

# Diagnostische vragen gebruiken om misconcepten over de afweer zichtbaar te maken

## Samenvatting

Misconcepten zijn een hardnekkig probleem in het onderwijs die het opbouwen van nieuwe kennis in de weg kunnen staan. Het is dus belangrijk om misconcepten binnen de eigen klas te achterhalen. Een goede methode hiervoor is het gebruik van diagnostische vragen die misvattingen binnen de klas snel en effectief zichtbaar kunnen maken. Aangezien er nog niet voor alle onderwerpen binnen de biologie diagnostische vragen beschikbaar zijn, is het doel van dit onderzoek om goede diagnostische vragen te ontwerpen over het onderwerp afweer. Om dit doel te bereiken is er eerst onderzoek gedaan naar bekende misconcepten en leermoeilijkheden omtrent het onderwerp afweer door middel van literatuuronderzoek en door ervaringen uit de lespraktijk. Op basis van de uitkomsten hiervan zijn drie diagnostische vragen opgesteld die verschillende concepten van de afweer bevragen. De validiteit van deze vragen is vervolgens onderzocht door middel van een pilot onderzoek waarbij leerlingen moesten beredeneren wat volgens hen het juiste antwoord is. Op basis van de gegeven antwoorden is een analyse uitgevoerd om de validiteit van de vraag te achterhalen. Uit de resultaten blijkt dat het percentage leerlingen met het juiste antwoorden vrij hoog was. Hierdoor ontstaat twijfel of de ontworpen vragen wel bestaande misconcepten bevragen of niet. Verder onderzoek bijvoorbeeld door middel van hard op denken zou nodig zijn om te bevestigen of de concepten van de vragen misconcepten betreffen of niet.

## 1 Inleiding

De relatie tussen onderwijzen en wat er daadwerkelijk geleerd wordt in de klas is complex van aard. Doordat leren een individueel proces is dat beïnvloed wordt door verschillende factoren zoals motivatie van leerlingen, de instructie van de docent en door wat leerlingen al van te voren weten, is het lastig om de leeropbrengst te voorspellen en te generaliseren (William 2014). Het is daarom belangrijk dat een docent goed zicht heeft op het leerproces van de klas en de individuele leerling door tijdens de les te evalueren wat leerlingen leren.

### 1.1 Misconcepten

Kennis die leerlingen buiten de klas op doen lijkt een belangrijke rol te spelen in welke mate leerlingen binnen de klas in staat zijn om te leren (Schmidt et al 1988). In een poging om de wereld om hen heen te verklaren ontstaan bij leerlingen bepaalde denkbeelden die al dan niet overeenkomen met de realiteit (Beuker et al 2007). Als deze denkbeelden foutieve opvattingen bevatten dan noemen we deze misconcepten. Het ontstaan van deze misconcepten kent verschillende oorzaken. Zo kunnen leerlingen zelf verkeerde verklaringen ontwikkelen voor gebeurtenissen die zij meemaken (Schmidt et al 1988), maar ook foutieve informatievoorziening vanuit ouders, media of docenten spelen een rol in het ontstaan van misconcepten (Thompson & Logue 2006; Schmidt et al 2007; Duda et al 2021). Leerlingen nemen deze foutieve kennis mee de klas in als voorkennis, wat het leren kan bemoeilijken. Volgens de constructivisme theorie bouwt nieuwe kennis altijd door op bestaande kennis en kan leren alleen plaatsvinden als nieuwe informatie past binnen de bestaande cognitieve structuren (Schmidt et al 1988; Sewell-Smith 2004). Misconcepten kunnen dus verwarring veroorzaken doordat nieuwe leerstof niet past in het huidige denkbeeld van de leerling wat verdere kennisopbouw in de weg kan staan (Thompson & Logue 2006; Sewell-Smith 2004). Het is dus belangrijk als docent om bewust te zijn van het bestaan van misconcepten, deze op te sporen en aan te pakken.

### 1.2 Formatief handelen

Uit onderzoek is echter gebleken dat misconcepten erg lastig zijn om te ontdekken en te verhelpen. Dit heeft met name te maken met dat leerlingen zich vaak niet bewust zijn van de aanwezigheid van

misconcepten omdat ze sterk verbonden zijn met de cognitieve structuur (Ausubel 1968). Om foutieve denkpatronen in de klas op te sporen is het van belang om inzicht te hebben in het leerproces van leerlingen. Een methode die hiervoor gebruikt kan worden is het formatief handelen. De term formatief handelen werd voor het eerst gebruikt in een onderwijssetting door Benjamin Bloom (1969, p. 48) die het omschrijft als “an evaluation by brief tests used by teachers and students as aids in the learning process”. In tegenstelling tot summatieve toetsing focust formatief handelen zich dus op het inzicht krijgen in het leerproces en is bedoeld als hulpmiddel voor het leerproces terwijl summatieve toetsing gaat over het kwantitatief meten van de leeropbrengst. Een belangrijke toevoeging die later door Black en William (1998, p. 2) werd gedaan in de definitie over formatief handelen is: “Such assessment becomes formative assessment when the evidence is actually used to adapt the teaching to meet the students needs”. Hiermee benadrukken zij het belang om de uitkomst van het formatief evalueren te gebruiken om het lesgeven bij te stellen zodat deze past bij de behoefte van de leerlingen. Het belang van het formatief handelen komt verder naar voren in het werk van Lemov (2015) die onderschrijft dat er een discrepantie is tussen wat een docent in de les behandelt en wat een leerling daadwerkelijk geleerd heeft. Formatieve evaluatie kan hierdoor dienen als hulpmiddel voor docenten om te achterhalen wat leerlingen hebben geleerd en voortijdig problemen te identificeren, waaronder het blootleggen van bepaalde misvattingen. Op basis hiervan kan een docent zijn vervolgstappen vormgeven om beter aan te sluiten op het leerproces van leerlingen. Dit maakt dat Black en William (1998) formatief evalueren zien als één van de belangrijkste voorwaarden is voor effectief lesgeven.

