

Verwachtingen van applets in het scheikunde onderwijs

Leerlingen, Docenten en Ontwerpers

Roemer Pleijsier

Saskia van Orsel

Universiteit van Utrecht Centrum Onderwijs en Leren – start februari 2012

Mei 2013

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Abstract	3
1 Inleiding	4
Probleemstelling	4
Theoretisch kader	5
Onderzoeksvraag en onderzoeksfunctie	8
Verwachting/Hypothese	9
Persoonlijke relevantie	9
Praktische relevantie	9
2 Onderzoeksopzet	9
Pilot	9
Hoofdonderzoek	10
Validatie vragenlijst voor de leerlingen	12
3 Resultaten en Analyse	13
Leerlingen percepties	13
Percepties van docenten	19
Percepties van ontwerpers	19
Analyse: vergelijking van de percepties van de drie actoren	23
4 Conclusie	29
5 Discussie	32
Percepties	32
Variabelen	32
Suggesties voor de praktijk	34
6 Literatuurlijst	35
Bijlage A Docenten	38
Bijlage B Pilot onderzoek	40
Bijlage C Vragenlijst voor de leerlingen	43

Abstract

De toepassing van applets, animaties en computersimulaties in het onderwijs wordt door de snelle technologische ontwikkeling van internet, software programma's en de verbeterde digitale infrastructuur op scholen bevorderd. Voor het vak scheikunde kunnen applets gebruikt worden om scheikundige processen en moleculen te visualiseren en om scheikundige concepten inzichtelijk te maken. In het voortgezet onderwijs in Nederland maken docenten de keuze voor een bepaalde applet. De gebruikte applets vormen geen onderdeel van een bepaalde lesmethode en zijn een aanvulling op het lesmateriaal. De applets zijn ontworpen door commerciële bedrijven of universiteiten (veelal Amerikaanse) waardoor de aansluiting met de leerlingen in het Nederlandse voortgezet onderwijs niet altijd voldoet.

In dit onderzoek is gekeken naar de verwachtingen van ontwerpers en gebruikers van applets. Tevens is onderzocht welke ontwerpvoorwaarden de ontwerpers en welke criteria de docenten en leerlingen belangrijk vinden. Dit is gedaan aan de hand van de volgende variabelen: spelelement, gebruik, visualisatie op microniveau, feedback, presentatie (vormgeving en taal), probleemoplossend vermogen, uitdaging, inzicht in achterliggend concept en leerdoelen en creativiteit. De verwachtingen van ontwerpers en de ontwerpvoorwaarden zijn onderzocht met behulp van literatuurstudie. De percepties van docenten komen uit eerder onderzoek gedaan in het kader van de lerarenopleiding Utrecht. Voor de percepties van leerlingen is in het onderzoek gebruik gemaakt van vragenlijsten en observaties van leerlingen tijdens het gebruik van een applet in de les. Het onderzoek is op twee scholen uitgevoerd in de vwo bovenbouwklassen. Als theoretische kader is het model van Van den Akker (2006) over representaties van curricula gebruikt.

In dit onderzoek blijkt dat ontwerpers, docenten en leerlingen in veel gevallen hetzelfde denken over eigenschappen van applets. Dat is het geval bij de variabelen spelelement, gebruik, feedback, presentatie (taal), probleemoplossend vermogen en inzicht in achterliggend concept en leerdoelen. Ze verschillen in presentatie (vormgeving) en uitdaging. Voor visualisatie op microniveau en creativiteit is door gebrek aan data geen conclusie te trekken.

De intenties die ontwerpers hebben om onderzochte variabelen in de applet te laten terugkomen, wordt bij enkele variabelen ook ervaren door de leerlingen. Dit is zo bij gebruik, visualisatie op microniveau, probleem oplossend vermogen en inzicht. Bij presentatie komen de intentie van de ontwerper en de ervaring van de leerling redelijk overeen. Dit is niet het geval bij spelelement, feedback en uitdaging. Voor de variabele creativiteit ontbrak data om tot een conclusie te komen.

1 Inleiding

Deze studie voor de Universiteit van Utrecht Centrum Onderwijs en Leren onderzoekt de percepties¹ van applets in het scheikunde onderwijs. Een applet is een computerprogramma dat een proces of principe simuleert. In dit onderzoek zijn interactieve applets gebruikt (bijvoorbeeld java-applets). Dit zijn applets waarbij een leerling leert door te spelen met een concept: de leerling vergaart inzicht door te zien wat er zich afspeelt gedurende een chemisch proces als hij specifieke variabelen verandert). Centraal in dit onderzoek is de vraag of de percepties van deze scheikunde applets overeenkomen of verschillen bij ontwerpers van deze applets en de gebruikers van deze applets: docenten en leerlingen.

Het onderzoek richt zich op enkele in het scheikundeonderwijs gebruikte applets. De gebruikte onderzoeksmethodes zijn: literatuurstudie, enquêtes onder leerlingen en een interview met een van de ontwerpers. De resultaten van de docenten worden overgenomen uit het onderzoek van Uijtdewilligen (2013).

Probleemstelling

Scheikunde doet een beroep op het inbeeldingsvermogen van de leerling (Harbacken, 1996). Scheikundige processen en moleculen zijn niet direct zichtbaar te maken. Om deze processen inzichtelijk te maken voor leerlingen, gebruiken scheikunde docenten modellen en practica (Frailich *et al.*, 2007).

De snelle technologische ontwikkeling in internet, en software programma's en de verbeterde digitale infrastructuur op scholen stimuleert de toepassing van applets, animaties en computersimulaties in het onderwijs. Voor het vak scheikunde betekent dit dat computersimulaties en applets mogelijkheden bieden om scheikundige processen en moleculen op een andere wijze zichtbaar te maken en om aan leerlingen scheikundige concepten inzichtelijk te maken. Dit kan onder andere door te spelen met parameters en de effecten daarvan te bestuderen.

Het nut en de beperkingen van klassikale uitleg, practica en modellen is breed onderzocht, maar de toepasbaarheid van computersimulaties en applets is beperkt in kaart gebracht (Wu *et al.*, 2001). Vervolg onderzoek is gedaan naar het gebruik van computersimulaties voor specifieke onderwerpen in het scheikunde onderwijs (Stieff & Wilensky, 2003).

Het aanbod van applets is wisselend; er zijn verschillende applets voor specifieke onderwerpen. Tevens verschilt de mate van interactiviteit. Ontwikkelaars hebben een applet meestal bedacht voor een specifieke doelgroep (Korkmaz en Harwood, 2004). Vaak zijn deze applets en computersimulaties ontworpen door universiteiten voor hun eigen onderwijsaanbod en bestemd voor scheikunde studenten. Voor het middelbaar onderwijs zijn weinig applets, animaties en computersimulaties ontworpen, het is aan de docent om te bepalen of een applet geschikt is voor zijn onderwijs. Hierbij is het van belang dat de docent zorgvuldig selecteert en aandacht heeft voor de integratie in de lessen, het gebruik en de beperkingen (O'Connor, 1997).

De perceptie van leerlingen kan heel anders zijn dan de perceptie van een applet-ontwikkelaar of van een docent. De (Engelse) taal van een applet kan bijvoorbeeld zodanig afleiden dat leerlingen nauwelijks toekomen aan het leren van (nieuwe) scheikundige concepten. Ook gebeurt het dat

¹**Perceptie** betekent *waarneming*. Kort samengevat is perceptie het proces van het verwerven, interpreteren, selecteren en organiseren van zintuiglijke informatie. Schuurman (1984) voegt hieraan toe dat perceptie een registratie is die niet wordt gevolgd door een evaluatie.

leerlingen focussen op de vormgeving in plaats van het concept. Modellen of representaties worden gezien als de werkelijkheid in plaats van een interpretatie van moleculen en chemische processen (Wu *et al* 2001, Falvo 2008, Korkmaz en Harwood 2004).

Theoretisch kader

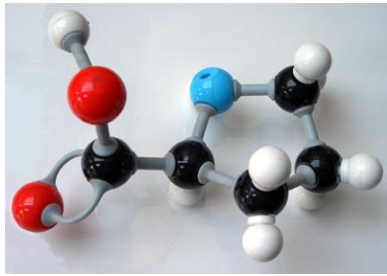
Applets en onderwijs

Het bekijken van dynamische en driedimensionale animaties op microniveau kan studenten aan universiteiten helpen om chemische processen te beschrijven en uit te leggen (Williamson en Abraham, 1995). Meerdere aan elkaar gekoppelde animaties zorgen ervoor dat studenten de interacties tussen moleculen kunnen visualiseren en de achterliggende chemische concepten begrijpen (Kozma *et al.*, 1996 en 2003).

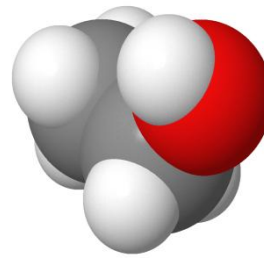
Applets kunnen gebruikt worden om leerlingen bewust te maken van de 3-dimensionale structuur van moleculen met behulp van modellen. In het klassieke onderwijs worden daarvoor molecuulbouwdozen en molecuulmodellen gebruikt. Computersimulaties en applets kunnen complexe moleculen gebouwd worden en alle kanten opgedraaid worden. Functies als roteren, vibreren en het over elkaar schuiven van moleculen kan leerzaam zijn. Het bewegen van de moleculen met behulp van de applet kan het inzicht in symmetrie, stereochemie, puntgroepen en ruimtelijke structuur verhogen (Korzak & Harwood 2004, Copolo & Hounshell, 1995). Animaties worden in het scheikunde onderwijs gebruikt als visualisaties van chemische processen op microniveau. Belangrijk voor ontwerpers van animaties is om te begrijpen hoe studenten en/of leerlingen deze visualisaties interpreteren (Falvo, 2008).

In een studie van Wu *et al.* (2001) is onderzocht hoe middelbare scholieren chemische representaties kunnen begrijpen. Dit is gedaan met behulp van een applet (eChem), waarin een ruimtelijke weergave wordt gegeven van moleculen. Leerlingen bouwen met het computerprogramma zelf moleculen en kunnen deze draaien. Dit programma, "eChem", vertoont een grote gelijkenis met het in de pilot gebruikte MarvinSketch. In deze studie worden drie problemen beschreven die leerlingen tegen komen bij het interpreteren van deze weergaven; het vertalen van de weergaven en bewegingen naar de onderliggende concepten, het interpreteren van beeld naar chemische formules en symbolen en de 3-D beelden omzetten in 2-D representaties en omgekeerd.

Leerlingen leren vaak eerst moleculen tekenen op papier. De meerwaarde van 3-D is de ruimtelijke weergave van de moleculen. Dit is niet altijd duidelijk voor de leerlingen. Zelf draaien van 3-D modellen van moleculen laat duidelijk zien dat bepaalde moleculen gelijk zijn, ook al zien ze er op papier anders uit. Leerlingen die 3-D weergaven van een molecuul begrijpen, hebben een beter begrip van isomeren en polariteit. Leerlingen hebben de voorkeur voor de zogenaamde ball-and-stick weergave (zie figuur 1); ze zien duidelijk de atomen, de bindingen tussen de atomen en de functionele groepen. Een nadeel is dat de ball-and-stick weergave niet de elektronenwolk en relatieve grootte van de atomen laat zien. Zogenaamde space-filling-models geven een weergave waarin de elektronenbinding geen streepje is. Deze modellen geven wel de elektronenwolk en de relatieve grootte van atomen weer (zie figuur 2). Leerlingen vinden deze weergave lastiger te interpreteren.



Figuur 1: ball and stick model (Wikipedia, 2013)



Figuur2: space filling model (Wikipedia, 2013)

In een studie van docenten waarin de visualisatie van 3-D moleculen in applets werd onderzocht, is de conclusie dat in de meeste computerprogramma's de moleculen geheel kunnen draaien, maar niet om hun binding. Dit is een tekortkoming, want er is een verschil in bindingen. Dubbele binding is bijvoorbeeld veel stijver dan enkelvoudige bindingen. Dit is in de meeste applets niet duidelijk te ervaren (Cass, 2005)

In een studie van Ainsworth (2008) is onderzocht op welke niveaus animaties, applets en simulaties van invloed zijn op het leren van leerlingen. Hierin onderscheidt Ainsworth vijf niveaus. Samengevat zijn dit de volgende vijf niveaus: animaties kunnen motiveren (affectiviteit), animaties kunnen een dynamisch proces verhelderen (cognitief en expressief), animaties kunnen een illusie geven van begrip (metacognitief) en animaties kunnen social learning² verbeteren of juist verslechteren (communicatief).

In de Verenigde Staten wordt op universiteiten veelvuldig gebruikt gemaakt van computersimulaties en virtuele laboratoria in het scheikunde onderwijs (zie chemcollective en PhET simulations). In Nederland heeft de Radboud Universiteit de applet "Moleculen in Beweging" ontwikkeld voor het scheikundeonderwijs op HAVO en VWO.

De leerdoelen van verschillende applets zijn divers: het stimuleren van probleemoplossend vermogen en creativiteit (Gokhale, 1996); toepassen van opgedane kennis en begrippen, inzicht in achterliggende concepten (Stieff en Wilensky, 2003); het visualiseren van chemische processen (Falvo, 2008).

Voordelen van computersimulaties, applets en virtuele labs in vergelijking met practica zijn de lage kosten, milieuvriendelijkheid, veiligheid, en de mogelijkheid om thuis uit te voeren en eindeloos te herhalen. Nadelen zijn dat de leerlingen geen laboratorium vaardigheden opdoen en niet leren door praktisch bezig te zijn (Yaron 2000).

In een studie van Finkelstein (2005) is onderzocht of virtuele laboratorium simulaties vervangen kunnen worden door practica in het laboratorium. Hun conclusie is dat computersimulaties ingewikkelde concepten inzichtelijk kunnen maken indien de applet zorgvuldig ontworpen is en toegepast wordt in de juiste leeromgeving.

Naast het gebruik van computersimulaties en applets in de les, kunnen leerlingen thuis oefenen met de computersimulaties en applets (Yaron *et al*, 2000). Hierbij is het krijgen van feedback, uitleg, eenvoudig in gebruik en het geven van hints als de leerling vastlopen belangrijk (Parker en Loudon 2012). Het belang van feedback en het verschil in vormen van feedback wordt beschreven door Korkmaz en Harwood (2004).

Percepties verschillende actoren

²Social learning is het leren door informatie of kennis met anderen uit te wisselen.

