

**Begrip en duiding van vakoverstijgende biochemische concepten:
het belang van scheikunde bij bovenbouwleerlingen biologie**

Peters, J. & Abma, J.

Abstract

Door de Tweede Fase kiezen leerlingen in de bovenbouw naast een profiel ook enkele keuzevakken. Op deze manier kunnen leerlingen biologie als keuzevak kiezen in een niet-natuurwetenschappelijk profiel. De door ons veronderstelde ondersteuning die biologieleerlingen zouden hebben van het vak scheikunde zal dan ontbreken, waardoor bepaalde biochemische concepten (die op het grensvlak van de twee vakken liggen) op een andere manier aangeboden worden. Leerlingen zouden deze concepten hierdoor anders kunnen benaderen (duiden) en wellicht zelfs minder goed begrijpen. In dit onderzoek hebben biologieleerlingen van meerdere scholen vragenlijsten ingevuld, die onder andere kennis en duiding van enkele biochemische concepten toetsten. Door deze uitkomsten te koppelen aan hun vakkenpakket, laat dit onderzoek zien dat leerlingen met scheikunde de biochemische concepten beter beheersen en daarmee beter zijn in dit onderdeel van de biologie.

Introductie

Internationaal onderzoek ondersteunt het streven van de politiek om Nederland als 'kenniseconomie' te doen floreren, aangezien Nederland zijn hoge positie dreigt te verliezen op het gebied van lezen, wiskunde en wetenschappelijk denken (OECD, 2010). In combinatie met de groeiende vraag vanuit maatschappij en economie naar mensen die kennis in verschillende contexten kunnen toepassen, heeft dit geleid tot aanpassingen in het middelbaar onderwijs. Zo is vanaf de invoer van de Tweede Fase, twee decennia geleden, het onderwijs in de exacte vakken meer contextgerelateerd geworden en zijn de landelijke examens meer toepassingsgericht. In lijn met deze ontwikkeling zal in 2013 voor de bovenbouw biologie de concept-context benadering ingevoerd worden (Boersma et al., 2007; CEVO, 2009), waarin leerlingen kennis meer moeten toepassen in contextgerelateerde vraagstukken. Deze nieuwe benadering stimuleert het associatieve leren en laat leerlingen vakinhoudelijke concepten integreren in verschillende

contexten (Boersma et al., 2005; Boersma et al., 2007).

Doordat aangeleerde concepten vanuit verschillende contexten worden opgebouwd en bijgeschaafd, kan gesproken worden van een constructivistische wijze van conceptualiseren; het voordeel hiervan is dat het onderwijs meer betekenisvol, relevant en motiverend maakt (Gilbert, 2006). Het opbouwen van kennis, concepten en modellen vanuit bepaalde bestaande constructen wordt daarom nog steeds in onderwijs en wetenschappelijk onderzoek toegepast (zie bijvoorbeeld Gobert et al., 2010). In het voortgezet onderwijs zijn er vakoverstijgende concepten die vanuit meerdere vakken aangeleerd worden. Voor dergelijke interdisciplinaire concepten (zoals in dit onderzoek die op het grensvlak van biologie en scheikunde) zou het dus functioneel kunnen zijn dat leerlingen contexten vanuit beide vakken aangeboden krijgen. Dit vakoverstijgend aanleren van concepten zou idealiter leiden tot een beter begrip en bredere toepassingen ervan; één van de

nevendoelen van het CVBO voor de invoering van de concept-context benadering (Boersma et al., 2007). Tevens stimuleert een interdisciplinaire benadering het hogere orde denken en draagt het bij aan een beter begrip van concepten (Schaal et al., 2010).

Afhankelijk van het profiel dat leerlingen in de bovenbouw HAVO en VWO kiezen, kunnen zij met deze interdisciplinaire benadering in aanraking komen. In tabel 1 is weergegeven in welk profiel leerlingen biologie en scheikunde

Profiel	Biologie	Scheikunde
Natuur en Gezondheid (N&G)	Verplicht	Verplicht
Natuur en Techniek (N&T)	Keuze	Verplicht
Economie en Maatschappij (E&M)	Keuze	Keuze*
Cultuur en Maatschappij	Keuze	Keuze*

Tabel 1: Overzicht van profielen en de positie van scheikunde en biologie binnen deze profielen. (* Scheikunde wordt slechts zelden gekozen als extra keuzevak.)

als keuze- dan wel verplicht vak volgen. Hieruit volgt dat leerlingen biologie ook in een niet-natuurwetenschappelijk profiel (dus zonder scheikunde) kunnen volgen. Toch omvat het curriculum van biologie steeds meer biochemische concepten, zoals het begrip van cellulaire en zelfs moleculaire processen, die ook bij scheikunde worden aangeboden (CEVO, 2009); dit betreft dezelfde biochemische concepten die ook bij scheikunde in het curriculum opgenomen zijn. Een toenemend aantal concepten binnen het biologieonderwijs is hierdoor interdisciplinair met scheikunde. (Zie appendix 1 voor een overzicht van de domeinen binnen het biologiecurriculum HAVO/VWO die biochemische en daarmee interdisciplinaire concepten omvatten.) Leerlingen die 'slechts' biologie (zonder scheikunde) volgen, komen alleen via biologie in aanraking met deze

biochemische concepten. Het zou naar ons idee dus waarschijnlijk zijn dat deze leerlingen een meer biologische en minder scheikundige interpretatie (in dit onderzoek aangegeven met duiding) hebben van deze concepten. Mogelijk leidt dit zelfs tot een verminderde kennis en minder goed begrip van deze biochemische concepten.

Aanwijzingen voor deze verwachting worden gevonden door Schwartz et al. (2008), die aangeven dat leerlingen met verdiepende lessen scheikunde (en natuurkunde) op een later moment beter presteren bij biologie. Echter, specifiek onderzoek naar duiding en begrip van biochemische concepten bij leerlingen met en zonder scheikunde ontbreekt. Wel is onze ervaring dat bij meerdere docenten het idee leeft, dat leerlingen zonder scheikunde 'duidelijk' minder goed presteren bij biologie dan leerlingen met scheikunde. Ook bij leerlingen zonder scheikunde leeft deze indruk. Daarnaast zijn al vele hulpmiddelen ontwikkeld, bedoeld voor biologieleerlingen zonder scheikunde, om de chemische achtergrond toe te lichten en ze hierin eventueel bij te spijkeren (van Erp, 1981; Crowe & Bradshaw, 2010). Nu in het biologieonderwijs vorm en inhoud van het curriculum worden herzien door de komst van de concept-context benadering, is het nuttig om vast te stellen of een scheikundige benadering van biochemische concepten werkelijk van toegevoegde waarde is voor duiding en begrip van deze concepten: het is van belang voor biologiedocenten om te weten of leerlingen, naast een biologische, ook gebaat zijn bij een scheikundige benadering van biochemische concepten. Om deze vraag te beantwoorden, is hier onderzocht of biologieleerlingen met scheikunde een beter begrip hebben van biochemische concepten dan biologieleerlingen zonder scheikunde. Op

basis van een beter begrip van concepten door een interdisciplinaire aanpak (Schaal et al., 2010), alsmede een betere prestatie bij biologie door verdiepende lessen scheikunde (Schwartz et al., 2008), is te verwachten dat biologieleerlingen met scheikunde inderdaad een beter begrip van biochemische concepten hebben dan biologieleerlingen zonder scheikunde. Het begrip van biochemische concepten (hier aangeduid met conceptueel begrip) zal in dit onderzoek daartoe afgemeten worden aan de totale score van leerlingen op enkele vragen, die het begrip van enkele concepten binnen de biochemische domeinen (zie appendix 1) toetsen. Samenvattend geeft bovenstaande de eerste deelvraag van het onderzoek weer.

