

Titrimetrische gehaltebepalingen op projectbasis in 4 Havo

Ontwerp / Ontwikkel \ Evaluatie



Ing. Gavin Kronig

(her)ontwerp

Examencommissie

Dr. F.G.M. Coenders

datum: 08-02-2017

Drs. W.J. Gradussen

Samenvatting

De sectie scheikunde van scholengemeenschap de Waerdenborch heeft in het kader van een overvol vijfdejaars havo-programma besloten om een tijdrovende cyclus gehaltebepalingen en bijbehorend praktisch schoolexamen te laten vervallen. Ter vervanging van het praktisch schoolexamen worden vier praktische opdrachten met elk de omvang van een dagdeel ondergebracht in de projectweken van het vierde leerjaar. De wens is om een aantal van deze praktische opdrachten in te vullen met gehaltebepalingen op basis van zuur-base titraties uit de voorbereiding op het voormalig praktisch schoolexamen. Deze gehaltebepalingen kunnen echter niet direct worden overgenomen en ingezet als praktische opdrachten in het vierde leerjaar. Een belangrijke beperking is de beschikbare voorkennis van de leerlingen in het vierde leerjaar. Dit betekent dat de vakbegrippen die nodig zijn voor het begrijpen van het principe achter zuur-base titratie en de vakbegrippen en vaardigheden nodig voor het verwerken van de meetresultaten, geïntegreerd moeten worden in het leermateriaal voor de praktische opdrachten.

In deze rapportage wordt invulling van de vier praktische opdrachten op hoofdlijnen uitgewerkt, worden ontwerpprincipes geformuleerd ter (her)ontwerp van leermateriaal en wordt een eerste ontwerp van een praktische opdracht op basis van een zuur-base titratie gepresenteerd. De invulling van de vier praktische opdrachten op hoofdlijnen en het ontwerp van de praktische opdracht zijn ter evaluatie aan de sectie scheikunde voorgelegd. Op basis van deze evaluatie zijn aanbevelingen gedaan ter wijziging van de invulling op hoofdlijnen en herontwerp van het gepresenteerde leermateriaal.

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Projectbeschrijving

1.1	Probleemstelling	3
1.2	Systematische leerplanontwikkeling	3
1.3	Doelstelling en onderzoeksvragen	4
1.4	Onderzoeksopzet	4

Hoofdstuk 2 Analyse en aanpassing van het bovenbouwprogramma

2.1	Titrimetrische gehaltebepalingen en het examenprogramma	5
2.2	Herpositionering van titrimetrie in het bovenbouwprogramma	6
2.3	Titrimetrische gehaltebepalingen op projectbasis in 4 HAVO	6
2.4	Aanpassing van het bovenbouwprogramma	7

Hoofdstuk 3 Ontwerpprincipes en ontwerp op hoofdlijnen

3.1	Ontwikkeling van praktische opdrachten voor het vierde leerjaar	8
3.2	Procesmatige, inhoudelijke en didactische ontwerpprincipes	8
3.3	Voorkennis en al aanwezige vaardigheden	10
3.4	Invulling van de praktische opdrachten op hoofdlijnen	11

Hoofdstuk 4 Ontwerp van een praktische opdracht op basis van titrimetrie

4.1	Voorkennis en mental map	13
4.2	Van leerdoelen naar leerlingenbundel	13
4.3	Simulatie van een zuur-base titratie	14
4.4	Lesplan en beoordeling	14

Hoofdstuk 5 Evaluatie en aanbevelingen

5.1	Toetsing aan de specificaties uit de havo-syllabus	16
5.2	Probleemstellende aanpak	17
5.3	Verwerkingsopdrachten	16
5.4	Context-concept benadering	18
5.5	Invulling en ontwerp van de resterende twee praktische opdrachten	18

Literatuur en referenties

20

Hoofdstuk 1 Projectbeschrijving

1.1 Probleemstelling

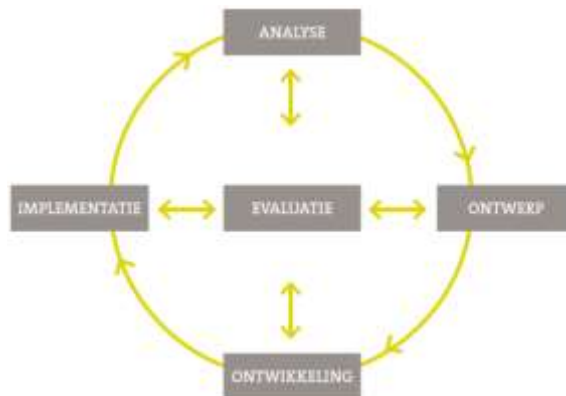
De sectie scheikunde van scholengemeenschap de Waerdenborch is van mening dat het Havo bovenbouwprogramma aan herontwerp toe is. Tijdens het vijfde leerjaar wordt te veel tijd besteed aan het door de leerlingen laten uitvoeren van gehaltebepalingen op basis van zuur-base en redox-titraties. Deze tijdrovende cyclus titrimetrische gehaltebepalingen dient ter voorbereiding op de afname van een praktisch schoolexamen dat volledig gebaseerd is op dit type gehaltebepalingen. De afname van het praktisch schoolexamen en de voorbereiding daarop vindt zijn motivatie in het oude scheikunde examenprogramma van voor het examenjaar 2015 (College voor Examens, 2012 en voorgaande jaren).

Per augustus 2013 is een vernieuwd scheikunde examenprogramma van kracht geworden (College voor Toetsen en Examens, 2014 en daarop volgende jaren) en het ongewijzigd handhaven van de cyclus gehaltebepalingen en het praktisch schoolexamen heeft geleid tot een overvol en onevenwichtig programma in het vijfde leerjaar. Belangrijke onderdelen als polymeren, chemie van het leven en groenere industrie kunnen volgens de sectie scheikunde in het vijfde leerjaar, niet de aandacht krijgen die ze binnen het kader van het nieuwe examenprogramma zouden moeten krijgen.

In dit ontwerpgerichte onderzoek staat het ontwikkelen van een meer evenwichtig bovenbouwprogramma centraal met behoud van minstens een deel van de cyclus titrimetrische gehaltebepalingen.

1.2 Systematische leerplanontwikkeling

Naar aanleiding van het onevenwichtige programma in het vijfde leerjaar heeft de sectie scheikunde besloten tot het opstarten van een proces ter verbetering van het Havo bovenbouwprogramma. Het proces ter ontwikkeling of verbetering van een onderwijsprogramma wordt ook wel leerplanontwikkeling genoemd (Thijs & Van den Akker, 2009). Ontwikkeling van een nieuw leerplan of verbetering van een bestaand leerplan vraagt om een systematische aanpak. Thijs & Van den Akker (2009) onderscheiden binnen de variatie aan beschikbare ontwerpmodellen voor leerplanontwikkeling, een vijftal kernactiviteiten als weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Kernactiviteiten in leerplanontwikkeling (bron: Thijs & Van den Akker, 2009)

Leerplanontwikkeling bestaat volgens Thijs & Van den Akker (2009) uit een voortstuwende wisselwerking tussen analyse, ontwerp, ontwikkeling, implementatie en evaluatie. De zich herhalende evaluatie binnen het proces van leerplanontwikkeling, speelt een centrale en verbindende rol op weg naar een steeds beter afgestemd leerplan.

Binnen dit onderzoek van onderwijs is vorm gegeven aan deze systematische leerplanontwikkeling door een nauwe samenwerking tussen de onderzoeker en de sectie scheikunde aan te houden. Een fase van analyse, ontwikkeling of ontwerp, uitgevoerd door de onderzoeker, werd telkens gevolgd door een gezamenlijke evaluatie van een voortgebracht deelproduct binnen de sectie scheikunde. Vanuit de uitkomsten van een evaluatie werd telkens een volgende fase van analyse, ontwikkeling of ontwerp in gang gezet.

