

Effect van Eye Movement Modeling Examples op Kijkgedrag en Leren bij Ambigue Verbale

Uitleg

Mandy Gordt - 4159829

Universiteit Utrecht

In samenwerking met:

M.E. Hebinck - 4099109

S. van Noord - 4078187

Bachelorthesis Onderwijskunde

Begeleider: T.V.A. van Marlen MSc

2^{de} beoordelaar: dr. J.G.M. Jaspers

08-06-2016

Samenvatting

Eye movement modeling examples (EMME) zijn videovoorbeelden waarin een model (bv. een expert, docent of student) een digitale leertaak demonstreert en waarin naast, de door het model gemaakte, digitale acties ook de oogbewegingen van het model zijn geprojecteerd voor aandachtssturing bij de lerende. Desgewenst aangevuld met een verbale uitleg. In dit onderzoek is de waarde van een EMME, bij een ambigue verbale uitleg, op het kijkgedrag en het leren van participanten onderzocht. Er hebben 32 studenten deelgenomen, die willekeurig verdeeld zijn over de EMME conditie en de controle conditie. In de EMME conditie kreeg men een volwaardige EMME met oogbewegingen te zien, terwijl men in de controle conditie hetzelfde videovoorbeeld te zien kreeg, maar dan zonder oogbewegingen. Tijdens het bekijken van deze videovoorbeelden, waarin door een expert systeembordtaken werden uitgewerkt, zijn de oogbewegingen van de participanten opgenomen met een eye tracker om zo het kijkgedrag te bepalen. Hieruit bleek dat participanten in de EMME conditie de verbaal gerefereerde relevante gebieden significant vaker (proportie gefixeerde verbale referenten), sneller (time lag) en langer (fixatieduur) bekeken dan participanten in de controle conditie. Echter, de controle conditie maakte, na het zien van de systeembordtaken in de videovoorbeelden, nieuwe, gelijksoortige systeembordtaken beter dan de EMME conditie. Voor de basistaken was dit verschil niet significant, voor de transfertaken wel. De resultaten suggereren dat een EMME positief is voor het kijkgedrag, maar negatief voor het leren. De resultaten zullen bediscussieerd worden door onder meer kritisch in te gaan op voorkennis en de ambiguïteit van de verbale uitleg.

Key words: ambiguous verbal explanation, visual attention, example-based learning, eye tracking, multimedia learning

Effect van Eye Movement Modeling Examples op Kijkgedrag en Leren bij Ambigue Verbale

Uitleg

Leerlingen in het voortgezet onderwijs moeten bij exacte vakken als natuurkunde en scheikunde geleerde begrippen en relaties toepassen om een gegeven probleem op te lossen (Ferguson-Hessler & De Jong, 1993). Het bestuderen van een correcte uitwerking van zo'n probleem blijkt een effectieve manier te zijn om een cognitieve vaardigheid aan te leren. Dit leren door middel van een voorbeeld, *example-based learning*, werkt vooral in de eerste fasen van het leerproces en staat bekend als het *worked example effect* (Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000; Sweller, 2006). De lerende krijgt een probleem aangeboden met daarbij de uitwerking van een expert. Dit moet laten zien hoe andere, vergelijkbare problemen opgelost kunnen worden (Atkinson et al., 2000).

Example-based learning kan op verschillende manieren worden ingevuld (Van Gog, Jarodzka, Scheiter, Gerjets, & Paas, 2009). Allereerst is er de mogelijkheid een *worked-out example* aan te bieden. Deze vorm van instructie bestaat uit een geschreven uitwerking van het probleem. Een andere toepassing is een *modeling example*, waarin de oplossingsprocedure gedemonstreerd wordt door een expert. Deze methode komt voort uit de sociale leertheorie, waarin leren door observatie centraal staat (Bandura, 1977). *Example-based learning* vermindert de cognitieve belasting op het werkgeheugen van de lerende, omdat *worked examples* de, ineffektieve, *extraneous cognitive load* verlagen (Van Gog et al., 2009). Dit wordt verklaard door de *cognitive load theory*, die stelt dat in instructiemateriaal onnodige belasting vermeden moet worden (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998).