In ons onderzoek doen we onderzoek naar percepties van verschillende actoren bij het gebruik van applets in de scheikunde les. Gilbert (2006) en Van den Akker (2008) hebben soortgelijk onderzoek verricht naar de totstandkoming van onderwijscurricula. Zij hebben een model ontwikkeld om het proces, waarbij verschillende actoren een rol spelen, inzichtelijk te maken. Bij dit model spelen de percepties van verschillende actoren een rol.

Van den Akker (2008) deed onderzoek naar de percepties van verschillende actoren die van belang waren bij het ontwerpen van een nieuw schoolcurriculum. Hij onderscheidde drie vormen van representaties van curricula (zie tabel 1). Belangrijk was hierbij het verschil tussen het voorgenomen curriculum, het toegepaste curriculum en het bereikte resultaat van het nieuwe curriculum.

Tabel 1 representaties van curricula

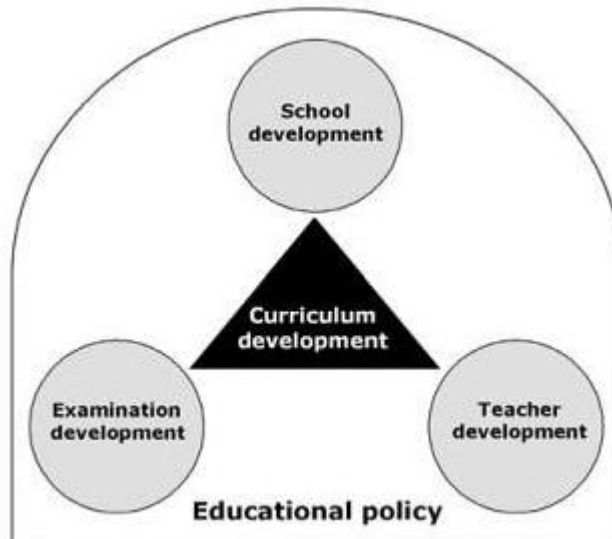
Representaties	Perceptie (abstract)	Perceptie (concreet)
Voorgenomen	<i>Ideaal</i>	Visie
	<i>Formeel/geschreven</i>	Geformuleerde intenties
Toegepast	<i>Ontvangen</i>	Het curriculum geïnterpreteerd door de gebruikers (docenten)
	<i>Operationeel</i>	Het werkelijke proces van lesgeven en leren
Bereikt	<i>Experientiëel</i>	Leerervaringen geïnterpreteerd door de leerlingen
	<i>Geleerd</i>	De resultaten van het geleerde

Bron: Van den Akker (2008), Gilbert (2006)

Voor onderzoek worden drie analytische onderzoek typen beschreven die gebruikt kunnen worden om de verschillende percepties op de drie niveaus te onderzoeken;

1. Substantief; het onderzoek richt zich op welke kennis, toepassingen, inzichten geleerd zouden moeten worden.
2. Technisch-professioneel; het onderzoek richt zich op het verschil tussen intenties, realiteit en resultaten.
3. Sociaal-politiek; het onderzoek richt zich op besluitvorming, waarbij de waarden en interesses van de verschillende actoren centraal staat.

Van den Akker (2006) wijst er op dat een goede curriculumontwikkeling gevormd wordt door een goede harmonie en samenhang tussen de verschillende actoren(zie figuur 3).



Figuur 3 Samenhang systeem.

In het doorgelopen proces van voorgenomen, toegepast en bereikt curriculum, is het gewenst als het ideale beeld precies overeenkomt met het bereikte resultaat. Dit is zelden de realiteit. In alle stappen van het doorlopen proces worden aanpassingen aangebracht. Het ideale curriculum kan te vaag zijn om in de praktijk te realiseren. Ook is verwezenlijking van een ideaalbeeld afhankelijk van de kennis en de vaardigheden van de leerlingen en docenten, de onderwijsachtergrond van de docenten en de hoeveelheid beschikbare geld en tijd. Het formeel geschreven curriculum kan te breed geformuleerd zijn, waardoor er veel ruimte is voor interpretatie door docenten. Het ontvangen curriculum wordt beïnvloedt door afwijkende ideeën van leerlingen en docenten. Het toegepaste curriculum kan kennis, vaardigheden en middelen vragen, waarover docenten en/of leerlingen niet beschikken (Gilbert 2006).

Onderzoeksvraag en onderzoeksfunctie

Onderzoeksvraag

Welke verschillen en overeenkomsten zijn er tussen de percepties over scheikunde-applets bij leerlingen, docenten en ontwerpers?

Deelvragen

1. Wat zijn de verwachtingen van de ontwerpers over de toepassing van de door hun ontwikkelde scheikunde applets?
2. Aan welke eigenschappen voldoen de specifieke applets volgens de ontwerpers?
3. Aan welke eigenschappen moet een applet voldoen volgens scheikunde docenten?
4. Wat is de perceptie van leerlingen van het gebruik van scheikunde-applets in de les?
5. Wat is de perceptie van leerlingen van specifieke applets?
6. Welke overeenkomsten zijn er tussen de percepties over scheikunde-applets bij leerlingen, docenten en ontwikkelaars?
7. Welke verschillen zijn er tussen de percepties over scheikunde-applets bij leerlingen, docenten en ontwikkelaars?

Onderzoeksfunctie

De functie van het onderzoek is het vergelijken van de leerdoelen en ideeën van de applet-ontwikkelaars en de percepties van de gebruikers van deze applets: leerlingen en docenten.

Verwachting/Hypothese

Wij verwachten dat de percepties van de appletontwikkelaars niet altijd overeenkomen met de gebruikers. Appletontwikkelaars gaan uit van de ideale gebruiker en vaak niet van middelbare school leerlingen. De docent zal door ervaring naar een applet kunnen kijken vanuit het perspectief van de leerling en vanuit het perspectief van de ontwikkelaar. Hij vindt de applets vaak te specifiek gericht op universitaire studenten en te veel gericht op het Engelstalige onderwijs. Leerlingen vinden het een leuke werkvorm, maar leren niet altijd de achterliggende scheikundige concepten.

Persoonlijke relevantie

Door onderzoek te doen naar de applet-percepties van de betrokkenen, hopen wij beter inzicht te krijgen in het gebruik van applets in onze scheikundelessen. We zien de potentie van het gebruik van applets. Door de percepties te onderzoeken, kunnen we onze leerdoelen en ideeën van applets beter laten aansluiten bij de kennis en beleving van onze leerlingen.

Praktische relevantie

Door onderzoek te doen naar de applet-percepties van de betrokkenen, hopen wij een bijdrage te leveren aan het optimaliseren van applets en appletgebruik. Door het in kaart brengen van mogelijke discrepanties in de perceptie van de belanghebbenden van applets, kunnen het ontwerp en het gebruik van applets in de toekomst mogelijk beter op elkaar afgestemd worden.

2 Onderzoeksopzet

In ons onderzoek doen wij onderzoek naar verschillende actoren: de makers en gebruikers van scheikunde applets (docenten en leerlingen). Aansluitend op de theorie van (Akker, Goodlad en Gilbert) herkennen we drie vormen van representaties van applets. Elke representatie is toe te kennen aan één actor (zie tabel 2). De applet-maker heeft vanuit een bepaald idee/visie een applet gemaakt (*voorgenomen*). De docent zorgt dat de applet wordt toegepast in een scheikundeles (*toegepast*). De leerlingen zijn de actoren, die de bereikte representatie vertegenwoordigen.

Tabel 2: de drie actoren en de verschillende niveaus van representaties

Actor	Representatie	Perceptie	Concreet
Maker	Voorgenomen	<i>Ideaal</i>	Visie/verwachtingen
		<i>Formeel/geschreven</i>	Geschreven teksten voor gebruik
Docent	Toegepast	<i>Ontvangen</i>	Verwachtingen/leerdoelen
		<i>Operationeel</i>	Instructie/begeleiding
Leerling	Bereikt	<i>Experimentele</i>	Beleving
		<i>Geleerd</i>	Leeropbrengst

Bron: Van den akker (2008), Gilbert (2006), eigen bewerking

In dit onderzoek maken we gebruik van een technisch-professionele analyse. Het onderzoek richt zich op het verschil tussen de intenties, realiteit en resultaten.

Pilot

Voor de start van de hoofdstudie is een pilotonderzoek uitgevoerd op een middelbare school te Arnhem onder leerlingen van 4 VWO. Deze pilotstudie is uitgewerkt in de Bijlage B.

In de pilot studie is de beleving van leerlingen getest tijdens het gebruik van een applet om organische moleculen te tekenen (Marvin sketch). Ze konden chemische formules van atomen toepassen, de covalente bindingen van deze atomen in moleculen herkennen, de 2-D en 3-D weergave van moleculen zien, van de moleculen roteren en de naamgeving van de moleculen opvragen. Dezelfde leerlingen hebben eerder les gekregen m.b.v. animaties en molecuuldozen. Er is aan de leerlingen gevraagd welke percepties ze hadden bij het gebruik van de applet. Dit werd gedaan aan de hand van een enquête en reacties van de leerlingen in de klas. Tevens werd een applet getest met een duidelijk spelelement (Java games).

De leerlingen bekeken en gebruikten de applets in de les. Direct na de les hebben ze een vragenlijst ingevuld. De leerlingen zijn tijdens de les geobserveerd door een observant. De observant was niet de docent van de klas.

In de pilot studie is tevens de perceptie de applet ontwerpers (Marvin Sketch en Java Games) onderzocht. Voor de perceptie van de docenten is de studie van Uijtdewilligen (2013) gebruikt. Voor de perceptie van de ontwikkelaars zijn websites van de gebruikte applets en, indien voor handen, vakliteratuur onderzocht. Tevens zijn de leerdoelen en lesplanning van de docent die de les gaf, gebruikt.

Hoofdonderzoek

Selectie applets

De applets zijn geselecteerd op basis van de onderwerpen die volgens het lesprogramma (PTA) onderwezen moesten worden. Er is gewerkt met de volgende applets:

PhET simulations- polarity

PhET simulations zijn interactieve applets voor natuurkunde, wiskunde, aardrijkskunde, biologie en scheikunde onderwijs op middelbare scholen. De applets zijn ontwikkeld door het PhET team van de Colorado University in Boulder. PhET simulation polarity is ontwikkeld om polaire bindingen, electronegativiteit van atomen en dipoolmoment van moleculen inzichtelijk te maken. In de lessen is de applet gebruikt als aanvulling op de lesmethode Pulsar.

Java games

Java Games is ontwikkeld door "IXL learning". Het is een commercieel bedrijf dat op het web gebaseerde technologie ontwikkeld voor het onderwijs. Het gebruik is gericht op middelbare scholen in de VS. (Quia educational games, 2013). Voor dit onderzoek zijn een aantal spelletjes gebruikt die ontwikkeld zijn om spelenderwijs de namen van simpele alkanen, alkenen en alkynen te leren. Het programma is door ons omgeschreven, zodat het te gebruiken was in de Nederlandse taal.

JME

JME is een chemisch tekenprogramma dat het mogelijk maakt om moleculen en reacties direct in een webpagina te tekenen, te bewerken en te tonen. Het is oorspronkelijk ontwikkeld voor een farmaceutisch bedrijf. Later is het vrijgesteld om door iedereen te kunnen worden gebruikt (Ertl, 2010). In de lessen is het gebruikt om organische moleculen in 2-D te tekenen.

Jmol

Jmol is een chemisch programma, waarmee men moleculen in 3-D kan bekijken. Het is ontwikkeld als een project van OpenScience, dat als doel heeft om wetenschappelijke software gratis door middel van Open Source uit te brengen (Jmol, 2013). In de lessen is Jmol gebruikt om de m.b.v. JME in 2-D getekende moleculen, weer te geven in 3-D.

Moleculen in Beweging

‘Moleculen in Beweging’ is ontwikkeld door het Radboud Universiteit in Nijmegen. Het doel is digitaal lesmateriaal te ontwikkelen voor het scheikunde onderwijs in de bovenbouw. De applet sluit aan bij de bestaande lesmethodes over organische chemie en chemische analysetechnieken. De lesstof die aangeboden wordt in de applet past in het eindexamenprogramma. De applet is gebruikt in het lesprogramma over stereochemie voor 6 VWO.

Selectie respondenten

De onderzoeksgroep voor de percepties van ontwerpers is gekozen uit de producenten van de door ons gebruikte applets in de lessen. De applet ‘Moleculen in Beweging’ van de Radboud Universiteit in Nijmegen is gekozen omdat de applet verspreid is via de NVON en tevens genoemd wordt in het onderzoek van Uijtdewilligen (2013).

De onderzoeksgroep voor het de percepties van leerlingen, zijn de leerlingen in de bovenbouw VWO van twee middelbare scholen in Utrecht en Arnhem.

Variabelen

- Spelelement
- Gebruik (eenvoudig in gebruik zonder instructie of met instructie)
- Visualisatie op microniveau
- Feedback
- Presentatie (vormgeving en taal)
- Probleemoplossend vermogen
- Uitdaging
- Inzicht in achterliggend concept en leerdoelen
- Creativiteit

Onderzoeksmethoden

Literatuurstudie

Literatuurstudie werd verricht door het lezen en onderzoeken van artikelen die te vinden zijn in wetenschappelijke tijdschriften, vakliteratuur en internetpagina’s van applets.

Door middel van het lezen van wetenschappelijke artikelen over het gebruik van applets in het onderwijs hebben wij onze kennis verdiept. Het analyseren van wetenschappelijke artikelen over specifieke animaties, visualisaties en applets die in het scheikunde onderwijs in Nederland gebruikt worden geven een beeld over de begrippen, concepten en leernut.

Resultaten betreffende welke applets gebruikt worden in het scheikunde onderwijs, werden verkregen door het gebruik maken van het PGO-rapport van Uijtdewilligen naar het applet-gebruik onder docenten en door het bestuderen van webpagina’s van de digischool van Kennisnet en de scheikunde wiki van NVON.

Stakeholders analysis

Een deel van het onderzoek is het onderzoeken van de houding/percepties/meningen van de actoren in het scheikunde onderwijs over applets en animaties. Dit zijn de deelvragen 1,2,3,4 en 5.

Om gegevens te verzamelen van de ideeën van ontwikkelaars van applets, is een interview gehouden met dhr. E. de Kleijn (april 2013), één van de ontwerpers van de applet 'Moleculen in Beweging' van de Radboud Universiteit in Nijmegen. Veel applets zijn echter ontworpen door universiteiten in de Verenigde Staten ter ondersteuning van hun studieprogramma. Enkele applets (bijv. scheikundige tekenprogramma's) zijn door commerciële bedrijven in de VS ontworpen. Het is praktisch niet haalbaar gebleken om interviews of enquêtes af te nemen bij ontwerpers in de VS. Enkele van deze ontwerpers zijn gemaïld met een vragenlijst. De respons was echter minimaal en onbruikbaar.