1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is het opstarten en het nemen van een aantal eerste stappen in het proces van systematische leerplanontwikkeling ter verbetering van het Havo bovenbouwprogramma. Om dit doel te bereiken, is onderzoek gedaan om de volgende drie onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden:

- 1 In hoeverre acht de sectie scheikunde het doorlopen van een cyclus titrimetrische gehaltebepalingen binnen het kader van het vernieuwde examenprogramma wenselijk en mogelijk?
- 2 Welke programmatische aanpassingen kunnen worden gedaan zodat er een meer evenwichtig bovenbouwprogramma ontstaat?
- 3 Welke wensen tot (her)ontwerp van leermateriaal zijn er ontstaan ten gevolge van de wijzigingen in het bovenbouwprogramma en welke ontwerpprincipes zijn leidend in de ontwikkeling van het gewenste leermateriaal?
- 4 Hoe ziet een prototype van het (her)ontworpen leermateriaal er uit en in hoeverre voldoet het aan de gestelde ontwerpprincipes en andere eisen in het curriculum?

1.4 Onderzoeksopzet

Beantwoording van de eerste onderzoeksvraag vindt plaats door discussie binnen de sectie, na analyse van de specificaties van het oude examenprogramma en het nieuwe examenprogramma om de noodzaak tot het blijven uitvoeren van titrimetrische gehaltebepalingen te kunnen duiden. Op basis van de uitkomsten van deze analyse wordt de positie van de huidige cyclus titrimetrische gehaltebepalingen geëvalueerd. Hieruit volgt de door de sectie scheikunde gewenste positie van titrimetrische gehaltebepalingen binnen het toekomstige bovenbouwprogramma. Op basis van de gewenste positie van titrimetrische gehaltebepalingen wordt naar aanpassingen in het bovenbouwprogramma gezocht om te komen tot een evenwichtiger geheel. Hiermee wordt antwoord gegeven op de tweede onderzoeksvraag.

De derde onderzoeksvraag wordt beantwoord door het in kaart brengen van de behoefte aan nieuw leermateriaal die is voortgekomen uit de aanpassing van het bovenbouwprogramma en door het opstellen van ontwerpprincipes aan de hand waarvan de gewenste leermaterialen moeten worden ontwikkeld. Vervolgens wordt prototype leermateriaal ontwikkeld en getoetst aan de gestelde ontwerpprincipes en andere eisen in het curriculum, waarmee antwoord wordt gegeven op de vierde onderzoeksvraag.

Hoofdstuk 2 Analyse en aanpassing van het bovenbouwprogramma

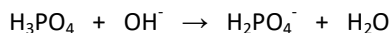
2.1 Titrimetrische gehaltebepalingen en het examenprogramma

Het door leerlingen laten uitvoeren van een cyclus titrimetrische gehaltebepalingen ter voorbereiding op een praktisch schoolexamen, is op de Waerdenborch al sinds meer dan twintig jaar een vast onderdeel in het bovenbouwprogramma. Verschillende gehaltebepalingen op basis van zuur-basetitraties en redoxitraties worden geoefend ter voorbereiding op een praktisch schoolexamen. Tijdens het praktisch schoolexamen voeren leerlingen in duo's twee titrimetrische gehaltebepalingen uit, één op basis van zuur-basetitratie en de andere op basis van redoxtitratie. De motivatie voor het doen van de gehaltebepalingen op basis van zuur-basetitraties, wordt gevonden in het oude examenprogramma van voor het examenjaar 2015 (College voor Examens, 2012 en voorgaande jaren). Voor het uitvoeren van gehaltebepalingen op basis van redoxitraties is in het oude examenprogramma geen directe motivatie gevonden.

Uit vergelijking van de specificaties van het vernieuwde havo examenprogramma (College voor Toetsen en Examens, 2014 en daarop volgende jaren) met de specificaties van het oude examenprogramma (College voor Examens, 2012 en voorgaande jaren), blijkt dat het vakbegrip zuur-base neutralisatie is komen te vervallen en dat het kunnen beschrijven van en rekenen aan zuur-base neutralisaties niet langer van de kandidaat verwacht wordt. In tegenstelling tot de oude specificaties, wordt het begrip titratie in de nieuwe specificaties wel expliciet genoemd als te herkennen en te gebruiken chemisch vakbegrip. Behalve dat titratie mogelijk als vakbegrip in het centraal examen kan voorkomen, wordt binnen de nieuwe specificaties geen verdere context beschreven waarbinnen titratie dan als begrip zou kunnen voorkomen.

De status van het begrip titratie binnen het vernieuwde scheikunde eindexamen kan wellicht het beste worden geduid aan de hand van een deel van een examenvraagstuk over roestoplosser uit het centraal schriftelijk examen binnen het nieuwe programma (Cito, 2015 tijdvak 2):

... Matthijs doet vervolgens 141 mg onverdunde roestoplosser in 10,0 ml water. De verkregen oplossing *titreert* hij met natronloog. De molariteit van de natronloog is 0,108 M. ... Na toevoeging van 8,04 ml natronloog heeft het fosforzuur volledig gereageerd met de natronloog volgens de vergelijking:



3p **38** Bereken het massapercentage fosforzuur in 'HG roestoplosser'. Neem hierbij aan dat fosforzuur het enige zuur is dat tijdens de titratie reageert.

Duidelijk mag zijn dat het een gehaltebepaling betreft aan de hand van een zuur-base titratie. Het vereiste rekenwerk kan worden geschaard onder het type: complexe berekening van een massapercentage waarbij gerekend moet worden met concentraties, molaire massa en een stoichiometrische verhouding uit een gegeven reactievergelijking. Door het begrip neutralisatie te vermijden en de reactievergelijking voor de neutralisatie te geven, past het vraagstuk binnen de specificaties van het nieuwe examenprogramma. Van het begrip titratie wordt, in overeenstemming met de specificaties in de nieuwe syllabus, zonder enige uitleg gebruik gemaakt.

2.2 Herpositionering van titrimetrie in het bovenbouwprogramma

De makkelijkste manier om ruimte te creëren in het vijfde leerjaar, is door de cyclus gehaltebepalingen en het praktisch schoolexamen simpelweg te laten vervallen. Titratie wordt in het nieuwe programma echter nog wel genoemd als te herkennen en te gebruiken chemisch vakbegrip en met slechts een oppervlakkige (theoretische) kennis van vakbegrippen als titratie en natronloog, wordt het beantwoorden van de in de vorige paragraaf beschreven examenvraag een lastige opgave. De beste wijze om leerlingen het principe van titrimetrie en de bijbehorende berekeningen bij te brengen, blijft het door de leerlingen in de praktijk laten uitvoeren en verwerken van een aantal titrimetrische gehaltebepalingen.

Behalve dat binnen de specificaties van het nieuwe examenprogramma nog steeds op titrimetrie gebaseerde examenvraagstukken kunnen worden verwacht, zijn er andere redenen om titrimetrische gehaltebepalingen binnen het bovenbouwprogramma te handhaven. De gehaltebepalingen bieden de mogelijkheid tot veel praktisch laboratoriumwerk, waarbij de nauwkeurigheid van werken wordt gereflecteerd door het verkregen resultaat. Daarnaast worden diverse vaardigheden aangesproken zoals het rekenen aan oplossingen en verdunningen, rekenen aan hoeveelheden stof, het opstellen van reactievergelijkingen en rekenen aan de hand van stoichiometrische verhoudingen.

Met het gebrek aan ruimte in het vijfde leerjaar is het handhaven van de cyclus gehaltebepalingen en het praktisch schoolexamen volgens de sectie scheikunde echter niet mogelijk. Gezien de wijzigingen in het examenprogramma is de noodzaak voor de cyclus gehaltebepalingen ook niet langer aanwezig. De sectie scheikunde is wel van mening dat een aangepaste cyclus titrimetrische gehaltebepalingen een waardevolle bijdrage kan blijven leveren aan het bovenbouwprogramma. Om de benodigde ruimte in het vijfde leerjaar te creëren met behoud van een cyclus titrimetrische gehaltebepalingen, wil de sectie scheikunde een aangepaste cyclus titrimetrische gehaltebepalingen onder brengen in het vierde leerjaar.