Onderzoeksdeelvraag 1: Hebben biologieleerlingen met scheikunde een beter begrip van biochemische concepten dan biologieleerlingen zonder scheikunde?

Een eventueel beter conceptueel begrip zou het gevolg kunnen zijn van de wijze waarop leerlingen de concepten interpreteren: leerlingen die de concepten met een biologische en een scheikundige interpretatie benaderen, hebben beter opgebouwde en bijgeschaafde concepten. Zij volgen interdisciplinair onderwijs, waardoor de materie betekenisvoller, relevanter en motiverender wordt (Gilbert, 2006). Om deze redenering te toetsen moet eerst de vraag beantwoord worden of biologieleerlingen met scheikunde inderdaad een andere interpretatie (in dit onderzoek ook wel 'conceptuele duiding' genoemd) hebben van de biochemische concepten dan biologieleerlingen zonder scheikunde. Zoals vermeld kent de verwachting een constructivistisch karakter: leerlingen die beide vakken volgen vormen een completer beeld van biochemische concepten, met zowel een biologische als een scheikundige duiding. Leerlingen zonder scheikunde zullen echter

een voorkeur hebben voor de biologische duiding. Deze biologische en scheikundige duiding van bepaalde concepten zal gemeten worden door biologieleerlingen zowel een scheikundige als een biologische benadering van een biochemisch concept aan te bieden. Hierin zal de scheikundige benadering fundamenteeler van aard zijn, veelal vanuit moleculair oogpunt (bijvoorbeeld "Een vet is een molecuul dat bestaat uit glycerol, met daaraan 3 vetzuurstaarten."), terwijl de biologische benadering vooral vanuit organismaal of cellulair oogpunt is (bijvoorbeeld "Een vet is een brandstof die voor langere tijd onderhuids kan worden opgeslagen."). Hoewel beide benaderingen correct zijn, zal de leerlingen vervolgens gevraagd worden een geschaalde voorkeur aan te geven. De totale voorkeur voor de biologische benaderingen ten opzichte van de scheikundige geeft een maat voor de biologische dan wel scheikundige duiding van leerlingen (de conceptuele duiding). Hieruit volgt de tweede deelvraag van het onderzoek.

Onderzoeksdeelvraag 2: Hebben biologieleerlingen met scheikunde een sterkere scheikundige duiding van biochemische concepten dan biologieleerlingen zonder scheikunde?

Door het onderscheid te maken tussen conceptueel begrip (weten wat het concept betekent) en conceptuele duiding (de mate van biologische dan wel scheikundige benadering van het concept) kan ook onderzocht worden of er een correlatie bestaat tussen deze twee variabelen. Zoals vermeld, valt te verwachten dat leerlingen met zowel een biologische als scheikundige benadering een breder (completer) begrip hebben van biochemische concepten. Dit zou ook betekenen dat er een negatief verband bestaat tussen conceptueel begrip en biologische conceptuele duiding: leerlingen die vooral een voorkeur hebben voor de

biologische benadering, begrijpen de biochemische concepten minder goed. Samenvattend vormt dit de derde deelvraag van het onderzoek.

Onderzoeksdeelvraag 3: Is er een verband tussen de duiding van biochemische concepten en het begrip ervan?

Uiteindelijk is het voor leerlingen vooral belangrijk of een beter conceptueel begrip ook leidt tot een hoger cijfer voor het schoolvak. In dit onderzoek wordt namelijk uitgegaan van biochemische concepten als belangrijk onderdeel van het biologiecursus (zie appendix 1). Hieruit volgt de aanname dat een beter conceptueel begrip van biochemische concepten zich zal vertalen in een hoger rapportcijfer (voortschrijdend gemiddelde) voor biologie. Dit is dan ook de verwachting op de vierde deelvraag van het onderzoek.

Onderzoeksdeelvraag 4: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor biologie en het conceptuele begrip van biochemische concepten?

Aangezien deze biochemische concepten ook een substantieel onderdeel van het scheikundecurriculum beslaan, zal een beter conceptueel begrip van biochemische concepten ook bij scheikunde een positief effect hebben. Verwacht wordt dus dat ook het rapportcijfer (voortschrijdend gemiddelde) voor scheikunde hoger is bij leerlingen met een beter conceptueel begrip van biochemische concepten. De vijfde en laatste deelvraag van het onderzoek luidt dan ook als volgt.

Onderzoeksdeelvraag 5: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor scheikunde en het conceptuele begrip van biochemische concepten?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden, hebben bovenbouwleerlingen biologie (met en zonder scheikunde) van verschillende middelbare scholen een vragenlijst ingevuld. Deze openbare middelbare scholen in centraal Nederland waren middelgroot (600-1600 leerlingen) en hadden geen bijzonderheden met betrekking tot het onderwijs in de exacte vakken. Deze vragenlijst is geconstrueerd om de verschillende variabelen te meten: a) conceptueel begrip, b) conceptuele duiding, c) huidig rapportcijfer voor biologie en d) huidig rapportcijfer voor scheikunde. Aanvullend zijn in deze vragenlijst enkele vragen opgenomen ten aanzien van de natuurwetenschappelijke interesse en motivatie (de mate van interesse in en bereidheid tot bestuderen van de natuurwetenschappelijke vakken biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde) en de betrokkenheid vanuit de thuissituatie (in welke mate leerlingen thuis worden betrokken bij gesprekken over natuurwetenschappelijke onderwerpen). De reden hiervoor is dat de keuze voor een natuurwetenschappelijk profiel (en daarmee de keuze voor scheikunde) ook kan samenhangen met natuurwetenschappelijke interesse en motivatie (Robertson, 2000). Een beter conceptueel begrip zou dus ook beïnvloed kunnen worden door natuurwetenschappelijke interesse op zich. Toch heeft onderzoek ook uitgewezen dat het effect van vakinhoudelijke interesse op de leerprestatie marginaal kan zijn (Köller et al., 2001), waardoor de vraag blijft in hoeverre interesse, motivatie en betrokkenheid samenhangen met conceptueel begrip van biochemische concepten.

Materiaal en methoden

Respondenten

Aan het onderzoek hebben 100 leerlingen deelgenomen, verdeeld over drie middelbare scholen. Het betrof middelgrote (600-1600 leerlingen) openbare scholen, zonder bijzonderheden ten aanzien van het onderwijs in de exacte vakken. Deze scholen stonden in centraal Nederland en waren gekozen op basis van persoonlijk contact dat al met de school bestond. Hiermee vormden de leerlingen van de drie scholen tezamen naar ons idee een representatieve afspiegeling van bovenbouwleerlingen op Nederlandse middelbare scholen. Dit wordt versterkt door het feit dat in de drie scholen, leerlingen uit verschillende klassen hebben deelgenomen aan het onderzoek. Op een van de scholen was dit uitsluitend VWO 5, op een school uitsluitend HAVO 5 en op de derde school waren dit leerlingen uit zowel HAVO 5 als VWO 5 en 6. In tabel 2 is een overzicht gegeven van alle 100 leerlingen die hebben deelgenomen aan het onderzoek, met daarin aangegeven het geslacht, de klas en of zij naast biologie ook scheikunde in hun vakkenpakket hadden.

