



# Redeneren en formuleren bij natuur- wetenschappelijke vakken

Een vakspecifieke uitwerking van taalgericht vakonderwijs

SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling





# **Redeneren en formuleren bij natuurwetenschappe- lijke vakken**

Een vakspecifieke uitwerking van taalgericht vakonderwijs

Maart 2018

**slo**

nationaal  
expertisecentrum  
leerplan-  
ontwikkeling

Verantwoording

**2018 SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling), Enschede**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

**Auteurs:** Jos Paus, Maaïke Rodenboog, Herman Schalk, Jeroen Sijbers, Bart van der Leeuw, Theun Meestringa

**Informatie**

SLO

Afdeling: tweede fase

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 840

Internet: [www.slo.nl](http://www.slo.nl)

E-mail: [info@slo.nl](mailto:info@slo.nl)

**AN:** 3.7777.746

# Inhoud

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding</b>                                                       | <b>5</b>  |
| <b>1. Een taalkundige kijk op vaktaal</b>                              | <b>7</b>  |
| 1.1 Van dagelijkse taal naar academische taal                          | 7         |
| 1.2 Tekstdoelen (genres) en redeneerwijzen in het voortgezet onderwijs | 11        |
| <b>2. Kenmerkende redeneerwijzen Procedure en Verklaring</b>           | <b>13</b> |
| 2.1 Een Procedure bij scheikunde                                       | 13        |
| 2.2 Een Verklaring bij biologie                                        | 15        |
| 2.3 Typering educatieve vakteksten bij natuurwetenschappelijke vakken  | 20        |
| <b>3. Vaktaal leren gebruiken</b>                                      | <b>21</b> |
| 3.1 Kerndoelen en eindtermen                                           | 21        |
| 3.2 Vakmatig redeneren en formuleren in schoolboekteksten              | 24        |
| 3.3 Vakmatig redeneren en formuleren op het centraal examen            | 29        |
| <b>4. Suggesties voor de lespraktijk</b>                               | <b>37</b> |
| 4.1 Samen lezen                                                        | 37        |
| 4.2 Samen formuleren                                                   | 39        |
| 4.3 De onderwijsleercyclus                                             | 41        |
| 4.4 Naar een samenhangend curriculum                                   | 44        |
| <b>Referenties</b>                                                     | <b>47</b> |
| <b>Bijlage Veelvoorkomende genres</b>                                  | <b>49</b> |



# Inleiding

## Waarom deze brochure?

In het vmbo gl/tl examen Nask2 van 2017 kregen de leerlingen in een reeks over asfalt de volgende vraag voorgelegd.

- 5 Bitumen is een materiaal dat zich gedraagt als een thermoplast.
- Leg uit dat asfalt op deze manier kan worden hergebruikt, omdat het bitumen de eigenschappen van een thermoplast heeft.

Leerlingen gaven onder meer de volgende antwoorden:

- Thermoplast kan worden gesmolten bij een hoge temperatuur zonder dat het verbrand daarom kan je het hergebruiken.
- Zo kan asfalt op deze manier worden hergebruikt omdat bitumen makkelijk te vervormen zijn.

Omdat deze antwoorden niet correct waren geformuleerd, werden ze niet helemaal goed gerekend. Dit illustreert een algemener probleem in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken, namelijk dat voor alle leerlingen de taal van een schoolvak eigenlijk een nieuwe taal is. Dat geldt voor de **receptieve** beheersing van die taal (lezen en luisteren), maar vooral voor de **productieve** beheersing: zelf vakmatige redeneringen formuleren is moeilijk en vergt van leerlingen inspanning in een langdurig leerproces.

Deze brochure biedt leraren handvatten voor de ondersteuning van dat leerproces door middel van een doordachte vaktaaldidactiek. Hij is bedoeld voor leraren (in opleiding), taalcoördinatoren, lerarenopleiders en onderwijsadviseurs op het terrein van de natuurwetenschappelijke vakken.

## Wat houdt ondersteuning van vakmatig redeneren in?

De drie pijlers van taalgericht vakonderwijs (Hajer & Meestringa, 2015) die samen effectieve vaktaaldidactiek mogelijk maken zijn de volgende:

1. **context.** Vakkennis wordt aangeboden in herkenbare contexten.
2. **interactie.** Leerlingen worden gestimuleerd om over vakconcepten te spreken en te schrijven.
3. **taalsteun.** De leraar biedt actief ondersteuning bij het verwerven van de gepaste vaktaal.

**Context** en **interactie** blijken in de lespraktijk redelijk eenvoudig te realiseren. Voor **taalsteun** is dat lastiger, vooral omdat er geen pasklaar, vakoverstijgend recept is te geven voor hoe je leerlingen leert een redenering vakmatig te formuleren.

We kunnen wel een belangrijke – en eigenlijk voor de hand liggende – voorwaarde noemen: om de specifieke kenmerken van zijn vaktaal aan zijn leerlingen over te brengen, moet de leerkracht daar op de eerste plaats zelf een goed inzicht in hebben. Want hoe kan hij die anders aan zijn leerlingen overbrengen?

Daaruit volgt ook meteen het tweeledig doel van deze brochure:

1. **Inzicht geven** in taalkenmerken van het vakmatig redeneren van het eigen vak.
2. **Praktische handvatten aanreiken** om deze inzichten aan leerlingen te kunnen overbrengen.

Voor dat doel reiken we een taalkundig begrippenapparaat aan, dat inzichtelijk maakt hoe taal in natuurwetenschappelijke teksten werkt. Want zoals natuurwetenschappers specifieke termen nodig hebben om de fysieke werkelijkheid te beschrijven en te begrijpen, zo zijn taalkundige begrippen nodig voor de analyse en beschrijving van vaktaal in vakteksten.

## Inhoud van deze brochure

In de hoofdstukken 1-4 komt het volgende aan bod:

1. **Een taalkundige kijk op vakteksten**  
Eerste hoofdstuk waarin het begrippenapparaat wordt geïntroduceerd. We leggen uit welke aspecten we aan vaktaal kunnen onderscheiden en welke redeneerwijzen (**genres**) specifiek zijn voor de natuurwetenschappelijke vakken.
2. **Kenmerkende redeneerwijzen Procedure en Verklaring**  
In dit hoofdstuk laten we zien wat kenmerkend is voor twee belangrijke genres bij de natuurwetenschappelijke vakken en welke taalmiddelen (woorden en zinnen) daarin veelal worden gehanteerd.
3. **Vaktaal leren gebruiken**  
We gaan na wat in de kerndoelen en eindtermen is geformuleerd over de ontwikkelingen van natuurwetenschappelijke vaktaal. Vervolgens kijken we hoe dit terugkomt in de studieboeken, en ten slotte in hoeverre eindexamenkandidaten in staat zijn de antwoorden op met name verklarende vragen exact en correct te formuleren.
4. **Suggesties voor de lespraktijk**  
In dit laatste hoofdstuk werken we uit hoe je de inzichten uit de voorgaande hoofdstukken kunt vertalen naar effectief didactisch handelen: hoe kun je taalsteun bieden aan leerlingen die zich het vak en de vaktaal proberen eigen te maken? We doen dat aan de hand van de onderwijsleercyclus, waarin een belangrijke rol is weggelegd voor samen lezen en samen formuleren.

## Interdisciplinaire samenwerking

De brochure is het resultaat van een intensieve samenwerking tussen leraren, vakexperts uit de verschillende natuurwetenschappelijke vakken en taalexperts. De reden van die samenwerking is natuurlijk dat al deze partijen relevante expertise leveren. Een soortgelijke interdisciplinaire samenwerking is ook een voorwaarde voor een succesvolle implementatie van de in deze brochure gepresenteerde aanpak.

Voor een aanpak in het kader van taalbeleid in het curriculum over de vakken heen zijn naast deze brochure voor de natuurwetenschappelijke vakken ook brochures geschreven over redeneren en formuleren bij de kunstvakken, de mens- en maatschappijvakken, de wiskundevakken en bij Nederlands. Aan het slot van het volgende hoofdstuk komen we hierop terug.

# 1. Een taalkundige kijk op vaktaal

Onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken is erop gericht dat leerlingen vanuit fascinatie en verwondering begrip ontwikkelen over structuren, verschijnselen en processen in de wereld om zich heen.

Leerlingen ontwikkelen dat begrip **receptief** door bijvoorbeeld in een biologieboek te lezen, of naar een uitleg van de natuurkundeleraar te luisteren. Maar om vervolgens dat begrip met anderen te kunnen delen (als ze bijvoorbeeld in de klas een vraag willen stellen over iets dat ze niet begrijpen, in groepjes moeten overleggen of toetsvragen moeten beantwoorden), moeten ze daar ook zelf over kunnen communiceren: ze moeten kunnen spreken en schrijven over wat ze door observatie en manipulatie in verschillende contexten zien en doen. Op dat moment wordt er een sterk beroep gedaan op de **productieve** beheersing van de **vaktaal** van leerlingen: het onderwijs vraagt van hen door de jaren heen een steeds specialistischer beheersing van vakmatig redeneren en formuleren.

## 1.1 Van dagelijkse taal naar academische taal

Het ontwikkelen van vaktaal gaat samen met het langzamerhand verkennen van de wereld. Vanuit de taal en het begrip van dat moment zetten leerlingen – ondersteund door hun leraren – stapjes in de richting van een meer abstracte, schoolse manier van denken en praten. In de taalwetenschap zegt men: hun taal ontwikkelt zich van **Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid (DAT)** naar **Cognitieve Academische Taalvaardigheid (CAT)**. Dit is een geleidelijk proces dat jaren vergt. Tijdens dat proces leert een leerling veel meer woorden en zinnen (taalmiddelen) dan strikt noodzakelijk zijn in het dagelijks sociale verkeer. Met deze nieuwe CAT-woorden en –zinnen ontwikkelt hij het vermogen om op een meer academische en vakmatige manier over de wereld te kunnen denken en praten.

Taal die specifiek is voor een bepaalde context of eigen is aan een bepaalde praktijk van vakmensen noemen we een **register** of **vaktaal**. Om zich dat register eigen te maken, hebben leerlingen over het algemeen expliciete ondersteuning nodig van hun leraar. Die moet zich op zijn beurt bewust zijn van de kenmerken van dat register en daarover met zijn leerlingen kunnen praten. Wat zijn die kenmerken? Om daar een antwoord op te geven kijken we steeds naar vier aspecten van een vaktekst.

## Talige aspecten van een vaktekst



Aan de hand van een voorbeeld van een natuurkundetekst (Onderdeel 19 uit paragraaf 5.4 van *Pulsar 4 vwo*) waarin het fenomeen warmte-uitwisseling wordt beschreven lichten we die vier aspecten toe.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <p><b>19 Warmte-uitwisseling</b></p> <p>Je doet koude melk bij hete koffie in een thermosfles. Je krijgt nu een mengsel van koffie en melk dat kouder is dan de koffie eerst was. De koude melk heeft warmte opgenomen. Die warmte kwam van de hete koffie en de hete thermosfles. Dit proces heet <b>warmte-uitwisseling</b>. Je kunt nu de eindtemperatuur van de koffie met melk berekenen. Warmte kan namelijk niet spontaan ontstaan en warmte kan ook niet uit de thermosfles ontsnappen. De hoeveelheid warmte die de melk heeft opgenomen <math>Q_{op}</math> moet dus gelijk zijn aan de hoeveelheid warmte die de koffie en de thermoskan hebben afgestaan <math>Q_{af}</math>. Dit geldt alleen als er geen warmte ontsnapt of van buiten bij komt. Bij berekeningen mag je daar vanuit gaan, tenzij uit de gegevens anders blijkt.</p> <p>Bij warmte uitwisseling is de hoeveelheid opgenomen warmte gelijk aan de hoeveelheid afgestane warmte. <math>Q_{op} = Q_{af}</math></p> | <p>Identificatie</p> <p>Specificatie</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

Om een **doel** te bereiken doorloopt de tekst twee of meer **Stadia**

Het sociale doel van deze tekst is het voor leerlingen **beschrijven** van een fenomeen uit de fysieke werkelijkheid. Op doelen van teksten komen we later in deze paragraaf nog terug.

Om dit doel te bereiken kent zo'n beschrijvende tekst doorgaans twee stadia: Identificatie ^ Specificatie.

De **Identificatie** is te herkennen in het eerste tekstdeel waarin op basis van een herkenbare context (koude melk bij hete koffie) een bepaald proces wordt geïntroduceerd, namelijk warmte-uitwisseling. Het werkwoord *heten* wijst in de regel ook op het stadium Identificatie: *Dit proces heet warmte-uitwisseling*.

De **Specificatie** bestaat in dit voorbeeld uit vier onderdelen:

1. dat je op basis van warmte-uitwisseling iets kunt berekenen;
2. de algemene regel waaraan elke warmte-uitwisseling voldoet;
3. een voorwaarde voor de geldigheid van de algemene regel;
4. omzetting van de verbale regel naar een formule ten behoeve van berekeningen.

In de beschrijving van warmte-uitwisseling treffen we **alledaagse** naamwoorden aan als *koude melk* en *hete koffie*, en alledaagse proceswoorden als *doen*, *krijgen*, *heten*, *opnemen*, *ontstaan* en *ontsnappen* die hier vakspecifiek worden gebruikt.

Daarnaast vinden we meer algemeen

**academische termen** (schooltaal) als *proces*, *hoeveelheid*, *berekening* (naamwoorden) en *berekenen*, *gelijk zijn aan*, *ervan uit gaan*, *blijken* (proceswoorden), en een klein aantal **specialistische vaktermen**: het kernbegrip *warmte-uitwisseling* en de woordgroepen *afgestane warmte* en *opgenomen warmte*.

Kenmerkend voor beschrijvingen is het gebruik van proceswoorden die een relatie uitdrukken, zoals *hebben* en *zijn* (in tegenstelling tot proceswoorden die actie uitdrukken, zoals *lopen*, *schieten* en *vallen*). We zien dat bijvoorbeeld terug in *Dit proces heet warmte-uitwisseling*. Ook de algemene regel (zowel in de hoofdtekst als in de vetgedrukte afsluiter) drukt een relatie uit: *moet gelijk zijn aan*, *is gelijk aan*, of kortweg *=*.

Hoe wordt het **onderwerp** uitgewerkt? Het **VELD** van alledaags - specialistisch

In de beschrijving van warmte-uitwisseling wordt de lezer (de leerling in dit geval) direct aangesproken (*Je doet... Je krijgt...*). Het gaat hier om het faciliteren van begrip. De auteur presenteert het fenomeen in een herkenbare context (koffie en melk in de thermoskan).

Met de aanspreekvorm *je* en die contextkeuze verkleint

de auteur **de afstand tot de lezer**: hij gaat als het ware door de knieën om iets duidelijk te maken. Verderop in de tekst heeft het gebruik van *je* ook nog een andere impact op de relatie tussen schrijver en lezer: in *Je kunt...* wordt de leerling aangemoedigd een berekening uit te voeren, wat even verderop met *mag je...* nog eens wordt onderstreept.

De verhouding van de auteur **tot het onderwerp** (warmte-uitwisseling) verandert halverwege de tekst van persoonlijke stelligheid (*kan namelijk niet...*, *moet dus gelijk zijn aan...*) in een absoluut en onpersoonlijk verstand van zaken (*is gelijk aan...*).