Toch blijkt dat docenten vaak niet precies weten wat formatief handelen inhoudt en dat er onder docenten bepaalde misconcepten zijn terug te vinden rondom formatief handelen (Kneyber et al 2022). Hierdoor gaat de implementatie van formatief evalueren in de lessen nog niet altijd goed. Wat houdt formatief handelen dan wel in? Formatief handelen wordt door Brookhart (2010) omschreven als het proces waarin docenten en leerlingen focussen wat de leerdoelen zijn, waar leerlingen in het leerproces staan ten opzichte van de leerdoelen en welke acties ondernomen moeten worden om het leerdoel te bereiken. Het is essentieel dat leerlingen dit totaalplaatje hebben omdat het gebruiken van feedback leerlingen zo kan helpen een richting te geven over wat ze moeten doen om zichzelf te verbeteren en kan zo de leeropbrengst, specifiek voor laagpresteerders, vergroten (Black en William 1998). Voor het geven van feedback maakt zijn verschillende strategieën beschikbaar. Zo kunnen docenten bijvoorbeeld feedback geven op een geschreven tekst, gebruikmaken van exitkaartjes om de leeropbrengst te achterhalen of leerlingen peerfeedback aan elkaar laten geven (Kneyber et al 2022). Tijdens deze feedback stap kunnen ook specifieke problemen in het leerproces naar voren komen zoals het bestaan van misconcepten. Een goede strategie van formatief handelen dat zich richt op het ontdekken van misconcepten is het gebruik maken van diagnostische vragen, omdat deze snel en effectief verkeerde denkbeelden zichtbaar kunnen maken bij leerlingen.

### 1.3 Diagnostische vragen

Een diagnostische vraag is een gesloten meerkeuzevraag dat één concept behandelt en inzicht geeft in de denkwijze van de leerling (Faes 2021). De vragen zijn zo ontworpen dat de verschillende foute antwoorden bepaalde misvattingen bevatten en op deze manier bepaalde denkfouten zichtbaar kunnen maken (Barton 2019). Het ophalen van misconcepten is cruciaal om aan leerlingen duidelijk te maken dat hun denkbeeld niet klopt omdat ze anders niet in staat zijn hun denkbeeld aan te passen. Ook biedt het gebruiken van diagnostische vragen docenten niet alleen inzicht in wie het nog niet begrijpen maar ook waarom ze het niet begrijpen. Deze informatie kan gebruikt worden door docenten om het vervolg van de les aan te passen zodat misconcepten verholpen kunnen worden. Uit het werk van Dam & Faes komt naar voren dat docenten verschillende strategieën hanteren om de les te vervolgen na afname van een diagnostische vraag. Zo zijn er docenten die de als een grote groep leerlingen het de vraag fout had de uitleg opnieuw doen terwijl andere docenten de vraag gebruiken om te differentiëren door verlengde instructie te geven aan leerlingen die het antwoord fout hadden. Deze diverse mogelijkheden bieden docenten veel flexibiliteit in het omgaan met

bepaalde misconcepten uit de klas en het specifiek aansluiten op de behoefte van de leerlingen. Om effectief misvattingen naar boven te kunnen brengen en te kunnen adresseren is het van belang dat een diagnostische vraag goed is opgesteld en voldoet aan de vijf gouden regels opgesteld door Barton (2019).

#### 1.4 De eigen lespraktijk

Het goed implementeren van diagnostische vragen kan dus erg waardevol zijn in het onderwijs, zeker bij onderwerpen waar veel misconcepten over bestaan. Binnen de biologie zijn er al veel misconcepten bekend, waarvan een deel verzameld is in een zogenaamde misconceptenbank van de universiteit Utrecht (Kennisbank misconcepten UU). Deze kan door docenten gebruikt worden als naslagwerk voor het achterhalen van veel voorkomende misconcepten. De database is ingedeeld in bepaalde thema's zoals 'Fotosynthese en chemosynthese', 'evolutie' en 'voeding en spijsvertering' met onder elk thema een aantal kopjes waar verschillende misconcepten in beschreven staan. Zo vindt je voor evolutie onder het kopje 'het begrip van natuurlijke selectie' het misconception dat leerlingen denken dat natuurlijke selectie een heel langzaam proces is dat altijd hetzelfde werkt. Ondanks dat deze database docenten kan faciliteren in het kenbaar maken van bepaalde misconcepten is deze database nog zeer incompleet en zijn er nog niet voor alle onderwerpen diagnostische vragen ontwikkeld. Het doel van dit onderzoek is daarom om op basis van bekende informatie over leermoeilijkheden en misconcepten over het onderwerp afweer binnen de biologie zelf diagnostische vragen te ontwerpen die gebruikt kunnen worden om misconcepten binnen de klas zichtbaar te maken.

Voor het ontwerpen van deze diagnostische vragen heb ik mij eerst verdiept in wat er bekend is over leermoeilijkheden en misconcepten over de afweer. Hiervoor heb ik de misconceptenbank en literatuur geraadpleegd. Ondanks dat vanuit de sectie veel leermoeilijkheden en misconcepten naar voren kwamen met betrekking tot de afweer, lijkt er weinig onderzoek naar gedaan en is er niet veel literatuur beschikbaar. Van wat er wel bekend is lijken er diverse misconcepten te bestaan over het immuunsysteem. Deze misconcepten kunnen verdeeld worden over verschillende categorieën zoals de 'definitie en functie van het immuunsysteem', de 'werkingsmechanismen van het immuunsysteem' en 'antigenen en lichaam' (Nainggolan et al 2022). Hiervan zijn de meeste misconcepten terug te vinden in de categorie 'de definitie en functie' gevolgd door 'antigenen en antilichamen' en de 'werkingsmechanismen'. Specifieke leermoeilijkheden die hierover worden gevonden zijn het niet kunnen onderscheiden van de specifieke en niet-specifieke afweer en het door elkaar gebruiken van antigenen en antilichamen (Nainggolan et al 2022). Een ander bekend misconception betreft het immunisatieproces (Aydin & Balim 2009). Sommige leerlingen denken bijvoorbeeld dat passieve immunisatie ontstaat door vaccinatie. Volgens de databank van de Universiteit van Utrecht zijn er nog twee andere misconcepten bekend bij leerlingen. Ten eerste denken leerlingen dat antibiotica werkt tegen zowel bacteriën als virussen. Dit misconception heeft te maken met dat er in de volksmond vaak geen onderscheid gemaakt wordt tussen bacteriële en virale infecties en doordat leerlingen het verschil niet kennen tussen bacteriën en virussen en niet begrijpen hoe antibiotica werkt. Ten tweede komt naar voren dat leerlingen vaak denken dat organismen immuun kunnen worden tegen bestrijdingsmiddelen. Dit misconception ontstaat door leerlingen niet begrijpen wat het verschil is tussen resistentie en immuniteit (Kennisbank misconcepten UU).