Een vrij nieuwe toepassing van *example-based learning* is een *eye movement modeling example* (EMME). Een EMME is een video waarin de oogbewegingen van een expert, zijn digitale acties op het toetsenbord of met de computermuis en eventueel zijn verbale uitleg zijn geïntegreerd met de visuele stimulus van de computerleertaak. Deze

visuele stimulus bestaat uit een screen recording van de computerleertaak. Er zijn verschillende mogelijkheden om de oogbewegingen weer te geven in de video. Ze kunnen bijvoorbeeld als stip over de visuele stimulus gemonteerd worden of weergegeven worden als een zogenaamd spotlight, waarbij de visuele informatie waar de expert op focust wordt uitgelicht door de overige visuele informatie te vervagen (Jarodzka et al., 2012). Een EMME combineert elementen van het worked-out example en het modeling example (Van Gog et al., 2009). De lerende ziet door middel van de acties en oogbewegingen van de expert wat een expert doet tijdens het oplossen van een probleem (zoals bij een modeling example), maar ziet de expert zelf daarentegen niet. De expert gedraagt zich daarnaast didactisch en laat stap voor stap zien hoe lerenden de taak uit zouden moeten voeren (zoals in een worked-out example).

Jarodzka et al. (2012) beschrijven drie kenmerken van EMME's waarop de toepassing ervan is gebaseerd. Allereerst is een EMME een toepassing van example-based learning, zoals hierboven werd beschreven. Omdat leren op deze basis vooral in de eerste fasen van het leren van een cognitieve vaardigheid een effectieve methode is (Sweller, 2006), kan een EMME vooral bijdragen aan het leerproces van beginners. Ten tweede maakt een EMME het mogelijk cognitieve en perceptuele processen in de taakuitwerking toegankelijk te maken voor lerenden. De onderliggende cognitieve processen kunnen toegankelijk gemaakt worden door het geven van een verbale uitleg over hoe en waarom bepaalde acties uitgevoerd worden. Wanneer deze uitleg wordt toegevoegd, spreekt men van een proces-georiënteerde voorbeeldtaak (Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2006). De perceptuele processen worden toegankelijk door de visuele stimulus (de taak) weer te geven met daarop de acties van de expert en de bijbehorende oogbewegingen. Door de toevoeging van oogbewegingen geeft een EMME tevens begeleiding in het verwerken van de visuele input, het derde kenmerk waar Jarodzka et al. (2012) over schrijven. Om te kunnen leren van voorbeelden of modellen, is het

voor lerenden namelijk noodzakelijk dat zij de belangrijkste acties van de expert kunnen volgen (Bandura, 1977). Beginners blijken hier moeite mee te hebben bij complexe, visuele stimuli (Jarodzka et al., 2012), omdat zij vooral aandacht hebben voor de opvallende gebieden van een stimuli, die niet altijd de meest relevante gebieden zijn (Jarodzka, Van Gog, Dorr, Scheiter, & Gerjets, 2013). Een EMME ondersteunt een lerende hierin door aandachtssturing te bieden via de weergave van oogbewegingen. Het gene wat er met oogbewegingen wordt weergegeven, moet dan wel taakspecifiek zijn (Litchfield, Ball, Donovan, Manning, & Crawford, 2010). Een EMME kan op deze manier helpen bij het identificeren van en focussen op belangrijke acties van de expert en bij het volgen en begrijpen van de voorbeeldtaak.

In verschillende studies is dan ook aangetoond dat een EMME de potentie heeft het leerproces van lerenden te verbeteren (Jarodzka et al., 2012, 2013; Mason, Pluchino, & Tornatora, 2015). Jarodzka et al. (2012) tonen bijvoorbeeld aan dat voor taken waarin een sterk beroep wordt gedaan op visuele observatie, zoals het observeren en interpreteren van symptomen van epilepsie, participanten in de condities met oogbewegingen sneller naar relevante gebieden kijken dan participanten in de condities zonder oogbewegingen. Bovendien kijken participanten in de condities met oogbewegingen in totaal ook langer naar de relevante gebieden dan participanten in de condities zonder oogbewegingen. Hetzelfde wordt aangetoond door Jarodzka et al. (2013) bij taken waarin visuele observatie terugkomt door middel van het classificeren van het voortbewegen van een vis. Jarodzka et al. (2013) laten, net als Mason et al. (2015) bij een taak waarin tekst en illustratie geïntegreerd moeten worden, bovendien zien dat participanten in de condities met oogbewegingen beter presteren op nieuwe, gelijksoortige taken tijdens een posttest dan participanten in de condities zonder oogbewegingen. Een EMME kan dus ook iets te bieden hebben voor taken waarin visuele vaardigheden een minder grote rol spelen en laat lerenden niet alleen sneller en langer de

acties van de expert volgen, maar kan hen vervolgens ook beter laten presteren op nieuwe, gelijksoortige taken.

