203, 1979.



- Mayr, E. **The growth of Biological thought. Diversity, Evolution and Inheritance**, Cambridge (Mass.) and London: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- Mursell, J.L. **Successful Teaching**, New York: McGraw-Hill Book Company Inc., 1954.
- Novak, J.D. Understanding the learning process and effectiveness of teaching methods in the classroom, laboratory teaching, **The American Biology Teacher**, **41**, 466-470, 1979.
- Ormell, Chr. Mathematical Models and Understanding in Science, **The School Science Review**, **62**, 375-381, 1980.
- Posner, G.J. Tools for curriculum research and development: potential contributions from cognitive science, **Curriculum Inquiry**, **8**, 311-322, 1978.
- Reigeluth, C.M., Merrill, M.D., Wilson, B.G. & Spiller, R.T. The elaboratory theory of instruction: a model for sequencing and synthesizing instruction, **Instructional Science**, **9**, 195-219, 1980.
- Rosenthal, D.B. Evolution in high school biology textbooks: 1963-1983, **Science Education**, **69**, 637-648, 1985.
- Schaefer, G. Concept formation in biology: the concept 'growth', **European Journal of Science Education**, **1**, 1, 87-101, 1979.
- Stewart, J.H. & Atkin, J.A. Information processing psychology: a promising paradigm for research in science teaching, **Journal of Research in Science Teaching**, **19**, 321-332, 1982.
- Stewart, J., Finley, F.N. & Yarroch, W.L. Science content as an important consideration in science education research, **Journal of Research in Science Teaching**, **19**, 425-432, 1982.
- Stewart, J., Kirk, J. van & Rowell, R. Concept Maps: a tool for use in biology teaching, **The American Biology Teacher**, **41**, 171-175, 1979.
- Tillema, H.H. **Leerkrachten als ontwerpers**. Utrecht: Proefschrift Rijksuniversiteit te Utrecht, 1983.
- Thijssen, G. Over de samenhang van (biologie-)leerstof, **NVON-maandblad**, **11**, 41-43, 1986.