| <i>Misconcept</i>                                                                                  | <i>Bron</i>                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Leerlingen denken dat passieve immunisatie ontstaat door vaccinatie                                | Aydin & Balim, 2009                                                    |
| Leerlingen denken dat antibiotica zowel tegen virusinfecties als tegen bacteriële infecties werken | Kennisbank misconcepten UU, Virussen en bacteriën, werking antibiotica |
| Leerlingen denken dat organismen immuun kunnen worden voor bestrijdingsmiddelen                    | Kennisbank misconcepten UU, Het immuunsysteem, resistentie             |
| Studenten denken dat antilichamen meerdere typen antigenen kunnen herkennen                        | Duda et al 2021                                                        |

*Tabel 1: Bekende misconcepten met betrekking tot de afweer*

Op basis van wat er al bekend is over lesgeven met betrekking tot het onderwerp afweer heb ik mijn onderzoeksvraag als volgt opgesteld: 'Wat zijn diagnostische vragen die voldoen aan de criteria van Barton en in hoeverre deze in staat zijn om bestaande misconcepten op te sporen over het thema afweer'. Eisen aan deze vragen zijn dat een diagnostische vraag duidelijk en ondubbelzinnig moet zijn, maar één begrip tegelijk mag toetsen, snel te beantwoorden moet zijn, dat een foute redenering nooit tot een goed antwoord moet kunnen leiden en dat een fout antwoord direct gekoppeld kan worden aan een misconception zonder verdere toelichting (Barton 2019). Goed ontworpen diagnostische vragen kunnen helpen bij de eigen lespraktijk door inzicht te krijgen in het leerproces van leerlingen en door leerlingen te confronteren met hun foutieve denkbeelden, maar kunnen ook van waarde zijn voor andere docenten om misconcepten op te sporen in de klas. Het blootleggen van misconcepten is een eerste essentiële stap om foutieve denkpatronen te kunnen verhelpen. Op deze manier kunnen dit onderzoek en de ontworpen diagnostische vragen daarom bijdragen aan het bewerkstelligen van effectiever onderwijs.

## **2 Materiaal en methode**

Dit onderzoek is een voorbeeld van praktijkgericht ontwerponderzoek, waarbij theorie die bekend is over formatief handelen, diagnostische vragen en misconcepten gebruikt wordt om nieuwe diagnostische vragen te ontwerpen. De opzet van het onderzoek bestaat uit twee stappen, waarbij bij de eerste stap een vraag wordt ontworpen op basis van bestaande kennis en de inbreng van vakdocenten en bij de tweede stap wordt de vraag gevalideerd door deze af te nemen in de klas.

### 2.1 Ontwerpen diagnostische vragen

Voor het ontwerpen van de vraag zijn eerst gegevens verzameld over misconcepten die al bekend zijn omtrent het onderwerp afweer in de literatuur en is er met vakdocenten gesproken over tegen welke concepten zij aanlopen in de klas bij het lesgeven over afweer. Hiervoor is gesproken met meerdere vakdocenten binnen de sectie. Tevens is er overleg geweest met de vakdidacticus, Michiel Dam, en is er ook feedback ontvangen van Sofie Faes, die op dit moment het landelijk docententeam leidt dat onderzoek doet naar diagnostische vragen. Op basis van de verzamelde gegevens over misconcepten en leermoeilijkheden zijn er drie diagnostische vragen opgesteld. Naar aanleiding van de ontvangen feedback van Sofie Faes en Michiel Dam zijn deze vragen verder aangepast om ze te laten voldoen aan de vijf gouden regels van Barton (2019).

### 2.2 Valideren diagnostische vragen

De in stap 1 opgestelde diagnostische vragen zijn vervolgens extern gevalideerd door ze af te nemen in een klas. Dit betrof een 5 vwo klas met 30 leerlingen waar ik op dat moment het hoofdstuk afweer uit het boek Nectar aan het behandelen was. De diagnostische vragen werden afgenomen nadat de leerlingen al een aantal lessen hadden gehad over het immuunsysteem en dus al enige kennis zouden moeten hebben. Elke leerling ontving een vragenlijst met de drie opgestelde diagnostische vragen. Op de vragenlijst werd de leerlingen gevraagd het antwoord te omcirkelen dat volgens hen juist was en vervolgens onder de vraag toe te lichten waarom zij dachten dat het door hun gekozen antwoord juist was.

De verzamelde gegevens zijn vervolgens geanalyseerd door de antwoorden van leerlingen per vraag in te delen in één van de volgende vier categorieën: fout antwoord, goed antwoord maar foute redenering, goed antwoord met goede redenering en goed antwoord gegokt. Vervolgens is per vraag bepaald wat het percentage goede antwoorden was. Daarna is bepaald wat het percentage leerlingen was die een goed antwoord hadden verkregen op basis van de juiste redenering tegenover het percentage leerlingen met een goed antwoord en een foute redenering. Als laatste is er gekeken naar het percentage leerlingen dat heeft gegokt bij het beantwoorden van de vraag. Op basis van

deze gegevens is er gekeken of de vraag eventueel nog aangepast of verduidelijkt moest worden en of de diagnostische vraag wel een misconception bevraagt.