Een overweging die gemaakt moet worden in het ontwerp van een EMME, is het wel of niet toevoegen van een verbale uitleg. Van Gog et al. (2009) hebben dit onderscheid meegenomen in hun onderzoeksdesign door videovoorbeelden al dan niet te combineren met een verbale uitleg en/of oogbewegingen. Dit leverde dus zowel product-georiënteerde als proces-georiënteerde voorbeeldtaken op. Een proces-georiënteerd voorbeeld richt zich niet alleen op welke stappen door de expert ondernomen worden (zoals bij een product-georiënteerd voorbeeld), maar ook op de redenering hierachter. Deze redenering wordt toegevoegd in de vorm van een verbale uitleg van de expert. Onder de proces-georiënteerde voorbeelden bleken de condities zonder oogbewegingen het leren wel te bevorderen, maar de condities met oogbewegingen juist niet. De oogbewegingen waren blijkbaar niet nodig om de verbale uitleg te begrijpen en de combinatie vormde overtollige informatie die het leren hinderde in plaats van bevorderde, wat in overeenstemming is met het redundancy effect (Sweller et al., 1998).

Het voordeel van oogbewegingen in aanvulling op verbale uitleg werd juist wel gevonden in de studie van Jarodzka et al. (2013). Daar bleken de uitleg en de oogbewegingen elkaar aan te vullen en presteerden lerenden in de conditie met oogbewegingen beter dan de lerenden in de conditie zonder oogbewegingen. In de verbale uitleg van Jarodzka et al. (2013) werden vakspecifieke termen gebruikt die waarschijnlijk veelal onbekend waren bij beginners. Dit heeft onder de participanten mogelijk geleid tot onduidelijkheid over de betekenis van deze vakspecifieke termen. Hierdoor gaven verschillende participanten waarschijnlijk verschillende betekenissen aan dezelfde vakspecifieke term. De gebruikte termen werden op deze manier termen die men op verschillende manieren zou kunnen begrijpen, hetgeen ook wel ambiguïteit genoemd kan worden. De verbale uitleg van Jarodzka

et al. (2013) kan dan ook, door het gebruik van onbekende vakspecifieke termen, gezien worden als een ambigue verbale uitleg. Dit gold niet voor de uitleg van Van Gog et al. (2009) en de discrepantie tussen de resultaten van de studies van Van Gog et al. (2009) en Jarodzka et al. (2013) zou dus gerelateerd kunnen zijn aan de mate van ambigüiteit van de verbale uitleg.

De hypothese dat een EMME effectiever is bij een ambigue verbale uitleg is onderzocht door middel van geometrie opgaven waarin onbekende hoeken berekend moesten worden aan de hand van gegeven hoeken en principes van driehoeken en parallelle lijnen (Van Marlen et al., 2016). In de condities met een ambigue verbale uitleg (bijv. “Nu je *deze* hoek weet, kun je *die* hoek berekenen) bleken participanten die ook oogbewegingen zagen vaker naar relevante gebieden te kijken dan participanten die geen oogbewegingen zagen (Van Marlen et al., 2016). Bovendien leek er een indicatie voor een trend te zijn dat participanten in de EMME conditie beter presteren op een gelijksoortige taak als in het videovoorbeeld, maar dit was niet significant. Volgens de auteurs kan dit mogelijk verklaard worden door de te hoge voorkennis van de participanten (Van Marlen et al., 2016).