2.3 Titrimetrische gehaltebepalingen op projectbasis in 4 HAVO

In bijlage 1 is de planner van het oude bovenbouwprogramma opgenomen. Hieruit blijkt duidelijk dat de tijd die gemoeid is met de cyclus gehaltebepalingen als voorbereiding op het praktisch schoolexamen, maar weinig ruimte overlaat voor de behandeling van de overige onderdelen in het vijfde leerjaar. De voorbereiding op het praktisch schoolexamen, in de vorm van het oefenen van praktische vaardigheden en het uitvoeren en nabespreken van in totaal vijf gehaltebepalingen, is er de oorzaak van dat een relatief groot aantal weken wordt besteed aan zuur-basetheorie en redoxchemie. Er staan veertien weken ingedeeld voor de onderdelen zuur-base theorie en redoxchemie. Voor behandeling van de onderdelen polymeren, chemie van het leven en groenere industrie blijven zodoende maar zeven weken over.

Wat opvalt in de planner van het oude bovenbouwprogramma voor het vierde leerjaar (bijlage 1), is het ontbreken van deelname aan alle vier de projectweken die verspreid over ieder schooljaar worden ingepland. De sectie scheikunde heeft aangegeven, dat tijdens deze projectweken veel van de reguliere lessen komen te vervallen. Door niet te hebben deelgenomen aan deze projectweken, betekende dit voor het vierde leerjaar een hoeveelheid verloren lestijd van soms wel vier weken. Deze vier projectweken bieden een interessante mogelijkheid om een aantal titrimetrische gehaltebepalingen in het vierde leerjaar onder te brengen. Het praktisch schoolexamen zou hierdoor mogelijk te vervangen

zijn door een viertal praktische opdrachten in het vierde leerjaar. Deze praktische opdrachten kunnen onder andere worden ingevuld met een aantal titrimetrische gehaltebepalingen.

Door het vervallen van de voorbereiding op het praktisch schoolexamen en het op projectbasis onderbrengen van een aantal titrimetrische gehaltebepalingen in de projectweken van het vierde leerjaar (a) ontstaat de gewenste ruimte voor de onderdelen polymeren, chemie van het leven en groenere industrie in het vijfde leerjaar, (b) wordt het gebruik van de hoeveelheid beschikbare onderwijstijd in het vierde leerjaar geoptimaliseerd en (c) blijft titrimetrie deel uitmaken van het bovenbouwprogramma.

2.4 Aanpassing van het bovenbouwprogramma

Op basis van het projectmatig onderbrengen van een aantal titrimetrische gehaltebepalingen in het vierde leerjaar en het laten vervallen van het praktisch schoolexamen en de voorbereiding hierop, is een nieuwe planner voor het bovenbouwprogramma opgesteld als opgenomen in bijlage 2. Uit deze nieuwe planning blijkt dat in het vijfde leerjaar het aantal weken voor de behandeling van zuur-basetheorie en redoxchemie is teruggebracht van veertien tot acht weken. Het aantal weken dat besteed wordt aan de onderdelen polymeren, chemie van het leven en groenere industrie is uitgebreid van zeven tot dertien weken. Op deze wijze ontstaat een meer evenwichtige verdeling van de te behandelen onderdelen over de beschikbare tijd in het vijfde leerjaar. Het onderbrengen van titrimetrische gehaltebepalingen in de projectweken (in de planner opgenomen als praktische opdrachten), laat de behandeling van de diverse onderdelen in het vierde leerjaar ongewijzigd. In de planning van het oude bovenbouwprogramma werden de lessen binnen de projectweken niet opgenomen als lestijd, in verband met de te verwachten uitval. In feite is de beschikbare lestijd in het vierde leerjaar op deze wijze met zestien lesuren uitgebreid.

De sectie scheikunde heeft het voorstel overgenomen om ter vervanging van het becijferde praktisch schoolexamen, een viertal te ontwikkelen praktische opdrachten onder te brengen in de projectweken in het vierde leerjaar. Een nader te bepalen aantal van deze praktische opdrachten zal worden ingevuld met titrimetrische gehaltebepalingen uit de voorbereiding op het voormalige praktisch schoolexamen. Voor alle havo-cluster groepen in het vierde leerjaar heeft de sectie scheikunde van de schoolleiding een dagdeel per projectweek toegewezen gekregen om projectmatig onderwijs in onder te brengen. De praktische opdrachten krijgen elk de omvang van een dagdeel en worden becijferd om leerlingen te belonen voor hun inzet en werkhouding. Becijfering van de praktische opdrachten maakt het mogelijk de resultaten op te nemen in het programma van toetsing en afsluiting en mee te laten tellen voor het examencijfer. Hiermee verkrijgen de praktische opdrachten een formele status binnen het examenprogramma, vergelijkbaar met de status van het vervallen praktische schoolexamen.

Hoofdstuk 3 Ontwerpprincipes en ontwerp op hoofdlijnen

3.1 Ontwikkeling van praktische opdrachten voor het vierde leerjaar

Samenvattend kan worden gesteld, dat het ongewijzigd handhaven van een binnen het nieuwe examenprogramma niet langer noodzakelijke cyclus gehaltebepalingen en bijbehorend praktisch schoolexamen, geleid heeft tot een overvol programma. Om meer tijd te kunnen besteden aan de onderdelen polymeren, chemie van het leven en groenere industrie heeft de sectie scheikunde besloten om het praktisch schoolexamen en de voorbereiding hierop te laten vervallen. Ter vervanging van het praktisch schoolexamen worden vier praktische opdrachten ondergebracht in de projectweken in het vierde leerjaar. Een nader te bepalen aantal van deze praktische opdrachten dient te worden ingevuld met titrimetrische gehaltebepalingen uit de voorbereiding op het voormalige praktisch schoolexamen.

Het gebruikte leermateriaal voor de titrimetrische gehaltebepalingen uit het vijfde leerjaar kunnen door de beperkte voorkennis van de leerlingen in het vierde jaar niet direct worden opgenomen als praktische opdrachten. Zuur-basetheorie en redoxchemie worden pas behandeld in het vijfde leerjaar en afhankelijk van de periode waarin de projectweek gepland staat, zal rekening moeten worden gehouden met de vorderingen binnen het vierdejaars programma. Dit betekent dat een aantal vakbegrippen en vaardigheden nodig voor het begrijpen, uitvoeren en verwerken van de titrimetrische gehaltebepalingen, geïntegreerd zal moeten worden in het leermateriaal van de praktische opdrachten. Om het (her)ontwerp van het leermateriaal voor de praktische opdrachten op een systematische manier te benaderen, zijn een aantal inhoudelijke en didactische ontwerpprincipes vastgelegd. Ook is een eerste globale invulling van de praktische opdrachten uitgewerkt.

3.2 Procesmatige, inhoudelijke en didactische ontwerpprincipes

Aansluiting op de examenspecificaties

De sectie scheikunde hecht er groot belang aan dat de praktische opdrachten inhoudelijk goed aansluiten op de in de Havo-syllabus opgenomen examenspecificaties. Daarmee moet worden voorkomen dat het toch al drukke bovenbouwprogramma niet belast wordt met leerstof die buiten de syllabus valt. Het examenprogramma biedt overigens wel ruimte voor het behandelen van vaardigheden en vakbegrippen die buiten de specificaties van de syllabus vallen, of die met meer diepgang worden behandeld dan als gespecificeerd (Carelsen en Seller, 2012). Het is wel belangrijk om hier weloverwogen keuzes in te maken, want deze ruimte kan ook aan andere zaken worden besteed.