De auteur presenteert zich met andere woorden als een expert die een leek aanspreekt.

Hoe wordt een **standpunt** ingenomen? De **TOON** van beginner - expert

Hoe wordt **samenhang** aangebracht? De **MODUS** van mondeling - schriftelijk

In de beschrijving over warmte-uitwisseling creëert de schrijver met lay-out en herhaling een krachtige **samenhang**. Het sleutelbegrip warmte-uitwisseling komt drie keer voor en elke keer is het vetgedrukt: in de titel (waar gaat het over?), aan het eind van de Identificatie (wat wordt er beschreven?) en in de slotzin (hoe luidt de regel?).

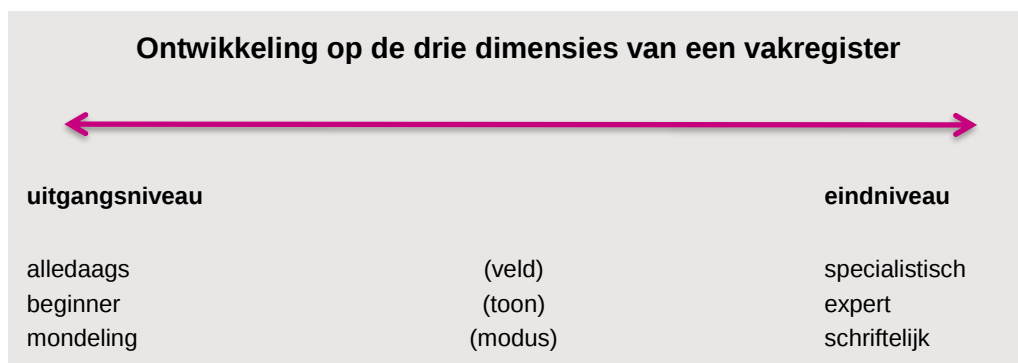
Verder zien we gebruikelijke verwijswaarden als *dit* en *daar* waarmee naar een voorgaande passage wordt verwezen. (*Daar* verwijst naar de voorafgaande zin. *Dit proces* verwijst naar de voorafgaande zinnen. *Dit geldt* verwijst naar de voorafgaande alinea.)

Samenhang in een tekst kan gekarakteriseerd worden in termen van mondeling en schriftelijk. In mondeling taalgebruik is sprake van een losse samenhang die sterk leunt op de context; een frase als *Je krijgt nu een mengsel van koffie en melk..* is daar goed voorstelbaar. In geschreven taal moet de samenhang veel explicieter in de tekst gegeven worden omdat er geen of minder steun vanuit de context is. Het kopje 19 *Warmte-uitwisseling* is daar een goed voorbeeld van.

Veld, Toon en Modus zijn de **registerdimensies** van taalgebruik. Het register van de tekst over warmte-uitwisseling kan nu als volgt getypeerd worden:

- veld: overwegend specialistisch
- toon: expert
- modus: vooral schriftelijk.

In de figuur hieronder zien we dat met deze typering de tekst op alle drie de dimensies ergens tussen links en rechts in is gepositioneerd. Met die positie rechts is eigenlijk de doeltaal van het vakonderwijs gedefinieerd: het talig niveau waar de leerling in zijn schoolloopbaan met betrekking tot een specifiek vak naartoe werkt.



Het uitgangsniveau (of beginnersniveau) staat links in diezelfde figuur en kan als volgt beschreven worden:

- veld: alledaags
- toon: beginner
- modus: mondeling.

Bij het leren van een vaktaal moeten leerlingen op alle drie de registerdimensies (veld, toon en modus) van links naar rechts zien te komen. Deze beweging op de registerdimensies geeft als het ware een invulling aan de ontwikkeling van Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid (DAT) naar Cognitieve Academische Taalvaardigheid (CAT). Dat gaat niet in één keer. Het is een geleidelijk leerproces waarvoor tijd, oefening en instructie nodig zijn (Van der Leeuw & Meestringa, 2014, 112-125).

## 1.2 Tekstdoelen (genres) en redeneerwijzen in het voortgezet onderwijs

In de vorige paragraaf presenteerden we het **tekstdoel** als eerste aspect van een vaktekst. Afhankelijk van het doel kent een tekst een aantal specifieke stadia. In het getoonde voorbeeld over warmte-uitwisseling ging het om een **beschrijving** die is opgebouwd in de stadia Identificatie ^ Specificatie.

Teksten met een overeenkomstig doel en opbouw kunnen we classificeren als een bepaald **genre**. Een definitie van genre is:

**een doelgericht, gefaseerd en sociaal proces  
waarin een bepaalde redenering wordt gerealiseerd.**

We spreken van

- **doelgericht** omdat we het genre gebruiken om iets gedaan te krijgen;
- **gefaseerd** omdat voor het bereiken van dat doel een aantal stadia wordt doorlopen;  
en
- **sociaal** omdat de inhoud via interactie met anderen wordt gedeeld.

Het ordenen van teksten als genres helpt ons de verscheidenheid van teksten te begrijpen die de leerlingen in de loop der jaren bij verschillende vak- en leergebieden moeten leren beheersen. Afhankelijk van doel en context zien teksten er namelijk steeds iets anders uit. De natuurwetenschappelijke vakken maken op school vooral gebruik van drie feitelijke genres, die ieder een kenmerkende manier van redeneren representeren:

- **Beschrijving**; het beschrijven van de fysieke wereld
- **Procedure**; het onderzoeken van de fysieke wereld
- **Verklaring**; het verklaren van de fysieke wereld.

In de vorige paragraaf gaven we een voorbeeld van een Beschrijving. In hoofdstuk 2 bespreken we hoe de Procedure en de Verklaring werken bij natuurwetenschappelijke vakken. In de bijlage van deze brochure geven we een karakterisering van de veelvoorkomende genres op school.

### Taalbeleid

Deze genres of redeneerwijzen in de natuurwetenschappelijke vakken staan niet op zichzelf, ook in andere schoolvakken wordt er geredeneerd, gebruik makend van dezelfde en/of juist andere genres. Op basis van inventarisaties en analyses van mondelinge en schriftelijke teksten in het huidige basis- en voortgezet onderwijs (Van der Leeuw & Meestringa, 2014; Van Norden, 2014) is het volgende genreoverzicht te geven. Dit schema maakt duidelijk dat elk vak op school eigen taalkenmerken heeft en dat het samenhangende kader van genres of redeneerwijzen het gesprek over taalbeleid niet alleen generiek, maar ook vakinhoudelijk gevoerd kan worden.

**Tabel: Overzicht van prominente genres in de vakken**

|              | KUNST | M&M | N&T | WISKUNDE | NEDERLANDS |
|--------------|-------|-----|-----|----------|------------|
| Verhaal      |       |     |     |          | X          |
| Vertelling   |       |     |     |          |            |
| Verslag      |       |     |     | X        |            |
| Beschrijving | X     | X   | X   |          |            |
| Procedure    | X     |     | X   | X        |            |
| Verklaring   |       | X   | X   |          |            |
| Verzoek      |       |     |     |          |            |
| Betoog       |       |     |     |          | X          |
| Beschouwing  |       |     |     |          |            |
| Respons      | X     |     |     |          | X          |

Dit schema biedt ons enig houvast ten aanzien van de horizontale samenhang van genre-gebruik en het vakmatig redeneren in het voortgezet onderwijs. We zien dat:

- de tien genoemde genres zijn ondergebracht in drie zogenoemde genre-families, te weten verhalende genres (geel), feitelijke genres (grijs) en waarderende genres (oranje).
- in de natuurwetenschappelijke vakken het vooral gaat om feitelijke genres (Beschrijving, Procedure en Verklaring), c.q. feitelijke manieren van redeneren. Die focus op feitelijk redeneren delen de natuurvakken met mens- en maatschappijvakken en wiskunde;
- de Verklaring prominent aanwezig is in zowel de natuurwetenschappelijke vakken als de mens- en maatschappijvakken;
- in het vak Nederlands het vooral gaat om verhalende en waarderende genres en de feitelijke genres veel minder aandacht krijgen.

Bij dit genreoverzicht kunnen we een aantal kanttekeningen maken.

In de eerste plaats geeft het schema alleen prominente redeneerwijzen per vak- of leergebied weer; dat wil zeggen dat in de natuurwetenschappelijke vakken bijvoorbeeld ook teksten met Verhalen, Beschouwingen en Betogen kunnen voorkomen, alleen minder prominent.

Ten tweede is het classificeren van teksten als een bepaald genre een interpretatie en vaak een vereenvoudiging van de realiteit, waarover gesproken kan worden.

En ten derde is voor een effectieve aanpak van vakmatig redeneren (genregebruik) afstemming tussen de vakken noodzakelijk. Taalbeleid dus. Het gemeenschappelijk kader dat we in deze brochure presenteren kan daarbij een rol spelen. Zowel op schoolniveau als in het kader van landelijke leerplanontwikkeling kan dit overzicht worden gebruikt om de samenhang tussen vakken en leergebieden te versterken.

## 2. Kenmerkende redeneerwijzen

### Procedure en Verklaring

In dit hoofdstuk laten we zien wat kenmerkend is voor teksten bij de natuurwetenschappelijke vakken en welke taalmiddelen daarin veelal worden gehanteerd. We doen dat aan de hand van twee voorbeelden:

- 2.1 een Procedure over de verbrandingsproducten van aardgas (scheikunde)
- 2.2 een Verklaring over activeringsenergie (biologie)

Ten slotte geven we in paragraaf 2.3 een typering van educatieve vakteksten bij natuurwetenschappelijke teksten.

#### 2.1 Een Procedure bij scheikunde

Onderzoek van de fysieke werkelijkheid is een wezenlijk onderdeel van natuurwetenschappelijke vakken. Maar aan onderzoek doen zit altijd een belangrijke talige kant: vakmensen wisselen met elkaar van gedachten over de opzet en uitvoering van een onderzoek. In het onderwijs wordt ook door leerlingen dergelijk onderzoek gedaan. Leerlingen voeren immers zelf practica uit. De opdrachten voor het uitvoeren van dergelijke practica vertonen een specifieke redeneerwijze die wij benoemen als Procedure.

Het volgende voorbeeld, afkomstig uit de scheikundemethode *Chemie voor havo-vwo 3*, betreft een opdracht tot het uitvoeren een practicum (uit een reeks van vijf) in het hoofdstuk over reacties en energie.

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Doel       |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Materiaal | <p><b>5.3 Wat zijn de verbrandingsproducten van aardgas?</b></p> <p><b>Wat je nodig hebt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gasbrander</li> <li>• lucifers</li> <li>• erlenmeyer van 250 mL</li> <li>• kroezentang</li> <li>• stuk aluminiumfolie van 10 × 10 cm</li> <li>• kalkwater</li> <li>• wit kopersulfaat</li> <li>• water</li> <li>• ijsblokje</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
|           | <p><b>Inleiding</b></p> <p>Hoe kun je de verbrandingsproducten van aardgas aantonen? Gebruik een hittebestendige erlenmeyer. Let op, de hals van de erlenmeyer wordt heel heet.</p> <p><b>Uitvoering</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Steek de gasbrander aan en maak een kleine blauwe vlam.</li> <li>2 Klem een droge erlenmeyer in de kroezentang. Houd hem een halve minuut omgekeerd op enige centimeters boven de vlam.</li> <li>3 Zet de erlenmeyer rechtop en sluit hem eventueel af met een stuk aluminiumfolie. Let op, de hals van de erlenmeyer is heel heet!</li> <li>4 Schenk direct een klein beetje kalkwater in de erlenmeyer en schud hem voorzichtig. Let op wat er met het kalkwater gebeurt.</li> <li>5 Vul de erlenmeyer met water en eventueel een ijsblokje.</li> <li>6 Klem de erlenmeyer met water in de kroezentang en houd hem twee seconden op enige centimeters boven een kleine blauwe vlam.</li> <li>7 Strooi direct een paar korreltjes wit kopersulfaat op de beslagen buitenkant van de erlenmeyer.</li> </ol> <p><b>Waarnemingen en conclusies</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Wat neem je waar in de onderdelen 4 en 7?</li> <li>2 Welke reactieproducten ontstaan tijdens de verbranding van aardgas?</li> <li>3 Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van aardgas (<math>\text{CH}_4</math>).</li> </ol> | Instructie |

## Stadia

Schematisch kent het genre Procedure de volgende stadia: Doel ^ Benodigd materiaal ^ Stapsgewijze instructie. Die zien we als volgt terug in de tekst over verbrandingsproducten

- **Doel**, hier te herkennen in de kop (*Wat zijn de verbrandingsproducten van aardgas?*) en de eerste zin van de Inleiding (*Hoe kun je de verbrandingsproducten van aardgas aantonen?*)
- **Benodigd materiaal**, hier opgesomd onder *Wat je nodig hebt* en in de tweede zin onder *Inleiding* (*een hittebestendige erlenmeyer*)
- **Stapsgewijze instructie**, hier de tweede zin van de *Inleiding* (*Gebruik ...; Let op: ...*) en de genummerde aanwijzingen onder de kopjes *Uitvoering* en *Waarnemingen en conclusies*.

Een Procedure is in een onderwijscontext niet noodzakelijkerwijs een opdracht. Ook een verslag kan een Procedure zijn, bijvoorbeeld een door leerlingen geschreven verslag van het voorbeeldpracticum als dat wat betreft de – voorgeschreven – opbouw sterk lijkt op de instructie, met onderdelen als

- vraagstelling (correspondeert met het Doel van een opdracht);
- uitvoering (correspondeert met de Stapsgewijze instructie van een opdracht);
- waarnemingen en conclusies.

## Veld: in hoeverre zijn de inhoudswoorden alledaags dan wel specialistisch?

In deze tekst zien we scheikundige vaktermen als *kalkwater*, *wit kopersulfaat*, *aardgas* en  $Q_{op}$  =  $Q_{af}$ . Een aantal van deze naamwoorden is met elkaar verbonden door het proceswoord *ontstaan*: *Welke reactieproducten ontstaan tijdens de verbranding van aardgas?* De vakterm *aardgas* wordt in de laatste zin ook nog met de molecuulformule  $CH_4$  weergegeven. Verder vallen de vaktermen op die met het practicum of experiment te maken hebben, zoals *gasbrander*, *erlenmeyer* en *kroezentang*. Daarmee roept tekst de wereld van het scheikundige laboratorium op.

Ten slotte spelen ook meer alledaagse begrippen een rol, zoals de naamwoorden *water*, *ijsblokje* en *aluminiumfolie* en proceswoorden als *gebruiken*, *steken*, *klemmen* en *schenken*.

## Toon: hoe verhoudt de auteur zich tot de materie en de lezer?

In de tekst zien we taalgebruik dat past bij dit genre: de auteur instrueert de lezer met de betrekking tot de te volgen stappen en handelingen.

De auteur spreekt de lezer direct aan met *je* (*Hoe kun je de verbrandingsproducten van aardgas aantonen? Wat je nodig hebt. Wat neem je waar?*) Bovendien onderstreept hij met de gebiedende wijs dat het om instructies gaat (*Gebruik een hittebestendige erlenmeyer. Steek de gasbrander aan. Zet de erlenmeyer rechtop. Vul de erlenmeyer met water*).