In dit onderzoek wordt de studie van Van Marlen et al. (2016) conceptueel gerepliceerd in de zin dat ook in dit onderzoek wordt onderzocht wat de rol is van een ambigue verbale uitleg in de effectiviteit van een EMME. Gezien de resultaten van Van Marlen et al. (2016) mogelijk verklaard kunnen worden door de hoge mate van voorkennis, wordt in dit onderzoek de mate van voorkennis van participanten streng gecontroleerd en zo laag mogelijk gehouden. Bovendien staan in dit onderzoek niet geometrie opgaven maar taken over systeemborden centraal. Het werken met systeemborden is onderdeel van het natuurkunde curriculum van de tweede fase van het Nederlands middelbaar onderwijs (Stichting Leerplanontwikkeling, z.j.). Op een systeembord kunnen logische schakelingen, zoals de werking van een buitenlamp, gesimuleerd worden door componenten van het bord

met elkaar te verbinden. Leerlingen moeten dit vaak doen aan de hand van een korte beschrijving van de schakeling. De ambiguïteit van de verbale uitleg in de EMME's wordt gecreëerd door een combinatie van het gebruik van vakspecifieke termen die voor beginners hoogstwaarschijnlijk onbekend zijn (vgl. Jarodzka et al., 2013) en het gebruik van aanwijzende voornaamwoorden (vgl. Van Marlen et al., 2016).

In dit onderzoek staat de volgende vraag centraal: Kunnen oogbewegingen in een EMME het kijkgedrag van participanten sturen en leidt deze sturing tot het verbeteren van leren bij participanten wanneer er sprake is van een ambigue verbale uitleg? De verwachting is ten eerste dat participanten in de EMME conditie sneller en langer naar relevante gebieden kijken dan participanten in de controle conditie, waarin de videovoorbeelden geen oogbewegingen van een expert bevatten. Ten tweede wordt er verwacht, gezien de controle op voorkennis, dat participanten in de EMME conditie beter presteren op het uitvoeren van nieuwe, gelijksoortige taken dan participanten in de controle conditie.

Methode

Deelnemers

De participanten die deelgenomen hebben aan dit onderzoek, zijn 32, vloeiend Nederlands sprekende, studenten (24 vrouwen, 8 mannen, $M_{leeftijd} = 21,59$ jaar), afkomstig van verschillende instellingen voor hoger onderwijs in Nederland. Participanten werden geworven door middel van het verspreiden van flyers, (persoonlijke) oproepen op Facebookpagina's, door ze (persoonlijk) aan te spreken en door (ruil)afspraken te maken met studenten die tegelijkertijd bezig waren met het uitvoeren van onderzoek. Participanten werden willekeurig ingedeeld in of de EMME conditie ($n = 16$) of de controle conditie ($n = 16$). Alle participanten hadden een normaal of gecorrigeerd naar normaal gezichtsvermogen en hebben het informed consent formulier (zie Bijlage A) ondertekend. Om de mate van

voorkennis zo laag mogelijk te houden, werden studenten die natuurkunde hebben gevolgd in de tweede fase van de middelbare school uitgesloten van deelname aan dit onderzoek.

Instrumenten en apparatuur

Eye tracking apparatuur. De oogbewegingen van de participanten en de expert zijn opgenomen met een SMI RED250 (SensoMotoric Instruments, GmbH) eye tracking systeem met een sampling rate van 250 Hz. Om het videomateriaal te creëren en te presenteren is gebruik gemaakt van SMI Experiment Center 3.6.44 software. Het videomateriaal werd weergegeven op een monitor met een resolutie van 1680 x 1050 pixels en een verversingssnelheid van 60 Hz.

Voorkennistest. Om te kunnen controleren of er sprake was van een gelijke mate van voorkennis tussen de twee condities, werd er een voorkennistest gecreëerd (zie Bijlage B). Deze test werd op papier afgenomen en bestond uit twee systeembordtaken waarin een schakeling moest worden voltooid. Tevens werden tijdens de voorkennistest een aantal demografische gegevens verzameld, die anoniem zijn verwerkt. Dit gebeurde door aan alle participanten een participantnummer toe te kennen. Gedurende het gehele onderzoek zijn alleen deze nummers gebruikt om data te verwerken en te analyseren.