Vak		HAVO 5	VWO 5	VWO 6	Totaal
Biologie	♀	7	4	0	11
	♂	2	0	0	2
Biologie & scheikunde	♀	6	36	3	45
	♂	9	27	6	42
Totaal		24	67	9	100

Tabel 2: Overzicht van de achtergrond van de respondenten.

Instrumenten – Vragenlijst (variabelen)

Vanuit de vijf deelvragen van het onderzoek is het nodig om enkele variabelen te meten; dit is gedaan middels een vragenlijst. Deze vragenlijst is door de onderzoekers geconstrueerd en bevat verschillende onderdelen om de verschillende variabelen te meten. Zo beschrijft de eerste deelvraag het *conceptuele begrip* (hoe goed leerlingen een bepaald biochemisch concept begrijpen). Om dit te meten zijn in de vragenlijst zes meerkeuzevragen opgenomen, die allen verschillende biochemische kennis vereisen en deel uitmaken van zowel het HAVO- en VWO-curriculum van biologie als van scheikunde (zie ook appendix 1 voor deze interdisciplinaire domeinen). Bij deze meerkeuzevragen waren steeds 4 mogelijke antwoorden gegeven, waarvan één juiste. Per leerling werd uiteindelijk gescoord hoeveel juiste antwoorden er gegeven waren; dit totaal werd als score voor *conceptueel begrip* gebruikt. Op deze manier konden leerlingen voor dit onderdeel een minimale score van 0 en een maximale score van 6 halen (voor respectievelijk een slecht en goed begrip van biochemische concepten).

In de tweede deelvraag wordt gesproken over de *conceptuele duiding* voor biologie dan wel scheikunde. Om deze variabele te meten, is in de vragenlijst een tiental opgaven opgenomen. Per opgave werd leerlingen gevraagd om 7 punten te verdelen over twee beschrijvingen van hetzelfde biochemische concept. Deze beschrijvingen waren zo geformuleerd, dat steeds één van de beschrijvingen een biologische invalshoek weergaf (vanuit organisme of cel benaderd) en de andere een scheikundige (vanuit moleculen benaderd). Beide waren steeds juiste beschrijvingen en gaven een benadering die vanuit het HAVO- en VWO-curriculum (voor biologie en scheikunde) als bekend verondersteld mocht worden. Leerlingen

moesten de 7 punten op zo'n manier verdelen, dat de meeste punten gingen naar de beschrijving die zij het meest van toepassing vonden. Zij konden hierbij elke combinatie van punten toekennen, zolang deze samen op 7 uitkwamen en op voorwaarde dat zij hiervoor gehele getallen gebruikten. Hierdoor waren zij gedwongen om een voorkeur uit te spreken voor één van beide beschrijvingen. Elke opgave besloeg een ander biochemisch concept dat interdisciplinair was tussen biologie en scheikunde (zie appendix 1 voor een overzicht van de domeinen waar deze concepten deel van uitmaken). Per vragenlijst werd het aantal punten voor de tien biologische beschrijvingen opgeteld; deze score werd *biologische conceptuele duiding* genoemd. Op soortgelijke wijze is ook de score voor de *scheikundige conceptuele duiding* berekend (het totaal van de punten toegekend aan de tien scheikundige beschrijvingen). Op deze manier konden leerlingen voor de *biologische conceptuele duiding* minimaal een score van 0 halen, hetgeen correspondeert met de maximale score van 70 voor de *scheikundige conceptuele duiding*; dit houdt in dat de leerling een volledig scheikundige duiding heeft van de door ons aangeboden biochemische concepten. Vice versa correspondeert de maximale score van 70 voor *biologische conceptuele duiding* met de minimale score van 0 voor *scheikundige conceptuele duiding*, hetgeen neerkomt op een volledig biologische duiding van de door ons aangeboden biochemische concepten.

In de derde deelvraag wordt een mogelijk verband onderzocht tussen *conceptueel begrip* en *conceptuele duiding*; de scores voor deze twee variabelen volgen uit de onderdelen van de vragenlijst die ook voor deelvraag 1 en 2 worden gebruikt.

In de vierde en vijfde deelvraag is het *rapportcijfer* (het voortschrijdend gemiddelde)

voor biologie en scheikunde als variabele gekozen om een eventueel verband te onderzoeken met het *conceptuele begrip*. Dit representeert op een schaal van 1 tot 10, op één decimaal nauwkeurig, het gewogen gemiddelde van alle cijfers die dat schooljaar door de leerling gehaald zijn voor biologie dan wel scheikunde. Indien dit voortschrijdend gemiddelde niet bij de leerling bekend was, werd gevraagd een schatting ervan te geven en dit op een halve punt af te ronden. Om bij deelvraag 1 en 2 het onderscheid tussen biologieleerlingen met en zonder scheikunde te kunnen maken, werd het invullen van een rapportcijfer voor scheikunde tevens gebruikt om te bepalen in welke conditie de leerling zat: met scheikunde (indien een rapportcijfer voor scheikunde ingevuld was) of zonder scheikunde (indien geen rapportcijfer voor scheikunde ingevuld was).

Naast de voor de deelvragen opgestelde variabelen, bevatte de vragenlijst enkele vragen aangaande natuurwetenschappelijke en vakinhoudelijke interesse en motivatie, alsmede betrokkenheid bij natuurwetenschap in de thuissituatie. Als indicatoren voor natuurwetenschappelijke interesse werd leerlingen gevraagd op een 7-punts Likert-schaal aan te geven hoe vaak zij vonden dat zij zelf (a) iets natuurwetenschappelijks lazen en (b) een natuurwetenschappelijk programma bekeken. Voor beide vragen gold dat een score van 1 correspondeerde met 'nooit' en een score van 7 met 'heel vaak'. Als indicatoren voor de betrokkenheid bij natuurwetenschap in de thuissituatie werd leerlingen eerst gevraagd hoeveel gezinsleden actief waren in de natuurwetenschap (door hobby, studie, beroep of interesse), waarbij de keuzemogelijkheden bestonden uit '0', '1', en '2 of meer'. Vervolgens werd leerlingen gevraagd op een 7-punts Likert-schaal aan te geven in welke mate zij zich hier thuis betrokken bij voelden. Hierbij

correspondeerde de score 1 met 'nooit' en de score 7 met 'heel vaak', maar werd ook '0' als keuzemogelijkheid aangeboden, indien geen gezinslid actief was in de natuurwetenschap. Tot slot werden enkele vragen voorgelegd als indicatoren voor vakinhoudelijke motivatie en interesse; allen voor de vakken biologie, scheikunde, natuurkunde en wiskunde B. Hierbij werd leerlingen gevraagd op een 7-punts Likert-schaal aan te geven (a) hoe interessant zij het vak vonden, (b) hoe leuk zij de lessen van dit vak vonden, (c) hoe leuk zij het vonden om buiten schooltijd met het vak bezig te zijn en (d) in hoeverre zij van plan waren later iets met het vak te gaan doen. Bij deze vragen correspondeerde de score 1 met 'helemaal niet' en de score 7 met 'zeer veel'. Tot slot bevatte de vragenlijst ook drie vragen waarbij leerlingen hun geslacht, hun onderwijsniveau (VWO / HAVO) en hun leerjaar (5 of 6) moesten aangeven.