Over het onderwerp schrijft de auteur met de stelligheid van een expert: hij weet precies wat er bij het practicum komt kijken (het lijstje benodigdheden) en dat er bij de verbranding van aardgas reactieproducten ontstaan.

## Modus: op welke manier wordt structuur en samenhang in de tekst aangebracht?

In de tekst zien we drie keer een opsomming. Onder het kopje *Wat je nodig hebt* is een lijst met benodigdheden gegeven, waarbij elk item voorafgegaan wordt door een bullet. Onder het kopje *Uitvoering* zijn zeven handelingen opgesomd. Omdat de volgorde van de handelingen relevant is, is hier niet gekozen voor bullets maar voor volnummers. De samenhang in deze opsomming wordt versterkt doordat elke handeling start met de gebiedende vorm van een werkwoord (*steek*, *klem*, *schenk*, etc.) en doordat in zes van de zeven handelingen de term *erlenmeyer* wordt herhaald.

Ten slotte staan onder het kopje *Waarnemingen en conclusies* drie vragen en opdrachten, die genummerd zijn omdat dat het eenvoudiger maakt ernaar te verwijzen (*Wat heb jij genoteerd bij waarneming 2?*).

De verschillende opsommingen zijn behoorlijk verschillend van aard. Dat ze toch als geheel goed samenhangen, is omdat ze passen in de opbouw van het genre Procedure: Doel ^

Benodigd materiaal ^ Stapsgewijze instructie

Bij het Benodigd materiaal verwacht je inderdaad een lijst met items en bij de Stapsgewijze instructie verwacht je inderdaad een (genummerde) lijst met handelingen.

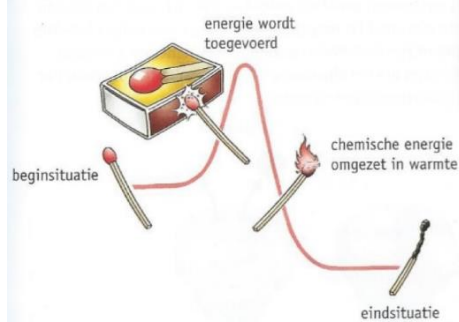
## 2.2 Een Verklaring bij biologie

Verklaren is een manier van redeneren waarin het gaat om het uitdrukken van (veelal oorzakelijke) verbanden. Dat kan op veel verschillende manieren en dat maakt in vaktaalkundig opzicht de Verklaring tot een van de meest veeleisende genres.

We bespreken een tekst uit *Biologie voor Jou*, 5a vwo, waarin de werking van enzymen wordt uitgelegd met behulp van het begrip activeringsenergie.

## ACTIVERINGSENERGIE

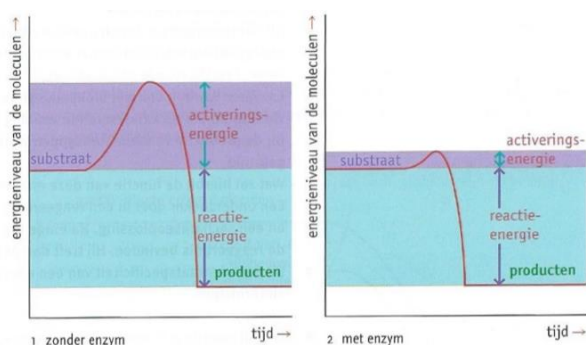
▼ Afb. 15 Activeringsenergie en reactie-energie.



Chemische reacties berusten op de beweging van moleculen en de botsing van moleculen tegen elkaar. Hierbij kunnen bindingen tussen atomen worden verbroken en bindingen tussen andere atomen tot stand komen. Bij chemische reacties speelt de temperatuur een belangrijke rol. Bij een lage temperatuur is de beweging van de moleculen trager, waardoor een reactie minder snel tot stand komt dan bij een hoge temperatuur. De botsingen zijn dan vaak niet sterk genoeg om een reactie op gang te brengen.

De stoffen in een luciferkop ontbranden bij een kamertemperatuur niet spontaan, ondanks het feit dat er voldoende zuurstofmoleculen uit de lucht beschikbaar zijn. De warmte die bij het strijken ontstaat, is nodig om de luciferkop tot ontbranding te brengen (zie afbeelding 15). Er moet een **energiedrempel** worden overschreden om de luciferkop te laten ontbranden. De energie die moet worden toegevoerd, wordt **activeringsenergie** genoemd. Door de activeringsenergie gaan de moleculen sneller bewegen. Daardoor worden de botsingen krachtiger, zodat een reactie op gang komt. De in de stoffen van de kop en het hout opgeslagen chemische energie, wordt bij de verbranding omgezet in warmte. Dit is de **reactie-energie**. De gevormde warmte is voldoende om de reactie te laten doorlopen.

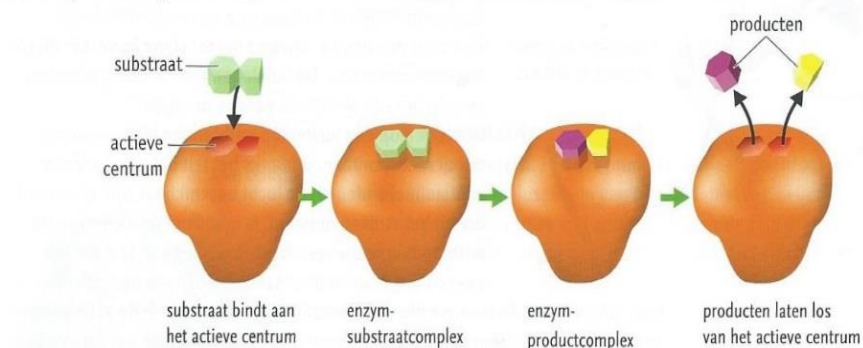
► Afb. 16 Een enzym verlaagt de activeringsenergie.



Bij veel stofwisselingsprocessen is de energiedrempel vrij hoog. De temperatuur in de cel is te laag om voldoende activeringsenergie te leveren (zie afbeelding 16.1). Door inwerking van een enzym op een substraat wordt de energiedrempel verlaagd, zodat er minder activeringsenergie nodig is (zie afbeelding 16.2). De reactie kan dan bij de heersende temperatuur in cellen plaatsvinden. De producten van de reactie bevatten minder (chemische) energie dan het substraat.

Door de vorming van een E-S-complex wordt de benodigde activeringsenergie voor de reactie verlaagd. In het substraatmolecuul worden bindingen tussen bepaalde atomen verbroken en komen bindingen tussen andere tot stand. Het substraat wordt omgezet in het product (zie afbeelding 17). Hierna laat het product los van het actieve centrum van het enzymmolecuul.

▼ Afb. 17 De werking van een enzym.



Doordat het substraatmolecuul en het actieve centrum precies op elkaar passen, zijn enzymen substraatspecifiek: elk enzym kan slechts inwerken op één stof (of één groep van stoffen). Het enzymmolecuul is na de reactie niet veranderd en kan zich weer binden aan een volgend substraatmolecuul. Eén enzymmolecuul maakt vele malen dezelfde reactie mogelijk. Daardoor zijn enzymen al in kleine hoeveelheden werkzaam. Eén molecuul van het enzym urease bijvoorbeeld kan bij kamertemperatuur per seconde tienduizend ureummoleculen omzetten.

In deze tekst verklaren de auteurs met woorden en afbeeldingen hoe het komt dat er bij stofwisselingsprocessen chemische reacties plaatsvinden die zonder enzymen niet zouden plaatsvinden.

Dat het hier gaat om een verklarende tekst, kun je afleiden uit het veelvuldig gebruik van woorden die wijzen op een **oorzakelijk verband**. Al in de eerste zin is dat aangegeven met de formulering *berusten op* en het royale gebruik van woorden als *waardoor*, *daardoor*, *door*, *doordat* en *zodat*. Ook de formuleringen *is voldoende om* in de eerste alinea en *is nodig om* in de tweede en derde alinea duiden op een oorzakelijk verband.

## Stadia

Een Verklaring heeft in het algemeen twee stadia: Identificatie van het fenomeen ^ Verklaring van de sequentie.

De **Identificatie** zien we hier terug in de twee titels van de tekst: het gaat hier over activeringsenergie bij stofwisseling, of eigenlijk: hoe het komt dat er bij de stofwisseling minder activeringsenergie nodig is dan in de niet-cellulaire omgeving.

Op havo/vwo worden vaak **meervoudige verklaringen** gegeven en gevraagd. Daarbij bestaat de verklaring niet uit één oorzaak die tot één gevolg leidt: er kunnen meerdere oorzaken zijn en meerdere gevolgen.

Schematisch kunnen de verschillende typen meervoudige verklaringen als volgt worden weergegeven:

- **Sequentieel:** oorzaak > gevolg = oorzaak > gevolg (reeks van oorzaken en gevolgen)
- **Factoriaal:** factor 1 + factor 2 + factor 3 = samen oorzaak > gevolg (meerdere factoren leiden samen tot één gevolg), of: factor 1 of 2 of 3 > gevolg (verschillende factoren leiden elk tot een gevolg)
- **Consequentieel:** oorzaak > gevolg 1, gevolg 2, gevolg 3 (één oorzaak met meerdere gevolgen).

Combinaties van deze vormen zijn vanzelfsprekend ook mogelijk.

In het voorbeeld *Activeringsenergie* gaat het om een reeks van oorzaken en gevolgen (een **sequentie**) waarbij enzymen een centrale rol spelen. In de tekst wordt die verklaring van dat proces in vijf opeenvolgende alinea's als volgt opgebouwd.

1. In de eerste alinea verklaren de auteurs hoe het komt dat veel chemische reacties bij hoge temperaturen verlopen.
2. In de tweede illustreren ze met afbeelding 15 dat je die reacties op gang kunt helpen door er energie aan toe te voegen en definiëren ze de centrale begrippen *energiedrempel* en *activeringsenergie*.
3. Die begrippen hebben ze namelijk nodig als ze in alinea drie bij de stofwisseling komen en met behulp van afbeelding 16 verklaren hoe enzymen ervoor zorgen dat daar (veel) minder activeringsenergie nodig is om de drempel te passeren.
4. (en 5) Daarna gaan ze met afbeelding 17 dieper in op de werking en specificiteit van enzymen en het gevolg daar weer van: enzymen zijn al in kleine hoeveelheden werkzaam en kunnen heel veel doen.

De Verklaring wordt als genre ook van leerlingen gevraagd. Een voorbeeld daarvan zagen we in de inleiding bij de opgave *Leg uit dat asfalt op deze manier kan worden hergebruikt*.

## Veld: in hoeverre zijn de inhoudswoorden alledaags dan wel specialistisch?

In deze tekst overheerst de technische vaktaal, met naamwoorden als *moleculen*, *atomen*, *zuurstofmoleculen*, *substraat*, *substraatmolecuul*, *enzymen*, *enzymmolecuul* en *ureummoleculen*, en proceswoorden als *berusten*, *verbreken*, *tot stand komen*, *tot ontbranding brengen* en *beschikbaar zijn*.

De tekst is abstract en behoorlijk technisch. Het vaktechnische karakter van het taalgebruik wordt nog versterkt door nominale groepen die een proces uitdrukken, zoals *chemische reacties*, *de beweging van moleculen*, *de botsing van moleculen*, *bindingen van atomen*, *de producten van de reactie*, *de vorming van een E-S-complex*, *de energie die moet worden toegevoerd* etc. Nominale groepen kunnen ook enorm lang worden, zoals *de in de stoffen van de kop en het hout opgeslagen energie*.

Een klein aantal alledaagse termen treffen we aan in de tweede alinea: de naamwoorden *luciferkop*, *warmte*, *kamertemperatuur*, *lucht*, *de kop en het hout*. Het alledaagse proceswoord *strijken* is genominaliseerd tot *het strijken*. In diezelfde alinea worden aan de hand van een alledaags voorbeeld, drie abstracte vakbegrippen geïntroduceerd: *energiedrempel*, *activeringsenergie* en *reactie-energie*.

### Toon: hoe verhoudt de auteur zich tot de materie en de lezer?

In de tekst overheerst een zakelijke en onpersoonlijke toon. De expert legt het een en ander uit zonder dat de lezer direct wordt aangesproken.

In de uitleg maakt de auteur wel gebruik van een herkenbare context (het afstrijken van een lucifer), maar hij maakt die ondersteunende functie niet expliciet. Daardoor is de afstand tussen schrijver en lezer van het begin tot het einde van de tekst (even) groot.

Ten opzichte van het onderwerp lijkt soms sprake van wat onzekerheid, bijvoorbeeld door het gebruik van het modale proceswoord *kunnen* (*Hierbij kunnen bindingen tussen atomen verbroken worden...De reactie kan dan ... plaatsvinden*). Ook kwalificaties als *vrij hoog*, *te laag* en *precies op elkaar* zouden op onzekerheid kunnen duiden. Dergelijke nuanceringsen moeten echter vooral gezien worden als functioneel in een alwetende schrijfstijl. Van dat laatste getuigt met name de laatste zin: *Eén molecuul van het enzym urease bijvoorbeeld kan bij kamertemperatuur per seconde tienduizend ureummoleculen omzetten*.

### Modus: op welke manier wordt structuur en samenhang in de tekst aangebracht?

De tekst kenmerkt zich door de combinatie van tekst, illustraties en grafieken: het is een **multimodale** tekst (waarin de inhoud in meerder modi, dat wil zeggen behalve verbaal ook op andere manieren – illustraties, grafieken, schema's – wordt gepresenteerd). Deze elementen dragen bij aan begrip van de tekst (en zijn dus niet alleen maar ter versiering). Samenhang wordt in dit voorbeeld aangebracht door expliciet te verwijzen naar de illustraties en grafieken (zie afbeelding 15, 16.1, 16.2, 17). Op hun beurt hebben de afbeeldingen een titel die rechtstreeks verwijst naar een passage in de tekst, bijvoorbeeld *Afb. 16 Een enzym verlaagt de activeringsenergie*. Treffend is de wijze waarop de schematische afbeelding van het afstrijken van een lucifer (afbeelding 15) is vormgegeven: met een verbindende lijn/kromme die overeenkomt met de lijngrafiek in afbeelding 16. De samenhang tussen de verschillende afbeeldingen is daar gevisualiseerd.

In het verbale deel is samenhang aangebracht door het herhalen van begrippen, zoals (*chemische*) *reactie* in de eerste alinea (vier keer). Daarnaast wordt expliciet verwezen naar vorige passages: *Hierbij kunnen bindingen...* Ook het verbindingswoord *door* zorgt voor samenhang tussen de zinnen (*Door de activeringsenergie... Door inwerking van een enzym... Door de vorming van een E-S-complex*). Dit soort verbindingswoorden passen in het genre Verklaring, waarin met name oorzakelijke verbanden worden uitgewerkt.

Het verband tussen de alinea's is minder sterk. Met elke alinea wordt een nieuwe fase van de verklaring ingezet, maar het verband tussen de eerste en tweede alinea wordt bijvoorbeeld pas aan het eind van de tweede alinea expliciet: met *Daardoor worden de botsingen krachtiger* wordt het verband gelegd met de laatste zin van de eerste alinea: *De botsingen zijn dan vaak niet sterk genoeg om een reactie op gang te brengen*.