De percepties van deze ontwikkelaars zijn verkregen door literatuuronderzoek. Dit is gebeurd door het lezen van vakliteratuur (zie bijvoorbeeld Yaron *et al.* (2010) over ChemCollective), het analyseren van inleidingen en handleidingen van de applets die door ontwikkelaars geschreven zijn op hun eigen internetpagina's. De gegevens van de PhET-simulation zijn verzameld op de website en in de artikelen die geschreven zijn door het PhET evaluatie team.

De percepties van docenten zijn overgenomen uit een parallel lopende PGO-studie van appletgebruik onder docenten. Dit onderzoek werd verricht door Uijtdewilligen (2013).

De percepties van leerlingen zijn onderzocht door middel van vragenlijsten en observaties. De ondervraagde leerlingen zitten in vier en zes VWO van een middelbare school te Arnhem en in vier VWO van een middelbare school te Utrecht. De leerlingen werden geobserveerd tijdens het werken met de applets door een andere docent dan de docent die les gaf. Bij deze observaties werd gebruik gemaakt van een observatielijst, waarbij gelet werd op het aantal hulpvragen, inhoud van vragen en het gedrag van leerlingen. Een vragenlijst over de applet werd na het gebruik van de applet in de les ingevuld. In totaal zijn leerlingen in vier 4 vwo klassen en één 6 vwo klas onderzocht. In totaal zijn 4 verschillende applets gebruikt. Een voorbeeld van een van de vragenlijsten is gegeven in Bijlage C

Vergelijkend onderzoek

Nadat de percepties van de verschillende actoren beschreven zijn, worden deze geanalyseerd. Het onderzoek richt zich op het vergelijken van de percepties van ontwikkelaars en gebruikers van applets: docenten en leerlingen. De resultaten beantwoorden deelvragen 6 en 7.

Validatie vragenlijst voor de leerlingen

In de vragenlijst staan stellingen die de leerlingen moeten beantwoorden. De antwoorden zijn gesloten en verdeeld volgens een Likertschaal. De vragenlijst is zo opgebouwd dat voor elke variabele twee of drie vragen gesteld zijn. Eén vraag gaat expliciet over het gebruik van de specifieke applet en een andere vraagt expliciet naar wat de leerling belangrijk vindt. Bijvoorbeeld voor de variabele 'gebruik' zijn de volgende twee vragen gesteld:

- *De applet kan ik zonder instructie gebruiken*
- *Ik vind het fijn als ik de applet zelfstandig kan gebruiken*

De validatie van de vragenlijst is uitgevoerd in een 4 vwo klas. De leerlingen kregen de opdracht de vragenlijst in te vullen na het maken van een applet over ijs en zeep (Edinformatics, 2013). Voor het gebruik van de applet hadden zij een instructieblad ontvangen van de docent. In totaal hebben 13 leerlingen de vragenlijst ingevuld. Vragen die niet duidelijk bleken zijn aangepast. Ook zijn vragen verwijderd die slechts een zeer beperkt deel van de Likertschaal beslaan. Tevens is de pilotstudie als validatie gebruikt voor onze onderzoeksmethode naar de percepties van leerlingen.

3 Resultaten en Analyse

Leerlingen percepties

In de vragenlijst staan algemene vragen over applets en vragen over de gebruikte applets in de les. Hieronder zijn de algemene vragen en de scores in tabel 3 weergegeven. De vragen zijn aangepast aan de gebruikte applet in de les. Een voorbeeld is dat de visualisatievragen over 3-D weergave en draaien van moleculen niet bij de Java games gevraagd zijn. Hierdoor verschillen het aantal leerlingen per vraag (zie kolom 'totaal'). De tabel geeft een beeld van wat leerlingen belangrijk en niet belangrijk vinden van een applet. Uit de data van de tabel kunnen de algemene ontwerpvoorwaarden van een applet die leerlingen belangrijk vinden bepaald worden. De vragen behorend bij de variabele inzicht zijn applet-specifiek en zijn dus niet relevant voor deze paragraaf die enkel algemene vragen behandelt.

Tabel 3. Percepties van leerlingen
Algemene vragen

Variabele	Vragen	totaal	helemaal niet	Niet	neutraal	Ja	veel
Spel	Ik vind het belangrijk dat het maken van een applet lijkt op het spelen van een spel	52	5	10	22	12	3
Gebruik	Vind je het fijn dat je de applet zelfstandig kan gebruiken	74	2	9	12	45	6
Visualisatie	Het is fijn dat de moleculen in 3-D zijn weergegeven	11	0	0	1	5	5
	Ik denk dat de afbeelding van de moleculen in de applet lijken op moleculen in de werkelijkheid	72	3	13	28	21	7
	Ik vind het fijn dat ik de moleculen kan bewegen.	29	1	0	2	22	4
	Het draaien van moleculen werkt verhelderend	18	1	0	2	13	2
Feedback	Ik vind het fijn als de applet direct antwoorden geeft op de vragen	45	2	6	9	16	12
	Ik vind het belangrijk dat de applet mijn fouten verbetert	29	0	0	5	23	1
Probleemoplossend vermogen	Ik vind het vervelend als ik eerst moet puzzelen of nadenken om een antwoord te bedenken op de vraag	34	6	14	8	5	1
	Ik vind het fijn als ik verschillende mogelijkheden kan proberen	29	0	2	6	18	3
Uitdaging	Ik vind het belangrijk dat de applet me uitdaagt	61	7	20	20	13	1
Inzicht	Ik vind het belangrijk dat de applet me iets leert	43	1	4	10	22	6
Creativiteit	Ik vind het fijn dat ik zelf	43	2	1	14	19	7

	moleculen kan bouwen						
--	----------------------	--	--	--	--	--	--

Bron: scores vragenlijsten

Bijna alle leerlingen vinden het fijn als ze de applet zonder instructie, dus zelfstandig kunnen gebruiken. Hierbij vinden leerlingen het belangrijk feedback te krijgen. Zonder feedback blijven ze onzeker/ worden ze onzeker of ze het wel goed doen. Bij onzekerheid daalt de motivatie om de applet te gebruiken. Positieve feedback zorgt juist voor een stijging van de motivatie de applet verder te gebruiken. De leerlingen vinden de 3-D weergaven en het zelf bewegen van moleculen fijn en verhelderend.

Leerlingen vinden het fijn als ze zelf verschillende mogelijkheden kunnen uitproberen en zelf kunnen creëren (zie creativiteit en probleemoplossend vermogen).

De percepties van de leerlingen per specifieke applet staan per variabele hieronder uitgeschreven. Hierin is de data verwerkt van de vragenlijsten, observaties door de observant en extra gestelde vragen tijdens het gebruik van de applet door de leerlingen in de klas.

- Spelelement

Tabel 4. Percepties leerlingen voor de variabele spel per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
Het werken met de applet lijkt op het spelen van een spelletje	JME/Jmol	43	2	11	19	9	2
	Java games	34	1	4	3	22	4
	PhET simulations	18	1	3	7	7	0

Bron: scores vragenlijsten

Java games: de leerlingen hebben spelplezier. Ze vinden de spelletjes een beetje simpel en zijn zich niet echt bewust van het feit dat ze de namen van alkanen/ alkenen en alkynen kunnen leren met behulp van de spelletjes. Toch zijn ze er bijna allemaal druk mee bezig. Slechts 2 leerlingen zijn er snel op uitgekeken en vinden dat ze klaar zijn. Dit beeld wordt bevestigd door de resultaten uit de pilot-studie (zie bijlage B).

JME-JMOL: enkele leerlingen spelen met het tekenen van moleculen en bouwen de meest vreemde, reusachtige, moleculen. Ze proberen uit wat allemaal kan en hoe ze verschillende kleuren in hun 3D-molecuul kunnen krijgen.

PhET simulations: de applet "polariteit" lijkt volgens bijna de helft van de leerlingen op een spel. Tijdens de observatie blijkt dat ze plezier hebben in het draaien van de moleculen en het kiezen uit de verschillende mogelijkheden.

"Moleculen in Beweging" heeft twee spelletjes: galgje en een scheikunde quiz. 3 van de 11 leerlingen hebben dit gespeeld, ondanks dat de docent hier niet op gewezen heeft en het niet in de instructie stond. Voor deze leerlingen droeg het positief bij aan hun beoordeling van de applet.

- Gebruik (eenvoudig in gebruik zonder instructie of met instructie)

Tabel 5. Percepties leerlingen voor de variabele gebruik per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	Niet	neutraal	ja	Heel veel
De applet kan ik	JME/Jmol	43	0	2	12	23	6

zonder instructie gebruiken							
	Java games	34	0	0	2	22	10
	PhET simulations	18	0	5	3	8	2
	Moleculen in Beweging	11	1	0	0	5	5

Bron: scores vragenlijsten

Alle gebruikte applets zijn eenvoudig in het gebruik en leerlingen vinden dit belangrijk (zie tabellen 3 en 5). Bij alle applets hebben de docenten een instructie met opdrachten gegeven aan de leerlingen. De applets gebruikt tijdens de validatie en pilot-studie blijken ook gebruiksvriendelijk.

Tijdens het gebruik van de applets hebben zeer weinig leerlingen opstartproblemen en hulpvragen gehad over gebruik. Alle animaties en 3-D weergaven blijken te werken.

- Visualisatie op microniveau

Uit Tabel 3 blijkt dat leerlingen het fijn vinden als moleculen 3-D zijn weergegeven en als ze zelf het molecuul kunnen bewegen.

Tabel 6. Percepties leerlingen voor de visualisatie op microniveau per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
De applet geeft een goed beeld hoe moleculen eruit zien in 3-D	JME/Jmol	34	0	0	4	22	17
De applet geeft me een idee hoe polariteit eruit ziet op molecuulniveau	PhET simulations	18	0	4	5	9	0
Door de 3D weergave van de moleculen begrijp ik spiegelbeeld-isomerie	Moleculen in Beweging	11	0	0	2	9	0

Bron: scores vragenlijsten

De leerlingen zijn zeer positief over de ruimtelijke weergave van de applets (tabel 6).

Observaties:

Bij applet JME/Jmol kijken veel leerlingen enkel naar het verschil in aantal H-atomen, maar begrijpen niet dat ze ook moeten letten op het ruimtelijke verschil tussen ethaan, etheen (vlak), ethyn (lijn). Ruimtelijk inzicht in de molecuul structuur blijkt ook moeilijk voor de leerlingen die de polariteit applet gebruiken (PhET). Leerlingen vinden het leuk om een molecuul in 3-D te zien maar begrijpen niet direct waar ze op moeten letten (zie ook het kopje inzicht).

Voor de leerlingen uit 6 VWO die hebben gewerkt met 'Moleculen in Beweging' geldt dat ze stereo-isomerie beter begrijpen door het draaien van de moleculen en de 3-D afbeeldingen. Het mechanisme van de substitutiereactie vinden ze begrijpelijk en duidelijk door de ruimtelijk bewegende weergave. Deze 6 vwo leerlingen hadden veel voorkennis en zoeken vooral naar de bevestiging van de theorie die ze al kennen.

- Feedback

Leerlingen vinden het fijn als ze snel feedback krijgen en dat hun fouten direct verbeterd worden (zie tabel 3). Uit de observaties in de appletlessen blijkt dat de leerlingen veel overleggen over de inhoud van de applet. Ze laten elkaar de getekende moleculen zien of laten het draaien van de moleculen zien. Ze bespreken met elkaar wat ze zien.

Tabel 7. Percepties leerlingen voor de variabele feedback per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
De applet geeft me aanwijzingen om te komen tot het goede antwoord	Java games	34	4	15	7	5	3
	PhET simulations	18	1	6	7	4	0
	Moleculen in Beweging	11	0	5	6	0	0

Bron: scores vragenlijsten

Leerlingen krijgen bij JME-Jmol geen feedback van de applet. Deze feedback komt van de docent of andere leerlingen. De meeste leerlingen willen weten of ze het goed doen, dus komen ze met vragen. De Java games geeft wel aan of het juiste antwoord is ingevoerd. Hier zijn ook geen vragen van de leerlingen.

De applet “Moleculen in Beweging” geeft veel uitleg en stelt vragen aan de leerlingen. Leerlingen willengraag feedback op hun antwoorden. Vragen in de tekst of een quiz of een opdracht wordt door leerlingen fijn gevonden als zij direct feedback op hun antwoorden krijgen. De applet voldoet volgens de leerlingen hier niet aan.

- Presentatie (vormgeving en taal)

Zowel in de pilot, als in de validatie vinden de leerlingen het gebruikte Engels in de applets moeilijk. Voor ons onderzoek hebben we applets gebruikt zonder tekst (tekenprogramma en PhET polariteit) of de tekst vertaald (Java games) of een Nederlandse applet gebruikt. In de vragenlijst wordt bevestigd dat de leerlingen de taal van de gebruikte applets niet moeilijk vinden.

Van de vier geteste applets in 4 klassen zijn in tabel 8 de resultaten betreffende presentatie samengevoegd.

Tabel 8. Percepties leerlingen voor de variabele presentatie per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	Niet	neutraal	ja	Heel veel
De taal van de applet is moeilijk te begrijpen	JME/Jmol	43	12	24	5	2	0
	Java Games	34	15	16	1	2	1
	PhET	18	1	9	4	4	0
	Moleculen	11	2	1	5	3	0
De applet ziet er mooi uit	JME/Jmol	43	2	1	9	20	11
	Java Games	34	3	5	17	8	1
	PhET	18	1	0	7	7	3
	Moleculen	11	0	4	2	4	1

Bron: scores vragenlijsten

De vormgeving van een applet wordt erg verschillend beoordeeld door de leerlingen. De meeste leerlingen vinden de applet JME/Jmol er mooi uit zien. Tijdens de observaties blijkt dat leerlingen het erg leuk vinden dat hun getekende structuur in 3-D wordt weergegeven. Ook PhET scoort relatief goed op vormgeving.

De vormgeving van de applet “Moleculen in Beweging” krijgt een minder hoge score. De waardering is in balans: 4 van de 11 leerlingen zouden de vormgeving willen veranderen en 4 vinden de vormgeving wel mooi.

De vormgeving van Java Games wordt ook neutraal gewaardeerd.