Instrumenten – Vragenlijst (pilotstudie)

Voor het testen van de vragenlijst (op duidelijkheid en moeilijkheid) werd eerst een pilotversie opgesteld, die aan zes leerlingen uit VWO 5 van één van de scholen werd voorgelegd (leerlingen die niet deel hebben genomen aan het uiteindelijke onderzoek). Twee leerlingen hebben uiteindelijk de vragenlijst ingevuld en kritisch bekeken op begrijpelijkheid, om vervolgens in gesprek feedback te leveren. Deze feedback resulteerde in het schrappen van twee vragen, op basis van overbodigheid en onduidelijkheid. De volledige vragenlijst zoals die uiteindelijk door de leerlingen in dit onderzoek is ingevuld, is als bijlage bijgevoegd in appendix 2.

Instrumenten – Vragenlijst (betrouwbaarheid)

De vragenlijst is door ons ontworpen voor leerlingen uit HAVO 5 en VWO 5 en 6; de reden hiervoor is dat leerlingen in de loop van

het vierde leerjaar van het HAVO en VWO de biochemische concepten aangeleerd krijgen die beschreven worden in de vragenlijst. Omdat deze volgorde per school en klas verschilt, zou het daarom kunnen zijn dat leerlingen uit het vierde leerjaar deze concepten nog onvoldoende beheersen op het moment van afname. Er zou op die manier een te grote spreiding zijn in de resultaten, resulterend in kleinere betrouwbaarheid. Hierom werd besloten de vragenlijst niet voor te leggen aan leerlingen uit het vierde leerjaar.

Omdat de vragenlijst voor dit onderzoek geconstrueerd is, is er geen bekende betrouwbaarheid vooraf. Wel zijn enkele factoren aangaande de betrouwbaarheid en validiteit af te leiden uit de resultaten. Zo geven de Cronbachs alfa's van 0,49 en 0,12 voor respectievelijk de variabelen *conceptuele duiding* en *conceptueel begrip* aan dat met de verschillende vragen niet hetzelfde gemeten is. Ondanks dat er weinig over de validiteit gezegd kan worden, is dus wel zeker dat duiding en begrip van verschillende biochemische concepten gemeten is, met weinig vakinhoudelijke overlap (zoals ook de bedoeling was). Doordat *conceptueel begrip* uiteindelijk wel significant correleerde met de *rapportcijfers* voor scheikunde, en nog meer met die van biologie, wordt wel uitgegaan van een zekere validiteit. Het totaal van de begripvragen gaf dus in ieder geval een afspiegeling van de beheersing van de vakken biologie en scheikunde (zie ook tabel 4 voor deze resultaten).

Procedure

Op elke school is de vragenlijst afgenomen bij alle beschikbare bovenbouwklassen met biologie, die ook leerlingen bevatten met biologie, maar zonder scheikunde in het vakkenpakket. De vragenlijsten werden tijdens de biologielees afgenomen, zodat louter

leerlingen met biologie deelnamen. Bij het afnemen was steeds een van de onderzoekers aanwezig, om ervoor te zorgen dat de vragenlijsten volledig en nauwkeurig werden ingevuld. Uiteindelijk werden dan ook alle 100 vragenlijsten volledig ingevuld geretourneerd (zie tabel 2 voor een overzicht van de achtergrond van de leerlingen). Het invullen van de vragenlijsten kostte leerlingen niet langer dan 30 minuten.

Statistische analyse

Vragenlijsten werden na invullen verzameld en de data werden ingevoerd in het statistisch verwerkingsprogramma SPSS. In dit programma zijn voor elke deelvraag statistische analyses uitgevoerd. Om in deelvraag 1 te testen of biologieleerlingen met en zonder scheikunde significant verschillen in hun scores voor *conceptueel begrip*, is een eenzijdige t-test uitgevoerd. Om de samenhang van de zes vragen voor *conceptueel begrip* te toetsen, is in een betrouwbaarheidsanalyse de Cronbachs alfa berekend. Op basis hiervan was er geen reden om een vraag uit te sluiten van verdere analyse. Ook voor deelvraag 2 is een eenzijdige t-test uitgevoerd, om te testen of biologieleerlingen met en zonder scheikunde significant verschillen in hun *conceptuele duiding*. Hiervoor zijn de scores voor biologische *conceptuele duiding* gebruikt (het totaal van alle scores voor de biologische benadering van de biochemische concepten). Ook om de samenhang van de tien vragen voor *conceptuele duiding* te toetsen, is in een betrouwbaarheidsanalyse de Cronbachs alfa berekend.

Om voor deelvraag 3 te onderzoeken of er een verband is tussen de scores van *conceptueel begrip* en *conceptuele duiding*, is een Pearson correlatie uitgevoerd. Ook voor het onderzoeken van het eventuele verband tussen *conceptueel begrip* en het *rapportcijfer*

voor biologie (in deelvraag 4) en scheikunde (in deelvraag 5), is een Pearson correlatie uitgevoerd, net als voor het onderzoeken van het eventuele verband tussen *rapportcijfers* voor biologie en scheikunde. De reden voor de Pearson correlaties in deelvragen 3, 4 en 5, is dat de scores voor alle gebruikte variabelen op intervalniveau continu verdeeld zijn.

Aanvullend zijn tussen de verschillende variabelen eventuele correlaties onderzocht door middel van Pearson correlaties. Dit betreft het lezen van natuurwetenschappelijke literatuur, het kijken naar natuurwetenschappelijke programma's, het aantal leden van het gezin met een natuurwetenschappelijke interesse en de betrokkenheid bij natuurwetenschappelijke discussies thuis, alsmede de vier variabelen *conceptueel begrip*, *conceptuele duiding* en *rapportcijfers* voor biologie en scheikunde.

Om te controleren of er verschillen zijn in *conceptueel begrip* of *conceptuele duiding* tussen de drie verschillende scholen, is een ANOVA uitgevoerd. Hieruit bleek dat er geen significant verschil tussen de scholen was, zodat in de statistische analyses geen uitsplitsing per school benodigd was en alle gegevens samengevoegd gebruikt konden worden. Ook tussen leerlingen van verschillende leerjaren (5 en 6), leerniveaus (HAVO en VWO) en sekse werd onderzocht of er een significant verschil aanwezig was in *conceptueel begrip* of *conceptuele duiding*. Dit werd gedaan door middel van eenzijdige t-tests.

Resultaten

Onderzoeksvraag 1: Hebben leerlingen die zowel scheikunde als biologie volgen een beter begrip van biochemische concepten dan leerlingen die alleen biologie volgen?

Het begrip van biochemische concepten was significant verschillend tussen leerlingen met scheikunde en leerlingen zonder scheikunde ($p = 0,025$, zie ook tabel 3). De leerlingen met scheikunde (gem. = 2,7) hadden hierbij gemiddeld een hogere score dan de leerlingen zonder scheikunde (gem. = 1,9). Deze leerlingen hadden een beter begrip van de biochemische concepten.