Ambigüïteitsvraag. Om te controleren of, en in welke mate, de participanten de verbale uitleg in de videovoorbeelden als ambigu ervaarden, werd er na elk videovoorbeeld door middel van een vijfpunts Likertschaal gevraagd hoe duidelijk zij de verbale uitleg vonden. Deze Likertschaal liep van ‘helemaal niet duidelijk’ naar ‘heel duidelijk’. Hierbij was de verwachting dat de EMME conditie hoger zou scoren op duidelijkheid dan de controle conditie.

Systeembordtaken. Alle taken in de verschillende fasen van het experiment combineerden componenten van het systeembord op verschillende manieren en leverden verschillende schakelingen op. In de twee schakelingen die in de videovoorbeelden werden

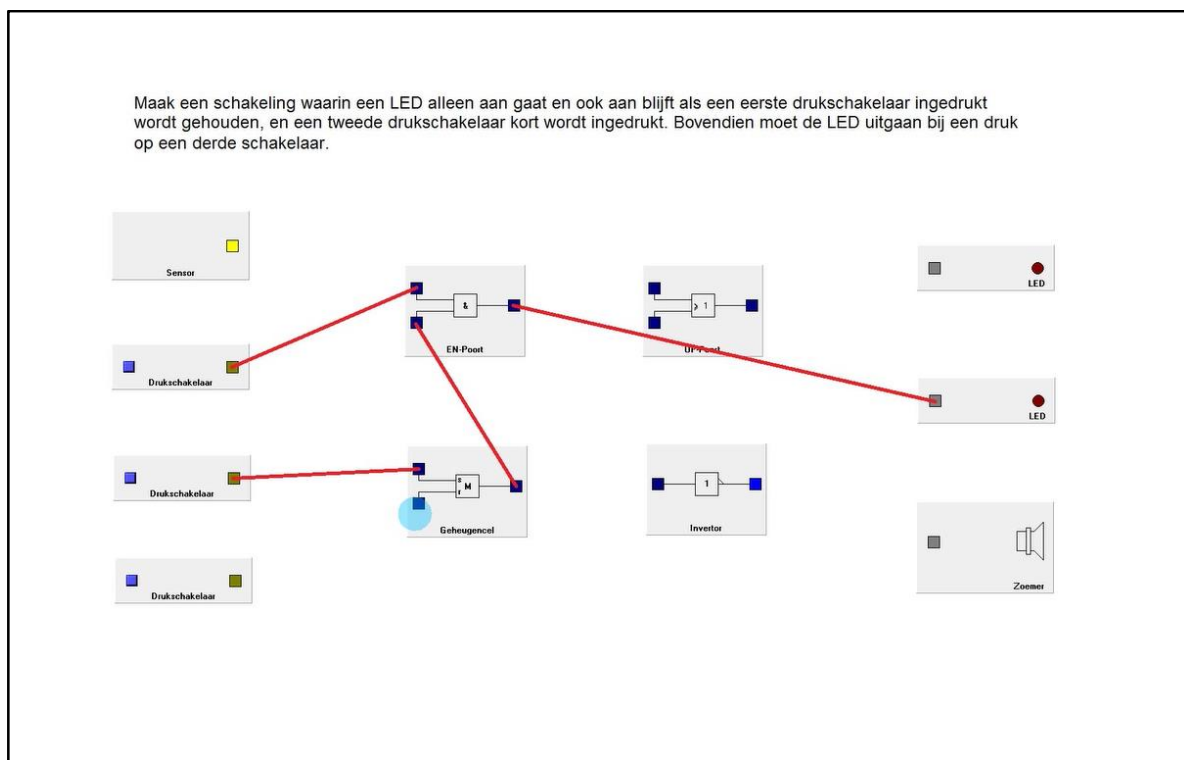
gesimuleerd aan de hand van korte beschrijvingen zonder context (zie Bijlage C), werd er gebruikt gemaakt van vier componenten van het systeembord: de EN-poort (geeft alleen een signaal door als beide ingangen een signaal binnenkrijgen), de OF-poort (geeft een signaal door als één of beide ingangen een signaal binnenkrijgt), de inverter (zet een hoog signaal om in een laag signaal, en andersom) en de geheugencel (onthoudt een binnengekomen signaal en blijft dit doorgeven totdat hij gereset wordt). In de ene schakeling werden de OF-poort en inverter gecombineerd, in de andere schakeling de EN-poort en geheugencel.