- Probleemoplossend vermogen

Tabel 9. Percepties leerlingen voor de variabele probleemoplossend vermogen per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
Ik weet het antwoord niet meteen maar ik moet eerst puzzelen of het aan mijn buur vragen	Java games	34	2	10	15	7	0
	PhET simulations	18	0	4	5	9	0
Ik kan bij deze applet veel verschillende mogelijkheden proberen	JME/Jmol	43	0	2	5	22	14
	Java games	34	3	5	9	16	1
	PhET simulations	18	0	1	6	11	0
	Moleculen	11	0	0	0	7	4

Bron: scores vragenlijsten

Bij “Moleculen in Beweging” zoeken leerlingen bij de uitleg van een substitutiereactie naar verschillen tussen twee naast elkaar gelegen animaties. Doordat de animaties en plaatjes naast elkaar liggen, worden leerlingen gestimuleerd om actief te zoeken naar de verschillen en overeenkomsten. Dit soort actieve stimuli worden gemist tijdens het lezen van grote stukken tekst met uitleg. De leerlingen willen meer vragen in de tekst, zodat ze worden geprikkeld gedurende het lezen van de uitleg.

Bij Javagames moeten de leerlingen wel een beetje puzzelen om de spelletjes op te lossen, maar het is meer trial and error (bijvoorbeeld memory) dan dat de leerlingen actief nadenken over de namen van alkanen. Dit blijkt ook enigszins uit tabel 9. Een aantal leerlingen vindt dat ze eerst moeten puzzelen, voordat ze het probleem oplossen. Een groter aantal vindt echter van niet.

Bij PhET simulations vindt duidelijk een groter aantal leerlingen dat ze eerst goed moeten nadenken en puzzelen bij een vraag dan het aantal leerlingen dat het niet hoeft te doen.

JME-Jmol heeft geen ingebouwde vragen en dus is deze variabele niet relevant voor deze applet.

- Uitdaging

Uit tabel 3 blijkt dat de leerlingen het wel prettig vinden als een applet ze uitdaagt. Leerlingen vinden over het algemeen dat de gebruikte applet hen niet uitdaagt (tabel 10).

Tabel 10. Percepties leerlingen voor de variabele uitdaging per specifieke applet

Vragen	Applet	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
De applet daagt me uit	JME/Jmol	43	10	17	14	1	1
	Java Games	34	5	11	11	4	3
	PhET	18	3	10	4	0	1
	Moleculen	11	0	1	4	5	1
Deze applet is moeilijk vergeleken met de opgaven in het boek	JME/Jmol	43	13	19	10	1	0
	Java Games	34	7	15	9	3	0
	PhET	18	0	8	8	2	0
	Moleculen	11	3	1	6	0	1
De stereoquiz is eenvoudig	Moleculen	11	0	0	6	5	0

Bron: scores vragenlijsten

De leerlingen van 6 vwo vinden de applet “Moleculen in Beweging” wel uitdagend. De opgaven van de applet vinden de leerlingen echter niet moeilijk of neutraal vergeleken met het boek. De stereoquiz in ‘Moleculen in Beweging’ op het einde van de uitleg vinden de leerlingen eenvoudig. Ze zijn 40 minuten bezig geweest. Meerdere leerlingen hadden 2 fouten van de 7 vragen.

Over de opdrachten van JME-Jmol zijn redelijk wat vragen. Het is voor de leerlingen best een uitdaging de opdrachten te maken. Maar dit zijn externe vragen die niet bij de applet horen en door de docent zijn bedacht. De leerlingen zijn minstens 30 minuten bezig met deze applet.

Tijdens het maken van de PhET-applet zijn de leerlingen goed bezig. Ze hebben 20 tot 30 minuten aan de applet gewerkt. De instructie gaf aan dat de leerlingen aan de hand van de applet de polariteit van minstens 3 moleculen moesten onderzoeken. Ze hebben er meer dan 3 gedaan. Dit geeft aan dat ze niet snel uitgekeken waren op de applet.

- Inzicht in achterliggend concept en leerdoelen

In de vragenlijsten werd naar meerdere concepten gevraagd. Hiermee komen de leerresultaten in beeld.

Tabel 11. Percepties leerlingen voor de variabele inzicht per specifieke applet

Applet	Vragen	Totaal	Helemaal niet	niet	neutraal	ja	Heel veel
JME/Jmol	Door de applet heb ik geleerd dat de ruimtelijke structuur van alkanen en alkenen verschilt.	43	2	10	6	24	1
	De applet geeft me een idee hoe cyclische alkanen eruit zien	43	1	0	15	20	7
Java Games	Door de applet heb ik veel geleerd over de naamgeving van organische moleculen	34	4	13	11	5	1
PhET	Door de applet begrijp ik elektronegativiteit	18	1	3	6	8	0
	De applet leert me niets van polaire bindingen	18	2	9	5	2	0
	De applet helpt om te begrijpen wat een dipool is	18	1	10	2	5	0
Moleculen	Door applet begrijp ik stereo isomerie	11	0	0	3	6	2
	Door de applet begrijp ik racemische mengsel	11	0	1	5	5	0

Bron: scores vragenlijsten

De lessen waarin applets gebruikt zijn, sluiten aan bij het lesprogramma. De meeste leerlingen hebben voorkennis over de in de applets behandelde onderwerpen. Dat dit belangrijk is blijkt uit de observaties: in de 4 vwo klas die de applet polariteit gebruikte, bleek dat de leerlingen die de les over polaire bindingen gemist hadden, geen idee hadden wat ze moesten zien en doen.

De PhET simulations applet leert het herkennen van een polaire binding en het begrip elektronegativiteit. De ruimtelijke structuur die nodig is voor het herkennen van een dipoolmoment, werd door veel leerlingen niet begrepen. Ze vragen wat ze eigenlijk moeten zien.

Bij de Java games spelen de meeste leerlingen het spelletje op de “trial and error” manier; er zijn niet veel leerlingen die gericht de juiste molecuulformule koppelen aan de juiste naam van de organische moleculen.

In het algemeen geven leerlingen aan dat ze meer inzicht hebben verworven door het gebruik van applet (tabel 11).

- Creativiteit

Bij het gebruik van het tekenprogramma JME werd snel duidelijk dat de creativiteit van leerlingen werd geprikkeld. De leerlingen kunnen met deze applet alle organische moleculen tekenen die ze willen. Er is ruimte voor creatieve uitspattingen, middels het tekenen van moleculen. Veel leerlingen proberen even uit om rare grote moleculen te maken, voordat ze terugkeren naar de instructie. Enkele leerlingen gaan er langer mee door en maken mooie vormen en kleuren, bijvoorbeeld een molecuul in de vorm van een hondje. 1 leerling probeert het molecuul zodanig groot te maken dat na laden Jmol zal crashen. Vergelijkbare observaties werden in de pilot gemaakt bij het tekenprogramma MarvinSketch (zie pilot).

Percepties van docenten

De percepties van docenten zijn te vinden in bijlage A

Percepties van ontwerpers

De achtergronden van de ontwerpers van de in deze studie gebruikte applets zijn hieronder kort beschreven per specifieke applet.

JME molecular editor (tekenprogramma voor chemici) is ontwikkeld door Peter Ertl³ (molinspiration cheminformatics, 2013). JME is aangepast door het farmaceutische bedrijf Novartis.

Jmol is een online Java programma waarin chemische structuren 3D kunnen worden weergegeven (Jmol, 2013). De ontwerpers zijn wetenschappers van het project OpenScience (zie selectie applets). Ohio state University Department of Chemistry and Biochemistry koppelde JME aan het Jmol voor hun universitaire onderwijsprogramma. Hierdoor kunnen leerlingen zelf gemaakte 2-D tekeningen van moleculen weergeven in 3-D (Ohio university, 2013).

Java Games is ontwikkeld door het bedrijf Quia. De ontwerpers van Java Games hebben platforms ontwikkeld, waarmee docenten hun eigen applets kunnen maken, toegespitst op het eigen vakgebied en het niveau van de leerlingen. (Quia Educational Games, 2013, e-mailverkeer Quia support team).

PhET simulation is ontworpen door het digitale onderwijs team van de Colorado University at Boulder. Onder PhET simulations zijn vele applets voor het beta-onderwijs ontworpen, geëvalueerd en verbeterd. De ontwerpers richten zich op het voorgezet onderwijs in de VS. De applets zijn ontworpen in Java. Ze zijn gratis te downloaden

De applet ‘Moleculen in Beweging’ is ontwikkeld aan de Radboud Universiteit Nijmegen en in 2005 online en op CD-ROM uitgebracht. Bij de ontwikkeling waren bio-informatica experts en scheikunde docenten betrokken. De applet is gericht op 5 havo, 5 en 6 vwo leerlingen. De applet is gratis te downloaden.

³ Het ontwerp van het computerprogramma JME was onderdeel van zijn PhD voor Comenius University Bratislava.

Hieronder is per variabele de ontwerpvoorwaarden van de ontwerpers van de vier gebruikte applets beschreven.

Spelelement

JME/Jmol heeft geen spelelement (zie websites). Spelelement is voor de ontwerpers geen ontwerpvoorwaarde.

De ontwerpers van Java Games hebben hun applets zo ontworpen dat je al spelenderwijs leert. Het spelelement is een belangrijke ontwerpvoorwaarde (Quia, 2013).

PhET simulations heeft bij het ontwerp veel aandacht voor presentatie en hoopt dat gebruikers hun applets “fun” en “enjoyable” vinden. Het PhET team promoot hun applets met uitspraken als “leerlingen die enthousiast de hele les spelen” (Wieman, 2008). Ze benadrukken echter dat: “*Most students do not have the necessary drive to spend time playing with a science simulation (they're fun, but not that fun) on their own time unless there is a direct motivation such as their grade*” (PhET, 2013). ‘Moleculen in Beweging’ van het Radboud Universiteit heeft niet bewust nagedacht over het toevoegen van spelelement in het programma. In de applet is spelelement afwezig. De twee kleine spelletjes (galgje en een scheikundequiz) die toegevoegd zijn, hebben geen functie in de applet zelf. Ze zijn een extraatje (pers. com. de Kleijn, 2013).

Gebruik (eenvoudig in gebruik; zonder instructie of met instructie)

Het gebruik van JME is ontworpen om structuurformules van (organische) moleculen te kunnen tekenen voor webpagina's. De ontwerper gaat er van uit dat de gebruiker het programma zelfstandig kan (leren) gebruiken; de gebruiker gaat op zoek naar eventuele aanwijzingen op de webpagina of hij maakt gebruik van de helpfunctie. Jmol is ontworpen om in de klas, tijdens een congres of voor een webpagina een molecuul of reactieschema in 3-D te kunnen weergeven. Dit kunnen eenvoudige of complexe moleculen zijn. De moleculen op het scherm kunnen draaien, vibreren en er kan in- of uitgezoomd worden. De Ohio-University heeft een link naar een instructieblad met vragen voor hun eerste jaar studenten (Ohio University, 2013).

Java games is een web-tool om leermiddelen online te zetten. Het is zo opgezet dat iedere docent eenvoudig de aangeboden digitale leermiddelen kan gebruiken en kan veranderen. Docenten kunnen tevens zelf leermiddelen erop zetten die hun leerlingen weer kunnen gebruiken.

PhET simulations verwijst in hun webpagina naar de docentenhandleiding waarin tips en adviezen worden gegeven over het gebruik van de applets in de lessen en als huiswerk. In de artikelen van de het PhET team worden meerdere lesmethodes beschreven waarin een applet van PhET effectief gebruikt kan worden (PhET website link docenten of research). De PhET simulations werken het beste als ze ingebouwd zijn in een docent begeleidend les vorm, waar de leerlingen wel vragen mogen stellen, maar niet echt gestuurd worden (Wieman et al., 2010).

Voor ‘Moleculen in Beweging’ geldt dat de applet zelfstandig zonder instructie en begeleiding van docenten gebruikt kan worden. Het is ontwikkeld om in de les en thuis te gebruiken. De applet heeft een gestructureerde opbouw en bevat veel uitleg. Het doel is dat de applet een op zich zelf staande vervanging is voor het hoofdstuk stereochemie in het schoolboek. Een voordeel van de applet is dat de werkvorm gesloten is, waardoor het gebruik niet snel uitmondt in spelerei, zoals het gevaar is bij het gebruik van molecuuldozen (pers. com. de Kleijn, 2013)

Visualisatie op microniveau

JME en Jmol zijn beide specifiek ontworpen voor visualisatie van moleculen op het internet. JME is ontworpen om eenvoudig moleculen en reacties te tekenen, te bewerken en te tonen in 2-D (Ertl, 2010). Jmol heeft als hoofddoel het inzichtelijk maken van moleculen in 3-D (Jmol, 2013)

Java Games is niet ontworpen voor visualisatie (op microniveau).

PhET simulations “polarity” is juist gemaakt met het idee om te tonen hoe het concept polariteit zichtbaar is op microniveau (“visuele weergaven om het onzichtbare zichtbaar te maken”) Wieman *et al.*, 2008b. Polariteit wordt uitgelegd aan de hand van het bewegen van moleculen in een elektrisch veld.

Visualisatie van moleculen is voor de ontwerpers van ‘Moleculen in Beweging’ het hoofddoel van de applet. In een boek en op het bord in de klas zijn de moleculen plat, terwijl voor organische chemie juist de ruimtelijke structuur belangrijk is. Het doel is om de ruimtelijke structuren van moleculen inzichtelijk te maken voor de leerlingen. De animaties waarin moleculen 3-D zijn weergegeven en het zelf bewegen van moleculen werkt volgens de ontwerper verhelderend (pers. com. E. de Kleijn, 2013).

Feedback

JME en Jmol geven geen feedback. Of de moleculen die de leerlingen zelf tekenen werkelijk bestaan en/of mogelijk zijn, wordt niet duidelijk middels feedback.

Javagames zijn voor een groot deel ontworpen door docenten. De applet matching/flashcard/concentration/word search geeft een positieve feedback in de vorm van een ster als je zonder fouten het spel goed gespeeld hebt. De antwoorden kan je opvragen, nadat je het spel gespeeld hebt (Quia Educational Games, 2013).

Bij PhET simulation “polarity” is er geen echte feedback. Wel draait het programma zelf een polair molecuul in de juiste richting in een elektrisch veld, als de leerling dit niet goed doet. Het PhET-team ontwikkeld in hun applets feedback waarbij het zelf uitproberen en ontdekken van het goede antwoord centraal staat.

Voor ‘Moleculen in Beweging’ geldt dat er de ontwerpers niet te snel het antwoord op een vraag wilden weggeven. Er is van te voren niet nagedacht over hoe de vragen het beste gesteld kunnen worden en hoe hierop feedback gegeven kan worden. Het didactische deel van de applet is onderbelicht gebleven (pers. com. E. de Kleijn, 2013).

Presentatie (vormgeving en taal)

Voor alle vier de applets geldt dat de vormgeving in dienst staat tot het gebruik en het aantrekkelijk maken van de applet.