## 2.3 Typering educatieve vakteksten bij natuurwetenschappelijke vakken

We sluiten dit hoofdstuk af met een korte typering van de tot dusver besproken vakteksten: de Beschrijving van warmte-uitwisseling (natuurkunde) in hoofdstuk 1, de Procedure over de verbrandingsproducten bij aardgas (scheikunde) en de Verklaring van activeringsenergie (biologie). Deze voorbeeldteksten representeren drie veel voorkomende manieren van redeneren in de natuurwetenschappelijke vakken.

**Stadia:** De drie geanalyseerde teksten zijn onder te brengen bij respectievelijk de genres Procedure, Beschrijving en Verklaring. De stadia die in die genres gewoonlijk worden afgewikkeld zijn daarin herkenbaar, al is dat aan de vormgeving niet altijd helemaal af te zien. De leerling heeft voor het practicum bijvoorbeeld meer nodig dan er in het lijstje *Wat heb je nodig* staat, of het volgende stadium wordt niet met een heldere alinea-verdeling ondersteund.

**Veld:** In hoeverre zijn de inhoudswoorden alledaags dan wel specialistisch? Het woordgebruik verwijst naar de wereld van het vak. Het gaat om specifieke vakinhoudelijke concepten, maar ook om de natuurwetenschappelijke werkwijze(n) bij onderzoek doen. Dat laatste zien we met name in het genre Procedure, dat wordt gebruikt voor zowel het doen van onderzoek als voor instructies bij een practicum.

Kenmerkend voor het taalgebruik in de voorbeelden afkomstig uit leerboeken is de afgewogen afwisseling van alledaagse termen, algemeen academische termen (schooltaal) en technische vaktermen. De alledaagse taal wordt vooral ingezet om met alledaagse contexten (koude melk in hete koffie, het afstrijken van een lucifer) het begrip van abstracte vakbegrippen (warmte-uitwisseling, activeringsenergie) te ondersteunen.

Deze afwisseling tussen alledaags termen enerzijds en schooltaal en specialistische vaktaal anderzijds wijst op een educatieve setting waarin de auteur de moeite neemt om voor leerlingen een herkenbare context te presenteren die het begrip van het vakconcept kan vergemakkelijken.

**Toon:** Hoe verhoudt de auteur zich tot de materie en de lezer? De toon is in vakteksten vaak onpersoonlijk: er is een alwetende expert aan het woord die spreekt met verstand van zaken. In educatieve teksten wordt de tamelijk grote afstand die dat creëert weer verkleind door enerzijds directe instructie te geven (de lezer wordt dan met 'je' en eventueel ook in de gebiedende wijs aangesproken), en anderzijds door met een alledaagse context het vakbegrip te bevorderen.

**Modus:** Op welke manier wordt structuur en samenhang in de tekst aangebracht? Op het niveau van de tekst als geheel vertoont elk genre zijn eigen specifieke opbouw. In de Procedure is die duidelijk herkenbaar, in de Beschrijving en Verklaring vaak minder. De Procedure springt er ook om een andere reden uit, namelijk door het feit dat ze opsommingen bevatten die voor samenhang zorgen.

Op het niveau van alinea's en zinnen wordt samenhang aangebracht door herhalingen, verwijzwoorden en verbindingswoorden.

In **multimodale** teksten dragen illustraties en grafieken bij aan begrip van de tekst.

Diagrammen, schema's en afbeeldingen maken in natuurwetenschappelijke vakken vaak deel uit van de tekst, omdat ze nodig zijn om de betekenis van de concepten gestalte te geven. De relatie tussen de diverse onderdelen van teksten is wel een punt dat aandacht verdient.

### 3. Vaktaal leren gebruiken

Teksten worden bij de natuurwetenschappelijke vakken door de leerjaren heen steeds complexer: het **veld** wordt steeds specialistischer met complexe woordgroepen en combinaties hiervan, de **toon** wordt zakelijker en afstandelijker. Dat zie je terug in de **modus** omdat de toegenomen complexiteit ook hogere eisen stelt aan het schriftelijk taalgebruik.

In dit hoofdstuk leggen we uit welke ontwikkeling met betrekking tot vakmatig redeneren bij de natuurwetenschappelijke vakken in het voortgezet onderwijs door de jaren heen van leerlingen wordt verwacht, en in hoeverre leerlingen daar aan het eind van hun schoolloopbaan aan voldoen.

- In paragraaf 3.1 geven we een overzicht van wat in de **kerndoelen** voor de onderbouw en de **eindtermen** van examenprogramma's voor vmbo en havo/vwo is geformuleerd voor de ontwikkeling van vakmatig redeneren.
- In paragraaf 3.2 kijken we hoe dit correspondeert met **schoolboekteksten** over hetzelfde onderwerp uit onder- en bovenbouw.
- In paragraaf 3.3 bekijken we wat hiervan is terug te zien in de **antwoorden van leerlingen** op redeneeropgaven van het centraal examen van vmbo en havo/vwo.

#### 3.1 Kerndoelen en eindtermen

Er zijn relatief grote verschillen in onderwijsdoelen tussen vmbo en onderbouw havo/vwo enerzijds en bovenbouw havo/vwo anderzijds. In de kerndoelen voor de onderbouw en de eindtermen voor het vmbo ligt een sterke nadruk op Beschrijving en Procedure, dus op **kennisverwerving**. In de examenprogramma's voor havo en vwo is juist ruime aandacht voor de **inzicht gevende** Verklaring.

##### Vmbo en onderbouw havo/vwo

In de **kerndoelen** en bijbehorende karakteristiek van het leergebied Mens & natuur (waar de natuurwetenschappelijke vakken in de onderbouw toe behoren) is bijzonder weinig aandacht voor het actief vakmatig redeneren en formuleren. Typerende zinsneden zijn: *Van kindsbeen af wil de mens zijn omgeving begrijpen en zoekt hij naar verklaringen en Daarnaast wil de mens de omgeving duurzaam beheersen om nu en in de toekomst in de eigen behoeften te voorzien.* Met andere woorden: de vmbo-leerling wordt geacht onderzoek te doen en te ontwerpen en zo natuurwetenschappelijke kennis en inzichten op te doen en toe te passen. Slechts één kerndoel geeft aan dat leerlingen ook in interactie met anderen actief over kennis moeten communiceren<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Cursivering in bovenstaande tekst en in de volgende voorbeelden is van de auteurs.

|                             |                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VO</b>                   | De leerling leert vragen over onderwerpen uit het brede leergebied om te zetten in <i>onderzoeksvragen</i> , een dergelijk onderzoek over een natuurwetenschappelijk onderwerp uit te voeren en de uitkomsten daarvan te <i>presenteren</i> . |
| <b>Kerdoel 28</b>           |                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Onderzoek leren doen</b> |                                                                                                                                                                                                                                               |

De **examenprogramma's** van de natuurwetenschappelijke vakken in het vmbo bieden meer. Op de eerste plaats is er een **gemeenschappelijke preambule** voor alle vakken in het vmbo met zes algemene onderwijsdoelen, waarin ook aandacht is voor vaktaal:

|                           |                                                                                                                                                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Onderwijsdoel 3</b>    | strategieën gebruiken voor het begrijpen van mondelinge en schriftelijke informatie (3.3)                                                                   |
| <b>Leren leren</b>        | op basis van argumenten tot een eigen standpunt komen<br>het verwerken van ervaringen en opdrachten in <i>woord</i> ,<br>klank, beeld en beweging (3.7)     |
| <b>Onderwijsdoel 4</b>    | De leerling leert, mede via een proces van interactief leren,<br>een aantal sociale <i>en communicatieve vaardigheden verder</i><br><i>te ontwikkelen</i> . |
| <b>Leren communiceren</b> |                                                                                                                                                             |

Naast de preambule kent het examenprogramma van elk vak een vakspecifiek kerndeel. Daarin worden ook communicatieve vaardigheden benoemd. Voor alle avo-vakken gaan de eerste drie eindtermen van het kerndeel over respectievelijk

- oriëntatie op leren en werken;
- basisvaardigheden; en
- leervaardigheden.

In de vakoverstijgende eindtermen van examenprogramma's voor het vmbo is dus oog voor het belang van taalvaardigheid. In de **vakspecifieke eindtermen** is de invulling daarvan echter beperkt. Naast de algemene onderwijsdoelen en vakoverstijgende eindtermen bevat het kerndeel van het examenprogramma de inhoudelijke eindtermen per vak. In de kern delen van de **examenprogramma's biologie, nask1 en 2** wordt van leerlingen alleen gevraagd verschillende begrippen en natuurwetenschappelijke fenomenen te benoemen of te beschrijven. Er zijn vrijwel géén eindtermen opgenomen die een beroep doen op vakmatige redeneerwijzen als verklaren of analyseren.

De g/tl-leerlingen hebben bovenop de K-eindtermen ook **verrijkingseindtermen** (V). Daarin wordt een enkele keer wel gevraagd te verklaren. Voor alle vakken geldt dat de g/tl-leerlingen een sector- of profielwerkstuk moeten maken waarin ze informatie moeten verwerven, verwerken en verstrekken. Dat kan schriftelijk, maar een sectorwerkstuk kan ook materieel van aard zijn en met een mondelinge toelichting worden gepresenteerd. Het meest expliciet over vaktaalgebruik is eindterm V2 bij biologie:

|                    |                                                                                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Biologie</b>    | De kandidaat kan gedrag van mens en dier op een gestandaardiseerde wijze <i>beschrijven</i> en dat beschreven gedrag <i>verklaren</i> . |
| <b>Eindterm V2</b> |                                                                                                                                         |

## Bovenbouw havo en vwo

De examenprogramma's voor biologie, natuurkunde en scheikunde van havo en vwo zijn ingedeeld in domeinen. Domein A benoemt vaardigheden, die worden onderverdeeld in

- algemene **profieloverstijgende** vaardigheden (voor alle vakken gelijk);
- **natuurwetenschappelijke** vaardigheden (gelijk voor de natuurwetenschappelijke vakken); en
- **vakspecifieke** vaardigheden (per vak verschillend).

In elk van deze subdomeinen wordt een groot beroep gedaan op taalvaardigheden – veel meer dan in de kerndoelen onderbouw en in de eindtermen vmbo. Het lijstje met enkele voorbeelden in het kader hieronder illustreert dat.

|                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Profieloverstijgende vaardigheden</b><br><b>Subdomein A2: Communiceren</b>                                         | De kandidaat kan adequaat <i>schriftelijk, mondeling en digitaal</i> in het publieke domein <i>communiceren</i> over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.                                                                                      |
| <b>Vakspecifieke vaardigheden biologie</b><br><b>Subdomein A11: Vorm-functie-denken</b>                               | De kandidaat kan in contexten <i>redeneringen hanteren</i> waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.                                        |
| <b>Vakspecifieke vaardigheden natuurkunde</b><br><b>Subdomein A13: Vaktaal</b>                                        | De kandidaat kan de specifieke vaktaal en <i>vakterminologie interpreteren en produceren</i> , waaronder formuletaal, conventies en notaties.                                                                                                           |
| <b>Vakspecifieke vaardigheden scheikunde</b><br><b>Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen</b> | De kandidaat kan macroscopische eigenschappen <i>in relatie brengen</i> met structuren op meso- en microniveau en daarin aspecten van schaal herkennen en kan omgekeerd vanuit structuren <i>voorspellingen doen</i> over macroscopische eigenschappen. |

In de **vakinhoudelijke eindtermen** van de andere domeinen wordt van leerlingen verwacht dat ze hun kennis in taal kunnen verwoorden. Van het simpele *benoemen* en *beschrijven* via *formuleren*, *uitleggen* en *verklaren* naar *analyseren*, *beoordelen* en *beargumenteren*.

Het gebruik van deze handelingswerkwoorden verschilt nogal per vak. Een uitgebreide uitwerking daarvan valt buiten het bestek van deze brochure. Daarom beperken we ons tot één eindterm voor elk vak bij wijze van voorbeeld.

**Biologie, subdomein C2:  
Zelforganisatie van het organisme (havo)**

De kandidaat kan met behulp van het concept levenscyclus ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie *benoemen* op welke wijze de ontwikkeling van organismen verloopt, *verklaren* op welke wijze verstoringen van de ontwikkeling ontstaan en *beargumenteren* op welke wijze deze kunnen worden voorkomen of worden aangepakt.

**Natuurkunde, subdomein C2:  
Energieomzettingen**

De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te *beschrijven* en te *analyseren*.

**Scheikunde, subdomein D1:  
Chemische vakmethodes.**

De kandidaat kan met behulp van kennis van materialen en stoffen een keuze voor een bepaalde scheidings- en/of analysemethode *formuleren* en *beoordelen*.

Merk op dat 'beoordelen' aangeeft dat van leerlingen ook evaluatieve teksten worden gevraagd. Zij worden bijvoorbeeld geacht argumenten aan te dragen voor een standpunt (Betoog) of een kwestie vanuit verschillende perspectieven te beschouwen (Beschouwing). Voor deze brochure hebben we ons echter beperkt tot het veel meer voorkomende genre van de Verklaring.

### 3.2 Vakmatig redeneren en formuleren in schoolboekteksten

In hoofdstuk 2 hebben we de redeneerwijzen Procedure, Beschrijving en Verklaring gepresenteerd als prominent voor de natuurwetenschappelijke vakken. Op grond van de kerndoelen en eindtermen (paragraaf 3.1) valt te verwachten dat er in schoolboeken voor de onderbouw vo en bovenbouw vmbo meer nadruk ligt op Procedures en Beschrijvingen en dat Verklaringen daarin veel minder aan bod komen. We zullen inderdaad zien dat de opdrachten in schoolboeken de veronderstelde ontwikkeling in het gebruik van vaktaal en de manieren van vakmatig redeneren stimuleren en volgen: de complexiteit en abstractie nemen in de loop der jaren toe.

We doen dat aan de hand van enkele voorbeelden die duidelijk maken hoe vergelijkbare vakinhoud (energie) steeds specialistischer, zakelijker en verklarender wordt behandeld.

| Genre                       | Niveau     | Vak      | Onderwerp                        |
|-----------------------------|------------|----------|----------------------------------|
| Procedure (practicum)       | 1 gthv     | Biologie | Energie uit een pinda            |
|                             | havo 4/5   | Biologie | Verbrandingswarmte van een pinda |
| Verklaring (+ Beschrijving) | havo/vwo 2 | Biologie | Hoe werken enzymen               |
| Meervoudige Verklaring      | vwo 5      | Biologie | Activeringsenergie               |

## De Procedure in onderbouw en bovenbouw

De Procedure komt vaak voor als instructie voor een practicum. Om de verschillen tussen een Procedure in de onderbouw en de bovenbouw duidelijk te maken, geven we twee versies van dezelfde proef. De eerste is afkomstig uit het activiteitenboek van *Nectar* voor 1 gthv

Doel

Materiaal

Instructie

### 7.2 PRACTICUM 1

## Energie uit een pinda

#### → Wat ga je onderzoeken?

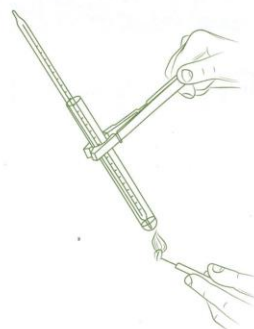
Je onderzoekt hoeveel energie er in 100 gram pinda's zit.