De testfase bestond voor de participanten uit het maken van vier taken op papier (zie Bijlage B). Deze taken bestonden uit het tekenen van volledige schakelingen aan de hand van korte beschrijvingen. De eerste twee taken waren vergelijkbaar met de taken in de videovoorbeelden, omdat bij deze basistaken de beschrijvingen ook zonder context waren. In de eerste basistaak werden de EN-poort en inverter gecombineerd, in de tweede basistaak de OF-poort en geheugencel. De derde en vierde taak waren transfertaken. Deze beschreven een concrete situatie waaruit de participant moest ‘vertalen’ hoe hij de schakeling moest tekenen. In deze transfertaken moesten drie componenten worden gecombineerd (respectievelijk een OF-poort, inverter en geheugencel, en een EN-poort, inverter en geheugencel). Om de weergave van de nieuwe taken aan te laten sluiten op die in de videovoorbeelden, was de weergave van het systeembord en de taakbeschrijving op papier hetzelfde als in de videovoorbeelden. Om deze weergaven te creëren is gebruik gemaakt van Sysbord software.

Videovoorbeelden. De twee videovoorbeelden zijn gecreëerd met SMI Experiment Center 3.6.44 en SMI BeGaze 3.6.40. De videovoorbeelden in de EMME conditie en in de controle conditie bevatten beide een ambigue verbale uitleg bij de stappen die worden gezet (zie Bijlage C). Deze ambiguïteit was gecreëerd door het gebruik van vakspecifieke termen (bijv. *geheugencel*), aanwijzende voornaamwoorden (bijv. *deze* in *deze geheugencel*) en algemene termen (bijv. *component*). De beschrijvingen van de schakelingen die gesimuleerd

werden, zijn boven de videovoorbeelden gezet, zodat het voor de participant, na het lezen van de beschrijving, niet noodzakelijk was het doel van de taak te onthouden.

In de EMME conditie waren in de videovoorbeelden ook de oogbewegingen van de expert te zien. De oogbewegingen werden weergegeven als doorzichtige stip met een diameter van 22 pixels en waren gebaseerd op ruwe data. Op deze oogbewegingen na, waren de videovoorbeelden in de twee condities volledig gelijk. De videovoorbeelden hadden respectievelijk een lengte van 92 en 70 seconden. Figuur 1 laat een screenshot zien van één van de videovoorbeelden in de EMME conditie.



Figuur 1. Schermafbeelding van een videovoorbeeld in de EMME conditie.

Procedure en design

Het experiment is uitgevoerd in individuele sessies van ongeveer 25 minuten, die begonnen met het voorleggen van de algemene instructie, waarin een korte toelichting over het systeembord werd gegeven, en het voorleggen van het informed consent formulier (zie Bijlage A). Vervolgens werd de voorkennistest afgenomen en begon de leerfase. Aan de

participanten in de EMME conditie werd, na de voorkennistest, nog een toelichting bij en een voorbeeld van de weergave van de oogbewegingen getoond. Daarna werd in beide condities door middel van een 9-punts kalibratie de eye tracker gekalibreerd met de ogen van de participant, waarna het eerste videovoorbeeld volgde, gevolgd door de ambiguïteitsvraag. Dit werd vervolgens herhaald voor het tweede videovoorbeeld, waarna de testfase op papier begon. Participanten kregen hierbij de instructie de opdrachten zo goed mogelijk te maken en ontvingen een gum om fout getekende verbindingen te wissen. Voor het maken van de taken in de testfase werd geen tijdslimiet gegeven.

Binnen beide condities werd, om een volgorde-effect te voorkomen, de volgorde van de videovoorbeelden gecounterbalanced. Participanten kregen dus in de ene versie als eerste het voorbeeld met de EN-poort te zien, gevolgd door het voorbeeld met de OF-poort. In de andere versie was deze volgorde omgedraaid. Dit leverde per conditie dus twee versies van de totale video op. De participanten kregen, bepaald door middel van een Latin Square design, een van de vier versies van de totale video te zien.

Data-analyse

Controlevariabelen.