Bij Jmol, Java Games en PhET simulations is het mogelijk om de taal van applet te veranderen. JME en Jmol zijn vooral functionele programma’s om mee te werken. Er wordt weinig gebruik gemaakt van taal.

Bij ‘Moleculen in Beweging’ is weinig op de presentatie opgelet. De kleuren en de taal zijn overgenomen uit de bestaande lesmethodes (pers.com. E.de Kleijn, 2013)

Probleemoplossend vermogen

JME/Jmol zijn geen programma’s die zijn ontwikkeld om leerlingen iets te leren. Er zijn geen opdrachten ingebouwd. Deze variabele is niet van toepassing op JME en Jmol.

Bij de Java games is niet echt sprake van probleemoplossend vermogen. Er zijn 2 strategieën: de regels van naamgeving van alkanen goed leren en de applet bewust maken als test of er op een trial and error manier doorheen gaan en (hopelijk) al spelende leren.

PhET simulations vindt probleemoplossend vermogen belangrijk. De applets zijn interactief en zijn gericht op het ontdekken. Bij alle applets van PhET is nagedacht over het oproepen van vragen, nieuwsgierig maken en zelf het antwoord ontdekken (Wieman *et al.*, 2008).

Bij 'Moleculen in Beweging' is het zelf oplossen van problemen een belangrijk onderwerp geweest tijdens de ontwerpfase. Leerlingen moesten worden aangezet tot nadenken en puzzelen.

Uitdaging

JME/Jmol zijn geen programma's die zijn ontwikkeld om leerlingen uit te dagen. Deze variabele is niet van toepassing op JME en Jmol.

PhET simulations ontwerpers hebben uitdaging omschreven als een van de belangrijkste functies van hun applets (Wieman *et al.*, 2008).

Bij het ontwikkelen van 'Moleculen in Beweging' is rekening gehouden met differentiatie voor leerlingen. De applet is zo opgebouwd dat de leerlingen met verschillende snelheid door de applet kunnen scrollen. Op deze manier geeft de applet de mogelijkheid om de basisstof te herhalen, maar geeft ook ruimte aan verdieping van de lesstof.

De Java games zijn te simpel om een echte uitdaging te zijn. Als toetsing van kennis zijn ze wel leuk, maar niet diepgaand.

Inzicht in achterliggend concept en leerdoelen.

JME/Jmol heeft als doel; het bouwen/tekenen van moleculen en reactievergelijkingen. Hierbij kan stereo-isomerie, ruimtelijk weergave van moleculen en covalenties inzichtelijk gemaakt worden (website Ohio University). Het instructie blad met vragen ontworpen door de Ohio University heeft als doel om door middel van het gebruik van de applet JME/Jmol stereo-isomerie. Het niveau is gericht op eerste jaar studenten en niet op middelbare scholieren (University Ohio, 2013).

De in het onderzoek gebruikte applet van Java Games is gericht op kennisoverdracht en niet op inzicht of toepassen van concepten.

PhET simulations beschrijft bij elke applet de leerdoelen. De gebruikte applet in het onderzoek had volgens PhET de volgende leerdoelen: Voorspellen van polaire bindingen met behulp van electronegativiteit, polariteit kunnen weergeven met pijlen of ladingsverschillen in één molecuul kunnen weergeven, atoombindingen ordenen aan de hand van polariteit en het voorspellen van dipolen in moleculen met behulp van polaire bindingen en molecuul vorm.

'Moleculen in Beweging' heeft als hoofddoel het inzichtelijk maken van stereo-isomerie (pers.com. E. de Kleijn, 2013).

Creativiteit

Geen van de ontwerpers noemt creativiteit.

Analyse: vergelijking van de percepties van de drie actoren

Bij de analyse is het van belang onderscheid te maken tussen ontwerpers die applets ontwerpen voor het onderwijs en de ontwerpers die applets ontwikkelen voor andere sectoren. PhET simulations, 'Moleculen in Beweging' en Java games zijn ontworpen voor het onderwijs. JME en Jmol worden veel gebruikt in het onderwijs maar zijn niet specifiek ontwikkeld voor het onderwijs.

Spel

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'spel' zijn weergegeven in tabel 12. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'spel' hechten en de spelervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 13.

Tabel 12: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'spel'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
Is het belangrijk dat de applet lijkt op een spel?	Niet belangrijk (2 van de 4)	Niet belangrijk (6 van de 9)	Neutraal ($\sigma=1,02$) (22 van de 52)

Tabel 13: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'spel'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
Lijkt de applet op een spel?	Ontwerpers	Niet belangrijk	Erg belangrijk	Niet belangrijk	Niet belangrijk
	Leerlingen	Neutraal ($\sigma=0,91$) (19 van 43)	Ja ($\sigma=0,97$) (22 van 34)	Neutraal ($\sigma=0,88$) (7 van 18)	-----
Overeenkomst		+/-	+	+/-	n.v.t.

Spelelement is voor docenten en ontwerpers niet van belang; voor leerlingen slechts ten dele. Java games vormt hierop een uitzondering. Dit komt terug in de manier waarop leerlingen de applets ervaren. In de applets van de ontwerpers die 'spel' niet belangrijk vinden, ervaren de leerlingen ook niet echt een spelelement. Bij Java-games komt de ervaring van de leerlingen goed overeen met de intentie van de ontwerper. De leerlingen ervaren wel een spelelement.

Gebruik

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'gebruik' is weergegeven in tabel 14. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'gebruik' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 15.

Tabel 14: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'gebruik'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
Vind je het belangrijk dat de applet zelfstandig uit te voeren is	Heel belangrijk (4 van de 4)	Belangrijk – heel belangrijk (7 van de 9)	Belangrijk ($\sigma=0,99$) (45 van de 74)

Tabel 15: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'gebruik'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
Is de applet zonder instructie te gebruiken?	Ontwerpers	Belangrijk	-----	Heel belangrijk	Heel belangrijk
	Leerlingen	Ja ($\sigma=0,78$) (23 van de 43)	Ja ($\sigma=0,59$) (22 van de 34)	Ja ($\sigma=1,18$) (8 van de 18)	Ja – heel erg ($\sigma=0,89$) (10 van de 11)
Overeenkomst		++	nvt	+	++

Docenten, leerlingen en ontwerpers vinden allen dat een applet zelfstandig gebruikt moet kunnen worden (tabel 14). Veel ontwerpers gebruiken bekende computerprogramma's en iconen zodat de leerlingen direct aan de slag kunnen zonder het lezen van een handleiding of een hulppagina. De door ons gebruikte applets kennen weinig opstartproblemen en de meeste vragen van leerlingen betreffen visualisatie, feedback en inzicht. PhET en de Ohio University, die JME/Jmol gebruikt, benadrukken dat de leeropbrengst verbeterd wordt als er een goede instructie gegeven wordt. De door ons gebruikte applets voldoen allen aan de ontwerpvoorwaarde dat ze zelfstandig gebruikt kunnen worden (tabel 15). De ervaring van de leerlingen komt goed tot zeer goed overeen met de intentie van de ontwerpers.

Visualisatie op microniveau

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'visualisatie' is weergegeven in tabel 12. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'visualisatie' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 17.

Tabel 16: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'visualisatie'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
Visualisatie op microniveau	Heel belangrijk (3 van de 4)	-----	Belangrijk (zie tabel 3)

Tabel 17: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'visualisatie'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
De applet geeft een "goede" 3-D weergave	Ontwerpers	Heel belangrijk	Niet belangrijk	Belangrijk	Heel belangrijk
	Leerlingen	Heel veel ($\sigma=0,70$) (22 van de 43)	n.v.t.	Ja ($\sigma=1,08$) (9 van de 18)	Ja ($\sigma=0,67$) (9 van de 11)
Overeenkomst		++	n.v.t.	++	+

Ontwerpers en leerlingen vinden visualisatie van chemische begrippen respectievelijk heel belangrijk en belangrijk (tabel 16). Leerlingen vinden het prettig dat een duidelijk model of afbeelding een concept inzichtelijk maakt. Leraren zijn niet gevraagd naar deze variabele (Uijtdewilligen, 2013). De drie applets die ontwikkeld zijn om moleculen en chemische concepten te visualiseren (allen minus Java Games) worden positief beoordeeld door de leerlingen (tabel 17). De meeste leerlingen geven aan dat ze meer inzicht verworven hebben door het gebruik van de applet. De ervaring van de leerlingen komt goed tot zeer goed overeen met de intentie van de ontwerpers.

Feedback

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'feedback' is weergegeven in tabel 18. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'feedback' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 19.

Tabel 18: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'feedback'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
Het geven van feedback door de applet is belangrijk	Belangrijk (2 van de 4)	Belangrijk – heel belangrijk (8 van de 9)	Belangrijk ($\sigma=0,97$) (39 van de 74)

Tabel 19: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'feedback'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
Geeft de applet	Ontwerpers	Niet belangrijk	Belangrijk	Erg belangrijk	Belangrijk

feedback op de antwoorden van de leerlingen?	Leerlingen	Niet (observatie)	Niet ($\sigma=1,21$) (12 van de 34)	Neutraal $\sigma=0,88$ (7 van de 18)	Ja ($\sigma=0$) (11 van de 11)
Overeenkomst		++	--	-	++

Alle actoren vinden het krijgen van feedback in een applet belangrijk. De meningen over de vorm van de feedback zijn echter minder eenduidig. Leerlingen willen graag snel en duidelijke antwoorden op hun vragen. Docenten en ontwerpers laten de leerlingen liever even spartelen, waardoor de leerlingen gedwongen worden actief na te denken en de leeropbrengst hoger is (pers. com. E. de Kleijn, A. Mooldijk, 2013).

In de applets JME/Jmol en 'Moleculen in Beweging', ervaren de leerlingen de feedback hetzelfde als de intentie van de ontwerpers. Bij 'Java Games' en 'PhET' ervaren de leerlingen de feedback niet zoals de ontwerpers bedoeld hebben.

Presentatie

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'presentatie' is weergegeven in tabel 20. De variabele is onderverdeeld in taal en vormgeving. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'presentatie' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 21.

Tabel 20: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'presentatie'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
De taal van de applet moet begrijpelijk zijn	Belangrijk (3 van de 4)	Belangrijk – erg belangrijk (7 van de 10)	Belangrijk (observatie)
De taal van de applet moet vakdidactisch kloppen.	Erg belangrijk (3 van de 4)	Erg belangrijk (7 van de 9)	---
De vormgeving van de applet is belangrijk.	Neutraal	Belangrijk (5 van de 10)	Neutraal (observatie)

Alle actoren vinden het belangrijk dat de taal begrijpelijk is. Docenten en ontwerpers hechten veel belang aan het vakdidactische taalgebruik (tabel 20). Tijdens de observaties en vragen in de pilot en validatie bleek dat leerlingen snel afhaken als het taalgebruik te moeilijk is. Engels wordt door leerlingen moeilijk gevonden.

Voor de ontwerpers is vormgeving belangrijk als dit het gebruik en de aantrekkelijkheid van de applet vergroot. Docenten vinden de vormgeving belangrijk. Hierbij is voor docenten van belang dat de plaatjes/tekst/visualisaties vakdidactisch kloppen. Visueel ingestelde leerlingen vinden vormgeving belangrijk en blijken tijdens de observaties vaak opmerkingen te maken over kleur en opmaak. Toch wennen de meeste leerlingen snel aan een opmaak en vinden de vormgeving vaak neutraal (tabel 21). De ontwerpers van JME/Jmol zijn de enigen die vormgeving van de applet belangrijk vinden en ook daadwerkelijk een applet hebben gemaakt die door de leerlingen als mooi wordt ervaren. De overeenkomst van de intentie van de ontwerpers van 'Moleculen in Beweging' komt ook goed overeen met de ervaring van de leerlingen, maar de intentie was dan ook neutraal.

Tabel 21: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'presentatie'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
De applet is begrijpelijk	Ontwerpers	Belangrijk	Belangrijk	Belangrijk	Belangrijk
	Leerlingen	Begrijpelijk ($\sigma=0,76$) (24 van de 43)	Begrijpelijk ($\sigma=0,84$) (16 van de 34)	Neutraal ($\sigma=1,08$) (9 van de 18)	Neutraal ($\sigma=1,04$) (5 van de 11)
Overeenkomst		++	++	+/-	+/-
De applet is	Ontwerpers	Heel belangrijk	-----	Heel belangrijk	Neutraal

mooi	Leerlingen	Ja ($\sigma=0,99$) (20 van de 43)	Neutraal ($\sigma=0,92$) (17 van de 34)	Neutraal-ja ($\sigma=0,96$) (14 van de 18)	Verdeeld (4 ja, 4 nee, 2 neutraal)
Overeenkomst		+	n.v.t.	+/-	++

Begrijpelijke taal is een van de ontwerpvoorwaarden van de applet ontwikkelaars (tabel 20 en 21). Bij 2 van de 4 onderzochte applets is het gelukt deze intentie te verwezenlijken. De leerlingen ervaren het taalgebruik van JME/Jmol en 'Java games' als begrijpelijk. Bij de applets 'PhET' en 'Moleculen in Beweging' wordt de taal door de leerlingen als neutraal gekenmerkt (niet begrijpelijk, niet onbegrijpelijk). Bij navraag bij 'Moleculen in Beweging' blijkt dat de leerlingen vinden dat de applet zich kenmerkt door veel, dicht op elkaar geschreven, tekst.

Probleemoplossend vermogen.

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'probleemoplossend vermogen' is weergegeven in tabel 22. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'probleemoplossend vermogen' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 23.

Tabel 22: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'probleemoplossend vermogen'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
De leerlingen worden gestimuleerd om na te denken/ moeten even puzzelen	Belangrijk (2) Andere 2 geen gegevens	Belangrijk (5 van de 7)	Niet vervelend ($\sigma= 1,12$) (14 van de 34)
Het is belangrijk om verschillende mogelijkheden te proberen	Belangrijk (2) Andere 2 geen gegevens	Neutraal (4 van de 8)	Belangrijk ($\sigma= 0,69$) (18 van de 29)

De applets die ontworpen zijn voor het onderwijs zijn gericht op het stimuleren van leren. De ontwerpers van 'PhET simulations' en 'Moleculen in Beweging' hebben in hun ontwerp gelet op leerstrategieën van leerlingen. Docenten vinden het ook belangrijk dat de applet aanzet tot nadenken en een meerwaarde heeft ten opzicht van een animatie. Leerlingen vinden het fijn als ze verschillende mogelijkheden kunnen uitproberen en even moeten puzzelen.