Gehaltebepalingen op basis van zuur-basetitraties

De sectie scheikunde heeft de ervaring dat havo-leerlingen veel moeite hebben met het onderdeel zuur-basetheorie. Ter invulling van de praktische opdrachten, krijgen gehaltebepalingen op basis van zuur-basetitratie dan ook de voorkeur. De sectie scheikunde beoogt hiermee de behandeling van zuur-basetheorie over het vierde en vijfde leerjaar te verspreiden. Aan de hand van zuur-basetitraties wordt zodoende een deel van zuur-basetheorie in het vierde leerjaar geïntroduceerd. In het vijfde leerjaar worden de behandelde begrippen herhaald en verder uitgebouwd, waarmee zuur-basetheorie uiteindelijk kan worden afgesloten.

Aanhouden van een doorlopende leerlijn

Om een eenduidig doorlopende leerlijn in de behandeling van zuur-basetheorie te verkrijgen, wordt de vakkennis uit de nova-methode (Lodewijks, de Valk & Kerkstra, 2013) als leidend genomen bij de invulling van de praktische opdrachten. Op deze manier zal in het vijfde leerjaar de verdere behandeling van zuur-basetheorie goed aansluiten op de praktische opdrachten. Om binnen de cyclus van praktische opdrachten zelf een doorlopende leerlijn te verkrijgen, dienen de gehaltebepalingen zo gekozen te worden, dat stap voor stap de vakkennis uit zuur-basetheorie verder wordt uitgebreid en een bepaalde mate van toenemende complexiteit in de uit te voeren gehaltebepalingen wordt ingebouwd.

Context-concept benadering

De Commissie Vernieuwing Scheikundeonderwijs Havo en Vwo (Driessen & Meinema, 2003) heeft in 2003 onder andere voorgesteld om contexten te gebruiken 'als aanzet tot het leren denken in concepten'. Inmiddels is deze context-concept benadering verankerd in het nieuwe examenprogramma. De sectie scheikunde denkt dat het uitvoeren van gehaltebepalingen als overkoepelende activiteit goed aansluit op de gewenste context-concept benadering. De voorkeur van de sectie scheikunde gaat uit naar de uitwerking van de context-concept benadering die door Bruning & Michels (2013) wordt getypeerd als: 'de context centraal'. Dit betekent dat inhoud en inrichting van het leermateriaal volledig bepaald wordt door de gekozen context, in dit geval de overkoepelende activiteit in de vorm van een titrimetrische gehaltebepaling. Door alleen de vakbegrippen op te nemen die noodzakelijk zijn voor het kunnen begrijpen en uitvoeren van de gehaltebepaling, ontstaat een samenhangend geheel waarbinnen alle vakbegrippen betekenis hebben. Het leren binnen een betekenisvol en samenhangend geheel bevordert bij leerlingen de ontwikkeling van consistent georganiseerde conceptuele structuren die uiteindelijk moeten leiden tot het gewenste daadwerkelijke begrip (Von Glasersfeld, 1983; Driver, 1988; Gilbert, Bulte & Pilot, 2010).

Probleemstellende aanpak

Het door de sectie scheikunde gestelde doel om een aantal praktische opdrachten te ontwerpen met het uitvoeren van gehaltebepalingen als overkoepelende activiteit, biedt de mogelijkheid om nieuwe vakkennis te introduceren volgens de 'probleemstellende aanpak' (Klaassen, 1995) of het 'need-to-know principle' (Bulte, Westbroek, de Jong & Pilot, 2006). Om de gehaltebepaling te kunnen voltooien moet de leerling de relevante vakkennis tot zich nemen en moet de leerling zich een aantal praktische vaardigheden eigen maken. Alle benodigde vakbegrippen en praktische vaardigheden worden in het kader van de gehaltebepaling door middel van een aantal leeractiviteiten aan de leerlingen aangeboden. Na het doorlopen van deze voorbereidende leeractiviteiten worden de leerlingen in staat geacht de gehaltebepaling en de verwerking daarvan zelfstandig uit te kunnen voeren. Door enerzijds een afwisseling van theorie en praktijk en anderzijds een taakstellende aanpak, is de verwachting dat het opdoen van vakkennis op een meer gemotiveerde wijze zal plaatsvinden dan als de vakkennis als geïsoleerde feiten worden aangeboden binnen de reguliere lessen.

Samenwerking en zelfstandigheid

Om het gesprek te bevorderen tussen leerlingen over de vakbegrippen, de praktische vaardigheden en de gehaltebepaling, moet het leermateriaal zo ontworpen worden dat er in groepjes van twee of drie leerlingen zelfstandig aan gewerkt kan worden. De leeractiviteiten moeten afwisselend bestaan uit het zelfstandig lezen en verwerken van tekst, het maken van schriftelijke opdrachten en het zelfstandig uitvoeren van een titrimetrische gehaltebepaling en de verwerking daarvan.

Tijdsduur en begeleiding

De tijdsduur van elke praktische opdracht is gebonden aan de door de schoolleiding toegekende hoeveelheid tijd van een dagdeel per praktische opdracht. Elke praktische opdracht dient uitvoerbaar te zijn onder begeleiding van een docent en een technisch onderwijs assistent. De rol van de begeleiders bestaat hierbij uit het opstarten van de activiteiten, het ingaan op individuele vragen, het bewaken van de voortgang en het bijsturen in het geval dat een groepje leerlingen vastloopt.

Beoordeling

Om leerlingen te belonen voor hun inzet en werkhouding worden de praktische opdrachten becijferd. Voor alle uit te voeren schriftelijke opdrachten kunnen de leerlingen een nader te bepalen aantal punten halen. De te behalen punten worden aan de leerlingen duidelijk zichtbaar gemaakt door het aantal punten per opdracht in het leermateriaal te specificeren. Een groot aantal punten wordt vergeven op basis van de verkregen meetresultaten uit de titratie. Dit aantal punten weerspiegelt de nauwkeurigheid waarmee de leerlingen de titratie hebben uitgevoerd. Het aantal te behalen punten voor de verwerking van de verkregen meetresultaten tot een uiteindelijk gehalte is vervolgens onafhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de leerlingen de titratie hebben uitgevoerd.

3.3 Aanwezige voorkennis en vaardigheden

In het derde leerjaar is het principe van de zuur-base titratie als neutralisatie van een zure oplossing met een basische oplossing al aan de orde geweest. De leerlingen zijn twee lessen bezig geweest met het oefenen van praktische vaardigheden zoals het spoelen en op concentratie brengen van pipet en buret, zorgvuldig pipetteren en het aflezen en bedienen van de buret. Vervolgens zijn door de leerlingen zuur-base titraties met broomthymolblauw als indicator uitgevoerd. Neutralisatie van een zure oplossing met een bekende concentratie aan zuur wordt gevolgd door een neutralisatie van een zure oplossing met een onbekende concentratie aan zuur. Door middel van een kruistabel hebben de leerlingen de onbekende concentratie aan zuur berekend in gram per liter.

De voorkennis opgedaan in het vierde leerjaar is gerelateerd aan de periode waarin elke individuele projectweek binnen het schooljaar staat gepland en in hoeverre het bovenbouwprogramma is gevorderd met de gebruikte nova-methode (Lodewijks, de Valk & Kerkstra, 2012). Op basis van de planning voor het vierde leerjaar zijn in tabel 1 de perioden opgenomen waarin de projectweken zijn gepland en de hoofdstukken uit de nova-methode die bij aanvang van deze projectweken behandeld zijn geweest. De projectweken worden elk jaar op dezelfde wijze over het jaar verdeeld en de verwachting is dat deze projectweken in de toekomst op de Waerdenborch gehandhaafd blijven.

projectweek	periode		Behandeld
1	oktober	week 43	H1 Atoombouw H2 Bindingstypen
2	december	week 51	H3 Rekenen aan reacties
3	februari	week 8	H4 Zouten
4	april	week 16	H5 Koolstofverbindingen

Tabel 1: Behandelde hoofdstukken uit de nova-methode bij aanvang van elke projectweek.