### **3 Resultaten**

#### **3.1 Ontwerpen diagnostische vragen**

De opbrengst van het literatuuronderzoek was zoals in de inleiding beschreven redelijk beperkt, maar er zijn een aantal misconcepten naar voren gekomen. Een paar onderwerpen waar leerlingen moeite mee lijken te hebben zijn het onderscheiden van antigenen en antilichamen, het onderscheiden van de specifieke en niet-specifieke afweer, het herkennen van verschillende vormen van immunisatie en de begrippen immunisatie en resistentie. Op basis van gesprekken met collega vakdocenten heb zijn er nog een aantal andere leermoeilijkheden ontdekt. Zo blijkt uit de lespraktijk dat leerlingen niet begrijpen wat het verschil in functie is tussen MHC-I en MHC-II en waar deze gelokaliseerd zijn in het lichaam. Hierover kwam niks naar voren uit de literatuur, maar het begrijpen van deze concepten is wel cruciaal in het begrijpen van de werking van het immuunsysteem als geheel en speelt ook een rol bij het begrijpen van de verschillen tussen de specifieke en niet-specifieke afweer, waarvan wel bekend is dat leerlingen er problemen mee ervaren. Tevens volgt uit de gesprekken dat leerlingen bepaalde misconcepten hebben over virussen en bacteriën. Zo denken leerlingen er weinig verschil zit tussen een bacterie en een virus en denken leerlingen dat virussen doelgericht zijn. Een ander misconception wat naar voren komt in de klas is dat leerlingen denken dat je ziek wordt van de kou en dat de specifieke afweer het belangrijkste deel is van het immuunsysteem. Een misconception dat al uit de theorie naar voren kwam maar ook benoemd werd door docenten is dat leerlingen denken dat antigenen en antistoffen hetzelfde zijn.

Op basis van de input van de vakdocenten samen met de informatie over leermoeilijkheden en misconcepten die al naar voren was gekomen uit de literatuur is ervoor gekozen om de diagnostische vragen te betrekken op drie verschillende concepten: MHC-complexen, antigenen en antistoffen en immunisatie. Ondanks dat er geen misconcepten naar voren kwamen over MHC-complexen is er wel gekozen om hier een diagnostische vraag over te maken omdat dit zoals eerder genoemd een centraal onderdeel is van het afweersysteem dat als het niet goed begrepen kan worden ook verdere verwarring kan veroorzaken over andere onderdelen van het immuunsysteem. Voor antigenen en antistoffen heb is gekozen omdat dit concept zowel uit literatuur als uit de lespraktijk naar voren kwam waardoor dit een probleem is dat vaak terug lijkt te komen en dus belangrijk is om te kunnen identificeren. Als laatste is besloten om een diagnostische vraag te ontwerpen over immunisatie omdat er uit literatuur naar voren kwam dat leerlingen problemen hebben met het begrijpen van het begrip 'immuun' en met het onderscheiden van verschillende methoden om immuun te worden. Aangezien deze concepten met elkaar verbonden zijn, lijkt dit ook een diepgeworteld misconception te zijn.

Aanvankelijk zijn over deze drie concepten drie verschillende vragen ontworpen. Aan de hand van deze vragen heb ik feedback ontvangen van Michiel Dam en Sofie Faes. De misconcepten waren herkenbaar maar er waren nog wat problemen met de vraagstelling waardoor de vragen niet voldeden aan de vijf gouden regels. Op basis van feedback zijn de vragen daarom verder aangepast om te voldoen aan deze eisen. Zo bevroeg de vraag van antigenen en antistoffen bijvoorbeeld meerdere concepten. Dit heb is opgelost door de vraag op te splitsen in twee verschillende vragen. Ook bevatte de antwoordopties te veel tekst waardoor leerlingen niet snel genoeg antwoord kunnen geven. Daarom is de hoeveelheid tekst bij de vraag en antwoordopties ingekort. Bij een andere vraag was de vraagstelling al goed maar leken twee antwoordopties te veel op elkaar. Door één van de antwoorden te vervangen met een ander optie is dit probleem ook aangepakt. Na deze aanpassingen waren de drie diagnostische vragen als volgt:

1. Als een bepaalde cel **MHC-II** tot expressie brengt. Wat is dan de **meest waarschijnlijke** identiteit van deze cel?
  - A. Een rode bloedcel
  - B. Een levercel (hepatocyt)
  - C. Een dendritische cel**
  - D. Alle cellen kunnen MHC-II tot expressie brengen
2. Welk van onderstaande situaties is een voorbeeld van **natuurlijke passieve immunisatie**?
  - A. Het doorstaan van een griepje
  - B. Gevaccineerd worden door een mRNA virus
  - C. Het krijgen van antistoffen via de moedermelk**
  - D. Het krijgen van een serum na infectie
3. Welke van de onderstaande beweringen beschrijft het juiste verschil in functie tussen een **antistof** en een **antigeen**?
  - A. Een antigeen vernietigt ziekteverwekkers, terwijl een antistof deze herkent
  - B. Een antistof is een lichaamsvreemd eiwit, terwijl een antigeen door het lichaam wordt aangemaakt om infecties te bestrijden.
  - C. Een antigeen activeert het immuunsysteem, terwijl een antistof zich specifiek bindt aan het antigeen om het onschadelijk te maken.**
  - D. Zowel antistoffen als antigenen worden geproduceerd door witte bloedcellen om virussen aan te vallen.

### 3.2 Valideren diagnostische vragen

De diagnostische vragen zijn uiteindelijk afgenomen in de klas en geanalyseerd om te controleren op de validiteit van de vraag zodat deze eventueel aangepast kon worden. Hiertoe is gekeken naar het percentage juiste antwoorden en hoeveel van deze antwoorden zijn bereikt door een juiste of onjuiste beredenering. Ondanks dat leerlingen gevraagd was het antwoord waar ze voor kozen te onderbouwen zelfs als ze het niet zeker wisten, waren er toch leerlingen aanwezig die geen redenatie hadden opgeschreven. Deze leerlingen zijn geschaald onder leerlingen die het antwoord hebben gegokt. Daarom is er naast het percentage goede antwoorden en foute antwoorden en leerlingen met een juiste en onjuiste redenering ook gekeken naar het percentage gokkers.