Tabel 23: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'probleemoplossend vermogen'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
De applet stimuleert probleemoplossend vermogen	Ontwerpers	-----	-----	heel belangrijk	heel belangrijk
	Leerlingen (zie tabel 9)	Ja ($\sigma=0,79$) (22 van de 43)	Neutraal ($\sigma=0,86$) (15 van de 34)	Ja ($\sigma=0,75$) (11 van de 18)	Ja ($\sigma=0,60$) (7 van de 11)
Overeenkomst		n.v.t.	n.v.t.	+	+

De intentie van de ontwerpers (heel belangrijk) en de manier waarop leerlingen het probleemoplossend vermogen ervaren in de applets 'PhET' en 'Moleculen in Beweging' komt goed overeen (zie tabel 23).

Uitdaging

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'uitdaging' is weergegeven in tabel 24. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'uitdaging' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 25.

Tabel 24: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'uitdaging'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
--	------------	----------	------------

Uitdaging	Belangrijk (2 van de 4)	Belangrijk (7 van de 9)	Neutraal -Niet belangrijk ($\sigma=1,00$) (40 van 61)
-----------	----------------------------	----------------------------	---

Docenten vinden het belangrijk dat de applet de leerlingen uitdaagt en de ontwerpers van de twee applets die geschreven zijn voor het onderwijs delen deze mening. Leerlingen vinden het zelf veel minder van belang of ze uitgedaagd worden (tabel 24). Docenten vinden het tevens belangrijk dat de leerlingen actief geprikkeld worden door de applet (differentiatie). De applet 'Moleculen in Beweging' voorziet hierin. Dit spreekt ook uit de ervaring van de leerlingen (tabel 25).). Voor de ontwerpers was differentiatie één van de ontwerpvoorwaarden.

Tabel 25: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'uitdaging'

Vraag	Actoren	JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
De applet is uitdagend	Ontwerpers	neutraal	neutraal	heel belangrijk	heel belangrijk
	Leerlingen	Nee ($\sigma=0,93$) (17 van de 43)	Niet-neutraal ($\sigma=1,14$) (22 van de 34)	Neutraal ($\sigma=0,94$) (10 van de 18)	Ja ($\sigma=0,90$) (5 van de 11)
Overeenkomst		+/-	+	-	+

Leerlingen vinden de andere applets niet uitdagend, zie tabel 25, maar uit de observaties blijkt dat leerlingen de opgaven bij de applet toch vaak lastig vinden.

Inzicht

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'inzicht' is weergegeven in tabel 26. Het belang dat de ontwerpers van de specifieke applets aan 'inzicht' hechten en de ervaring die de leerlingen hebben tijdens het gebruik van de applet, zijn weergegeven in tabel 27.

Tabel 26: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'inzicht'

Vraag	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
De applet moet de leerling inzicht geven in zijn/haar begrip van de stof.	Belangrijk (4 van de 4)	Belangrijk (6 van de 8)	Belangrijk ($\sigma=0,98$) (22 van de 43)

Het hoofddoel van de inzet van applets in het onderwijs is om concepten en processen inzichtelijk te maken. Ontwerpers en docenten vinden het (dus) belangrijk dat applets de leerling inzicht geven. Ook de leerlingen vinden het verwerven van inzicht belangrijk (tabel 26).

Tabel 27: overeenkomst ontwerpers en leerlingen m.b.t. applets en variabele 'inzicht'

Vraag		JME/Jmol	Java games	PhET, polarity	Moleculen
Geeft de applet inzicht in de lesstof	Ontwerpers	Belangrijk	Neutraal	heel belangrijk	heel belangrijk
	Leerlingen (zie tabel 11)	Ja ($\sigma=1,22$) (24 van de 43)	Niet ($\sigma=1,14$) (13 van 34)	Ja ($\sigma=1,08$) (9 van de 18)	Ja ($\sigma=0,85$) (6 van de 11)
Overeenkomst		++	+/-	+	+

Drie van de vier applets geven de leerlingen inzicht in een concept en worden als meerwaarde gezien (tabel 27). Java games is vooral gericht op kennisoverdracht, niet op inzicht en toepassing. Leerlingen vinden dat ze weinig geleerd hebben van de Java Games. De andere drie applets worden door de leerlingen positief geëvalueerd op het verwerven van inzicht. Ze komen overeen met de intentie van de ontwerpers. Echter niet alle leerdoelen van docenten en ontwerpers zijn gehaald.

De leerdoelen van PhET zijn geëvalueerd met behulp van de vragenlijst. Polaire bindingen en electronegativiteit zijn volgens de leerlingen inzichtelijk gemaakt. PhET simulations verwacht dat

leerlingen het begrip 'dipool' kunnen toepassen na het werken met de applet. Dit blijkt in de praktijk lastig te zijn voor de leerlingen. Na het werken met de applet en de vragenlijst is er een toetsvraag gemaakt over het dipoolmoment van een symmetrisch molecuul (het molecuul was precies hetzelfde als in de applet). Driekwart van de leerlingen beantwoordt de vraag fout. Pas na het klassikaal bekijken van de applet, waarin de docent uitleg geeft, begrijpen de leerlingen 'dipoolmoment' en het belang van de ruimtelijke structuur.

Het interpreteren van ruimtelijke structuren is lastig voor leerlingen (zie variabele visualisatie). In 6 vwo vinden leerlingen het belang van stereo-isomeren bij substitutiereacties moeilijk en ze begrijpen niet geheel wat ze moeten zien in de applet 'Moleculen in Beweging'.

Docenten geven aan dat ze het belangrijk vinden dat de applet binnen het lesprogramma past en binnen de context van de behandelende stof (Uijtdewilligen 2013).

Creativiteit

De percepties van de actoren met betrekking tot de variabele 'inzicht' is weergegeven in tabel 28.

Tabel 28: percepties van de drie actoren m.b.t. variabele 'inzicht'

	Ontwerpers	Docenten	Leerlingen
Creativiteit	Geen aandacht voor (4 van de 4)	Niet gevraagd	Belangrijk ($\sigma=1,14$) (19 van de 43)

Ontwerpers hebben geen aandacht voor het stimuleren van de creativiteit van leerlingen middels het gebruik van een applet. In de lessen werd waargenomen dat tekenprogramma's de creativiteit van leerlingen stimuleert. Veel leerlingen vinden dit ook belangrijk (tabel 28).

4 Conclusie

Het belangrijkste doel van het inzetten van applets in het onderwijs door docenten is het verduidelijken van achterliggende concepten en processen. Of leerlingen leren van de applet blijft een continu evaluatiepunt. Zonder voorkennis/ inpassing en begeleiding zal de applet voor de leerling vooral een afwisselende lesvorm zijn en minder leeropbrengst hebben. Uit observaties van appletlessen is naar voren gekomen dat instructie en het inbedden van een applet in een groter lesplan van essentieel belang zijn. Leerlingen hebben bij voorkeur al enige voorkennis van het concept, anders begrijpen ze (wellicht) niet hoe ze visualisaties aan een concept of inzicht moeten koppelen. Ze zien visualisaties en denken, "OK, gezien". Pas als een koppeling wordt gemaakt met een concept, werkt de visualisatie verhelderend. Dit komt ook naar voren in een studie van Adams et al. (2010).

In het onderzoek zijn 7 deelvragen onderzocht.

1. Wat zijn de verwachtingen van de ontwerpers over de toepassing van de door hun ontwikkelde scheikunde applets?

De ontwerpers van drie van de vier gebruikte applets in het onderzoek verwachten dat de applets molecuulstructuren en reactiemechanismen inzichtelijk maken door middel van ruimtelijke weergave. Het doel van deze applets is gericht op het verkrijgen van inzicht in chemische processen.

De ontwerpers verwachten dat hun applets leerlingen stimuleren om actief bezig te zijn met de lesstof en op deze wijze inzicht verwerven in achterliggende concepten.

2. Aan welke eigenschappen voldoen de specifieke applets volgens de ontwerpers?

Ontwerpers ontwikkelen applets met als belangrijkste ontwerpvoorwaarde: zelfstandig gebruik door de gebruiker, snel en eenvoudig te downloaden, begrijpelijke taal en aantrekkelijke vormgeving. Feedback geven is voor de appletontwerpers van PhET-team en 'Moleculen in Beweging' belangrijk. Zij bouwen in hun applets een vorm van feedback in waarbij de leerling zelf door uit proberen het goede antwoord ontdekt. Java games geeft complimenten aan de leerlingen als zij een spel zonder fouten gespeeld hebben.

3. Aan welke eigenschappen moet een applet voldoen volgens scheikunde docenten?

Uijtdewilligen (2013) heeft de eigenschappen waaraan de applets volgens scheikundedocenten moeten voldoen, geïnventariseerd. Hieruit zijn de volgende criteria opgesteld voor het ontwerp van scheikunde applets:

- De context van de applet past binnen het te behandelen onderwerp.
- De applet daagt de leerling uit.
- De applet gebruikt begrijpelijke taal.
- De applet gebruikt correcte vakdidactische taal.
- De plaatjes die gebruikt worden zijn duidelijk en tonen een duidelijk verband.
- De applet moet de leerling inzicht geven in zijn/haar begrip van de stof
- De leerlingen moeten de applet zelfstandig kunnen begrijpen en gebruiken.
- De applet geeft feedback aan de leerlingen over hun voortgang met de applet en hun begrip van de stof.
- De applet verplicht leerlingen na te denken over de antwoorden die ze geven.

4. Wat is de perceptie van leerlingen van het gebruik van scheikunde-applets in de les?

Leerlingen vinden het fijn als de applet zonder instructie gebruikt kan worden. Leerlingen willen graag snel beginnen. Ze willen feedback op de vragen die de applet hun stelt of oproept. Leerlingen willen veel mogelijkheden kunnen uitproberen. Interactiviteit van een applet wordt zeer op prijs gesteld. Of de applet lijkt op het spelen van de spel en spelenderwijs leren vinden leerlingen bij het gebruik van de applet in de klas niet belangrijk. Leerlingen willen vooral door het gebruik van de applet meer inzicht verwerven in het thema van de les. Hierin wordt de visualisatie van de moleculen in 3-D inzichtelijk gevonden. De taal van de applet moet begrijpelijk zijn. De vormgeving van een applet is niet heel belangrijk voor leerlingen. Ze zijn hierin neutraal. Ook staan leerlingen neutraal tegenover het probleemoplossende vermogen van een applet en veel leerlingen vinden dat ze niet echt uitgedaagd hoeven te worden door de applet.

5. Wat is de perceptie van leerlingen van specifieke applets?

De specifieke applets die gebruikt zijn in ons onderzoek blijken goed te scoren op gebruik, visualisatie op microniveau, presentatie en inzicht. Echter de leerlingen vinden de feedback en uitdaging van de gebruikte applets niet goed. Leerlingen overleggen veel over de inhoud van de applet en stellen elkaar vragen die ze dan met behulp van de applet of docent proberen op te lossen. Het spelelement vinden leerlingen niet echt belangrijk en dat de applet Java Games lijkt op een spel heeft voor hen geen meerwaarde. Leerlingen vinden het fijn om even te moeten puzzelen. De applets 'Moleculen in Beweging', JME/Jmol en PhET voldoen hieraan volgens de leerlingen. De leerlingen kunnen hun creativiteit kwijt in de applets, waarmee moleculen getekend en gevisualiseerd kunnen worden. Dit wordt erg gewaardeerd door de leerlingen. De in het onderzoek gebruikte applets scoren bij de leerlingen slecht op uitdaging.

6. & 7. Welke overeenkomsten en verschillen zijn er tussen de percepties over scheikunde-applets bij leerlingen, docenten en ontwikkelaars?

Spelelement

De meeste ontwerpers vinden spelelement niet belangrijk. Docenten vinden het spelelement van een applet zelfs helemaal niet belangrijk. Leerlingen staan er neutraal tegenover. De ervaring van leerlingen van het spelgebruik komt in het geval van Java games overeen met de ontwerper, de enige die spelelement belangrijk vindt.

Gebruik

Zelfstandig gebruik van een applet wordt door alle actoren belangrijk gevonden. Alle applets die zijn geselecteerd voldoen hieraan. Ontwerpers steken veel aandacht in het gebruik en dit heeft duidelijk zijn effect op de gebruikers. De leerlingen ervaren dat ze de applets zelfstandig kunnen gebruiken.

Visualisatie op microniveau

Ontwerpers en leerlingen vinden dat visualisatie van moleculen en processen op microniveau leidt tot meer inzicht. Ze vinden visualisatie belangrijk. De ontwerpers hebben goed kunnen overbrengen dat ze visualisatie belangrijk vinden. De leerlingen ervaren dit ook in het gebruik van de applets. Docenten zijn niet naar deze variabele gevraagd.

Feedback

Alle actoren vinden het belangrijk dat de applet goede feedback geeft op de verrichtingen van degene die de applet gebruikt (de leerling). Toch wordt deze intentie van de ontwerpers niet als zodanig ervaren door de leerlingen. Twee van de applets, van ontwerpers die feedback (erg) belangrijk vinden, worden door leerlingen ervaren alsof ze geen feedback krijgen.

Over de vorm van de feedback zijn de meningen verdeeld. Leerlingen willen direct en gericht antwoord op hun vragen terwijl de docenten en ontwerpers liever de leerlingen zelf laten nadenken en hun feedback daarop aanpassen.

Presentatie (vormgeving en taal)

Ontwerpers besteden aandacht aan de vormgeving van de applet, zodat deze er aantrekkelijk uitziet en stimuleert om de applet te gebruiken. Docenten vinden vormgeving van minder belang en leerlingen zijn verdeeld en/of staan hier neutraal tegenover. De ervaringen van leerlingen met de presentatie van applet 'PhET Simulations' (neutraal/ mooi) komt niet helemaal overeen met de intentie van de makers (heel belangrijk). Bij JME/Jmol en 'Moleculen in Beweging' is dit wel het geval (belangrijk en neutraal).

De taal van de applet vinden alle actoren belangrijk. Het taalgebruik wordt bij 'Moleculen in Beweging' en 'PhET simulations' door de leerlingen niet als duidelijk ervaren.

Probleemoplossend vermogen

Een aantal ontwerpers brengt probleemoplossend vermogen specifiek naar voren. Ze vinden het belangrijk. Docenten vinden het neutraal-belangrijk dat het probleemoplossend vermogen van de leerling wordt gestimuleerd. De meeste leerlingen vinden het zelf ook belangrijk. Ze ervaren de applets die de intentie hebben om probleemoplossend vermogen te stimuleren ook als zodanig.