Variabele	Conceptueel begrip	Conceptuele duiding (biologisch)
School	n.s.	n.s.
Leerjaar	n.s.	$t = 2,33, p = 0,022$
Leerniveau	n.s.	n.s.
Geslacht	n.s.	$t = -2,54, p = 0,013$
Wel / Geen scheikunde	$t = -1,98, p = 0,025$	n.s.

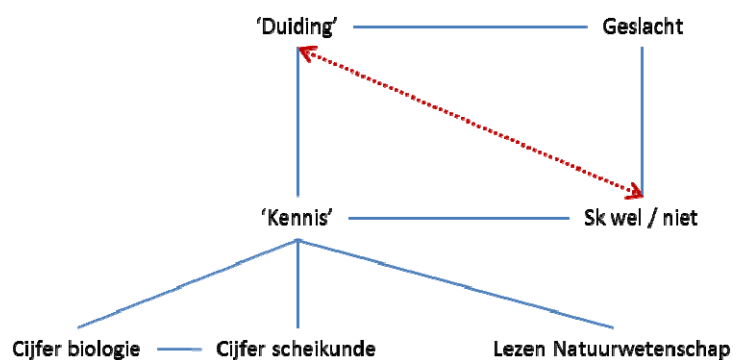
Tabel 3: Resultaten validatie gegevens dataset. Voor methodiek zie 'Validatie vragenlijst en gegevens'. (n.s. = niet significant ($p > 0,05$)).

Onderzoeksvraag 2: Hebben leerlingen die zowel scheikunde als biologie volgen een sterkere scheikundige duiding van biochemische concepten?

Er kon geen significant verschil worden gevonden in de conceptuele duiding (benadering) van de leerlingen met en zonder scheikunde. Wel is er een indicatie dat dit verschil kan bestaan ($p = 0,059$). Leerlingen met scheikunde hadden hierbij een voorkeur voor een meer scheikundige benadering van de concepten. Dit kwam terug in de gemiddelde scores voor de biologische conceptuele duiding: op een schaal van 0 t/m 70 hadden biologieleerlingen zonder scheikunde een score van 23,5, terwijl biologieleerlingen met scheikunde een gemiddelde score hadden van 26,2.

Onderzoeksvraag 3: Is er een verband tussen de duiding van biochemische concepten en het begrip ervan?

Het verband tussen de duiding van de biochemische concepten en het begrip van deze concepten bij leerlingen is bepaald met een algemene correlatie (zie figuur 1). Bij deze correlatie kwam een significant verband naar voren tussen de conceptuele duiding en begrip. Hieruit volgt dat leerlingen met een beter begrip van deze concepten benaderen deze concepten op een meer scheikundige manier (zie ook tabel 4).



Figuur 1: Overzicht van de gevonden significante correlaties (blauwe lijnen, $p < 0,05$) tussen de verschillende variabelen. De rode gestippelde pijl geeft de correlatie aan tussen de 'Duiding' van de leerling en het wel of niet volgen van scheikunde door de leerling. 'Kennis' wordt in de tekst aangegeven met 'conceptueel begrip'.

Onderzoeksvraag 4: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor biologie en het conceptuele begrip van biochemische concepten?

In de analyse van de gegevens is er een significant verband gevonden tussen het conceptuele begrip van de leerlingen en hun huidige rapportcijfer voor biologie (zie tabel 4). Dit verband is positief, wat betekent dat leerlingen met een hoger cijfer voor biologie meer punten hebben gehaald bij de begripsvragen in de vragenlijst (zie ook figuur 1).

		Conceptueel begrip	Conceptuele duiding
Conceptueel begrip	Pearson correlatie	X	-,322
	Sign. (2-zijdig)		,001
	N		98
Rapportcijfer scheikunde	Pearson correlatie	,236	-,026
	Sign. (2-zijdig)	,029	,812
	N	85	87
Rapportcijfer biologie	Pearson correlatie	,310	-,076
	Sign. (2-zijdig)	,002	,454
	N	98	100
Lezen natuurwetenschappelijke literatuur	Pearson correlatie	,313	-,250
	Sign. (2-zijdig)	,002	,012
	N	98	100

Tabel 4: Overzicht van significante correlaties voor conceptuele 'Duiding' en conceptuele 'Kennis'. Schuingedrukte onderdelen geven niet-significante verbanden aan; dikgedrukte onderdelen geven de significanties van $p < 0,05$.

Onderzoeksvraag 5: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor scheikunde en het conceptuele begrip van biochemische concepten

In deze analyse zijn alleen leerlingen meegenomen met scheikunde als vak ($n = 87$). Bij deze leerlingen is een significant verband gevonden tussen het rapportcijfer voor scheikunde en het aantal punten dat de leerlingen hebben gehaald voor het conceptueel begrip (zie ook tabel 4 en figuur 1).

De rapportcijfers van biologie en scheikunde zijn in de aanvullende analyse ook vergeleken. In deze analyse is een significant verband gevonden tussen de rapportcijfers van de leerlingen voor biologie en scheikunde. Leerlingen een hoger rapportcijfer hebben voor scheikunde hebben, hebben ook een hoger rapportcijfer voor biologie (zie figuur 1).

Overige verbanden

In figuur 1 zijn alle gevonden significante verbanden weergegeven. Een aantal van deze verbanden is hierboven al besproken. Puntsgewijs volgt een overzicht van de andere verbanden die zijn gevonden.

- Leerlingen die veel natuurwetenschappelijke literatuur lezen, gaven aan ook veel natuurwetenschappelijke programma's te volgen ($r_s = 0,46$, $p < 0,001$);
- Leerlingen die thuis veel betrokken werden bij natuurwetenschappelijke onderwerpen, gaven ook vaker aan natuurwetenschappelijke literatuur te lezen ($r_s = 0,29$, $p = 0,002$);
- Er was een significant verband tussen de cijfers voor biologie en scheikunde bij de leerlingen ($r_s = 0,30$, $p = 0,002$);
- Een duidelijk significant verband bestond tussen de hoeveelheid betrokkenheid bij natuurwetenschappelijke onderwerpen bij de leerlingen thuis en het cijfer voor biologie ($r_s = 0,21$, $p = 0,02$);

- Leerlingen waarvan gezinsleden in natuurwetenschappelijke beroepen actief waren, gaven meer aan betrokken te worden bij natuurwetenschappelijke onderwerpen ($r_s = 0,751$, $p < 0,001$).

Conclusie en discussie

Onderzoeksvraag 1: Hebben leerlingen die zowel scheikunde als biologie volgen een beter begrip van biochemische concepten dan leerlingen die alleen biologie volgen?

De begripsvragen uit de vragenlijst zijn door leerlingen met scheikunde beter beantwoord dan door leerlingen zonder scheikunde. In de analyse van de vragenlijst kwam naar voren dat de begripsvragen een goede vertegenwoordiging zijn van de biochemische concepten binnen het biologieonderwijs. Gezien deze vragen op het biochemisch vlak kan worden geconcludeerd dat deze leerlingen een beter begrip hebben van deze biochemische concepten. Dit past bij de verwachting dat leerlingen die interdisciplinair onderwijs krijgen beter presteren (Gilbert, 2006).