Gezien de nog beperkte voorkennis bij aanvang van de eerste projectweek, lijkt een praktische opdracht die bestaat uit een gehaltebepaling waarbij gerekend moet worden met aantallen deeltjes in mol, molaire massa's, concentraties in mol per liter en stoichiometrische verhoudingen, in deze eerste projectweek niet haalbaar. Voornoemde vakkennis en rekenvaardigheden zouden dan, samen met een aantal nieuwe begrippen en reactievergelijkingen uit de zuur-base theorie, binnen minder dan een dagdeel moeten worden geïntroduceerd. De titrimetrische gehaltebepaling en de verwerking van de verkregen meetresultaten zou dan ook nog binnen dit dagdeel moeten plaatsvinden. In verband met de beperkte voorkennis van de leerlingen is voor de eerste projectweek dan ook een invulling gevonden die afwijkt van de oorspronkelijke opdracht waarin wordt uitgegaan van titrimetrische gehaltebepalingen. Aansluitend op het bij aanvang van de eerste projectweek behandelde hoofdstuk over bindingstypen, is er voor gekozen om een praktische opdracht te wijden aan de fysische binding tussen moleculen. De ontwikkeling van het leermateriaal voor deze praktische wordt in deze rapportage niet verder beschreven.

Bij aanvang van de tweede projectweek is hoofdstuk drie, gewijd aan chemisch rekenen, volledig afgerond en getoetst. Vakbegrippen als onder andere het aantal deeltjes in mol en molaire massa zowel als het rekenen met stoichiometrische verhoudingen uit reactievergelijkingen behoort dan tot de voorkennis. Het begrip molariteit is dan nog niet behandeld, maar de behandeling hiervan kan worden opgenomen in het leermateriaal van de praktische opdracht. Vanaf de tweede projectweek lijkt het de sectie scheikunde dan ook realistisch om de projectweken in te gaan vullen met praktische opdrachten op basis van zuur-base titraties.

3.4 Invulling van de praktische opdrachten op hoofdlijnen

Om uit mogelijk geschikte gehaltebepalingen een eerste keuze te maken, is in tabel 2 een overzicht gegeven van de gehaltebepalingen op basis van zuur-base titraties uit het voormalige programma van het vijfde leerjaar. In deze tabel is ook een korte typering van elke opgenomen gehaltebepaling gegeven. De keuze van gehaltebepalingen uit het voormalige vijfdejaars programma is geen criterium maar heeft wel als voordeel dat de gehaltebepalingen zich al bewezen hebben als goed uitvoerbaar voor leerlingen en dat alle benodigheden voor deze gehaltebepalingen binnen de school aanwezig zijn.

gehaltebepaling	typering
waterstofchloride in zoutzuur	eenwaardig sterk zuur (onverdund)
zwavelzuur in een zwavelzuuroplossing	tweewaardig sterk zuur (onverdund)
appelzuur in appelsap	tweewaardig zwak zuur (onverdund)
citroenzuur in citroensap	driewaardig zwak zuur (verdunnen: 10×)
fosforzuur in Cillit Bang	driewaardig zwak zuur (verdunnen: 10×)
ammoniak in ammonia	eenwaardig zwakke base (verdunnen: 20×)

Tabel 2: Gehaltebepalingen op basis van zuur-basetitratie uit het huidige programma van vijfde leerjaar.

Voor de eerste praktische opdracht wordt de bepaling van het gehalte zwavelzuur in een zwavelzuuroplossing het meest geschikt geacht. Door voor zwavelzuur te kiezen, wordt het opstellen van de

ionisatiereactie en neutralisatiereactie beperkt tot het opstellen van aflopende reacties. Hierdoor kan de behandeling van zuur-basetheorie voorlopig beperkt blijven tot de ionisatie en neutralisatie van sterke zuren. De verwachting is dat er dan voldoende tijd is om het begrip molariteit te behandelen en praktische vaardigheden als pipetteren en het gebruik van een buret te herhalen. Omdat zwavelzuur een tweewaardig zuur is, kan uit het door de leerlingen berekende resultaat eenduidig worden opgemaakt of de molverhouding ($\text{H}^+ : \text{H}_2\text{SO}_4 = 1 : 2$) daadwerkelijk is toegepast.

Tijdens de tweede praktische opdracht kan de vakkennis op het gebied van zuur-basetheorie verder worden uitgebreid naar de ionisatie en neutralisatie van zwakke zuren. De gehaltesbepaling die hier goed op aansluit, is de bepaling van het gehalte citroenzuur in citroensap. Aan de hand van de structuurformule van citroenzuur kan ook de carboxygroep als karakteristieke groep worden geïntroduceerd die later in het jaar weer voorbijkomt bij het onderdeel koolstofchemie. De waardigheid van citroenzuur kunnen de leerlingen zelf afleiden aan de hand van het aantal carboxygroepen in de structuurformule van citroenzuur. De noodzaak tot het verdunnen van de te onderzoeken citroensap biedt de kans de leerlingen een verdunning te laten maken met behulp van pipet en maatkolf. Het verdunnen van de te onderzoeken oplossing brengt extra complexiteit met zich mee bij de berekening van het gehalte citroenzuur.

Met de bepaling van het gehalte ammoniak in ammonia kan de vakkennis in de derde praktische opdracht worden uitgebreid naar de reactie tussen een base anders dan het hydroxide-ion en een sterk zuur. Om te oefenen met het opstellen van zuur-base reacties kan de gehaltesbepaling vooraf worden gegaan door een regulier practicum over reacties tussen zuren en basen. Het maken van een verdunning met behulp van pipet en maatkolf is voor de leerlingen bekend uit de vorige praktische opdracht en wordt hier herhaald maar dan met een verdunningsfactor van twintig. Een afwijking in de berekening van het gehalte, en daarmee dus een extra stukje complexiteit, wordt geïntroduceerd doordat de te onderzoeken oplossing zich in de buret bevindt in plaats van in de erlenmeyer. Dit in verband met het gemak waarmee ammoniakmoleculen ontsnappen aan de oplossing doordat het als zwakke base maar in zeer kleine mate is geïoniseerd.

Hoofdstuk 4 Prototype van de eerste titrimetrische gehaltebepaling

4.1 Voorkennis en mental map

De eerste praktische opdracht op basis van titrimetrie heeft de bepaling van het gehalte zwavelzuur in een zwavelzuuroplossing als overkoepelende activiteit. Om de leerdoelen voor deze praktische opdracht te kunnen ontwikkelen, is de voorkennis van de vierdejaars leerlingen in kaart gebracht en is een *mental map* (Gilbert, Bulte & Pilot, 2010) voor de overkoepelende activiteit samengesteld. Door een mental map samen te stellen wordt een overzicht verkregen van de vaardigheden en vakbegrippen die direct gerelateerd zijn aan de uitvoering en verwerking van een centraal gestelde activiteit zoals een gehaltebepaling.

De projectweek waarin de praktische opdracht wordt afgenomen valt volgens de planner na het afronden van hoofdstuk drie uit de nova-methode. Op basis van het programma in de onderbouw en de eerste drie hoofdstukken uit de nova-methode, is een overzicht samengesteld van de voor de gehaltebepaling relevante voorkennis waarover leerlingen beschikken. Dit overzicht is opgenomen als bijlage 3. De ontwikkelde mental map voor de bepaling van het gehalte zwavelzuur in een zwavelzuuroplossing is opgenomen in bijlage 4. Binnen de vaardigheden en vakbegrippen die zijn opgenomen in de mental map wordt onderscheid gemaakt in vaardigheden en vakbegrippen die beschouwd worden als voorkennis, gedeeltelijke voorkennis en vaardigheden en vakbegrippen die nieuw zijn. Met gedeeltelijke voorkennis worden vaardigheden en vakbegrippen bedoeld die gedeeltelijk tot de voorkennis behoren maar nog niet volledig uitontwikkeld zijn. Een voorbeeld hiervan is het maken van een berekening waarbij gebruik moet worden gemaakt van een stoichiometrische verhouding uit een reactievergelijking. Dit soort berekeningen is bij aanvang van de praktische opdracht alleen aan de orde geweest in de context van een te berekenen aantal mol of gram stof maar nog niet in de context van concentraties in mol per liter. Het rekenen met concentraties aan de hand van een stoichiometrische verhouding zal als leerdoel moeten worden opgenomen.