Voorkennis. De score op voorkennis is bepaald door het aantal juist getekende verbindingen op de voorkennistest te tellen, met een maximum van zes juiste verbindingen (zie Bijlage B). Een Shapiro-Wilk test is gebruikt om aan te tonen dat de scores op voorkennis niet normaal verdeeld waren ($W(15) = ,76, p = ,001$ voor de controle conditie en $W(15) = ,60, p < ,001$ voor de EMME conditie). Om te bepalen of de score op voorkennis gelijk is voor de twee condities is een non-parametrische Mann-Whitney U test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en de score op de voorkennistest als afhankelijke variabele. Twee participanten zijn uitgesloten van de voorkennis analyse in verband met een zeer hoge score op voorkennis (z -score $> 2,5$).

Ambigüïteitsvraag. Een Shapiro-Wilk test is gebruikt om aan te tonen dat de scores op de ambigüïteitsvraag van zowel het videovoorgebeeld met de EN-poort ($W(16) = ,79, p = ,002$ voor de controle conditie en $W(16) = ,61, p < ,001$ voor de EMME conditie) als het videovoorgebeeld met de OF-poort ($W(15) = ,77, p = ,001$ voor de controle conditie en $W(16) = ,81, p = ,004$ voor de EMME conditie) niet normaal verdeeld waren. Om te bepalen of er een verschil is in ervaren ambigüïteit van de verbale uitleg, is voor elk videovoorgebeeld, om zo rekening te kunnen houden met een eventueel verschil tussen de mate van ambigüïteit van de verbale uitleg in elk van de videovoorgebeelden, een non-parametrische Mann-Whitney U test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en de scores op de ambigüïteitsvraag als afhankelijke variabele. Een participant is uitgesloten van de analyse van score op de ambigüïteitsvraag van het videovoorgebeeld met de OF-poort in verband met een zeer lage score (z -score $< -2,5$).

Eye track metingen. Om te bepalen of de oogbewegingen in de EMME conditie de overige participanten geholpen hebben de acties van de expert te volgen, werden allereerst de onsets van de verbale referenten in de uitleg (bijv. *EN-poort* in de zin *Hiervoor gebruik je de EN-poort*) en de corresponderende areas of interest (AOI) op het systeembord (bijv. de EN-poort) vastgesteld. Hieruit werden de proportie gefixeerde verbale referenten (het aantal verbale referenten waarbij op de corresponderende AOI is gefixeerd, gedeeld door het totale aantal verbale referenten), de time lag (hoe lang een participant er gemiddeld over deed om te fixeren op de corresponderende AOI na de onset van de verbale referent in de verbale uitleg) en de fixatieduur (hoe lang er gemiddeld door een participant gefixeerd werd op de AOI's) bepaald.

Een fixatie wordt gedefinieerd als de pieksnelheid van oogbewegingen kleiner of gelijk aan $40^\circ/s$ is en deze een fixatieduur gelijk aan of langer dan 100 ms heeft (vgl. Jarodzka et al., 2013; Litchfield et al., 2010). Alleen fixaties op corresponderende AOI's bij

verbale referenten die ontstaan binnen 1500 ms na de onset van de verbale referent zijn meegenomen in de analyse (vgl. Dahan & Tanenhaus, 2005). Bovendien zijn fixaties die voorkomen in de eerste 100 ms na de onset niet meegenomen in de analyse, omdat onderzoek heeft aangetoond dat het 100 ms of langer duurt om oogbewegingen aan te sturen aan de hand van talige input (Altmann, 2011).

Om te bepalen of er een verschil is in kijkgedrag wat betreft de proportie gefixeerde verbale referenten is er een onafhankelijke *t* test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en proportie gefixeerde verbale referenten als afhankelijke variabele. Om te bepalen of er een verschil is in kijkgedrag wat betreft time lag is er een onafhankelijke *t* test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en time lag als afhankelijke variabele. Een Levene's test is hierbij gebruikt om aan te tonen dat de scores op time lag van de participanten in de controle conditie ($M = 809,30$, $SD = 150,86$) wezenlijk meer variantie bevatten dan de scores op time lag van de participanten in de EMME conditie ($M = 485,82$, $SD = 82,12$), $F = 4,47$, $p = ,044$. Om aan te tonen dat de scores op fixatieduur niet normaal verdeeld waren, is een Shapiro-Wilk test gebruikt ($W(13) = ,86$, $p = ,040$ voor de controle conditie en $W(14) = ,85$, $p = ,020$ voor de EMME conditie). Om te bepalen of er een verschil is in kijkgedrag wat betreft fixatieduur is een non-parametrische Mann-Whitney *U* test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en fixatieduur als afhankelijke variabele.