Bij de eerste vraag had 69,5% van de leerlingen het juiste antwoord, antwoord C, benoemd. Van de leerlingen die het goede antwoord hadden benoemd kon 50% met een goed uitleg onderbouwen hoe zij op het antwoord waren gekomen terwijl de andere 50% ofwel geen onderbouwing had ingevuld of had gegokt. Leerlingen met een juiste beredenering hadden benoemd dat een dendritische cel een immuun cel is en dat MHC-II alleen op immuun cellen wordt gepresenteerd. Geen enkele leerling was dus op het juiste antwoord gekomen door een onjuiste redenatie. De overige 30,5% van de leerling met een onjuist antwoord kwamen grotendeels uit op antwoord B en D en één enkele leerling op antwoord A. Van de leerlingen die een fout antwoord hebben, heeft 37,5% procent het antwoord gegokt en hebben de andere leerlingen een onjuiste verklaring gegeven voor het antwoord waaruit blijkt dat ze de lesstof nog niet goed genoeg begrijpen. Zo geeft een leerling met antwoord D de uitleg: "want alle cellen kunnen geïnfecteerd raken en MHC-II zit in heel het lichaam". Bij deze leerling mist het begrip dat niet alle geïnfecteerde cellen MHC-II complexen bevatten maar dat deze zich juist bevinden op immuun cellen. Een andere leerling met antwoord D denkt dat "MHC-II bij ziekteverwekkers tot expressie komt". Deze leerling begrijpt nog niet dat MHC-II complexen onderdeel zijn van het afweersysteem van gewervelde dieren en dat ziekteverwekkers dus geen MHC-complexen bevatten.

De tweede vraag over immunisatie was relatief goed gemaakt. Slechts 19% had een onjuist antwoord gegeven waarvan alle leerlingen op één na het antwoord hadden gegokt. Bij deze vraag was antwoord A tevens niet gekozen en slechts één leerling had gekozen voor antwoord B dus antwoord D

was het meest gekozen foute antwoord. Van de overige 81% met het juiste antwoord had 19% het antwoord gegokt en de andere leerling hadden allemaal het antwoord juist beredeneerd. Sommige leerlingen hadden in dit geval de wegstreep methode gebruikt waarbij ze verklaarden waarom de andere antwoordopties onjuist waren. Dit was in 14% van de gevallen gebeurt. De andere leerlingen hadden allemaal een juiste verklaring voor het antwoord gegeven. Voorbeelden van een juiste onderbouwing zijn “Bij natuurlijke passieve immunisatie krijg je op een natuurlijke wijze antistoffen zonder dat je deze zelf maakt. Dat kan via moedermelk”, “Passief: antistoffen direct in je lichaam krijgen. Natuurlijk: natuurlijk gemaakt bijvoorbeeld moedermelk, borstvoeding” en “natuurlijk is zonder injectie. Passief is wanneer je zelf geen antistoffen aanmaakt”.

Bij de laatste vraag over antistoffen en antigenen was aanzienlijk meer twijfel. Ondanks dat 64% van de leerling de vraag goed had beantwoord kwam dit ook deels door gokken. Van alle leerlingen die het juiste antwoord hadden omcirkeld had maar 75% het antwoord ook goed beredeneert, bijvoorbeeld “Antigenen zijn alle stoffen die worden gepresenteerd, antistoffen zijn de stoffen die de slechte antigenen bestrijden”. De overige 25% had ofwel een incomplete redenering ofwel gegokt. Een voorbeeld van zo’n incomplete redenering is “Antigenen moeten eerst het immuunsysteem activeren”. De leerling herhaalt in dit geval wat er in de antwoordoptie staat zonder enige verdere toelichting te geven. Hieruit volgt niet duidelijk of de leerling met een goede onderbouwing op het antwoord is uitgekomen of dat het toch een gok is. Een ander voorbeeld is “Als een immuun cel een antigeen tot expressie brengt, zoekt die cel een T-helpercel waarna het immuunsysteem geactiveerd wordt”. De leerling lijkt in dit geval al duidelijke enige kennis over antigenen te hebben maar geeft geen blijkt van kennis over antistoffen en kan daardoor met een incomplete redenering toch op het juiste antwoord komen. Dit geeft twijfel of de vraag niet beter antwoord verwoord had kunnen worden zodat leerlingen kennis van beide moeten laten zien om het juiste antwoord te bereiken. De leerlingen met een onjuist antwoord waren bij deze vraag wat meer verdeeld en alle verkeerde antwoordoptie waren gekozen. Van de verkeerde antwoordopties koos 11,2% voor antwoord A, 55,5% voor antwoord B en 33,3% voor antwoord D. De leerlingen die hadden gekozen voor antwoord A en D hadden allemaal gegokt maar bij de leerlingen met antwoord B waren er ook een paar met een verkeerde redenering op het foute antwoord gekomen. Zo halen twee leerlingen de functie van antigenen en antistoffen door elkaar zo blijkt uit hun antwoord. Uit deze antwoorden blijkt dat in dit onderwerp mogelijk een misconception verscholen zit. Op basis van de uitkomst van het afnemen van de diagnostische vraag kan het vervolg van de les worden aangepast om het misconception te verhelpen en de leeropbrengst te vergroten. Een plan van aanpak voor zo’n les wordt besproken in bijlage 1.

#### **4 Discussie**

Het doel van dit onderzoek was het vinden van diagnostische vragen die in staat waren misconcepten op te sporen over het onderwerp afweer binnen de biologie met als onderzoeksvraag: ‘Wat zijn diagnostische vragen die voldoen aan de criteria van Barton en zijn deze in staat om bestaande misconcepten op te sporen over het thema afweer?’. Hiervoor zijn in deze studie drie diagnostische vragen systematisch ontworpen op basis van bestaande kennis over leermoeilijkheden en misconcepten uit de literatuur en in de lespraktijk. Op basis van verkregen feedback van Michiel Dam en Sofie Faes werden de diagnostische vragen aangepast om zoveel mogelijk te voldoen aan de criteria van Barton (2019).. Het onderzoek vond vervolgens plaats door de diagnostische vragen af te nemen in de klas en de externe validiteit te bepalen aan de hand van een analyse van de vragen.