Biochemische concepten liggen zowel in de biologie als in de scheikunde. Het kan daarom gezegd worden dat het volgen van scheikunde een oorzakelijk verband heeft met de prestaties van de leerlingen bij de gestelde vragen. Leerlingen die scheikunde volgen doen dit meestal als onderdeel van een breder exact profiel (zie tabel 1). Het vakinhoudelijke begrip van scheikunde zou hierdoor kunnen worden gezien als een samenvatting van een breder verschil tussen de groepen leerlingen. Dit zou moeten worden vastgesteld met verder onderzoek.

Onderzoeksvraag 2: Hebben leerlingen die zowel scheikunde als biologie volgen een sterkere scheikundige duiding van biochemische concepten?

Leerlingen met scheikunde hebben in de vragenlijst geen significant verschil laten zien in hun conceptuele duiding (benadering). Er valt daarom niet met zekerheid vast te stellen dat leerlingen met scheikunde een andere benadering hebben van biochemische concepten dan leerlingen die scheikunde niet volgen. De resultaten geven in de statistiek wel een indicatie dat dit verschil aantoonbaar kan zijn ($p = 0.059$). Bij deze indicatie hebben leerlingen met scheikunde een meer scheikundige benadering van biochemische concepten dan leerlingen zonder scheikunde.

Aan ons onderzoek hebben uiteindelijk 13 leerlingen deelgenomen die geen scheikunde in hun pakket hadden. Statistisch gezien is dit een kleine groep. Het is daarom te verwachten dat een grotere groep leerlingen zonder scheikunde in onze resultaten zou leiden tot een groter verschil tussen de twee groepen. Het bij dit onderzoek niet aantoonbare verschil zou hierdoor significant worden. Een herhaling met een grotere groep leerlingen zou uitsluiting geven of de gevonden indicatie klopt.

Onderzoeksvraag 3: Is er een verband tussen de duiding van biochemische concepten en het begrip ervan?

Het begrip van biochemie bij leerlingen houdt een verband met de duiding die leerlingen geven aan biochemische concepten. Hierbij hebben leerlingen met een meer scheikundige benadering van deze concepten een beter begrip van deze concepten. Dit is een bevestiging van de hypothese die voor het onderzoek is gesteld. De scheikundige benadering van biochemische concepten heeft een meer fundamentele inslag dan de

biologische (zie inleiding). Deze benadering zorgt dus voor een beter begrip bij de leerlingen.

Onderzoeksvraag 4: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor biologie en het conceptuele begrip van biochemische concepten?

Er is een verband tussen de het huidige rapportcijfer van de leerlingen en hun conceptuele begrip. Leerlingen die beter scoorden op de biochemische begripsvragen hadden een hoger rapportcijfer. Het begrip van de leerlingen is vastgesteld aan de hand van de vragen, terwijl het huidige rapportcijfer een inschatting is van de stof waar de leerlingen op getoetst zijn. Biochemische concepten komen regelmatig terug in de getoetste stof op school. De verwachting was hierdoor dat leerlingen met een beter rapportcijfer ook een beter begrip van de concepten zou laten zien. Gezien de uitkomst van het onderzoek wordt hier aan voldaan.

Andersom kan ook worden gesteld dat de begripsvragen die zijn gebruikt in de vragenlijst goed passen (relevant zijn) bij de stof die op school wordt behandeld. De uitkomst van de analyse ondersteunt daarom dat de vragenlijst juist toets op het conceptuele begrip van de leerling. Wat daarbij als kanttekening moet worden geplaatst is dat de leerlingen hun huidige rapportcijfer slechts hadden gebaseerd op een of twee tussencijfers (een toets).

Biochemische concepten zijn van belang, maar komen niet in elk thema terug (bijv. 'Ordering') en niet alle leerlingen hebben hetzelfde thema gehad tijdens de eerste periode. De cijfers van de leerlingen zijn dus zeer variërend gebaseerd op de toetsing van biochemische concepten. Het is dus bijzonder dat er een duidelijk verband wordt gevonden tussen deze factoren in deze periode van het

jaar. Dit valt niet toe te schrijven aan puur toeval. Vaststellen was hierin wel het oorzakelijke verband is, zal in vervolgonderzoek moeten gebeuren. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de rol van biochemische concepten universeel nuttig is voor het volgen van biologie.

Onderzoeksvraag 5: Is er een verband tussen de rapportcijfers van leerlingen voor scheikunde en het conceptuele begrip van biochemische concepten

Zoals eerder vermeld zijn biochemische concepten een combinatie van biologie en scheikunde. Een verband tussen het huidige rapportcijfer voor scheikunde en de score van de leerlingen op de begripsvragen werd daarom ook verwacht. In de analyse kwam dit verband ook naar voren. Net als bij het cijfer dat de leerlingen halen voor biologie, is het cijfer voor scheikunde van belang voor het begrip van de leerlingen op het gebied van de biochemie.

In de statistische analyse kwam ook naar voren dat er een verband is tussen de cijfers van de leerlingen voor zowel scheikunde als biologie. Dit verband geeft aan dat leerlingen die goed scoren dit zowel voor biologie als scheikunde doen. Dit valt binnen de verwachting en geeft aan dat leerlingen die goed scoren op school (voor biologie en scheikunde) dit ook doen bij de begripsvragen.

Algemene discussie

Het gebruik van de vragenlijst heeft bijgedragen aan duidelijke gegevens voor het onderzoek. Door de toepassing van de 7-punts Likert-schaal, is het mogelijk geweest veel met gemiddeldes te werken. Hierdoor konden er robuustere statistische testen worden gebruikt bij de analyse. Het is jammer dat het niet altijd mogelijk is om oorzakelijke verbanden direct te leggen, maar de vragenlijst geeft hier wel inzicht in. Het

overzicht van deze verbanden is het grote voordeel geweest van het invoegen van een aantal persoonlijke gegevens van de leerling. De vragenlijst was ondanks de hoeveelheid vragen snel te maken door leerlingen, zonder dat zij hierbij veel problemen ervoeren.

Scheikunde heeft een belangrijke positie binnen het biologisch onderwijs. Met de toenemende hoeveelheid biochemie is het belangrijk dat leerlingen goed kunnen omgaan met scheikundige concepten. Leerlingen met biologie, maar zonder scheikunde, zijn hierdoor in het nadeel. Hoewel biologie ook niet-scheikundige onderwerpen heeft, kan dit een langdurig nadelig effect hebben op de prestaties van de leerling bij biologie.

Het geven van duidelijke scheikundige instructie aan de leerlingen is van belang. Het conceptuele begrip van leerlingen is beter wanneer scheikunde volgen. Hierbij komen ze meer in aanraking met fundamentele scheikundige concepten. Het bijspijkeren (van Erp, 1981; Crowe & Bradshaw, 2010) van leerlingen zonder scheikunde met behulp van extra onderwijsmateriaal strekt daarom tot de aanbeveling. Dit zou wellicht op efficiënte wijze in een interdisciplinair milieu kunnen plaatsvinden, waarin meerdere vaksecties samenwerken (ten Brink et al., 2010). Hoe dan ook leidt dit onderzoek uiteindelijk tot het advies voor biologiedocenten om naast de biologische ook de scheikundige invalshoek van hun vakgebied te belichten, om zo beter bij te dragen aan begrip en duiding van vakoverstijgende biochemische concepten.