4.2 Van leerdoelen naar leerlingenbundel

Op basis van de vaardigheden en vakbegrippen die in de mental map zijn opgenomen als gedeeltelijke voorkennis of als nieuwe vaardigheden en vakbegrippen, zijn gedetailleerde leerdoelen opgesteld als weergegeven in bijlage 5. De gestelde leerdoelen zijn in een leerlingenbundel omgewerkt tot de leerinhoud voor de praktische opdracht in de vorm van tekst, figuren, oefenopgaven en opdrachten. De leerlingenbundel is opgenomen als bijlage 6 in het supplement.

De leerlingenbundel begint met een inleiding waarin de overkoepelende activiteit kort wordt beschreven. Vervolgens wordt in de inleiding de bij de leerlingen aanwezige voorkennis over zure en basische oplossingen geactiveerd en wordt de stof zwavelzuur geïntroduceerd aan de hand van een aantal eigenschappen en toepassingen. In het tweede deel wordt het begrip molariteit uitgewerkt en wordt het oplossen van een zout aan de hand van een oefenopgave geïntroduceerd. Ook moet in een oefenopgave gerekend worden met ionconcentraties aan de hand van de molariteit van een zout en de stoichiometrische verhouding uit de corresponderende oplosvergelijking.

De benodigde praktische vaardigheden om een titratie uit te voeren, worden in het derde deel beschreven en geoefend. De leerlingen herhalen hier hoe een pipet te spoelen en op concentratie te brengen en vervolgens hoe een nauwkeurige hoeveelheid oplossing te pipetteren. Het prepareren van de buret in de vorm van spoelen, op concentratie brengen en vullen wordt herhaald alsook het aflezen van de buretstand en het bedienen van het buretkraantje. Nauwkeurig druppelen en het aflezen van de buretstand wordt geoefend aan de hand van een opdracht waarin het volume van één druppel bepaald moet worden.

In het vierde deel start de kennismaking met zuur-basetheorie. De karakteristieke deeltjes in zure en basische oplossingen worden besproken en hoe deze deeltjes in oplossing ontstaan. Ionisatie van sterke zuren en de reactie van sterke basen met water wordt aan de hand van voorbeelden toegelicht. In het kader van de zuurgraad, wordt de relatie getoond tussen de pH en de concentratie H^+ en OH^- ionen. Aan het einde van het vierde deel wordt een oefenopgave gegeven waarin de leerlingen moeten rekenen aan concentraties met behulp van de stoichiometrische verhouding van de gegeven ionisatiereactie van zwavelzuur. In het verlengde van het vierde deel wordt in het vijfde deel het principe van de zuur-base titratie besproken. Het zesde en laatste deel bevat de instructies voor de zelfstandig uit te voeren zuur-base titratie en de verwerking van de verkregen meetresultaten.

4.3 Simulatie van een zuur-base titratie

Ter verduidelijking van het principe achter de zuur-base titratie is een simulatie in PowerPoint ontworpen. De individuele dia's waaruit deze simulatie bestaat, zijn opgenomen in bijlage 7. De belangrijkste onderdelen bestaan uit een titratie opstelling en een pH-meter in de vorm van een pH-schaal met wijzer. De erlenmeyer in de titratie opstelling bevat een oplossing van een sterk zuur dat schematisch wordt weergegeven in de vorm van H^+ ionen. De buret is gevuld met natronloog dat wordt weergegeven in de vorm van OH^- ionen. De beginstand van de buret staat links van de buret genoteerd.

Een druppel natronloog wordt vanuit de buret toegevoegd door met een pointer of muis een animatie te starten, waarbij een druppel natronloog zichtbaar wordt en vanuit de buret in de oplossing met het sterke zuur terechtkomt. Vervolgens wordt één van de H^+ ionen geneutraliseerd tot een watermolecuul en de wijzer van de pH-meter schuift een eindje richting een hogere pH-waarde. Volgende druppels kunnen worden toegevoegd door steeds een volgend animatie te starten. Met elke druppel wordt een H^+ ion geneutraliseerd en schuift de wijzer van de pH-meter steeds verder richting een pH-waarde van zeven. De simulatie van de titratie is voltooid als alle H^+ ionen zijn geneutraliseerd en de pH van de oplossing gelijk is geworden aan zeven. Het visueel kunnen bepalen van het omslagpunt wordt gesimuleerd door de verkleuring van de oplossing in de erlenmeyer van geel naar groen bij het neutraliseren van het laatste H^+ ion. De simulatie eindigt met een neutrale oplossing waarvan de kleur is overgegaan van geel naar groen. De eindstand wordt na het bereiken van het omslagpunt links van de buret weergegeven en de pH-meter geeft een pH van zeven aan.

4.4 Lesplan en beoordeling

Gebaseerd op de tijdsduur van een dagdeel is een lesplan voor de praktische opdracht uitgewerkt met daarin opgenomen de activiteiten van de leerlingen en de rol van de begeleiders. In tabel 3 staat het lesplan weergegeven op basis van een dagdeel dat in de ochtend is ingepland, volgens het reguliere rooster van de Waardenborch.

tijd	onderdeel	activiteit leerlingen	activiteit leraar
08.10 - 08.15	- opstart	- luisteren naar de introductie - een partner zoeken	- deelt leerlingenbundel uit - introduceert de opdracht
08.15 - 08.20	- inleiding	- lezen de inleiding	- bewaakt de voortgang - gaat in op vragen - stuurt bij
08.20 - 08.50	- molariteit	- lezen de tekst over molariteit - werken opdracht 1 en 2 uit	
08.50 - 09.40	- praktische vaardigheden	- lezen de tekst over de pipet en de buret - werken opdracht 3 en 4 uit	
09.40 - 10.00	<i>pauze</i>	<i>pauze</i>	<i>pauze</i>
10.00 - 10.30	- inleiding zuren en basen	- lezen de tekst over zuren en basen - werken opdracht 5 uit	- bewaakt de voortgang - gaat in op vragen - stuurt bij
10.30 - 10.40	- zuur-base titratie	- lezen de tekst over zuur-base titratie	
10.40 - 10.50	- simulatie van zuur-base titratie	- kijken/luisteren naar de presentatie	- presenteert de simulatie - gaat in op vragen
10.50 - 11.50	- gehaltebepaling	- werken opdracht 6 uit	- bewaakt de voortgang

Tabel 3: Het lesplan voor de eerste praktische opdracht op basis van een dagdeel in de ochtend.

Na een korte introductie van de docent over wat er van de leerlingen wordt verwacht, gaan de leerlingen in groepjes van twee aan de slag en beginnen met het doorwerken van de leerlingenbundel. De praktische opdracht bestaat uit twee duidelijk van elkaar te onderscheiden fasen: de voorbereiding op de gehaltebepaling en de gehaltebepaling zelf. De inleiding tot en met de simulatie van de zuur-base titratie wordt beschouwd als de voorbereidende fase. Dit is de fase waarin de leerlingen zich de praktische vaardigheden en benodigde vakbegrippen eigen maken om zelfstandig de gehaltebepaling uit te kunnen voeren en de resultaten te kunnen verwerken. Dit is de fase waarin de begeleiders in gaan op vragen van leerlingen en aan de hand van observatie, in geval van eventuele misvattingen, het proces bijsturen. Tijdens de tweede fase voeren de groepjes leerlingen de gehaltebepaling en de verwerking van de verkregen resultaten zelfstandig uit, waarbij de begeleiders alleen nog de voortgang bewaken. De leerlingen worden bij aanvang van de praktische opdracht van deze gang van zaken op de hoogte gebracht. De gegeven tijdsindeling volgens tabel 3 en de corresponderende onderdelen uit de tweede kolom, worden gedurende het gehele dagdeel weergegeven op het beschikbare scherm in het practicumlokaal. Hierbij zijn de gegeven tijden niet bindend maar dienen als richtlijn. Voor de langzamere groepjes is er de mogelijkheid van uitloop tot 12.30.