Uit de analyse bleek dat geen enkele leerling met een compleet verkeerde redenering op het juiste was antwoord gekomen. Wel was 11% van de leerlingen op het juiste antwoord gekomen door andere antwoorden uit te sluiten en gaf nog eens 11% van de leerlingen bij vraag 3 het juiste antwoord met een onvolledige redenering waarbij slechts een deel van het antwoord verklaard werd en voldoende was om het juiste antwoord te deduceren. Dit komt doordat deze vraag niet goed voldoet aan de criteria van Barton omdat het twee verschillende concepten bevraagd, namelijk antigenen en antilichamen. Om van deze vraag een goede diagnostische vraag te maken zou deze

vraag dus nog aangepast moeten worden. Het beste om in dit geval te doen is het opsplitsen van de vraagstelling in twee aparte vragen. Zo is het mogelijk om naar de functie van antigenen te vragen en dan als één van de antwoordmogelijkheden een functie voor antistoffen te geven. Hiermee maak je een misconcept in functie tussen antigenen en antistoffen ook duidelijk zonder dat er expliciet twee concepten worden bevraagd.

Op het deel van de onderzoeksvraag dat ingaat op het opsporen van misconcepten kan nog geen eenduidig antwoord worden gegeven. Het is nog helemaal duidelijk of de opgestelde diagnostische vragen ook daadwerkelijk bestaande misconcepten bevragen aangezien het percentage leerlingen dat de vragen juist beantwoordde vrij hoog was. Zeker bij de vraag over immunisatie lijkt er geen sprake te zijn van een misconcept. Leerlingen waren goed in staat om via de juiste redenering op het juiste antwoord te komen en lijken niet direct moeite te hebben met het concept. Bij de andere twee vragen is dit nog wat onduidelijker. Het concept van MHC-complexen en antigenen en antistoffen kwamen wel duidelijk uit de literatuur en lespraktijk naar voren als misconcepten, maar uit de pilotstudie blijkt dat leerlingen over het algemeen wel in staat zijn deze vraag goed te beantwoorden. Wel blijkt uit de resultaten dat het aantal gokkers met het juiste antwoord vrij hoog is. Dit kan erop duiden dat leerlingen het onderwerp niet echt begrijpen maar dat ze het antwoord kunnen reproduceren aan de hand van de gegeven uitleg. Ook laten de redeneringen van de foute antwoorden zien dat er soms nog wat verwarring bij leerlingen aanwezig is over het concept.

De eerste vraag over het MHC-II complex liet zien dat een aanzienlijk deel van de leerlingen het juiste antwoord wist te geven (69,5%), maar dat de helft hiervan dit niet kon onderbouwen met een correcte redenering. Dit suggereert dat het juiste antwoord deels op toeval of oppervlakkige herkenning is gebaseerd. Tegelijkertijd bieden de foutieve redeneringen van leerlingen inzicht in de denkwijze van leerlingen. Uit de antwoorden blijkt bijvoorbeeld dat een deel van de leerlingen nog niet goed begrijpt waar MHC-II complexen zich bevinden. Dit bevestigt het belang van het expliciet onderwijzen van de functionele en cellulaire locatie van beide MHC-complexen om verwarring bij leerlingen te voorkomen. Ook benadrukt dit het belang van het inzetten van de diagnostische vraag om verborgen aannames zichtbaar te maken en te adresseren. De pilot heeft dus wel bepaalde denkfouten bij leerlingen zichtbaar gemaakt maar de vraag zou nog verder verbeterd kunnen worden zodat elke foute antwoordoptie een misconcept presenteert waardoor het gebruik van de vraag veel effectiever zal zijn in de lespraktijk.

De derde vraag over het verschil tussen antistoffen en antigenen bracht aan het licht dat dit onderwerp nog bij een groot aantal leerlingen verwarring oproept. Hoewel 64% van de leerlingen het juiste antwoord gaf, had 25% hiervan dit antwoord niet goed beredeneerd of gegokt. De overige 36% koos voor foute antwoordopties, waarbij uit de verklaringen bleek dat leerlingen verward waren over het verschil tussen een antigeen en antistof. Deze resultaten bevestigen eerdere bevindingen uit literatuur en de lespraktijk dat leerlingen problemen hebben met dit concept, maar gezien het hoge percentage goede antwoorden is onduidelijk of er ook echt sprake is van een misconcept. De diagnostische vraag lijkt in dit geval wel goed onderscheid te maken tussen leerlingen die het begrijpen of niet maar door het aanpassen van de vraag zoals eerder beschreven zou de vraag nog verder geoptimaliseerd kunnen worden tot een goede diagnostische vraag waarbij ook maar één concept tegelijk bevraagd wordt. Dit zou ook de kans kunnen verkleinen dat leerlingen in staat zijn goed te gokken en maakt de vraag dus inzichtelijker.

Ondanks dat er uit de analyse van vraag 1 en 3 dus blijkt dat er verwarring is bij leerling wat kan duiden op de aanwezigheid van een misconcept zijn de resultaten nog niet eenduidig genoeg om hier daadwerkelijk een conclusie aan te verbinden. Dit duidt op onderliggende problemen in de opzet van het onderzoek. Eén van die mogelijke problemen is dat leerlingen mogelijk antwoorden hebben gereproduceerd aan de hand van de daarvoor gegeven uitleg. Doordat er vooraf rekening was gehouden met de aanwezigheid van misconcepten zijn de concepten uit de vragen extra benadrukt

en behandeld tijdens de lessen. Het zou hierdoor kunnen dat leerlingen het goede antwoord weten puur uit reproductie maar dat ze niet echt weten hoe het in elkaar zit. Dit zou kunnen verklaren waarom het aantal gokkers bij vraag 1 en 3 zo hoog was. Om te peilen of dit er mogelijk mee te maken had, heb ik een aantal weken later de concepten nogmaals bevraagd bij leerlingen. Leerlingen konden op dat moment niet meer reproduceren wat antistoffen en antigenen waren en vroegen actief in de klas naar het verschil hiertussen. Dit suggereert dat het mogelijk toch een misconception is en dat de resultaten door de onderzoeksopzet beïnvloed zijn. Om dit te kunnen bevestigen zou verder onderzoek moeten worden uitgevoerd. Een optie zou zijn om te peilen bij docenten van verschillende scholen of zij deze concepten ook als misconcepten ervaren in de klas. Hierdoor ontstaat een breder beeld van de problematiek omtrent afweer. Anderzijds is het ook een mogelijkheid om de diagnostische vragen af te nemen bij leerlingen van verschillende docenten om zo de invloed van de invulling van de lessen op het onderzoeksresultaat te verkleinen.