Het eventuele voordeel van een samenwerking tussen docenten van verschillende vakken werd al eerder gepostuleerd door Ten Brink et al. (2010) en zou ook bij het onderwijzen van dergelijke interdisciplinaire concepten een meerwaarde kunnen vormen. Docenten zouden hiertoe bijvoorbeeld hun uitleg op elkaar af kunnen

stemmen, om leerlingen tegemoet te treden in een interdisciplinaire benadering, waardoor (biochemische) concepten beter begrepen worden.

Bronnen

CEVO (2009). Syllabus biologie vwo examen 2011. *Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht*.

Boersma, K. Th., van Graft, M., Hartevelde, A., de Hullu, E., van den Oever, L. & van der Zande, P.A.M. (2005). Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar. *CVBO, Utrecht*.

Boersma, K. Th., van Graft, M., Hartevelde, A., de Hullu, E., de Knecht-van Eekelen, A., Mazereeuw, M., van den Oever, L. & van der Zande, P.A.M. (2007). Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar; Uitwerking van de concept-contextbenadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs. *CVBO, Utrecht*.

Crowe, J. & Bradshaw, T. (2010). Chemistry for the biosciences: the essential concepts. *Oxford University Press, New York* ISBN 978-0-19-957087-4.

Gilbert, J. (2006). On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education* **28**: 957-976.

Gobert, J.D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B.C., Tal Levy, S. & Wilensky, U. (2010). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education* **33**: 653-684.

Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. (2001). Does interest matter? The relationship between academic interest and achievement

in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education* **32**: 448-470.

OECD (2010). What Students Know and Can Do. *OECD Programme for International Student Assessment*.

Robertson, I.J. (2000). Influences on choice of course made by university Year 1 bioscience students – a case study. *International Journal of Science Education* **22**: 1201-1218.

Schaal, S., Bogner, F.X. & Girwidz, R. (2010). Concept mapping assessment of media assisted learning in interdisciplinary science education. *Research in Science Education* **40**: 339-352.

Schwartz, M.S., Sadler, P.M. & Tai, R.H. (2008). Depth versus breadth: how content coverage in high school science courses relates to later success in college science coursework. *Science Education* **93**: 798-826.

ten Brink, C., Gieske, A., Pelzer, E. & Winkelman, B. (2010). Perceptie op samenwerking tussen de secties biologie en scheikunde in de bovenbouw van het vwo. *PGO-onderzoek IVLOS, Universiteit Utrecht*.

van Erp, A. (1981). *Chemie voor biologie*. Wolters-Noordhoff, Groningen ISBN 90-01-30621-7

Appendix 1 Interdisciplinaire domeinen

Domein	Beschrijving	Interdisciplinaire concepten
B	Structuren van ecosystemen en cellen	(a)biotische factoren; toleranties; omgevingsfactoren.
C	Overerving	DNA; RNA; producten van genexpressie
D1	Metabolisme: Energie	Fossiele brandstoffen; Assimilatie; Dissimilatie; Stikstofkringloop; Koolstofkringloop.
D3	Metabolisme: Menselijk metabolisme	Vertering; Membraaneiwitfunctie; Osmose en actief transport; Gebruik van scheikundige concepten: eiwitten, essentiële aminozuren, koolwaterstoffen, olie, vetten, essentiële vetzuren, verzadigde en onverzadigde vetzuren, zouten en vitaminen; Rol van zuurstof, koolstofdioxide en koolstofmonoxide in het menselijk lichaam.
D4	Metabolisme: Celprocessen	Aërobe assimilatie; Rol van ATP / ADP; Amino-zuren als bouwstenen van eiwitten.
D5	Metabolisme: Eiwitsynthese en biotechnologie	Structuur en functie van membraaneiwitten; Scheikundige structuur van DNA; Structuur en functie van enzymen.
E	Homeostase	Hormonale regulatie; Signaaloverdracht in zenuwen; Structuur en functie van membraaneiwitten voor immunologie; Osmose en actief transport.

Tabel 1-1: Een overzicht van de interdisciplinaire domeinen binnen het biologiecurriculum voor bovenbouw HAVO/VWO. Deze concepten vereisen scheikundige kennis van de leerling. Tabel samengesteld vanuit de landelijke eindtermen voor het examen biologie voor HAVO en VWO (CEVO, 2009).

Appendix 2 Vragenlijst

Beste leerling,

Bedankt dat je meedoet aan dit onderzoek! De onderzoekers proberen iets te weten te komen over het grensvlak tussen biologie en andere vakken, omdat over enkele jaren het biologie-onderwijs er waarschijnlijk heel anders uit komt te zien.

Allereerst krijg je een paar algemene vragen over schoolvakken en natuurwetenschap. Onder **natuurwetenschappelijk** verstaan we alles wat te maken heeft met de exacte vakken (biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde), of wat je hiermee kunt doen. Vervolgens krijg je een paar vragen waarbij je jouw idee over een biologisch onderwerp moet aangeven. De totale enquête zal zo'n 20 minuten kosten om in te vullen.

Succes en nogmaals bedankt.

Omcirkel bij de volgende vragen steeds het antwoord dat (het meest) op jou van toepassing is.

- | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----------|----|----|---|-----------|---|
| 1. In welke klas zit je? | 4H | 4V | 5H | 5V | 6V | | | |
| 2. Ben je een jongen of een meisje? | j | m | | | | | | |
| 3. Hoe vaak vind je zelf dat je iets natuurwetenschappelijks leest (bijvoorbeeld uit krant, tijdschrift of internet)? | nooit | | | | | | heel vaak | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 4. Hoe vaak vind je zelf dat je een natuurwetenschappelijk programma bekijkt op televisie of internet? | nooit | | | | | | heel vaak | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 5. Hoe veel mensen in jouw gezin interesseren zich voor een natuurwetenschappelijk vak (door hobby, beroep, studie of gewoon uit interesse)? | 0 | 1 | 2 of meer | | | | | |
| | nooit | | | | | | heel vaak | |
| 6. In welke mate wordt dit thuis besproken of word jij hierin betrokken? (<i>Vul alleen "0" in als je bij de vorige vraag "0" ingevuld hebt.</i>) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Vraag 7 t/m 11 gaan over de vakken die je hebt gekozen. Als je een vak niet volgt, hoef je daar bij deze vragen niets in te vullen.

		Bi	Na	Sk	WiB
7.	Geef een schatting van je huidige rapportcijfer (rond af op 0,5 punt).				
8.	Geef op een schaal van 1 t/m 7 aan hoe interessant je het vak vindt. (1 = niet interessant, 7 = zeer interessant)				
9.	Geef op een schaal van 1 t/m 7 aan hoe leuk je de lessen van dit vak vindt. (1 = niet leuk, 7 = heel leuk)				
10.	Geef op een schaal van 1 t/m 7 aan hoe leuk je het vindt om buiten schooltijd aan dit vak te werken. (1 = niet leuk, 7 = heel leuk)				
11.	Geef op een schaal van 1 t/m 7 aan of je van plan bent later iets met dit vak te gaan doen. (1 = absoluut niet, 7 = zeker weten wel)				

De volgende vragen gaan over begrippen binnen de biologie. Elk begrip wordt op twee verschillende manieren uitgelegd.

Verdeel in totaal 7 punten over de begrippen, voor de mate waarin jij ze van toepassing vindt. Je kunt dus combinaties van 0/7, 1/6, 2/5 en 3/4 punten toekennen, afhankelijk van de stelling die het best met jouw idee overeenkomt.