De leerlingen werken de leerlingenbundel in groepjes van twee door. Daarbij krijgt elke leerling een eigen leerlingenbundel. Binnen een groepje werken de leerlingen samen, maar per individuele leerling moet wel een uitgewerkte leerlingenbundel worden ingeleverd. De beoordeling wordt per groepje gedaan en wordt gebaseerd op de leerlingenbundel waar het minst in staat. Deze werkwijze wordt vooraf aan de leerlingen duidelijk gemaakt. De te behalen punten zijn in de leerlingenbundel opgenomen. Het beoordelingsmodel dat voor deze praktische opdracht is ontwikkeld, is opgenomen als bijlage 8 in het supplement.

Hoofdstuk 5 Evaluatie en aanbevelingen

De in deze rapportage ontwikkelde globale invulling van praktische opdrachten op basis van titrimetrische gehaltebepalingen en het ontworpen leermateriaal zijn ter evaluatie besproken binnen de sectie scheikunde. De belangrijkste bevindingen en aanbevelingen die uit deze bespreking zijn voortgekomen, worden in de hierna volgende paragrafen beschreven. Eventuele opvolging van aanbevelingen en verdere implementatie en evaluatie is aan de sectie scheikunde en valt buiten de gestelde opdracht binnen dit onderzoek van onderwijs.

5.1 Toetsing van de praktische opdracht aan de specificaties uit de havo-syllabus

Om te beoordelen in hoeverre de gestelde leerdoelen in de praktische opdracht aansluiten op de specificaties als omschreven in de havo-syllabus, is overzichtelijk gemaakt welke van de opgestelde leerdoelen toegewezen kunnen worden aan een specificatie in deze syllabus. In bijlage 9 zijn de opgestelde leerdoelen voor de ontwikkelde praktische opdracht opgenomen en al dan niet voorzien van een verwijzing naar een specificatie in de syllabus. Voor referentiemogelijkheden zijn in bijlage 10 de relevante specificaties uit de syllabus overgenomen.

Uit de toewijzing van de specificaties aan de opgestelde leerdoelen blijkt dat 40 van de 52 leerdoelen in dienst staan van één of meer specificaties in de syllabus. Met in dienst staan, wordt bedoeld dat niet ieder opgesteld leerdoel hoeft te leiden tot de directe vervulling van een specificatie, maar hier ook een opmaat toe kan zijn. Zoals verwacht bestaat het overgrote deel van de leerdoelen waaraan geen specificatie kan worden toegewezen, uit leerdoelen die betrekking hebben op vakbegrippen die het principe van de zuur-base titratie inzichtelijk maken. Dit betreft onder andere alle leerdoelen die onder het concept neutralisatie staan ingedeeld en een deel van de leerdoelen die geplaatst zijn onder het concept zuur-base titratie.

Voor wat betreft de ontworpen praktische opdracht geldt dat de leerdoelen die buiten de specificaties vallen in elk geval relevant zijn in het kader van de gehaltebepaling. Verder vormt de gehaltebepaling een activiteit waarbinnen zowel het begrip molariteit alsook een aantal onderdelen uit de zuur-base theorie op een praktische en betekenisvolle wijze kunnen worden geïntroduceerd. Daarnaast biedt de gehaltebepaling de mogelijkheid om binnen een overkoepelende activiteit de leerlingen berekeningen te laten maken met gebruik van stoichiometrische verhoudingen. Als laatste wordt in herinnering gebracht dat het vakbegrip 'titratie' in de havo-syllabus expliciet vermeld staat als te herkennen en te gebruiken vakbegrip. Ook blijkt het mogelijk te zijn, binnen de nieuwe specificaties, een examenopgave op te voeren die in feite een gehaltebepaling aan de hand van een zuur-base titratie omvat. Op basis van bovenstaande argumenten wordt door de sectie scheikunde de conclusie getrokken dat het ontwerp van de praktische opdracht, met of zonder eventuele aanpassingen, een waardevolle bijdrage kan leveren aan de invulling van één van de vier projectweken.

5.2 Probleemstellende aanpak

In de inleiding van de praktische opdracht wordt de leerlingen duidelijk gemaakt dat het gehalte zwavelzuur van een zwavelzuuroplossing moet worden bepaald en dat daar vakkennis en praktische vaardigheden voor nodig zijn. In de delen twee tot en met vijf worden de vakbegrippen en vaardigheden

die daarvoor nodig zijn, zonder verdere verwijzing naar de uiteindelijk uit te voeren gehaltebepaling aangeboden. Deze vakbegrippen en vaardigheden komen pas bij elkaar als de gehaltebepaling in deel zes daadwerkelijk moet worden uitgevoerd. De relevantie van de geïntroduceerde vakkennis en praktische vaardigheden in relatie tot de gehaltebepaling, zal op deze wijze aan de leerlingen voorbij gaan.

Om een meer samenhangend geheel te verkrijgen, wordt de aanbeveling gedaan tot het aanbrengen van een verhaallijn die als rode draad door het leermateriaal loopt en de introductie van nieuwe vaardigheden en vakbegrippen koppelt met de gehaltebepaling. De behandeling van het begrip molariteit kan bijvoorbeeld starten vanuit een verwijzing naar de te onderzoeken zwavelzuuroplossing en de te gebruiken natronloog. De praktische vaardigheden kunnen worden ingeleid aan de hand van de wijze waarop de gehaltebepaling uitgevoerd gaat worden en de introductie van zuur-base theorie kan worden gestart vanuit het gegeven dat de te onderzoeken oplossing een zure oplossing is. De stukjes tekst over zure en basische oplossingen die nu in de inleiding van de leerlingenbundel staan, lijken al heel geschikt om tot een eerste verhaallijn te komen. Deze stukjes tekst kunnen dan ook beter verspreid over de praktische opdracht worden ingezet. Hiermee wordt ook de relatief lange inleiding ingekort tot slechts de introductie van de gehaltebepaling als overkoepelende activiteit.

5.3 Verwerkingsopdrachten

Voor een meer samenhangend geheel moeten ook de verwerkingsopdrachten een duidelijke koppeling hebben met de gehaltebepaling. Het oplossen van het zout aluminiumchloride in de eerste verwerkingsopdracht, is vanuit het oefenen met rekenen aan molariteit begrijpelijk maar vertoont geen enkele relatie met het uitvoeren van de gehaltebepaling. Deze opdracht kan beter worden weggelaten en ter vervanging daarvan kan de tweede opdracht ter verwerking van het begrip molariteit, die uitgaat van natronloog, worden uitgebreid.

De rol van de simulatie van de zuur-base titratie kan ook gewijzigd worden ten behoeve van de aanpassing van de verwerkingsopdrachten. In plaats van het rekenwerk aan een oplossing van zwavelzuur in de vijfde opdracht, kan gelijksoortig rekenwerk worden ondergebracht bij het onderdeel dat is gewijd aan de introductie van de zuur-base titratie. Aan de hand van meetgegevens die voortkomen uit de simulatie worden alle benodigde berekeningen om tot een gehalte te komen doorlopen. Door de simulatie te integreren in de verwerkingsopdracht worden de te oefenen berekeningen direct gekoppeld aan de gehaltebepaling. Door de simulatie beschikbaar te stellen via de elektronische leeromgeving kunnen de leerlingen hierover beschikken op het moment dat ze daar aan toe zijn.