Uitdaging

Ontwerpers en docenten willen graag de leerlingen met het gebruik van een applet uitdagen. Leerlingen hebben hierover een andere mening (neutraal/ niet belangrijk). Ze willen wel even moeite doen, maar willen niet per se geprikkeld worden. De applets van ontwerpers die leerlingen willen uitdagen, worden slechts in één van de twee gevallen als uitdagend ervaren door leerlingen.

Inzicht in achterliggend concept en leerdoelen

Alle actoren vinden het belangrijk dat de applet inzicht geeft in de aangeboden materie. Docenten zoeken hierop hun applet uit en leerlingen willen tijdens de les toch vooral meer begrip verwerven. De onderzochte applets voldoen grotendeels aan deze voorwaarde. De ervaringen van de leerlingen komt in 3 van de 4 gevallen overeen met de intentie van de ontwerpers.

Creativiteit

Er is geen informatie gevonden dat ontwerpers de creativiteit van leerlingen willen prikkelen. Docenten zijn niet naar deze variabele gevraagd. Bij de leerlingen komt naar voren dat ze het belangrijk vinden dat ze creativiteit kwijt kunnen in een applet.

De contacten tussen ontwerpers, docenten en leerlingen beïnvloeden de overeenkomsten en verschillen in percepties van de verschillende actoren. Voor het ontwerpen van de PhET simulations van de Colorado University at Boulder is een vast team actief, waarbij naast de ontwerpers ook een evaluatieteam aanwezig is. Het evaluatieteam voert onderzoek uit naar de leeropbrengsten en beleving van het toepassen van de PhET simulations in de klas. Met deze gegevens verbeteren ze de PhET applets en proberen op deze manier samenhang te creëren tussen de actoren(zie figuur 3). Voor de applets die gemaakt zijn voor lesprogramma's van universiteiten geldt ook dat er een directe link is tussen de verschillende actoren. Echter bij andere applets die wij gebruikten in onze lessen en in ons onderzoek (MarvinSketch, JME/Jmol, Java Games en 'Moleculen in Beweging') en de applets die genoemd worden in het onderzoek van Uijtwilligen (Chatelier, Curie-online etc) is geen duidelijke link met de ontvangers gevonden.

5 Discussie

Percepties

In het theoretisch kader (hoofdstuk 1) wordt een model geïntroduceerd dat gebruikt wordt om de verschillen in percepties te analyseren van ontwerpers, docenten en leerlingen. Dit model van Van den Akker (2006) gaat uit van een door ontwerpers bedacht concept (voorgenomen). Dit wordt uitgevoerd door docenten. Uiteindelijk bereikt het de leerlingen. Deze keten kan enkel geanalyseerd worden als de in het onderzoek gebruikte applets ook daadwerkelijk bedoeld zijn voor het onderwijs. Als dat niet het geval is, is het eigenlijk niet zinnig om het voorgenomen en het ontvangen perspectief te vergelijken. In dit onderzoek zijn vier applets gebruikt in de lessen. Drie van deze applets zijn ontwikkeld voor het onderwijs. De applet JME-Jmol is niet ontwikkeld voor het onderwijs. JME is ontwikkeld voor de medisch-wetenschappelijke wereld en Jmol is ontworpen voor chemische wetenschappers. In ons onderzoek is dus niet helemaal voldaan aan de voorwaarden van het theoretische model. Deze applets zijn gekozen, omdat we gebonden waren aan onze eigen klassen en het lesprogramma (PTA) van onze school. Hierdoor waren we niet geheel vrij om de applets te kiezen. De applets moesten in het lesschema passen. Tijdens het uitvoeren van de appletlessen ondervonden we ICT-problemen. Deze ICT problemen waren geen onderdeel van ons onderzoek maar beïnvloedde de keuze van de gebruikte applets.

Tijdens de pilot kwamen we er achter dat het moeilijk is om gelijke (en dus goed te vergelijken) data te verzamelen voor docenten (data verzameld door een andere onderzoeker), leerlingen en ontwerpers. Eén van de redenen is dat wij een kwalitatief onderzoek voor ogen hadden, maar dat de verkregen data van de docenten juist kwantitatief zijn. De data van de docenten zijn gericht op algemene beleving van docenten en eigenschappen van applets. Onze data beschrijft naast een algemene mening ook de specifieke beleving van één applet.

In de tijd die beschikbaar was, is het lastig gebleken om goede data voor de ontwerpers van applets te verzamelen. Voor 'Moleculen in Beweging' is een ontwerper geïnterviewd, maar het verzamelen van de data van andere ontwerpers was lastiger. De andere data is onze interpretatie van websites en artikelen van de applet ontwikkelaars. Wellicht komt deze interpretatie niet helemaal overeen met de perceptie van de ontwerpers.

Variabelen

Er is gekozen om de variabelen te meten bij leerlingen met behulp van vragenlijsten. Er zijn per variabele één of meerdere vragen gekozen die linken naar deze variabele. Het kan zijn dat er vragen bij zijn die voor leerlingen niet een duidelijke koppeling geven met de desbetreffende variabele. Hierdoor kan enige discrepantie ontstaan tussen de intentie van de onderzoekers en de verkregen resultaten. De pilot studie en een extra les met het afnemen van vragenlijsten zijn gebruikt om te valideren maar dit bleek niet 100% voldoende te zijn.

Uitdaging

Lang niet alle leerlingen geven toe dat ze iets moeilijk vinden; ze ervaren dat als een zwakheid. Dit kan ervoor zorgen dat de gemeten uitdaging wellicht lager is dan de echte. Verder is het zo dat een echt uitdagende applet lastig is te maken. Een applet moet beginnen op een bepaald (laag) startniveau. Als het te moeilijk is, haken direct veel leerlingen af. Een uitdagende applet neemt gaandeweg in moeilijkheid toe, net zoals computerspelletjes. Applets zijn echter meer gebonden aan een beperkte (les)tijd, waardoor er minder ruimte is voor deze opbouw. Waarschijnlijk is voor leerlingen het woord uitdaging gekoppeld aan spannend/prikkelend/positief waardoor ze een applet moeilijk kunnen vinden en saai en dus niet uitdagend vinden.

Inzicht

De leerlingen vullen de vragenlijst in na het maken van de applet. Veel leerlingen hebben op dat moment ook al uitleg gekregen van de docent over het onderwerp. Het kan zijn dat niet enkel het inzicht van de leerling gemeten wordt, opgedaan door het maken van de applet, maar wellicht ook het inzicht verkregen door de uitleg van de docent.

Suggesties voor de praktijk

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat het nuttig is voor docenten om applets te gebruiken in de lessen. De keuze van de applet is zeer belangrijk en een begeleidende instructie verhoogt het leren bij de leerlingen. Hierbij is het van belang om te blijven evalueren tijdens en na het gebruik van de applet door de leerlingen. Het implementeren van een applet in een lessenserie vereist dezelfde voorbereiding als gebruikelijk is met andere werkvormen die de lesstof inzichtelijk maken, bijvoorbeeld practica. Ontwerpers zijn zeer goed in staat om gebruiksvriendelijke aantrekkelijke applets te maken. De applet ontwerpers hebben weinig tot geen contact met hun gebruikers. Ideaal zou zijn als de drie actoren met elkaar kunnen overleggen en ervaringen kunnen uitwisselen.

6 Literatuurlijst

- Adams, W., K. (2010). *Student engagement and learning with PhET interactive simulations*.
http://PhET.colorado.edu/publications/MPTL_2010_PhET_final.pdf
- Ainsworth, S. (2008), *How do animations influence learning?* In D. Robinson & G. Schraw (Eds.), *Current Perspectives on Cognition, Learning, and Instruction: Recent Innovations in Educational Technology that Facilitate Student Learning*. pp 37-67.
- Battle, G.M., Allen, F.A., Ferrence, G.M. (2010), *Teaching three-dimensional structural chemistry using crystal structure databases. 1. An interactive web-accessible teaching subset of the Cambridge Structural Database*. *Journal of Chemical Education*, 87(8): p. 809-812.
- Cass M.E., Rzepa H.S., Reza D.R. en C.K. Williams (2005) *The use of the free, open source program Jmol to generate an interactive website to teach molecular symmetry*, *Journal of chemical education*. Vol. 82. No.11. pp 1736-1740.
- Copolo, C.F., & Hounshell, P.B. (1995). *Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry*. *Journal of Science Education and Technology*, Volume 4(4), 295 -305.
- Ertl, P. (2010). *Molecular structure input on the web*. *Journal of Cheminformatics* 2010, 2 (1)
- Falvo, D., A. (2008) *Animations and simulations for teaching and learning molecular chemistry*. *International journal of technology in teaching and learning*. 4(1): p. 68-77.
- Finkelstein N.D., Adams W.K., Keller J., Kohl B., Perkins K., Podolefsky N.S., Reid S. (2005) *When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment*, *Phys. Rev. St Physics Ed. Research* Vol. 1 Issue 1. 8 p.
- Frailich, M., Kesner, M., and Hofstein, A. (2007). *The influence of web-based chemistry learning on students' preceptions, attitudes and achievements*. *Research in Science and Technological Education*, 2007. 25(2): p. 179-197.
- Gilbert J. (2006), *On the nature of "Context" in Chemical Education*, *International Journal of Science Education*, Vol. 28, no.9, pp.957-976
- Gokhale A.A (1996) *Effectiveness of Computer Simulation for enhancing higher order of thinking*, *Journal of Industrial Teacher Education*, Vol. 33 no 4.
- Habraken, C.L. (1996), *Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted?* *Journal of Science Education and Technology*, 5: p. 193-201
- Hubbert, J. Lomask S.M., Lazarowitz R. (2002), *Computer simulations in the high school; students cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology*, *Journal of Science*
- Korkmaz, A., Harwood, (2004) W.S., *Web-supported chemistry education: Design of an online tutorial for learning molecular symmetry*. *Journal of science education and technology*, 13(2): p. 243-253
- O'Connor, E.A. (1997). *Students' use of atomic and molecular models in learning chemistry*. Unpublished dissertation, University at Albany, State University of New York.
- Parker L. en Loudon M. (2012) *Case study using online homework in undergraduate organic chemistry: Results en Students Attitudes*, *Journal of Chemical Education*, november
- Schuurman, M. I. M., *Scholieren over onderwijs: een verslag van een studie naar houdingen, percepties en welbevinden van leerlingen in het voortgezet onderwijs*.
- Stieff, M. en Wilensky, U. (2003). *Connected Chemistry—Incorporating Interactive Simulations into the Chemistry Classroom*. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 12, No. 3, September 2003
- Uijtdewilligen P.J.E. (2013), *Applets in het huidige scheikunde onderwijs*, PGO-onderzoek voor de opleidingen docent in opleiding aan het Centrum voor Onderwijs en Leren van de Universiteit van Utrecht.
- Van den Akker J., Fasoglio D., Mulder H. (2008) SLO preliminary study, published by the Council of Europe in September 2010

- Van den Akker J., McKenney S., |Nieveen N. (2006) *Design research from a curriculum perspective in Educational Design Research* blz 67-84
- Wieman C.E., Adam W.K., Loeblein P. en K. Perkins (2010) *Teaching physics using PhET simulations* The Physics Teacher, Volume 48, Issue 4, pp. 225
- Wieman C.E., Adams W.K., Perkins K.K. (2008) PhET: Simulations that enhance learning in Science published by AAAS, Vol 322 p682-683
- Williamson, V.M., & Abraham, M.R. (1995). *The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students*. Journal of Research in Science Teaching, 32, 521 - 534.
- Wu H. Krajcik J.S. Soloway E. (2001) *Promoting understanding of chemical representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom*. Journal of research in science teaching, vol 38., no. 7 pp. 821-842
- Yaron, D., Karabinos, M., Lange, D., Green, J.G. en Leinhardt, G. (2010), *The ChemCollective, virtual labs for introductory chemistry courses*, Science, nr. 328: p. 584-585
- Yaron D., Freeland R., Lange D. en J. Milton, *Using simulations to transform the nature of chemistry homework*. CONFICHEM, 2000: p. 1-13.3.

Internetbronnen:

- Jmol, <http://www.jmol.org/en> <http://jmol.sourceforge.net/> en <http://jmol.sourceforge.net/history>, maart 2013
- Ohio university, <https://undergrad-ed.chemistry.ohio-state.edu/2D-3D/jme-jmol.php> en <https://undergrad-ed.chemistry.ohio-state.edu/2D-3D/e1.php>, januari 2013.
- PhET, <http://PhET.colorado.edu/nl/research>, februari 2013
- Quia educational games, <http://www.quia.com/faq.html> en <http://www.quia.com/mc/3.html>). februari 2013
- Molinspiration cheminformatics, <http://www.molinspiration.com/jme/index.html>, maart 2013
- Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Proline_model.jpg en http://en.wikipedia.org/wiki/Pilt:Ethanol_-_Space_filling_model-2.png, februari 2013.