Vetten

12. - Vetten zijn organische moleculen die bestaan uit glycerol, met daaraan vetzuren.
- Vetten zijn stoffen uit ons voedsel, die ons lichaam gebruikt om energie op te slaan.

<input type="checkbox"/>	}	samen 7
<input type="checkbox"/>		

Verbranding

13. - Bij verbranding breekt je lichaam stoffen af, om daar zelf energie uit te halen.

- Verbranding is een chemisch proces, waarbij stoffen met zuurstof reageren.

Enzymen

14. - Enzymen kunnen in je spijsvertering helpen met het afbreken van voedsel.

- Enzymen verlagen de energie die nodig is om een omzetting uit te voeren.

Leven

15. - Leven is het gevolg van een zeer ingewikkeld samenspel van veel verschillende moleculen.

- Leven is het samenwerken van (onderdelen van) cellen voor het overleven van een organisme.

Eiwitten

16. - Eiwitten worden gemaakt aan de hand van een code die hiervoor op het DNA ligt.

- Eiwitten zijn aaneengeschakelde aminozuren met een zeer specifieke 3D-structuur.

17. - Als een eiwit een ander molecuul bindt, verandert de 3D-structuur: dit kan effect hebben op de cel.

- Eiwitten in het celmembraan kunnen informatie doorgeven van binnen naar buiten en andersom.

Abiotische factoren

18. - Voorbeelden van abiotische factoren zijn:
het gehalte zuurstof, CO₂, nitraat.

- Voorbeelden van abiotische factoren zijn:
temperatuur, licht, neerslag.

Energie

19. - Energie wordt gemaakt in mitochondriën,
bij de verbranding van koolwaterstoffen.

- Energie wordt vrijgemaakt door het
loskoppelen van de derde P-groep van ATP.

DNA

20. - De onderdelen van DNA zijn: fosfaten, suikers en
basen die met waterstofbruggen verbonden zijn.

- DNA ziet er in de celkern uit als een dubbele
wenteltrap met tussenschakels.

Maagzuur

21. - Het zoutzuur in de maag wordt geneutraliseerd in
de 12-vingerige darm door een base uit alvelessap.

- In de maag wordt maagzuur gemaakt om
bacteriën te doden en de vertering te bevorderen.

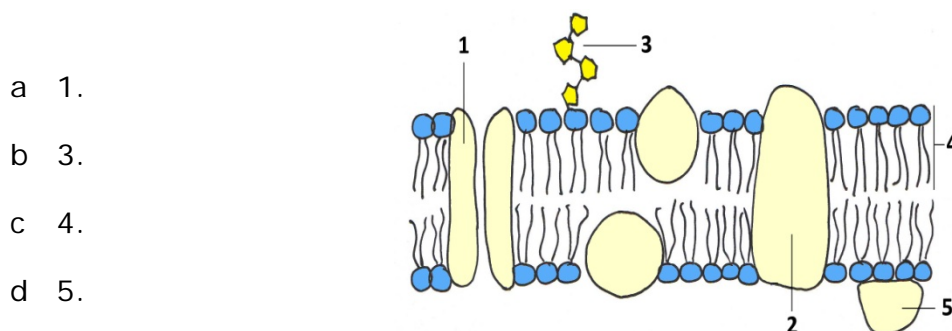
*Het laatste onderdeel bevat meerkeuzevragen, met steeds één goed antwoord.
Omcirkel dit antwoord. Als je een antwoord wilt verbeteren, zet dan een kruis
door je foute antwoord, zoals in het voorbeeld hieronder.*



b



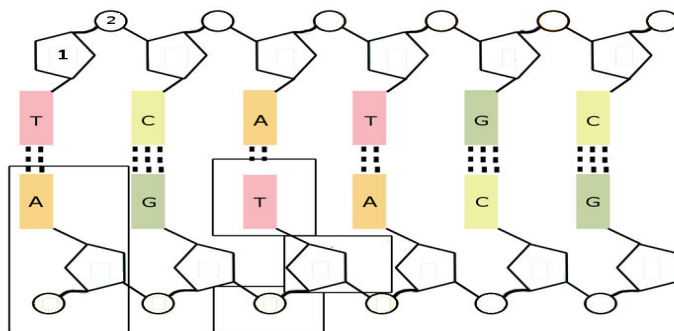
22. Welke uitspraak is waar, over de manier waarop O_2 de cel in gaat?
- Dit gaat via actief transport en kost energie. Het gaat van een hoge naar een lage concentratie.
 - Dit gaat via actief transport en kost energie. Het gaat van een lage naar een hoge concentratie.
 - Dit gaat via passief transport en kost geen energie. Het gaat van een hoge naar een lage concentratie.
 - Dit gaat via passief transport en kost geen energie. Het gaat van een lage naar een hoge concentratie.
23. Een normale plantencel wordt in een oplossing van 5% NaCl gelegd. Op een bepaald moment laat het celmembraan los van de celwand. Na enige tijd verandert de cel niet meer, er is een ruimte ontstaan tussen celwand en celmembraan.
Wat bevindt zich in deze ruimte?
- Een NaCl-oplossing met een lagere osmotische waarde dan die van 5%.
 - Zuiver water.
 - Lucht.
 - Een NaCl-oplossing van 5%.
24. Hieronder staat een celmembraan schematisch getekend.
Welk nummer geeft de plek aan waar glucose door het membraan kan worden getransporteerd?



25. Welke uitspraak over zuurstof in de mitochondriën is waar?
- Het doel van het zuurstofverbruik is de aanmaak van CO₂.
 - In de cel kan hierdoor ook fotosynthese plaatsvinden.
 - Met behulp van zuurstof maakt het mitochondrium eiwitten.
 - Met behulp van zuurstof wordt energie vastgelegd .
26. Een druppel menselijk bloed wordt verdund met eenzelfde hoeveelheid gedestilleerd water.
Wat gebeurt er dan met de rode bloedcellen?
- Ze veranderen niet.
 - Ze krijgen een grotere turgor.
 - Ze verschrompelen.
 - Ze zwellen op.

27. Wat geeft nummer 2 in onderstaande afbeelding aan?

- Deoxyribose.
- Nucleotide.
- Fosfaatgroep.
- Stikstofbase.



28. In welk rijtje staan de woorden in juiste volgorde van klein naar groot
- DNA-molecuul - thymine - nucleotide - chromosoom - gen
 - Gen - nucleotide - thymine - DNA-molecuul - chromosoom
 - Nucleotide - gen - DNA-molecuul - chromosoom - thymine
 - Thymine - nucleotide - gen - DNA-molecuul - chromosoom

29. Op welke cellen in het lichaam hebben hormonen een effect?
- a Alle cellen in het lichaam.
 - b De cellen die dicht bij de hormoonklier liggen.
 - c De cellen met een receptor voor het hormoon.
 - d De cellen uit de hormoonklier.
30. Als je een eiwit verhit boven een bepaalde temperatuur functioneert het niet meer.
Functioneert deze wel weer als het eiwit weer afkoelt?
Hoe is dat te verklaren?
- a Ja; de eiwitten vouwen automatisch weer in de goede 3D-structuur.
 - b Ja; de eiwitten worden gerepareerd.
 - c Nee; de eiwitten worden afgebroken bij een te hoge temperatuur.
 - d Nee; de eiwitten zijn onherstelbaar beschadigd.

-EINDE-