#### → Wat heb je nodig?

- reageerbuis
- reageerbuisknijper
- thermometer
- prepareernaald
- water
- lucifers
- maatcilinder
- weegschaal

#### → Wat moet je doen?

- Doe met behulp van de maatcilinder 10mL water in de reageerbuis.
- Weeg een halve pinda en noteer het gewicht in de tabel ...
- Prik de pinda op de naald.
- Meet met de thermometer de temperatuur van het water in de reageerbuis.  
Laat de thermometer gedurende de proef in de thermometer zitten.
- Doe de knijper om de reageerbuis en houd deze vast
- Steek de pinda aan. Houd de brandende pinda vlak onder de buis met water.
- Meet direct nadat de pinda is uitgebrand opnieuw de temperatuur van het water.  
Haal hiervoor de thermometer even uit de reageerbuis en zwaai de reageerbuis even heen en weer. Meet meteen daarna de temperatuur van het water.



#### → Wat is je resultaat?

Vul de tabel in.

| aantal grammen<br>halve pinda (g) | volume water<br>(mL) | begintemperatuur<br>water (°C) | eindtemperatuur<br>water (°C) | temperatuurstijging<br>(°C) |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                                   |                      |                                |                               |                             |

#### → Wat is je conclusie?

- Eén calorie is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 mL water 1 °C in temperatuur te laten stijgen.

- Met hoeveel graden is de temperatuur van het water gestegen? \_\_\_\_\_
- Hoeveel cal is vanuit de halve pinda naar het water gegaan? \_\_\_\_\_
- En hoeveel kcal is dat? \_\_\_\_\_

- Bereken de energie die de halve pinda bevat in kJ. \_\_\_\_\_
  - Bereken hoeveel energie 100g pinda's bevat in kJ. \_\_\_\_\_

In dit voorbeeld zien we de standaardopbouw van de Procedure terug: **Doel** ^ **Benodigd materiaal** ^ **Stapsgewijze instructie**

Behalve nauwkeurige uitvoering van de handeling, vraagt deze instructie van de leerlingen ook nauwkeurig waarnemen, beschrijven en berekeningen uitvoeren.

Dezelfde pindaproef wordt op heel andere wijze (en op een ander niveau) aangeboden aan leerlingen voor havo 4/5 in de digitale methode *10voorBiologie.nl*.

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Doel</b>       | <b>Verbrandingswarmte bepalen van een pinda</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Instructie</b> | <p><b>Aanwijzingen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lees over opgeslagen stoffen: <a href="#">voortgezette assimilatie</a>.</li> <li>• Bekijk hier het filmpje van de proef.</li> <li>• Wat is de vraagstelling bij dit proefje?</li> <li>• Ga nu zelf onderzoeken hoeveel verbrandingswarmte vrijkomt bij de verbranding van een pinda.</li> <li>• Beschrijf hoe je de hoeveelheid energie berekent die bij de verbranding van een pinda vrijkwam.</li> <li>• Voer een experiment uit zonder isolatie en daarna met isolatie, bijvoorbeeld een glaswolmantel (onbrandbaar), om een indruk te krijgen van de fouten die je met deze methode maakt.</li> <li>• Probeer de apparatuur te verbeteren.</li> <li>• Misschien is er een calorimeter op school aanwezig? Probeer dan de verbrandingswarmte van suiker en eiwit te bepalen.</li> </ul> <p>Deelconcepten: vet, <a href="#">voortgezette assimilatie</a>, energie</p> |

Ook al lijkt hier het stadium van de Benodigdheden te ontbreken, toch is ook deze tekst als een Procedure te karakteriseren.

- **Doel** van de proef wordt gegeven in de titel en subtitel, maar de leerling wordt er ook op gewezen door de derde stap van de instructie: *Wat is de vraagstelling bij dit proefje?*
- Wat de leerling **nodig** heeft om de proef te doen wordt niet expliciet vermeld: de leerling moet dat afleiden uit het filmpje achter de hyperlink.
- De **stapsgewijze instructie** voor het eigenlijke proefje zit ook in het filmpje.

Maar de instructie gaat verder dan enkel de concrete uitvoeringsstappen: de leerling wordt ook gestimuleerd na te denken over zijn natuurwetenschappelijke werkwijze. Het uiteindelijke doel van deze practicuminstructie is dus niet alleen de verbrandingswarmte van een pinda te bepalen, maar ook – en misschien wel vooral – te reflecteren op het onderzoek. Meer specifiek: leren nadenken over de nauwkeurigheid van meetfouten en hoe je die kunt verbeteren.

Het register, de vaktaal van deze Procedures kan als volgt worden beschreven.

- **Veld**: in hoeverre zijn de inhoudswoorden alledaags dan wel specialistisch? In de eerste instructie zijn de instrumenten uit het lab (*reageerbuis, prepareernaal*) de meest specialistische termen en overheersen proceswoorden die gedrag voorschrijven (*weeg, prik, doe, steek*). In de tweede instructie leidt de link *voortgezette assimilatie* de leerling naar de theorie achter het practicum over *opgeslagen stoffen*. Dat zijn meteen ook de meest technische termen die in deze schriftelijke instructie worden gebruikt. Andere technische uitingen zijn *verbrandingswarmte, energie die vrijkomt, glaswolmantel* en *calorimeter*. De proceswoorden duiden hier meer op cognitieve activiteiten: *lees, bekijk, ga onderzoeken*, etc.

- **Toon:** hoe verhoudt de auteur zich tot de materie en de lezer? De meeste aanwijzingen worden in beide teksten in de gebiedende wijs gegeven, zoals gebruikelijk voor een instructie.  
Opvallend in de tweede instructie is het werkwoord *proberen*: de auteur geeft daarmee aan dat het doen van een poging al voldoende is, en dat het niet hoeft te lukken. De opdracht de berekening te beschrijven, geeft de leerling ruimte eigen oplossingen te vinden en schrijft niet voor hoe te handelen. Door de link naar de theorie twee keer op te nemen, benadrukt de schrijver van de tweede instructie het belang ervan, maar ook dat hij verwacht dat dit de eerste keer wel eens overgeslagen zou kunnen worden.
- **Modus:** op welke manier wordt structuur en samenhang in de tekst aangebracht? Door het gebruik van een illustratie, een tabel, hyperlinks en een filmpje zijn ook dit multimodale teksten.

Uit deze twee versies van eenzelfde practicum blijken de grote verschillen tussen onder- en bovenbouw op de volgende aspecten:

- **mate van zelfstandigheid**  
De onderbouwleerling wordt bij het uitvoeren van een practicum en de berekening van een uitkomst bij de hand genomen. In de bovenbouw wordt de leerling meer uitgedaagd.
- **verslaglegging**  
Het ligt in de lijn der verwachting dat de bovenbouwleerling ook verslag legt van dit practicum. Daarin kan hij ingaan op mogelijke oorzaken van meetfouten en gevolgen van verbeteringen in de opstelling.
- **vakmatige taalproductie**  
De twee teksten laten zien hoe het tekstgenre Procedure zich in de loop van de jaren ontwikkelt van een gesloten naar een meer open instructie met aanwijzingen die de leerling meer handelingsvrijheid en verantwoordelijkheid bieden. Dit heeft gevolgen voor wat er van de leerling aan vakmatige taalproductie wordt gevraagd: in de onderbouw het invullen van een tabel, in de bovenbouw het zelf samenstellen en formuleren van een onderzoeksverslag.

## Verklaring en Beschrijving in onderbouw en bovenbouw

De teksten in schoolboeken voor natuurwetenschappelijke vakken voor de **onderbouw en vmbo** zijn voor het merendeel beschrijvend van aard. Pure Verklaringen komen minder voor. Wel zien we regelmatig teksten met afwisselend beschrijvende en verklarende passages.

In onderstaand voorbeeld (uit *Nectar 4e editie* voor havo/vwo 2-3) is de Identificatie van een te verklaren fenomeen weergegeven in de vorm van een Beschrijving.



### Hoe werken enzymen?

Verteringsenzymen maken de grote voedingsstoffen kleiner. Deze enzymen worden gemaakt in cellen van je spijsverteringsklieren. Voor elke soort voedingsstof is er een apart enzym met een speciale vorm. In bron 2 zie je dat het enzym door z'n vorm precies op één soort voedingsstof past, zoals een sleutel in een slot.

Het enzym doet als volgt zijn werk.

- 1 Het enzym bindt zich aan de voedingsstof.
- 2 Het enzym knipt de voedingsstof in tweeën.
- 3 Het enzym laat los en kan daarna opnieuw dezelfde soort voedingsstof afbreken.

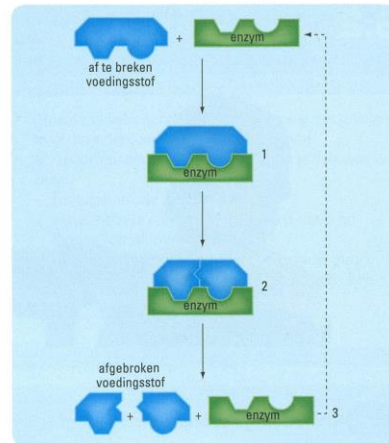
Enzymen zijn gevoelig voor temperatuur. Dat kun je aflezen in de grafiek in bron 3.

Vlak boven de **minimumtemperatuur** werken enzymen langzaam. Bij een hogere temperatuur werken ze sneller.

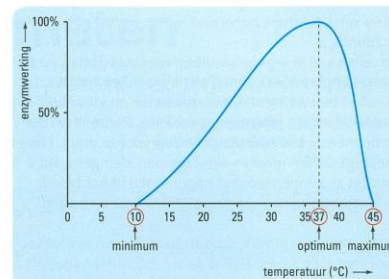
De temperatuur waarbij een enzym het beste werkt, heet de **optimumtemperatuur**. Voor de enzymen in je lichaam is die meestal 37 °C.

Als de temperatuur nog hoger wordt, gaat het enzym steeds langzamer werken, doordat het enzym vervormt. Boven de **maximumtemperatuur** is het enzym helemaal stuk en werkt het niet meer.

► Maak opdracht 7 t/m 10 in je activiteitenboek.



BRON 2 De werking van een enzym



BRON 3 De enzymwerking is afhankelijk van de temperatuur.

Met de titel *Hoe werken enzymen?* wordt het onderwerp geïdentificeerd.

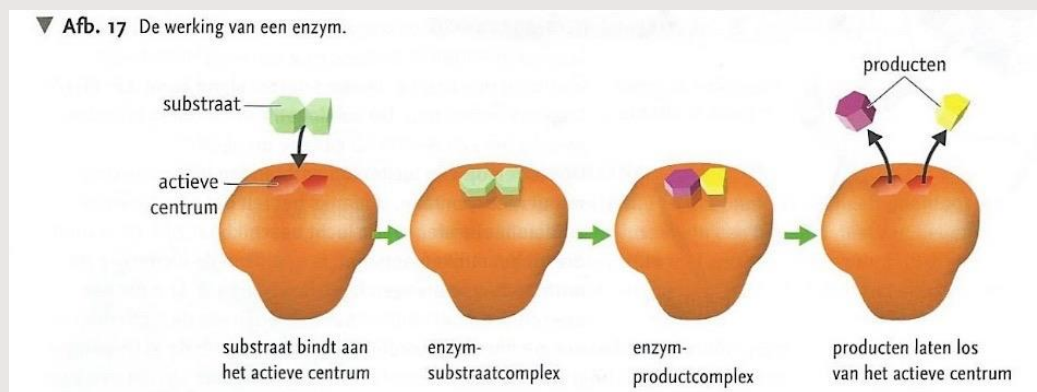
De eerste tekstheft geeft een **Beschrijving**: wat enzymen doen, waar ze worden gemaakt, dat ze precies passen bij de voedingsstof waarvoor ze bestemd zijn en hoe ze hun werk doen. Dat proces wordt stap voor stap beschreven en in bron 2 geïllustreerd.

In de tweede tekstheft wordt de temperatuurafhankelijkheid van dat proces verwoord en toegelicht met behulp van bron 3. Dit deel kwalificeren we als een **Verklaring**: het gaat over een factor (temperatuur) die invloed heeft op de werking van enzymen. De eerder genoemde Beschrijving dient als **Identificatie** van de Sequentie: de werking van enzymen. De Verklaring houdt in dat verteringsenzymen bij een stijgende temperatuur tussen 10 en 37 graden steeds beter werken, maar dat de effectiviteit tussen 37 en 45 graden juist weer afneemt.

Vakmatige redeneringen (verklaringen) komen in dit voorbeeld ook voor, maar woordgroepen als *is gevoelig voor*, *heeft invloed op*, *is afhankelijk van* zijn nog wel gebaseerd op **waarneembare feiten**: in een proefopstelling kan met de temperatuur gevarieerd worden, met als gevolg waarneembare verschillen in effectiviteit van het onderzochte enzym. Dit type redeneringen kan fungeren als opstapje naar verklaringen op basis van niet waarneembare processen, bijvoorbeeld op het microniveau van moleculen.

Deze **toenemende complexiteit** en abstractie van Verklaringen zien we terug in het volgende fragment uit een bovenbouwmethode over activeringsenergie en de werking van enzymen dat we al eerder tegenkwamen in paragraaf 2.2 (uit *Biologie voor Jou 5a vwo*).

Door de vorming van een E-S-complex wordt de benodigde activeringsenergie voor de reactie verlaagd. In het substraatmolecuul worden bindingen tussen bepaalde atomen verbroken en komen bindingen tussen andere tot stand. Het substraat wordt omgezet in het product (zie afbeelding 17). Hierna laat het product los van het actieve centrum van het enzymmolecuul.



Anders dan in het eerdere onderbouwvoorbeeld over de werking van enzymen, wordt hier de werking van een enzym op moleculair niveau verklaard. De in de onderbouw gebruikte naamwoorden als *enzym* en *voedingsstof* zijn vervangen door specialistischer termen als *substraat*, *actief centrum*, *enzym-substraatcomplex* en *enzym-productcomplex*. Bovendien wordt de binding van het enzym aan het substraat gepresenteerd als oorzaak van een heel ander fenomeen: *Door de vorming van een E-S-complex wordt de benodigde activeringsenergie voor de reactie verlaagd.*

Een dergelijke sequentiële Verklaring is voor de onderbouwleerlingen waarschijnlijk te hoog gegrepen, maar kan door eenvoudiger vakmatige redeneringen (zoals *is afhankelijk van*) wel worden voorbereid.

### 3.3 Vakmatig redeneren en formuleren op het centraal examen

In deze paragraaf kijken we wat de centrale eindexamens aan vakmatig redeneren van leerlingen verwachten en in hoeverre leerlingen met de door hen geformuleerde antwoorden aan die verwachtingen voldoen.

We doen dat aan de hand van enkele Verklaringsopgaven uit de centraal examens van vmbo en havo, omdat het juist daarin aankomt op zelf geformuleerde redeneringen. Voor het vmbo zijn dat twee enkelvoudige Verklaringen, want meervoudige Verklaringen worden uitsluitend gevraagd in de centrale examens havo/vwo.