In het kader van de verwerkingsopdrachten wordt als laatste een voorstel gedaan tot aanpassing van de verwerking van de meetresultaten van de uiteindelijke gehaltebepaling. De verwerking van de resultaten door middel van de berekening van het gehalte zwavelzuur, wordt voor de leerlingen nu volgens een soort routeplanner stap voor stap uitgezet. In feite kan er op deze wijze geen onderscheid worden gemaakt tussen de vaststelling dat de leerlingen het principe van de zuur-base titratie werkelijk hebben begrepen of de vaststelling dat ze simpelweg in staat zijn de opeenvolgende rekenvraagjes op te lossen. Het berekenen van het gehalte zwavelzuur kan aan de hand van een minder uitgebreide routeplanner plaatsvinden. De leerlingen zullen zich dan meer moeten verdiepen in het principe van de zuur-base titratie en de bijbehorende berekeningen. Als, zoals boven beschreven, de simulatie wordt geïntegreerd in een verwerkingsopdracht hebben de leerlingen in ieder geval de berekening al eens doorlopen en kunnen op de uitwerking hiervan terugvallen. Ook biedt dit een mogelijkheid tot differentiatie. De

leerlingen die er echt niet uitkomen kunnen tegen inruil van een aantal punten een uitgebreider stappenplan krijgen.

5.4 Context-concept benadering

Het model dat volgens Gilbert (2006) de potentie van de context-concept benadering ten volle benut, is het door hem beschreven model: 'Context gegeven door maatschappelijke omstandigheden'. In het kort houdt dit model in dat de context gebaseerd moet zijn op een activiteit, gekoppeld aan de cultureel-maatschappelijke werkelijkheid van de leerling. Kiezen voor een activiteit impliceert dat het leren primair gebaseerd zal zijn op acties en doordat deze activiteit uit de cultureel-maatschappelijke werkelijkheid afkomstig is heeft deze betekenis voor de leerling.

Voor de praktische opdracht geldt dat het beschouwen van slechts de gehaltebepaling als context waarbinnen zuur-basetheorie wordt geïntroduceerd niet voldoende is. Er moet een koppeling worden gemaakt tussen de gehaltebepaling als activiteit en een herkenbaar cultureel-maatschappelijk kader waarbinnen deze activiteit betekenis krijgt voor de leerlingen. Hierbij kan worden gedacht aan een maatschappelijke instelling als de keuringsdienst van waren of een commercieel bedrijf dat als producent een nader te bepalen zure oplossing op de markt brengt. De onderzochte zwavelzuuroplossing zelf, biedt waarschijnlijk ook maar weinig inspiratie voor de leerlingen. Voor de meeste leerlingen heeft een oplossing van zwavelzuur nog maar weinig of helemaal geen betekenis, waarmee de gehaltebepaling zelf ook een nogal academische aangelegenheid blijft. Dit kan worden aangepast door in de praktische opdracht een gehaltebepaling van een zuur in een herkenbaar huishoudmiddel of voedingsmiddel te laten uitvoeren.

5.5 Invulling van de resterende twee praktische opdrachten

Het ontwerpen van de praktische opdrachten waarbij zuur-base theorie uit de nova-methode als leidend is genomen, behoeft enige bijstelling. Voor de invulling van de resterende twee praktische opdrachten is gekozen voor nog twee gehaltebepalingen op basis van zuur-base titraties. Het achterliggende idee is dat de behandeling van zuur-basetheorie hiermee verder kan worden uitgebreid. Door de nova-methode als leidend te hebben genomen is de invulling van de volgende twee praktische opdrachten gebaseerd op de introductie van zwakke zuren en zwakke basen en verdere verdieping in zuur-base reacties.

In tegenstelling tot het oude examenprogramma ontbreken in het nieuwe examenprogramma specificaties over het onderscheid maken tussen zwakke zuren en basen zowel als voor het opstellen van zuur-base reacties. De reden dat deze onderdelen toch in de nova-methode zijn opgenomen ligt mogelijk in de eerder vermelde vrije ruimte die het examenprogramma biedt voor het behandelen van vaardigheden en vakbegrippen buiten de specificaties van de syllabus. Deze ruimte moet namelijk wel ingevuld worden en dat heeft de nova-methode voor de gebruikers op deze wijze al gedaan. Deze vrije ruimte kan echter ook aan andere vaardigheden en vakkennis worden besteed. In plaats van de nova-methode als leidend te nemen voor de invulling van de praktische opdrachten, wordt aanbevolen om de havo-syllabus als leidend te nemen.

Dit geeft mogelijk een wijziging in het idee dat alle praktische opdrachten in dienst moeten staan van de introductie van zuur-basetheorie. De dagdelen binnen de projectweken zijn schaarse momenten die de kans bieden om gedurende langere tijd aan projectmatig onderwijs te werken. In overweging kan

worden genomen om een andere invulling te geven aan de twee andere praktische opdrachten. Te denken valt aan een onderwerp als chromatografie, dat als vakkennis in de specificaties van het nieuwe examenprogramma expliciet is opgenomen en niet aan de orde komt in de gebruikte nova-methode. De titrimetrische vaardigheden die in de praktische opdracht zijn geoefend, kunnen ook worden gebruikt om onderdelen uit de redoxchemie te introduceren aan de hand van een redoxtitratie. De gehaltesbepaling van citroenzuur in citroensap zou ook mooi binnen het onderdeel koolstofchemie passen als de carboxygroep wordt geïntroduceerd. Deze wijze van verschillende vakkennis introduceren of herhalen binnen wisselende contexten draagt bij aan het gewenste wendbaar toepassen van concepten in verschillende contexten (Driessen & Meinema, 2003) en versterkt de transfer van kennis en vaardigheden (Whitelegg & Parry, 1999).

Literatuur en referenties

- Bulte, A., Westbroek, H., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086.
- Bruning, L., & Michels, B. (2013). Concept-contextvenster. SLO. Stichting Leerplanontwikkeling, Enschede.
- Carelsen, F. & Seller, F. (2012). Handreiking schoolexamen scheikunde havo/vwo (Bij het examenprogramma geldig vanaf schooljaar 2013-2014). SLO. Stichting Leerplanontwikkeling, Enschede.
- Cito, (2015). Examen HAVO 2015 tijdvak 2 woensdag 17 juni 13.30 – 16.30 uur scheikunde. © 2015 Cito, Arnhem.
- College voor Examens vwo, havo, vmbo (2012). Scheikunde havo | Syllabus centraal examen 2014, juni 2012, © 2012 College voor Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.
- College voor Toetsen en Examens (2014). Scheikunde havo | Syllabus centraal examen 2015 (bij het nieuwe examenprogramma) Nader Vastgesteld april 2014, © 2014 College voor Toetsen en Examens, Utrecht.
- Driessen, H. P. W., & Meinema, H. A. (2003). Chemie tussen context en concept. Ontwerpen voor vernieuwing. [Chemistry between context and concept. Design for renewal.]. SLO. Stichting Leerplanontwikkeling, Enschede.
- Driver, R. (1988). Theory into Practice II: A constructivist approach to curriculum development. In Fensham, P.J., (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 133–149). London: Falmer Press.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Gilbert, J.K., Bulte, A.M., Pilot, A. (2010). Concept Development and Transfer in Context-Based Science Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837.
- Glaserfeld, E. von, (1983). ‘Learning as a constructive activity’ in Bergeron, J.C. and Herscovics, N. (Eds) *Proceedings of the Fifth Annual Meeting PME-NA, Montreal, PME-NA*.
- Klaassen, C., (1995). A Problem-Posing Approach to Teaching the Topic of Radioactivity. (Proefschrift), Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Lodewijks, T., de Valk, T., Kerkstra, A. NOVA 4 HAVO scheikunde. Eerste editie, vierde oplage, © 2012 Malmberg, 's-Hertogenbosch.
- Lodewijks, T., de Valk, T., Kerkstra, A. NOVA 5 HAVO scheikunde. Eerste editie, eerste oplage, © 2013 Malmberg, 's-Hertogenbosch.
- Thijs, A., Akker, J. van den, (2009). Leerplan in ontwikkeling. SLO. Stichting Leerplanontwikkeling, Enschede.
- Whitelegg, E., & Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics: meanings, issues and practice. *Phys. Educ.* 34(2).