Van de gebruikte applets:

- Java games van Quia, 2013; <http://www.quia.com/jg/65803.html>
- Marvin Sketch van Chemaxon, 2013; <http://www.chemaxon.com/marvin/sketch/index.php>
- Moleculen in Beweging van Radboud Universiteit, 2013; <http://wette.cmbi.ru.nl/vwo/cdrom05/jmol/index.html>
- JME/Jmol tekenprogramma (molecular playground), 2013; <https://undergrad-ed.chemistry.ohio-state.edu/2D-3D/jme-jmol.php>
- Polarity van PhET simulations, 2013; <http://PhET.colorado.edu/en/simulation/molecule-polarity>
- Zeep en ijs van Edinformatics, 2013 (voor de validatie); http://www.edinformatics.com/interactive_molecules/ice.htm

Roemer Pleijsier en Saskia van Orsel zijn docenten in opleiding aan het Centrum voor Onderwijs en Leren van de Universiteit Utrecht. In het kader van de opleiding tot eerste graads docent verrichtten zij een onderzoek naar applets in het scheikunde onderwijs. De resultaten van dit Praktijkgericht Onderzoek (PGO) en de aanbevelingen die zijn naar aanleiding hiervan doen, vormen de basis van bovenstaand artikel

Bijlage A Docenten

De gegevens zijn overgenomen uit het verslag van P.J.E. Uijtdewilligen (met zijn goedkeuring)

Tabel: Selectiecriteria rond motivatie. Ingevuld door n respondenten van de 11 respondenten

	n	Helemaal niet belangrijk	Niet belangrijk	Neutraal	Belangrijk	Erg belangrijk
<i>Stelling 1: De context past binnen het te behandelen onderwerp.</i>	9	0	0	1	3	5
<i>Stelling 2: De context past binnen de belevingswereld van leerlingen.</i>	9	0	3	2	2	2
<i>Stelling 3: De context sluit aan bij de gebruikte methode.</i>	8	2	1	1	4	0
<i>Stelling 4: Het startniveau is geschikt voor de langzaamste leerling.</i>	8	3	1	3	0	1
<i>Stelling 5: Het startniveau is geschikt voor de snelste leerling.</i>	8	2	0	5	0	1
<i>Stelling 6: Het startniveau is geschikt voor de gemiddelde leerling.</i>	9	1	0	2	4	2
<i>Stelling 7: De applet geeft belonende feedback.</i>	9	2	2	3	0	2
<i>Stelling 8: De applet is te vergelijkingen met games die leerlingen thuis spelen.</i>	9	4	3	2	0	0
<i>Stelling 9: De wensen van leerlingen op het gebied van vormgeving spelen een rol.</i>	9	5	3	1	0	0
<i>Stelling 25: De applet is geschikt voor meerdere leerniveau's.</i>	9	1	1	3	2	2
<i>Stelling 26: De applet daagt leerlingen uit.</i>	9	0	0	1	7	1
<i>Stelling 27: De applet bezig een spelelement.</i>	9	4	2	2	1	0

Tabel: Selectiecriteria rond presentatie. Ingevuld door n van de 11 respondenten

	n	Helemaal niet belangrijk	Niet belangrijk	Neutraal	Belangrijk	Erg belangrijk
<i>Stelling 10: De taal van de applet moet begrijpbaar zijn.</i>	10	0	0	3	3	4
<i>Stelling 11: De taal van de applet moet Nederlands zijn.</i>	9	3	2	3	1	0

<i>Stelling 12: De taal van de applet moet vakdidactisch kloppen.</i>	8	0	0	1	0	7
<i>Stelling 13: De plaatjes die gebruikt worden zijn duidelijk.</i>	10	0	0	0	2	8
<i>Stelling 14: De plaatjes hebben een duidelijk verband.</i>	9	0	0	0	3	6
<i>Stelling 15: De vormgeving van de applet is belangrijk.</i>	10	1	0	3	5	1
<i>Stelling 16: De opdracht past bij mijn lesplan.</i>	7	0	0	2	1	4
<i>Stelling 28: Leerlingen kunnen de applet zonder uitleg zelfstandig uitvoeren.</i>	9	0	0	2	5	2

Tabel: Selectiecriteria rond probleem oplossend vermogen. Ingevuld door n van de 11 respondenten

	n	<i>Helemaal Niet belangrijk</i>	<i>Niet belangrijk</i>	<i>Neutraal</i>	<i>Belangrijk</i>	<i>Erg belangrijk</i>
<i>Stelling 17: Ik vind het belangrijk dat er meerdere benaderingen mogelijk zijn.</i>	8	1	0	4	2	1
<i>Stelling 18: De applet laat het proces zien van vraag naar antwoord of van een scheikundig proces.</i>	9	0	2	4	2	1
<i>Stelling 19: Een applet moet gericht zijn op het geven van goede antwoorden.</i>	9	0	2	3	2	2
<i>Stelling 20: Leerlingen kunnen hun verwachting uitspreken over de uitkomst.</i>	9	2	0	4	2	1
<i>Stelling 21*: Ik vind het belangrijk dat leerlingen feedback krijgen over hun voortgang via de applet.</i>	9	0	0	1	4	4
<i>Stelling 22: De applet moet de leerling inzicht geven in zijn/haar begrip van de stof.</i>	8	0	0	1	6	1
<i>Stelling 23: De applet verplicht leerlingen na te denken over hun antwoord.</i>	7	0	0	2	3	2
<i>Stelling 24: De applet is natuurgetrouw. Hij komt overeen met de werkelijkheid.</i>	9	0	1	7	1	0

Bijlage B Pilot onderzoek

De pilotstudie is ontworpen, omdat bepaalde aspecten van ons onderzoek naar ons idee aangescherpt konden worden. Achter de tekentafel is dat soms lastig. Er is gekozen om dit te doen aan de hand van een pilotstudie. De gedachte is dat we met de pilotstudie kunnen ervaren welke aspecten we helderder moeten krijgen, tegen welke problemen we aanlopen en kunnen nadenken hoe dit opgelost kan worden.

Deze pilot-studie richt zich op de percepties van de ontwerpers en gebruikers van applets voor het ruimtelijke begrip van moleculen.

Perceptie ontwerper:

In de pilot studie is gebruikt gemaakt van het computertekenprogramma MarvinSketch en de applet Java Games.

MarvinSketch

MarvinSketch is een tekenprogramma voor scheikundigen. Moleculen en reactievergelijkingen kunnen getekend en ruimtelijk weergegeven worden.

MarvinSketch is ontwikkeld door Chemaxon. Dit is een commercieel bedrijf dat chemische informatie software ontwikkelen en desktop applicaties aanbiedt om de waarde van scheikunde informatie in farmaceutisch onderzoek en ontwikkeling te optimaliseren. De missie van het bedrijf is om het wetenschappers mogelijk te maken hun scheikundige data te beheren via moderne en goedkope computerprogramma's.

MarvinSketch wordt volgens Chemaxon gebruikt door scheikundigen, laboratoriumpersoneel, leraren, studenten en leerlingen. Het is niet specifiek voor het onderwijs ontwikkeld, maar kan wel in het onderwijs gebruikt worden. Het is overal te gebruiken waar internet aanwezig is. Je hoeft je niet te abonneren en je hebt geen andere programma's nodig (bijvoorbeeld JAVA). Met MarvinSketch kunnen gebruikers eenvoudig moleculen en scheikundige reacties tekenen en deze uploaden of downloaden in andere verschillende file formats (bijvoorbeeld MS office). Ook kunnen ze visualisaties maken en zoeken in een database en eigenschappen van structuren voorspellen. Het is eenvoudig in gebruik en het is mogelijk om snel complexe moleculen ruimtelijk weer te geven.

(www.chemaxon.com, 2013).

Java games

Java Games is ontwikkeld door "IXL learning". Het is een commercieel bedrijf dat op het web gebaseerde technologie ontwikkeld voor het onderwijs (classroom essentials).

Het is gericht op middelbare scholen in de VS. Het doel is leren door middel van spelen. Hun motto is leren is leuk (practice makes perfect, and IXL makes math practice fun).

Quia educational games (<http://www.quia.com/faq.html>).

Perceptie leerlingen:

De pilot is uitgevoerd in 4 VWO van een middelbare school te Arnhem. Bij deze pilot konden leerlingen 2 applets gebruiken tijdens een les organische chemie. De 2 applets waren MarvinSketch en Java games naamgeving. De keuze voor Marvin Sketch was vooral een praktische keuze omdat de applet goed in het lesprogramma paste. De keuze voor de applet Java games had als doel te testen of leerlingen extra gemotiveerd worden door lessen in een spelvorm aan te bieden. De les werd bijgewoond door 16 leerlingen.

Alle leerlingen hebben gewerkt met MarvinSketch (1). Elf leerlingen hebben gewerkt met Java games naamgeving (2).

MarvinSketch

Dit is een applet die gebruikt kan worden om (organische) moleculen te tekenen. De moleculen kunnen vervolgens in verschillende projecties bekeken worden in 2-D en 3-D.

De leerlingen gingen, zonder dat de applet uitgelegd was, zelf aan de slag met MarvinSketch.

Observatie gaf aan dat de leerlingen vrij vlug begrepen hoe het programma werkt. Leerlingen die tegen problemen aanliepen, werden snel door andere leerlingen bijgestaan. De observaties worden gestaafd door de leerlingen enquête. Deze geeft aan dat 75% van de leerlingen vindt dat MarvinSketch eenvoudig te gebruiken is. 6% van de leerlingen is het daar mee oneens. De applet nodigt ook uit tot het zelf ontdekken van de verschillende functies vindt 56% van de leerlingen. 6 procent is het daarmee oneens.

Zoals vermeldt in paragraaf 1.1, is het kunnen visualiseren van de scheikunde op microniveau een goed handvat om scheikundige concepten beter te begrijpen. MarvinSketch kan, net als een molecuuldoos, moleculen ruimtelijk inzichtelijk maken. De leerlingen hebben de door hen getekende moleculen in 3-D geprojecteerd en geroteerd. Uit de observaties is het lastig vast te stellen in welke mate leerlingen leren. Uit de resultaten van de enquête blijkt dat 6% van de leerlingen het roteren zeer verhelderend vindt. 38% vindt het verhelderend. 44% is neutraal en 12% vindt het niet verhelderend. 50% van de leerlingen is het er mee eens of zelfs zeer mee eens dat MarvinSketch inzicht geeft in de covalenties van atomen. 12% is het daarmee oneens. Een kleine meerderheid van de leerlingen geeft de voorkeur aan MarvinSketch boven een molecuuldoos (32% vs. 24%). Het voordeel van MarvinSketch boven een molecuuldoos is dat je sneller kan werken, alle moleculen die te verzinnen zijn, kan maken en dat je de systematische naamgeving van het door jouw getekende molecuul eenvoudig kan achterhalen. Het voordeel van een molecuuldoos is dat het sterk visueel verhelderend is en dat je er eenvoudig mee kan werken.

Leerlingen geven aan dat ze waarschijnlijk niet snel thuis met MarvinSketch gaan werken (18% niet tegen 12% wel).

Leerlingen moesten de in de computer getekende moleculen opsturen. Leerlingen maken heel verschillende moleculen, waaruit blijkt dat de tekenapplet ruimte geeft aan eigen invulling creativiteit. Tijdens het tekenen overleggen leerlingen veel.

Java games

Deze applet is gemaakt om leerlingen spelenderwijs de naamgeving van eenvoudige alkanen, alkanolen en alkenen te leren. De spelletjes zijn voor leerlingen bekende spelletjes (woordzoeker en memory) en sluiten aan bij hun belevingswereld. Observaties geven aan dat leerlingen het lastig vinden dat deze spelletjes gemaakt zijn voor Engelstalige leerlingen. De namen zijn in het Engels en zijn anders dan de namen die de leerlingen hebben geleerd. Het is soms lastig de juiste naam te herkennen. Sommige leerlingen lieten zich hierdoor snel uit het veld slaan. Dit is niet gevraagd in de leerlingen enquête, maar enkele leerlingen schreven uit eigen beweging op de enquête dat ze het lastig vonden dat de naamgeving in het Engels was.

Uit de resultaten van de enquête blijkt dat dit spelletje veel leerlingen niet hielp bij het leren van de naamgeving. Woordzoeker was van de 2 spellen favoriet. Zowel in percentage leerlingen die het een behulpzame applet vindt, als het percentage dat het een leuk spel vindt. Veel leerlingen vinden woordzoeker te eenvoudig (46% voor, 27% tegen). Ook vinden leerlingen de spellen niet zo handig in gebruik.

Van woordzoeker vindt 36% van de leerlingen dat de applet helpt bij het leren van de naamgeving. 46% is het daar mee oneens. Woordzoeker vindt 36% een leuke applet, omdat het een spel is. 28% is het daarmee oneens.

Van memory vindt 9% dat de applet helpt bij de naamgeving en 37% is het daarmee oneens of zeer oneens. Geen leerling vindt de memory applet leuk, omdat het een spel is. 36% van de leerlingen was het er mee oneens of zeer mee oneens.

De resultaten uit de enquête kunnen voor een groot deel worden toegeschreven aan het feit dat de Engelse naamgeving voor de leerlingen niet bekend is. Ze worden getest op kennis die ze niet bezitten en dat vinden ze niet leuk.

Perceptie van de docent:

Het onderzoek van P.J.E. Uijtdewilligen toont aan welke kenmerken docenten belangrijk vinden voor een applet.

Discussie

De resultaten geven aan dat het lastig is om de percepties van ontwerpers, docenten en leerlingen te vergelijken als alle actoren met dezelfde vragenlijst hebben gewerkt. Voor het definitieve onderzoek is het van belang deze vragenlijsten beter op elkaar af te stemmen.

Het is handig om van te voren de percepties van de ontwerper van de applet die gebruikt wordt in de les te onderzoeken. Op die manier is het mogelijk om deze percepties mee te nemen in de vragenlijst die je de leerlingen voorlegt. Om dezelfde reden is het aan te raden om de kenmerken van applets die in de docenten enquête gebruikt zijn, mee te nemen in de leerlingen enquête.

Computerlessen waarin applets gebruikt moeten worden is een goede methode om de perceptie van leerlingen te onderzoeken. M.b.v. vragenlijsten en observatie is het mogelijk een goed beeld te krijgen van de werkwijze en motivatie van leerlingen. Een aandachtspunt hierbij is het geven van een duidelijke instructie door de docent.

Literatuur

Verwijzingen naar internetlinks:

1. MarvinSketch: <http://www.sciencegeek.net/marvin/html/Sketch.html>
2. organische nomenclatuur javagames: <http://www.quia.com/jg/65803.html>

Bijlage C Vragenlijst voor de leerlingen

Bijlage Vragenlijsten stereo-isomerie Moleculen in Beweging leerlingen

		Helemaal niet	Niet	Neutraal	Ja	Heel veel	Variabelen
1	De stereoquiz was eenvoudig						Pv
2	De applet kan ik zonder instructie gebruiken						G
3	De taal van de applet is moeilijk te begrijpen						P
4	Door de applet heb ik geleerd dat de ruimtelijke structuur van moleculen met dezelfde structuurformule kunnen verschillen						V
5	De applet daagt me uit						U
6	De applet ziet er mooi uit						P
7	Heb je één van de spelletjes gespeeld						S
8	Deze applet is moeilijk vergeleken met de opgaven in het scheikunde boek						U
9	De applet geeft me een idee wanneer optische isomerie voorkomt						I
10	Ik kan bij deze applet veel verschillende mogelijkheden proberen						Pv
11	Het is fijn dat de moleculen in 3-D weergegeven zijn						V

		Helemaal niet	Niet	Neutraal	Ja	Heel veel	
12	Door de applet begrijp ik racemisch mengsel						I
13	De applet geeft me aanwijzingen om te komen tot een juist antwoord						F
14	Vind je het fijn als je de applet zonder instructie kan gebruiken?						G
15	Ik vind het fijn dat ik de moleculen kan bewegen						G
16	Ik denk dat de afbeelding van moleculen in de applet lijken op moleculen in de werkelijkheid						V
17	Door de 3-D weergave van de moleculen begrijp ik spiegelbeeld isomerie						V
18	Ik vind het fijn dat ik zelf kan bepalen welke verschillende onderwerpen ik kan bekijken en maken						C
19	Ik vind het fijn als de applet direct antwoorden geeft op de vragen						F

Wat zou je willen veranderen aan de applet?

Wat zijn volgens jou de voordelen van het leren met deze applet?