Een andere belangrijke kanttekening bij het onderzoek was dat het interpreteren van de resultaten extra werd bemoeilijkt doordat veel leerlingen met zowel het juiste als foute antwoord geen duidelijke verklaring hebben opgeschreven. In het vervolg zou het voor een pilotstudie wellicht handiger zijn om leerlingen hardop te laten denken zodat ze geforceerd worden hun denkproces kenbaar te maken. Dit geeft veel meer inzicht in het denkproces van leerlingen en kan hierdoor veel duidelijker maken of er sprake is van een misconception. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de ontwikkeling van diagnostische vragen gebaseerd is op een combinatie van literatuur en expertinput maar dat de beschikbare literatuur over misconcepten rond het thema afweer beperkt was. Er lijkt nog weinig onderzoek te zijn gedaan naar misconcepten over het immuunsysteem. De meeste van de bronnen beperken zich ook tot misconcepten binnen het hoger onderwijs, zoals blijkt uit de misconcepten en leermoeilijkheden gevonden door Duda et al (2021), en zijn niet toepasbaar binnen het middelbaar onderwijs. Nainggolan et al (2022) ontdekte een aantal misconcepten binnen verschillende categorieën van het immuunsysteem maar vermeld niet om welke specifieke misconcepten dit gaat en heeft dus ook weinig waarde voor het ontwerpen van diagnostische vragen. Verder waren de misconcepten gevonden door de Universiteit Utrecht in de databank beperkt en minder toepasbaar om te implementeren in de les. Hierdoor was ik voor het ontwerpen van diagnostische vragen over bestaande misconcepten van het immuunsysteem grotendeels afhankelijk van de ervaringen van docenten uit de lespraktijk. Hierdoor zijn er mogelijk misconcepten over het hoofd gezien die wel in bredere leerlingpopulaties aanwezig zijn. Een grootschaligere inventarisatie van misconcepten, bijvoorbeeld door vooraf in gesprek te gaan met leerlingen om te achterhalen welke denkfouten ze maken en door te peilen bij docenten van verschillende scholen, zou kunnen bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van de vragen en antwoordmogelijkheden. In elk geval zou meer onderzoek naar de aanwezigheid van misconcepten omtrent de onderwerpen MHC-complexen en antigenen en antistoffen noodzakelijk zijn om de diagnostische vragen te verbeteren en te kunnen implementeren in de klas.

Op basis van dit onderzoek heb ik meer inzicht gekregen in leermoeilijkheden van leerlingen zoals waar MHC-complexen gelokaliseerd zijn. Dit geeft mij houvast in waar leerlingen de mist in kunnen gaan en hoe ik leerlingen beter kan ondersteunen om de concepten van de afweer te begrijpen. Zo kan ik diagnostische vragen gebruiken om mijn lessen gericht aan te passen om verwarring te voorkomen eventuele misconcepten op te sporen en bij te stellen. Dit laat duidelijk de effectiviteit van het gebruik van formatief handelen zien in de lespraktijk. Echter is uit dit onderzoek niet duidelijk naar voren gekomen of de bevraagde concepten uit dit onderzoek ook daadwerkelijk misconcepten zijn en blijkt verder onderzoek hiervoor noodzakelijk. Wel maakt dit onderzoek duidelijk dat het noodzakelijk is om diagnostische vragen volgens de vijf gouden regels van Barton (2019) op te stellen om een zo veel inzicht uit de vragen te kunnen halen. Antwoordopties die geen misconcepten bevatten voegen geen waarde toe aan de vraag en het bevragen van meerdere concepten kan verwarring veroorzaken en de gokkans vergroten. Als ik in mijn eigen lespraktijk dus gebruik wil maken van diagnostische vragen is het beter om deze vanuit een betrouwbare bron te gebruiken of

door eerst een goed hardopdenkonderzoek op te stellen om voldoende inzicht te krijgen in misconcepten om zelf een diagnostische vraag te ontwerpen. Inzicht van collega's is hierbij zeer waardevol, zeker bij een schaarste aan literaire bronnen.

#### *Aanbevelingen lespraktijk:*

- Gebruik formatief handelen om inzicht te krijgen in het leerproces van leerlingen
- Gebruik formatief handelen en het inzicht in het leerproces van leerlingen om de lessen zo aan te passen dat deze aansluit op de leerbehoeftes van de leerlingen
- Gebruik diagnostische vragen om te achterhalen of de gewenste leeropbrengst behaald is of dat er nog mogelijke misconcepten aanwezig zijn in de klas
- Bepaal vooraf bij het gebruiken van diagnostische vragen wat de vervolgstappen zijn bij een bepaalde opbrengst en hoe je de les erop aanpast
- Bij het maken van een diagnostische vraag is het belang om eerst de interne validiteit te bepalen door onderzoek te doen naar wat er al bekend is over misconcepten en daarna de externe validiteit om te achterhalen of de vraag toetst wat hij moet toetsen

#### **5 Conclusie**

De onderzoeksvraag van dit onderzoek was 'Wat zijn diagnostische vragen die voldoen aan de criteria van Barton en zijn deze in staat om bestaande misconcepten op te sporen over het thema afweer?'. Van de drie opgestelde diagnostische vragen lijkt de vraag over immunisatie geen bestaand misconcept te behandelen. De andere twee vragen over MHC-complexen en antigenen en antistoffen betreffen volgens vakdocenten bekende misconcepten uit de praktijk. Echter is de vraagstelling nog niet voldoende geoptimaliseerd waardoor de vragen nog niet voldoende inzicht geven in het bestaan van eventuele misconcepten bij leerlingen. Tevens lijkt de onderzoeksopzet invloed te hebben uitgeoefend op de opbrengst van de vragen. Een verbetering van de vraagstelling en verder onderzoek zijn dus noodzakelijk om de diagnostische vragen effectief te maken in het blootleggen van misconcepten.