We analyseren de volgende voorbeeldopgaven:

| Genre                   | Niveau | Vak      | Onderwerp                                        |
|-------------------------|--------|----------|--------------------------------------------------|
| Enkelvoudige Verklaring | vmbo   | nask 2   | Bitumen en hergebruik asfalt                     |
|                         |        |          | Hardheid leidingwater                            |
|                         |        | biologie | Darmkanaal planteneters                          |
|                         |        |          | Antistoffen runderpest                           |
| Sequentiële Verklaring  | havo   | biologie | Hoe verhindert honing schimmelgroei in stuifmeel |

### Vmbo nask 2, bitumen

We zagen eerder in dit hoofdstuk dat de eindtermen voor de natuurwetenschappelijke vakken voor het vmbo niet expliciet aangeven dat van leerlingen wordt verwacht dat ze verklaringen kunnen leveren. Toch komen dergelijke opgaven wel voor. In 2017 werd in ongeveer een op de tien opgaven van de centraal examens biologie en nask 2 gevraagd om een enkelvoudige en relatief eenvoudige verklaring (bij nask 1 kwamen zulke vragen niet voor).

De vraag over bitumen en de herbruikbaarheid van asfalt waarmee we deze brochure begonnen is daarvan een voorbeeld: die was afkomstig uit het centraal examen nask 2 vmbo gtl.

5 Bitumen is een materiaal dat zich gedraagt als een thermoplast.

> Leg uit dat asfalt op deze manier kan worden hergebruikt, omdat het bitumen de eigenschappen van een thermoplast heeft. (2 punten)

Het voorbeeldantwoord van het correctievoorschrift luidt:

Een thermoplast/bitumen wordt vervormbaar/zacht bij verwarmen (en een thermoharder niet). Daardoor is het asfalt weer vloeibaar/vervormbaar (en mengbaar) te maken (en opnieuw te gebruiken).

In het voorwoord citeerden we twee gebrekkig geformuleerde antwoorden die met één punt waren gehonoreerd. Twee punten werden toegekend aan het volgende antwoord:

Als je asfalt en bitumen verwarmt word het vloeibaar en kan het gemengd worden daardoor kan het hergebruikt worden.

Deze formulering is – ook afgezien van de spel- en interpunctiefouten – nog wel meer schriftelijk te maken, omdat zo de relatie tussen *asfalt* en *bitumen* onduidelijk is: moeten die worden gemengd? Maar de relevante eigenschappen van de thermoplast worden genoemd en met het causale verbindingswoord *daardoor* wordt de relatie gelegd met de recyclebaarheid van asfalt. Van de ruim tienduizend leerlingen die het examen hebben gemaakt, heeft veertig procent de maximale score gehaald. Een ongeveer even groot percentage kreeg één punt, en de overige leerlingen kregen geen punt (Cito, *Toets- en itemanalyse*, 2017).

## Vmbo nask 2, leidingwater

De geciteerde antwoorden en deze percentages laten zien dat ook leerlingen die op de opgave twee punten scoorden moeite hebben de formulering van het correctievoorschrift te benaderen. Dat blijkt nog sterker bij een andere opgave uit hetzelfde examen, waarmee eveneens twee punten te behalen waren.

- 45            Het leidingwater is niet overal in Nederland even hard.
- > Leg uit of het leidingwater minder hard is geworden wanneer de gassen uit het grondwater zijn verwijderd.

Het correctievoorschrift geeft dit antwoord als voorbeeld:

De hardheid van water hangt af van de concentratie (opgeloste) calciumionen en/of magnesiumionen. Deze ionen worden door het ontgassen niet verwijderd, dus het (leiding)water wordt niet minder hard.

Twee leerlingen antwoordden als volgt:

- Nee in de gassen zit geen calcium
- ~~Ja ze zijn wel wat minder hard geworden, maar als je het echt heel zacht wil hebben moet~~  
Nee, want als je het water zachter wilt hebben, moet je het kalk er uit halen en niet het methaan of koolstofdioxide

Beide leerlingen laten zien dat ze wel op het goede spoor zitten (de tweede na een zelfcorrectie), maar ze maken de formulering niet af. Het hoge niveau van de voorbeeldformulering wordt bij lange na niet gehaald: de leerlingen gebruiken woorden minder specialistische woorden en met *je* schept de toon minder afstand. Beide antwoorden leverden dan ook geen punt op, een lot dat bij deze opgave zeventig procent van de leerlingen trof. Slechts één op de tien kandidaten scoorde twee punten. De gemiddelde p-waarde (hier de gemiddeld behaalde score gedeeld door de maximumscore) van .43 van deze opgaven tegenover .52 voor het hele examen laat zien dat deze redeneeropgaven van het moeilijker soort zijn.

## Vmbo biologie, planteneters

De vijf redeneeropgaven die we in het centraal examen biologie voor vmbo gtl van 2017 vonden, zijn wat gemakkelijker: de gemiddelde p-waarde van deze vijf van .59 komt ongeveer overeen met die van alle opgaven, namelijk .62. Het zijn in meerderheid 1-puntsopgaven (terwijl bij nask2 vier maal twee punten waren te verdienen).

1-puntsvraag is bijvoorbeeld opgave 1:

- 1            Nijlpaarden zijn grote zoogdieren die in Afrika leven. Overdag zijn ze vooral in het water te vinden. 's Nachts komen ze het land op om te grazen. Eén nijlpaard kan wel 60 kilogram gras per nacht eten. Het darmkanaal van nijlpaarden is erg lang.
- Als je planteneters vergelijkt met vleeseters die even groot zijn, blijkt dat het darmkanaal van planteneters altijd langer is

> Leg uit waarvoor het darmkanaal van planteneters veel langer is dan dat van even grote vleeseters.

Het correctievoorschrift geeft geen voorbeeldformulering, maar luidt :

Uit de uitleg moet blijken dat plantaardig voedsel moeilijk(er) verteerbaar is (dan dierlijk voedsel).

Opmerkelijk is dat dit voorschrift geen oorzaak (cellulose bijvoorbeeld) verlangt, maar aangeeft dat een constatering voldoende is. Deze opgave levert drie kwart van de leerlingen dan ook een punt op. Enkele voorbeelden van antwoorden van leerlingen zijn de volgende.

Het darmkanaal van een planteneter is langer want die moeten hun voedsel nog verteren en een vleeseter hoeft dat niet.

Planten duren langer om te verteren dus daarom hebben planteneters een langer darmkanaal nodig.

Planteneters moeten herkauwen en het verteren duurt langer

Het darmkanaal van de planten is veel langer omdat planten een langere verterings-weg nodig hebben doordat er een celwand omheen zit.

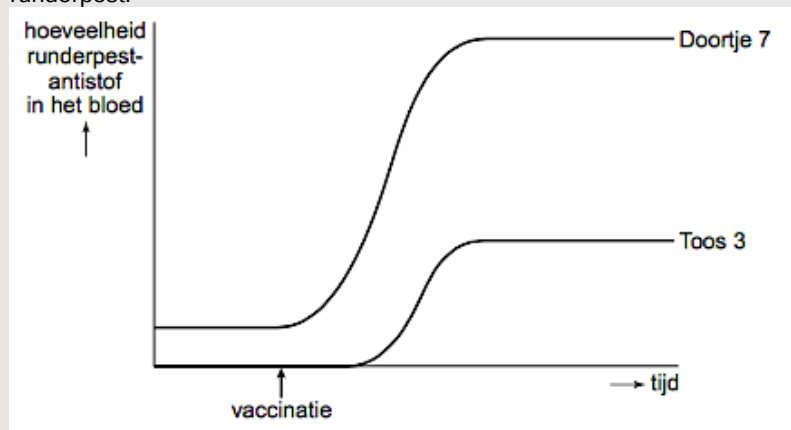
Deze leerlingen lezen de 'leg-uit-vraag' wel als een vraag om een verklaring, wat is terug te zien in het gebruik van *want*, *omdat* en *dus*.

Hoewel deze antwoorden waarschijnlijk zijn goed gerekend, komt niet één ervan in de buurt van een eenvoudige vakmatige formulering als *plantaardig voedsel is moeilijker verteerbaar dan dierlijk voedsel*. De zinnen lijken op opgeschreven spreektaal (*want die moeten*, *dus daarom*) en in elke zin zit een opmerkelijke formulering die het antwoord strikt genomen diskwalificeert : *en de vleeseter hoeft dat niet*, *Planten duren langer*, *Planteneters moeten herkauwen* en *doordat er een celwand omheen zit*.

### Vmbo biologie, runderpest

Op het volgende voorbeeld van een 1-puntsopgave uit de biologie-examen heeft minder dan de helft van de leerlingen een punt gescoord (p = .47).

In de periode rond de inenting tegen runderpest hebben onderzoekers regelmatig de hoeveelheid antistoffen in het bloed van runderen bepaald. Het diagram laat de resultaten zien van bepalingen bij twee runderen. Beide runderen werden niet eerder ingeënt tegen runderpest.



27 Uit het diagram blijkt dat er vóór de vaccinatie verschil was in de hoeveelheid antistof in het bloed van Doortje 7 en dat van Toos 3.

> Leg uit waardoor dit verschil veroorzaakt kan zijn.

Het correctievoorschrift luidt als volgt:

Uit de uitleg moet blijken dat Doortje 7 al eerder in contact geweest moet zijn met het runderpestvirus / antistoffen van haar moeder heeft gekregen (via moedermelk/placenta).

Hieronder enkele goede leerling-antwoorden:

Doortje kan al eerder besmet geraakt zijn met het virus en het te hebben overleefd, hierdoor blijven antistoffen nog in het lichaam (immunitet)

Doortje is ouder dus heeft eerder runderpest gehad en daar antistoffen voor gemaakt en Toos nog niet

Doortje 7 is besmet geraakt met runderpest dus haar lichaam maakt al antistoffen

De leerlingen lezen de 'leg-uit-vraag' als een vraag om een verklaring, maar een eenvoudige constatering *Doortje had al voor de vaccinatie antistoffen in haar lichaam* is al voldoende als enkelvoudige verklaring voor het verschil in hoeveelheid antistof in het bloed van de twee dieren. Het correctievoorschrift geeft echter ook drie mogelijke oorzaken voor de grotere hoeveelheid antistoffen bij Doortje: die is overgehouden van een eerdere besmetting, of overgedragen gekregen van de moeder via de placenta, of via de melk. Strikt genomen is die extra verklaring niet nodig, toch zetten de leerlingen ook die tweede stap, wat te zien is aan het gebruik van *hierdoor* en *dus*. Ze kiezen voor de eerdere besmetting als oorzaak voor de grotere hoeveelheid antistoffen bij Doortje. De meervoudige verklaring die ook past de vraagstelling *Leg uit waardoor dit verschil veroorzaakt kan zijn*, wordt van hen niet gevraagd. Dat zou echter, gezien de eindtermen op vmbo-niveau, ook te veel gevraagd zijn.

De voorbeelden uit deze centrale examens van nask2 en biologie laten zien dat in deze verklaringsopgaven steeds gevraagd wordt naar een oorzaak of gevolg van een verschijnsel. In alle gevallen gaat het in beginsel om enkelvoudige verklaringen. De antwoorden van leerlingen – hoewel goed gerekend – laten zien dat zij moeite hebben hun antwoorden correct en exact te formuleren.

## Havo/vwo

Dat in de bovenbouw havo/vwo het natuurwetenschappelijk redeneren veel belangrijker is, komt zoals we zagen ook tot uitdrukkingen in de schoolboeken en in de eindtermen (paragrafen 3.2 en 3.1). Uiteraard komt het vervolgens ook terug in de eindexamens voor deze vakken: daarin worden redeneervragen gesteld. De Verklaringen die daar worden gevraagd zijn bovendien meestal complexer dan de enkelvoudige die op het vmbo van examenkandidaten gevraagd worden. Deze vaak meervoudige verklaringen moet de leerling exact en correct kunnen formuleren. Ter illustratie geven we van alle drie soorten meervoudige verklaringen (zie paragraaf 2.2) een voorbeeldvraag.

|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sequentieel</b><br><b>Biologie-examen havo 2014</b><br><b>opgave 8</b>                  | Leg in drie stappen uit hoe ijzergebrek een verandering in de EPO-concentratie veroorzaakt en geef aan of de EPO-concentratie hoger of lager wordt.                                                                                                                                                                       |
| <b>Factoriaal</b><br><b>Biologie-examen havo 2013</b><br><b>opgave 16</b>                  | Leg uit welke functie gal heeft en welke functie pancreasenzymen hebben bij het verteren van vet.                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Consequentieel</b><br><b>Natuurkunde-examen havo</b><br><b>2009</b><br><b>opgave 23</b> | Radium-226 en zijn vervalproducten zenden $\alpha$ -, $\beta$ - en $\gamma$ -straling uit. De horloges, voorzien van wijzers met lichtgevende radiumverf, werden door hun bezitters soms jarenlang gedragen.<br>Leg voor elke soort straling uit of die van invloed is op de gezondheid van de bezitter van zo'n horloge. |

Om te laten zien in hoeverre leerlingen in staat zijn hun antwoorden op dergelijke complexe opgaven exact en correct te formuleren, kijken we naar enkele leerlingantwoorden bij een opgave uit het centraal examen havo biologie 2012 (tweede tijdvak).

Stuifmeel is rijk aan eiwitten, vetten en suikers. Nectar bestaat uit water en glucose. Bijen bewerken nectar tot lang houdbare glucoserijke honing. Onbewerkt stuifmeel zou in een bijenkast meteen beschimmelen. Bijen maken er daarom 'bijenbrood' van: lang houdbare stuifmeelbrokken verpakt in een laagje honing.  
(...)  
Bijenbrood maakt het stuifmeel langer houdbaar doordat het honinglaagje schimmelsporen verhindert uit te groeien tot schimmeldraden. Bij het conserveren van jam doen wij eigenlijk hetzelfde door suiker aan vruchten toe te voegen.

2p 13      Leg uit waardoor het laagje honing om de stuifmeelbrokken verhindert dat er schimmel groeit.

Het antwoordvoorschrift vermeldt een oorzaak met een gevolg, en dat gevolg is op zijn beurt oorzaak van een vervolg. Het betreft dus een sequentiële verklaring.

### 13    maximumscore 2

Uit het antwoord moet blijken dat

- het honinglaagje een hoge concentratie suiker bevat / een hoge osmotische waarde heeft    (1)
- hierdoor vocht wordt onttrokken aan schimmelsporen/draden, waardoor deze uitdrogen (en de schimmel niet kan groeien)    (1)

We geven twee antwoorden van leerlingen uit havo 4 met een score van twee punten. Deze leerlingen hebben de stof net behandeld en extra instructie en oefening over het beantwoorden van vragen gehad.

Laagje honing om stuifmeelbrokken verhindert de schimmelgroei omdat honing een grotere concentratie heeft dan de stuifmeelbrokken, waardoor het water uit de stuifmeelbrokken trekt omdat er osmose ontstaat. De schimmel heeft vocht nodig om te leven als dat onttrokken is zal de schimmel dood gaan en niet meer verder groeien. Bij suiker en vruchten gebeurt precies hetzelfde. Suiker trekt water aan en water onttrekt uit de vruchten.

door suiker of zout (hoge osmotische waarde) wordt water uit de cel gehaald en zonder water kan de schimmel vrij weinig

Deze voorbeelden laten zien dat deze leerlingen moeite hebben met vakkundig formuleren van een goed antwoord: Bij de eerste leerling is het weglaten van lidwoorden aan het begin van de eerste zin nog tot daaraantoe, maar over welke *concentratie* heeft hij het? Is 'grotere concentratie' wel juist, of moet het, specialistischer geformuleerd 'hogere concentratie' zijn? Hoe zit dat met dat uit- of onttrekken (is dat de juiste technische term of moet het eigenlijk 'aanrekken' zijn): wat onttrekt nu precies wat en waaraan? En *kan de schimmel vrij weinig* is wel erg alledaags en weinig vakmatig idioom. Ook het gebruik van de causale verbindingswoorden kan scherper.

Het lijken misschien allemaal kleine taalkundige kwesties, maar ze laten zien of de leerlingen de processen wel of nog niet goed begrepen hebben.

### Conclusie

Om als kandidaat op het examen te kunnen laten zien dat je de stof beheerst, komt het voor alle leerlingen aan op exact formuleren, en dat is iets waar de meeste leerlingen moeite mee hebben – dus niet alleen de vmbo-leerlingen: veel leerlingen, ook degenen die wel punten scoren, hebben moeite de formulering van het correctievoorschrift te benaderen.



## 4. Suggesties voor de lespraktijk

In dit laatste hoofdstuk laten we zien hoe de inzichten uit de voorgaande hoofdstukken vertaald kunnen worden naar effectief didactisch handelen: hoe kun je **taalsteun** bieden aan leerlingen die zich het vak en de vaktaal proberen eigen te maken.

In de paragrafen 4.1 en 4.2 laten we zien hoe je via samen lezen en samen formuleren taalsteun kunt bieden bij respectievelijk het lezen van vakteksten en het zelf formuleren daarvan. In paragraaf 4.3 werken we in de zogenoemde onderwijsleercyclus (OLC) uit hoe dergelijke losse activiteiten een expliciete plaats kunnen krijgen binnen een integrale didactische aanpak gericht op een steeds grotere beheersing van de vaktaal. We sluiten het hoofdstuk af met aanbevelingen om op het gebied van redeneren en formuleren te komen tot een samenhangend curriculum van de natuurwetenschappelijke vakken (4.4).

### 4.1 Samen lezen

De gebruikte methode vormt vaak de leidraad voor de lespraktijk: de leraar volgt het boek. Maar die leraar maakt daarin wel keuzes. Hij selecteert wat hij nuttig en belangrijk vindt, en niet alles wat in het boek staat krijgt dus evenveel aandacht.

Wat dan vaak weinig expliciete aandacht krijgt, is de theorietekst in het boek. Gebruikelijk is dat de leraar op basis van eigen inzichten instructie geeft over een onderwerp, waarna de leerlingen zelfstandig (in de klas of als huiswerk) aan de slag gaan met opdrachten uit het boek. De leestekst (theorie) in het boek komt dan pas op een later moment in beeld.

Dat is jammer, want keer op keer blijkt dat leerlingen moeite hebben die teksten te lezen en te begrijpen, terwijl juist in die teksten de taal van het vak tot uitdrukking komt. Om leerlingen vertrouwd te maken met de vaktaal die uiteindelijk ook van hen wordt gevraagd zou de leraar hen dus moeten ondersteunen bij het lezen van de theorie in de methode. Dat kan bijvoorbeeld door met enige regelmaat zo'n stukje theorie klassikaal bij wijze van **modeling** hardop voor te lezen en daarbij ook hardop na te denken over opbouw en betekenis.

Als voorbeeld van deze aanpak kijken we opnieuw naar de Beschrijving van warmte-uitwisseling (zie hoofdstuk 2). Rechts staan punten waar de leraar zijn leerlingen tijdens het samen lezen op kan wijzen. Natuurlijk hoeven niet al die punten in zo'n leesactiviteit aan de orde te komen. Ook hier maakt de leraar zijn eigen selectie, afhankelijk van zijn vaktaaldoelen met een specifieke groep leerlingen.

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificatie  | <p><b>19 Warmte-uitwisseling</b></p> <p>Je doet koude melk bij hete koffie in een thermosfles. Je krijgt nu een mengsel van koffie en melk dat kouder is dan de koffie eerst was. De koude melk heeft warmte opgenomen. Die warmte kwam van de hete koffie en de hete thermosfles. Dit proces heet warmte-uitwisseling.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dit stukje eindigt met hetzelfde woord als in de titel van de tekst: warmte-uitwisseling. Allebei vet, dus dat is belangrijk.</li> <li><i>Je doet...</i> Wie is die je? Doe jij wel eens koude melk bij hete koffie? Is dit wel natuurkunde? Waarom staat dat hier? (herkenbare context; daar kun je je iets bij voorstellen)</li> <li>De kernzin? Kun je <i>heet</i> ook anders zeggen? (noemen). Waar zal de rest van dit tekstje over gaan?</li> <li>Is <i>warmte-uitwisseling</i> een ding of een proces? Je kunt er 'de' voorzetten, dus een ding? Andere woorden die eindigen op -ing? (dingwoord, afgeleid van een werkwoord).</li> </ul> |
| Specificatie 1 | <p>Je kunt nu de eindtemperatuur van de koffie met melk berekenen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hoezo kun je <i>nu</i> die temperatuur berekenen? Nu betekent hier 'straks': dan gaan we rekenen. Wat moet je nog meer weten om te kunnen rekenen? (De informatie uit vorige paragrafen over soortelijke warmte van een stof en warmtecapaciteit van een voorwerp.)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Specificatie 2 | <p>Warmte kan namelijk niet spontaan ontstaan en warmte kan ook niet uit de thermosfles ontsnappen. De hoeveelheid warmte die de melk heeft opgenomen <math>Q_{op}</math> moet dus gelijk zijn aan de hoeveelheid warmte die de koffie en de thermoskan hebben afgestaan <math>Q_{af}</math>.</p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Welke woorden wijzen op een redenering? (<i>namelijk, dus</i>)</li> <li>Met welke woorden maak je een redenering helemaal duidelijk? (<i>omdat, daarom</i>)</li> <li>Formuleer deze zinnen opnieuw, maar dan met deze redeneerwoorden. Bijvoorbeeld: Omdat warmte niet spontaan kan ontstaan... moet de hoeveelheid warmte die de melk heeft opgenomen gelijk zijn aan...</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Specificatie 3 | <p>Dit geldt alleen als er geen warmte ontsnapt of van buiten bij komt. Bij berekeningen mag je daar vanuit gaan, tenzij uit de gegevens anders blijkt.</p>                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waarnaar verwijzen <i>dit</i> en <i>daar</i>?</li> <li>Wat doet <i>Dit geldt alleen als</i> met een regel? (voorwaarde)</li> <li>Wat doet <i>tenzij</i> met een regel? (uitzondering)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Specificatie 4 | <p>Bij warmte uitwisseling is de hoeveelheid opgenomen warmte gelijk aan de hoeveelheid afgestane warmte. <math>Q_{op}=Q_{af}</math></p>                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waarom is deze alinea vetgedrukt? (belangrijkste info uit de tekst: een regel die je moet gebruiken bij berekeningen)</li> <li>Wat doet de hele zin met het proces van warmte uitwisselen? (nominaliseren en dan een kenmerk geven)</li> <li>Wat doet de formule met de hele zin? (kort maken)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Een tweede voorbeeld van dit samen lezen is afkomstig uit een reeks scheikundelessen over metaalbindingen van Hella Fries (Fries & Meestringa, 2017). Zij heeft de theorietekst uit de methode opgedeeld in tekstblokken. Die tekstblokken worden één voor één op het bord geprojecteerd en klassikaal gelezen. Hieronder staat de dia met het vierde tekstblok.

## Tekstblok 4

### Metalen op microniveau

Metaalglans, buigzaamheid en hoge smeltpunten van metalen kun je zelf waarnemen. Dit zijn eigenschappen op **macroniveau**. Je kunt ze zien of meten.

Voor het verklaren van metaaleigenschappen moet je op het materiaal inzoomen. Metalen bestaan uit positieve metaalionen en negatieve elektronen. Dat zijn de deeltjes die op **microniveau** veel van de eigenschappen van metalen bepalen. In een metaalrooster liggen de metaalionen geordend in een regelmatig patroon. Rondom de ionen is een wolk van elektronen aanwezig. **Deze vrije elektronen** horen niet bij één bepaald metaalatoom. De aantrekkingskracht tussen de positieve atoomresten en de negatieve elektronenwolk heet de **metaalbinding**. Deze metaalbinding houdt het metaalrooster bijeen. De metaalbinding verschilt van metaal tot metaal. De lading en de grootte van de positieve metaalionen hebben invloed op de sterkte van het metaal.

Het eerste deel (grijsgekleurd) van de tekst is een Beschrijving, het tweede deel (oranjegekleurd) een Verklaring. In de hele paragraaf blijken Beschrijvingen en Verklaringen voortdurend te worden afgewisseld. De Beschrijvingen betreffen meestal het meer alledaagse en het waarneembare *macroniveau*, terwijl de Verklaringen gaan over het niet waarneembare moleculaire *microniveau*.

Tijdens het klassikaal samen lezen vestigt de leraar de aandacht op juist deze afwisseling, waarbij ze vooral laat zien hoe je de verklarende passages in de tekst kunt herkennen. In tekstblok 4 zijn dat twee elementen.

1. Het voor de hand liggende woord *verklaren* (derde woord in het oranje deel).
2. De woordgroep *hebben invloed op* (laatste regel) wijst doorgaans op een verband, in dit geval op een verklaring voor een metaaleigenschap: *De lading en de grootte van de positieve metaalionen hebben invloed op de sterkte van het metaal.*

### 4.2 Samen formuleren

De ervaring leert dat leerlingen niet automatisch steeds beter zelfstandig vakmatige redeneringen kunnen formuleren: ze moeten daarin oefenen en daarbij ondersteund worden. Samen formuleren is daarvoor de geëigende didactische aanpak. We laten aan de hand van twee voorbeelden (uit dezelfde lessenreeks over metaalbindingen als het tweede voorbeeld bij 'samen lezen') zien hoe dat gaat.

Om het overleg over de formulering te stimuleren, laat de lerares haar leerlingen in viertallen opgaven uit het boek maken. Hieronder geven we een uitgeschreven geluidsfragment van een groepje van vier leerlingen. In dit fragment voeren twee leerlingen het woord.

**Opgave: Leg uit hoe het komt dat brons harder is dan zuiver koper.**

- 1 Oké, daar staat koperstraal (opzoeken in BINAS) honderdtweeënzestig maal tien tot de min twaalfde meter.
- 2 Wat zegt dat dan?
- 1 Ja, dat ga ik nu uitleggen. Leg uit hoe het komt dat brons harder is dan zuiver koper. Brons is een combinatie van tin en koper.
- 2 Wat heeft dat dan te maken met de atoomstraal?
- 1 Nou kijk, koper heeft zelf een lagere atoomstraal, snap je.
- 2 Ja..... dat is een feit.
- 1 Zie je, als je dat combineert met tin, wordt het samen een grotere atoomstraal. Dus dan trekken de atomen zich sterker aan.
- 2 Heb je dat zonet geleerd of...?
- 1 Ja, de atoomstraal zeg maar de afstand waarin ze elkaar nog aantrekken. Dat neem ik aan, want het is een afstand.
- 2 Ja, dat klopt dus denk ik wel.
- 1 Dus als je zeg maar koper en tin bij elkaar doet, en koper is zwak en tin is sterker dan koper en dat bij elkaar doet, dan krijg je brons en brons is sterker dan koper.

Het blijkt dat leerlingen het moeilijk vinden om de eerder aangeleerde vaktermen te gebruiken: ze proberen de vraag te beantwoorden door het fenomeen te beschrijven in vooral dagelijkse taal. Leerling 1 heeft wel een bepaald idee over een atoomstraal en de aantrekkingskracht die van invloed is op de sterkte van het metaal, maar hoe de verschillende afmetingen in atoomstraal in een combinatie van twee verschillende atoomsoorten in een legering de sterkte beïnvloeden, lijkt hem niet duidelijk. Hij kan het in ieder geval nog niet helder verwoorden.

Het antwoord dat leerlingen gezamenlijk vinden moet vervolgens ook op papier gezet worden. In **registertermen**: ze moeten op eigen kracht opschuiven van gespreksmodus naar schrijfmodus. Omdat in de schrijfmodus geen haperingen en aanvullingen meer mogelijk zijn, dwingt die hen tot nauwkeurig formuleren.

Dat leidt bijvoorbeeld tot het volgende groepsantwoord, waaruit blijkt dat de leerlingen er nog niet in slagen een correcte vakmatige formulering te produceren waarin de vaktermen op microniveau met elkaar in verband gebracht worden.

Koper is kleiner dan tin, en dus beter vervormbaar, aangezien brons maar voor 90 procent uit koper bestaat en 10 procent massa, massaprocent uit tin, maakt het tin brons harder

Het volgende voorbeeld is het vervolg op het vorige: een klassikaal gesprek waarin de leraar samen met de leerlingen kijkt naar de groepsantwoorden op de vraag over metaalbindingen.

De leerlingen blijken heel goed in staat om elkaars antwoorden te beoordelen en te bepalen of een antwoord juist, onjuist of onvolledig is. Om vervolgens de leerlingen te laten zien hoe je de antwoorden zodanig kunt aanpassen dat ze correct zijn, presenteert de lerares een serie denkstappen (de logische redenering) die daarvoor nodig is, en ze benadrukt dat die denkstappen herkenbaar in het antwoord moeten terugkomen. Daarna gaan de leerlingen in tweetallen aan de slag met één van de groepsantwoorden, te weten:

Brons is een legering van koper en tin. Een grotere atoomstraal zorgt voor een harder metaal. Dit zorgt er dus voor dat brons harder is dan koper, omdat de atoomstraal van tin groter is. (Dit is denken op microniveau)

Nadat de tweetallen een minuut of tien hebben gewerkt aan de herformulering van dit antwoord, krijgt de revisie een klassikaal vervolg. Een van de leerlingen krijgt een toetsenbord in handen en voor het digibord dicteren de leerlingen samen stap voor stap een betere en meer complete formulering van het antwoord: zinnen worden geherformuleerd, woorden veranderd en ook de volgorde van de zinnen wordt samen verbeterd. Het antwoord waar ze samen op uitkomen, luidt uiteindelijk:

Brons is een legering van koper en tin. Het percentage tin in brons is 10%. Dit geeft aan dat het om het metaalrooster van koper gaat. Door een grotere atoomstraal van tin ten opzichte van koper ontstaat er een roosterfout. Door de roosterfout kunnen de metaalatomen minder goed langs elkaar bewegen, waardoor de legering sterker en minder buigzaam is dan zuiver koper. Dus brons is harder dan zuiver koper.

Aldus worden de leerlingen in de gelegenheid gesteld om zowel hun mondeling als hun schriftelijk vaktaalgebruik te oefenen, en te onderzoeken welke formulering in een bepaalde context het meest passend is. Al pratend en schrijvend maken zij zich zo het begrippenapparaat en de denkwijzen van het vak eigen en merken ze hoe belangrijk zorgvuldig formuleren is.

### 4.3 De onderwijsleercyclus

In de voorgaande paragrafen hebben we laten zien hoe je door samen te lezen en samen te formuleren leerlingen kunt ondersteunen bij het begrijpen en zelf formuleren van vakteksten. In de zogenoemde **onderwijsleercyclus** hebben deze losse activiteiten een expliciete plaats binnen een integrale didactische aanpak, gericht op een steeds grotere beheersing van het vak en de vaktaal. De onderwijsleercyclus is daarmee een instrument om het leren begrijpen en produceren van vaktaal te integreren in de les. De vaktekst en zijn specifieke kenmerken staat daarbij centraal.