## Bijlage 1: Lesplan

Tijdens deze les wordt een voor de leerlingen nieuw onderwerp behandeld. Er wordt ingegaan op het inschakelen van de specifieke afweer waarbij de nieuwe begrippen antistoffen en T- en B-lymfocyten aan bod komen. Deze les bouwt voort op een vorige les waar leerlingen al uitleg hebben ontvangen over het herkennen van lichaamsvreemd en lichaamseigen en zijn de concepten MHC-complexen en antigenen al aan bod gekomen.

Na het behandelen van de nieuwe lesstof wordt een diagnostische vraag gesteld om te bepalen of leerlingen de nieuwe leerstof hebben begrepen. Met deze vraag probeert te worden achterhaalt of leerlingen onderscheid kunnen maken tussen antigenen en antistoffen (zie onderstaande diagnostische vraag).

Welke van de onderstaande beweringen beschrijft het juiste verschil in functie tussen een **antistof** en een **antigeen**?

- A. Een antigeen vernietigt ziekteverwekkers, terwijl een antistof deze herkent
- B. Een antistof is een lichaamsvreemd eiwit, terwijl een antigeen door het lichaam wordt aangemaakt om infecties te bestrijden.
- C. Een antigeen activeert het immuunsysteem, terwijl een antistof zich specifiek bindt aan het antigeen om het onschadelijk te maken.**
- D. Zowel antistoffen als antigenen worden geproduceerd door witte bloedcellen om virussen aan te vallen.

Met behulp van post-its schrijven leerlingen het antwoord op waarvan zij denken dat het juist is en na 10 seconden laten leerlingen het antwoord zien door het post-it kaartje in de lucht te steken. Op basis hiervan maakt de docent een beslissing over het vervolg van de les. Als meer dan driekwart van de leerlingen het antwoord fout is geeft de docent opnieuw een stukje uitleg waarbij specifieke wordt gefocust op de verschillen tussen antistoffen en antigenen. Als meer dan de helft van de leerlingen het antwoord fout had, maakt de docent groepjes van ongeveer 3 leerlingen waarbij elke groepje minimaal 1 leerling bevat die het juiste antwoord had gegeven. Leerlingen krijgen dan ongeveer 5 minuten om met elkaar te achterhalen waarom de andere antwoorden niet kloppen en waarom het juiste antwoord goed is. Leerlingen mogen hiervoor gebruik maken van elkaars kennis en het boek. Na een aantal minuten wordt de opbrengst klassikaal besproken. Als minder dan de helft van de leerlingen het antwoord fout had dan wordt er verlengde instructie gegeven aan leerlingen die het antwoord fout hadden en wordt er een verdiepende opdracht gemaakt door de leerlingen die het antwoord goed hadden. Leerlingen die het antwoord goed hadden maar ook extra uitleg behoeven mogen bij de verlengde instructie aansluiten. De verdiepende opdracht laat leerlingen in hun eigen woorden uitleggen hoe antigenen een rol spelen bij de activatie van het specifieke immuunsysteem en welke rol antistoffen binnen het specifieke immuunsysteem hebben. Hierbij wordt specifiek ingegaan op de onderlinge verhouding en de verschillen in functie van antistoffen en antigenen. Deze opdracht leveren ze aan het einde van de les in en wordt aan het begin van de les erna besproken.

## Literatuurlijst

- Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
- Aydin, G., & Balim, A. G. (2009). Students' misconceptions about the subjects in the unit "the systems in our body". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2258-2263.
- Barton, C. (2019). *Volgens Barton. Lesgeven in wiskunde aan de hand van wetenschap, experts en 12 jaar aan mislukkingen. Culemborg: Phronese.*
- Beuker, S., Linthout, D., & Boer, C. D. (2007). *Misconcepcen in geneticaonderwijs* (Master's thesis).
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.
- Bloom, B. S. (1969). Some theoretical issues relating to educational evaluation. In R. W. Tyler (Ed.), *Educational evaluation: New roles, new means: The 68th yearbook of the National Society for the Study of Education (part II)* (Vol. 68(2), pp. 26–50). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Brookhart, S. M. (2010). *Formative assessment strategies for every classroom: An ASCD action tool*. ASCD.
- Dam, M. & Faes, S. Diagnostische vragen in de betavakken: Misvattingen opsporen en aanpakken. [https://www.diagnostischevragen.nl/wpcontent/uploads/2024/11/Diagnostische-vragen-in-de-betavakken\\_onderzoek\\_boekje.pdf](https://www.diagnostischevragen.nl/wpcontent/uploads/2024/11/Diagnostische-vragen-in-de-betavakken_onderzoek_boekje.pdf) Geraadpleegd op 7 juli 2025
- Duda, H. J., Wibowo, D. C., Wahyuni, F. R. E., Setyawan, A. E., & Subekti, M. R. (2021). Examines the misconceptions of students biology education: health biotechnology. *Pedagogika/Pedagogy*, 142(2), 182-199.
- Faes, S. Ontdek misconcepten, collectieve kennis vertaald naar bruikbare vragen. *NVOX 2021* • nummer 6 • bladzijde 46-47.
- Kneyber, R., Sluijsmans, D., Devid, V., & López, B. W. (2022). *Formatief handelen*. Culemborg, The Netherlands: Phronese.
- Lemov, D. (2015). *Teach Like a Champion 2.0: 62 Techniques that Put Students on the Path to College*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Nainggolan, Y. N., Permadani, K. G., & Prajoko, S. (2022). Analysis of student's misconceptions on the material of the immune system using a three-tier diagnostic test. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 7(2), 158-166.
- Schmidt, H., Spaaij, G., & De Grave, W. S. (1988). Opsporen van misconcepties bij middelbare scholieren.

- Sewell-Smith, A. (2004). Teaching does not necessarily equal learning. *Teaching Science*, 50(1), 22-26
- Thompson, F., & Logue, S. (2006). An exploration of common student misconceptions in science. *International education journal*, 7(4), 553-559
- Universiteit Utrecht. Kennisbank leerlingdenkbeelden, preconcepten, misconcepten in de biologie. <https://www.fisme.science.uu.nl/biologie/index.htm>
- Wiliam, D. (2014, April). Formative assessment and contingency in the regulation of learning processes. In *Annual Meeting of American Educational Research Association, Philadelphia, PA*.