De onderwijsleercyclus kan als volgt schematisch worden weergegeven:



We geven hieronder bij elk van de vier fasen van de onderwijsleercyclus een korte algemene omschrijving, steeds geïllustreerd met een concreet voorbeeld uit een reeks scheikundelessen over metaalbindingen. De leraar kan naar behoefte elke fase afwisselend extra aandacht geven. Wij beginnen links boven.

### Het opbouwen van de context

Teksten gaan ergens over (het veld) en ze functioneren in een bepaalde context. Dat betekent dat op zijn minst een deel van die context bekend verondersteld wordt en daarom niet expliciet vermeld wordt. Om de tekst goed te begrijpen, moet de lezer dan twee dingen doen:

1. **Kennis van het onderwerp en de context daarvan activeren.** Immers, hoe meer je al van het onderwerp weet, hoe makkelijker je de tekst zult begrijpen.
2. **Functie van de tekst in die context bepalen.** Om de betekenis van een tekst op waarde te schatten moet de lezer ook doorzien wat de functie van de tekst is binnen de specifieke communicatieve context. In de onderwijscontext hebben teksten doorgaans de functie vakkennis uit te wisselen: de leerling *leest* een tekst dus om vakkennis op te doen, hij *schrijft* een tekst om zijn opgedane vakkennis voor zichzelf vast te leggen en vaak ook om te laten zien aan de leraar.

In de scheikundereeks over metaalbindingen ondersteunt de lerares dat als volgt.

- Ze start met uitleg over het onderwerp (veld).
- Ze refereert aan lesstof die al eerder aan de orde is geweest, geeft voorbeelden van metalen en hun eigenschappen en benadrukt dat het er bij scheikunde om gaat te pendelen tussen het waarneembare macroniveau en het microniveau van de moleculen.
- Ze onderstreept het belang van de theorietekst in de methode (context): zij gaat die tekst dan ook samen met de leerlingen lezen. In die tekst wordt het onderwerp uitgelegd in de daartoe geëigende vaktaal.
- Uiteindelijk formuleren de leerlingen zelfstandig een verklarende vaktekst met de juiste vakbegrippen.

## Modeling van de analyse

De leraar ondersteunt het lezen van zijn leerlingen door zijn eigen leesgedrag te modelen: hij doet hardop denkend voor hoe hij de tekst stap voor stap analyseert op een of meerdere van bovengenoemde aspecten.

In het voorbeeld doet de lerares dat als volgt.

- Ze heeft de theorietekst uit het boek opgeknipt in afzonderlijke tekstblokken die zij één voor één op het bord projecteert.
- Ze maakt met verschillende kleuren de opbouw van de tekst inzichtelijk.
- Ze laat hardop denkend zien hoe ze daar de verschillende genres (Beschrijving vs. Verklaring) in herkent.

## Begeleide inoefening

De leraar kan de overgang naar productie van vaktaal ondersteunen door afgestemde oefeningen met veel begeleiding, bijvoorbeeld door de leerlingen samen vakteksten te laten formuleren.

Extra steun is mogelijk met varianten:

- eerst mondeling en dan schriftelijk laten formuleren;
- als leraar samen met de hele klas vakteksten formuleren, bijvoorbeeld de antwoorden op vakmatige redeneervragen.

In het voorbeeld van de scheikundereeks over metaalbindingen hebben leerlingen in groepjes antwoorden op redeneervragen geformuleerd. De lerares presenteert een aantal van die antwoorden aan de hele klas en vraagt om commentaar, waarbij de leerlingen wel in staat blijken foute of onvolledige formuleringen aan te wijzen, maar verbeteren met de juiste vakbegrippen nog net te moeilijk blijkt. Dan geeft de lerares een (onvolledig) antwoord als startpunt op bord, waarop leerlingen in tweetallen aan het werk gaan om tot een betere formulering te komen. Ten slotte werkt de hele klas samen aan een correcte en volledige versie van het antwoord. De lerares treedt op als begeleider van dit proces.

## Zelfstandig schrijven en reflecteren

In de onderwijsleercyclus produceren leerlingen ook zelfstandig een vaktekst. Meestal is dat een geschreven tekst, bijvoorbeeld het verslag van een experiment of onderzoek, of het antwoord op een redeneervraag.

De lessenreeks scheikunde over metaalbindingen wordt afgesloten met een toets waarin de leerlingen antwoorden op open redeneervragen formuleren, en dat doen ze aanmerkelijk beter dan voorheen (Zie Fries & Meestringa, 2017).

## 4.4 Naar een samenhangend curriculum

In deze brochure hebben we inzicht gegeven in de taalkenmerken van het vakmatig redeneren in de natuurwetenschappelijke vakken en praktische handvatten aangereikt om leerlingen met deze inzichten leerlingen taalsteun te kunnen geven.

Dat dit laatste nodig is, wordt geïllustreerd door de teksten van leerlingen die in deze brochure besproken zijn, en het blijkt bijvoorbeeld ook uit details van de **havo/vwo-examens** van de afgelopen jaren. Examenopgaven waarbij kandidaten zelf een verklaring moeten formuleren worden namelijk vaak aanzienlijk slechter gemaakt. Zo is in 2015 en 2016 de proportie kandidaten met een goed antwoord (p-waarde van Cito, zie de TIA-gegevens op [www.cito.nl](http://www.cito.nl)) over alle opgaven van de scheikunde-examens van .52 tot .56, terwijl die voor de uitgeschreven verklaringen varieert van .37 tot .42. Ook bij biologie- en natuurkunde-examens treden zulke verschillen op, al zijn de verschillen in p-waarden daar soms kleiner.

Een andere aanwijzing voor de noodzaak in het onderwijs werk van te maken van systematische aandacht voor het redeneren en formuleren komt uit het driejaarlijkse, internationaal vergelijkende **PISA-onderzoek** waarin natuurwetenschappelijke geletterdheid (*scientific literacy*) van 15-jarigen wordt gemeten. De definitie van natuurwetenschappelijk geletterdheid die daarin wordt gehanteerd, luidt: 'Het vermogen om na te denken over natuurwetenschappelijke issues en de ideeën achter de wetenschap als een geëngageerde burger' (OECD, 2016). Uit een analyse van de PISA-resultaten (Van der Hoeven et al., 2017) blijkt dat natuurwetenschappelijke geletterdheid in Nederland afneemt.

Ook bij een herziening van leerplannen op bovenschools niveau liggen er kansen om nieuwe afspraken te maken over het redeneren en formuleren. We besluiten deze brochure door daar kort bij stil te staan.

### Samenhang binnen de natuurwetenschappelijke vakken

De wijze waarop het redeneren en formuleren in de huidige kerndoelen en eindtermen voor de natuurwetenschappelijke vakken naar voren komt is niet optimaal (zie paragraaf 3.1):

- De kerndoelen zijn veelal te globaal en leggen de nadruk op het uitvoeren van practica.
- De eindtermen voor vmbo bieden te weinig aanknopingspunten voor redeneren en formuleren.
- Daarbij zijn de verschillen tussen biologie en nask1 en 2 te groot.
- Er gaapt een kloof wat dit betreft tussen de onderbouw en de bovenbouw havo/vwo.
- De vakspecifieke eindtermen voor havo en vwo voor biologie, natuurkunde en scheikunde verschillen wat dit betreft in benadering en terminologie.

De doelgerichte benadering van deze brochure ziet taal als sociale betekenisdrager in de context van het vak. De beschrijving van vaktaal in genres kan een basis bieden voor meer samenhang in het werken aan de ontwikkeling van het vaktaalgebruik van de leerlingen. Voor die afstemming kunnen ook de **denkwijzen** uit de *Kennisbasis Natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo* (Ottevanger et al., 2014) behulpzaam zijn. Deze denkwijzen expliciteren de manieren van denken die karakteristiek zijn voor natuurwetenschappers. Voorbeelden van denkwijzen zijn patronen, schaal-verhouding-hoeveelheid en structuur-functie.

## Samenhang van de natuurwetenschappelijke vakken met andere vakken

Het komt leerlingen ook ten goede als de manier waarop over vaktaal wordt gesproken, in de diverse vakgebieden en domeinen vergelijkbaar is en op vergelijkbare wijze wordt ingezet in de lessen. Bij andere vakken spelen andere genres een hoofdrol, maar er is samenhang mogelijk in de manier waarop gesproken wordt over doelen van teksten, de opbouw daarvan en de betekenis van de keuze uit de verschillende taalmiddelen op de registerdimensies veld, toon en modus.

Bij alle vakken geldt voor leerlingen:

- Laat je kennis zien in het presenteren en interpreteren (specialist op de velddimensie).
- Wees zelfverzekerd in je verslagen, interpretaties en beoordelingen (expert op de toondimensie).
- Structureer je tekst zodat de interpretatie ervan gemakkelijk is (schriftelijk op de modusdimensie).

Docenten Nederlands kunnen hiervoor een basis leggen. Leerlingen kunnen daar een metataal over taal in vakcontexten leren hanteren die dan in andere contexten en bij de andere vakken kan worden uitgewerkt.

## Verschillen tussen leerlingen en kansen voor vaktaal

De complexiteit van opdrachten, met een beroep op vaktaal, neemt in de schoolcarrière van leerlingen toe. Het is wenselijk dat in een doorlopende lijn wordt toegewerkt naar de verwachtingen van de examens. Uit de PISA-analyse (Van der Hoeven et al., 2017) komt naar voren dat vmbo-leerlingen weinig in concepten en contexten werken. Ook voor deze leerlingen is het kunnen interpreteren en verklaren van de wereld om hen heen belangrijker dan het reproduceren van kennis. Natuurwetenschappelijk redeneren door te lezen, praten en schrijven over observaties en verklaringen daarvan is ook voor hen van belang en wellicht kan daarmee al in het primair onderwijs worden begonnen.



# Referenties

## Literatuur

- Fries, H. & Meestringa, T. (2017). Redeneren bij scheikunde en bij andere vakken. Aan het werk met formuleren! *NVOX* 42(3), p. 174-175.
- Hajer, M. & Meestringa, T. (2015). *Handboek taalgericht vakonderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Hoeven, M. van der, Schmidt, V., Van Silfhout, G. Woldhis, E., & Van Leeuwen, B. (2017). *Leerplankundige Analyse PISA 2015*. Enschede: SLO.
- Leeuw, B. van der, & Meestringa, T. (2014). *Genres in schoolvakken. Taalgerichte didactiek in het voortgezet onderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Norden, S. van (2017). *Iedereen kan leren schrijven. Schrijfplezier en schrijfvaardigheid in het basisonderwijs*. Bussum: Coutinho.
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy*. Paris: OECD.
- Ottenvanger, W. et al., (2014). *Kennisbasis Natuurwetenschappen en Technologie voor de onderbouw vo: Een richtinggevend leerplankader*. Enschede: SLO.
- Paus, J. & Meestringa, T. (2017). *Teksten lezen met meer begrip*. *NVOX* 42(2), p. 66-67.
- Schalk, H., & Paus, J. (2017). Leg die verklaring eens uit: leren redeneren met de SPA+. *NVOX* 42(5), p. 234-235.

## Gebruikt lesmateriaal

- Akkerman, T., Den Hertog, M. & Hulst, L. (2013). *Nectar gt/hv deel 2-3. Activiteitenboek, 7.2*. Groningen: Noordhoff, p. 22.
- Akkerman, T., Den Hertog, M. & Hulst, L. (2013). *Nectar 4e editie, havo/vwo 2-3, leerboek*. Groningen: Noordhoff, p. 66.
- Bekkers, R., Driessen, R., Jansen, K., et al. (2014). *Chemie, 5 VWO, 11-1*. Groningen: Noordhoff, p. 87.
- Bekkers, R., Driessen, R., Jansen, K., et al. (2016). *Chemie overal, 3 HAVO / 3 VWO*. Groningen: Noordhoff, p. 142.
- Bos, A., Commers, M., Jansen, A., et al. (z.j.) *Biologie voor Jou, 5a vwo*. 's-Hertogenbosch: Malmberg, p. 17-18.
- Brinke, L. te, Van den Broeck, T., Buil, S., et al. (2012). *Pulsar 4 vwo, paragraaf 5.4*. Groningen: Noordhoff, p. 158.
- [www.10voorbibiologie.nl](http://www.10voorbibiologie.nl). (z.j.).



## Bijlage Veelvoorkomende genres

| Familie    | Genre               | Doel                                                   | Stadia                                                       |
|------------|---------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Verhalend  | <b>Vertelling</b>   | Persoonlijke ervaring vertellen                        | Oriëntatie ^ Ervaringen (^ Persoonlijk commentaar)           |
|            | <b>Verhaal</b>      | Gevoelens delen en/of gedrag beoordelen                | Oriëntatie ^ Complicatie ^ Oplossing (^ Evaluatie)           |
| Feitelijk  | <b>Verslag</b>      | Gebeurtenis beschrijven                                | Identificatie ^ Gebeurtenissen                               |
|            | <b>Beschrijving</b> | Zaak of gebeurtenis specificeren en classificeren      | Identificatie ^ Specificatie                                 |
|            | <b>Verzoek</b>      | Iemand motiveren tot handelen                          | Identificatie ^ Specificatie ^ Oproep                        |
|            | <b>Procedure</b>    | Beschrijven hoe te handelen                            | Doel ^ Benodigd materiaal ^ Stapsgewijze instructie          |
|            | <b>Verklaring</b>   | Gebeurtenis uitleggen en interpreteren                 | Identificatie van het fenomeen ^ Verklaring van de sequentie |
| Waarderend | <b>Beschouwing</b>  | Kwestie vanuit verschillende perspectieven onderzoeken | Kwestie ^ Perspectieven ^ Positie                            |
|            | <b>Betoog</b>       | Stelling beargumenteren                                | Stelling ^ Argumenten ^ Bevestiging van de stelling          |
|            | <b>Respons</b>      | Reageren op een cultuuruiting                          | Oriëntatie ^ Beschrijving ^ Evaluatie                        |

Als landelijk kenniscentrum leerplanontwikkeling richt SLO zich op de ontwikkeling van het curriculum in het primair, speciaal en voortgezet onderwijs in Nederland. We werken met het onderwijsveld aan de doelen, kaders en instrumenten waarmee scholen hun opdracht vanuit een eigen visie kunnen vervullen.

We brengen praktijk, beleid, maatschappelijke ontwikkelingen en onderzoek samen en stellen onze expertise beschikbaar aan onderwijs en overheid, bijvoorbeeld in de vorm van leerplannen, tools, voorbeeldlesmaterialen, conferenties en rapporten.



**Hoofdlocatie**  
Piet Heinstraat 12  
7511 JE Enschede

**Nevenlocatie**  
Aidadreef 4  
3561 GE Utrecht

**Postadres**  
Postbus 2041  
7500 CA Enschede

T 053 484 08 40  
E [info@slo.nl](mailto:info@slo.nl)  
[www.slo.nl](http://www.slo.nl)

 [company/slo](https://www.linkedin.com/company/slo)  
 [SLO\\_nl](https://twitter.com/SLO_nl)