Een participant is door het niet werken van de eye tracker uitgesloten van alle eye track data-analyses. Voor deze participant is geen eye track data verzameld. Daarnaast zijn twee participanten door een slechte kalibratie (afwijking $> 0,70^\circ$) eveneens uitgesloten van alle eye track data-analyses. Ook is er een participant uitgesloten van alle analyses met de eye track data vanwege een zeer laag proportie gefixeerde verbale referenten (z -score $< 2,5$). Deze participant had een gering aantal fixaties en is daarom ook bij de time lag- en

fixatieduur analyse niet meegenomen. Een andere participant is alleen uitgesloten van de fixatieduur analyse in verband met een zeer hoge score op fixatieduur (z -score $> 2,5$).

Testfase. Oorspronkelijk zou er, om te bepalen of er sprake is van een leereffect, een MANCOVA uitgevoerd worden met daarbij conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en de scores op basistaken en transfertaken als afhankelijke variabelen. Hierbij zou voorkennis als covariaat meegenomen worden. Echter, bij het uitvoeren van een Shapiro-Wilk test bleek de data voor zowel de covariaat voorkennis ($W(15) = ,76, p = ,001$ voor de controle conditie en $W(14) = ,55, p < ,001$ voor de EMME conditie) als de afhankelijke variabele score op basistaken ($W(15) = ,90, p = ,090$ voor de controle conditie en $W(14) = ,86, p = ,026$ voor de EMME conditie) niet normaal verdeeld te zijn, een van de assumpties van onder meer de MANCOVA. Bij het bepalen van de normaal verdeeldheid van de scores op voorkennis, basistaken en transfertaken waren drie participanten uitgesloten. Twee van deze participanten waren uitgesloten omdat zij een zeer hoge score op voorkennis hadden (z -score $> 2,5$). De andere participant was bij het testen van de assumptie uitgesloten omdat deze participant een zeer hoge score op transfertaken had (z -score $> 2,5$). Gezien het feit dat de data voor zowel de covariaat als voor een van de afhankelijke variabelen niet normaal verdeeld waren, is er voor gekozen om gebruik te maken van verschillende andere analysemethoden.

Basis- en transfertaken. De prestatie van participanten op de taken is bepaald door het aantal juist getekende verbindingen te tellen. De juiste verbindingen zijn apart voor basistaken, met een maximum van negen juiste verbindingen, en transfertaken, met een maximum van 12 juiste verbindingen, opgeteld (zie Bijlage D). Een Shapiro-Wilk test is gebruikt om aan te tonen dat de scores op basistaken niet normaal verdeeld waren ($W(16) = ,89, p = ,051$ voor de controle conditie en $W(16) = ,87, p = ,032$ voor de EMME conditie). Om te bepalen of er een verschil is in leereffect wat betreft de scores op basistaken is een

non-parametrische Mann-Whitney U test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en de score op basistaken als afhankelijke variabele.

Om te bepalen of er een verschil is in leereffect wat betreft de scores op transfertaken is een onafhankelijke t test uitgevoerd met conditie (EMME vs. controle) als onafhankelijke variabele en score op transfertaken als afhankelijke variabele. Een Levene's test is hierbij gebruikt om aan te tonen dat de scores op transfertaken van de participanten in de controle conditie ($M = 7,06$, $SD = 3,38$) wezenlijk meer variantie bevatten dan de scores op transfertaken van de participanten in de EMME conditie ($M = 3,53$, $SD = 1,73$), $F = 5,34$, $p = ,028$. Een participant is uitgesloten van de analyse van de scores op transfertaken in verband met een zeer hoge score op transfertaken (z -score $> 2,5$).

Resultaten

Voor alle analyses die hier gerapporteerd zijn, geldt dat een significantieniveau van ,05 is gebruikt. Tabel 1 toont de beschrijvende statistiek voor alle uitkomstmaten.

Controlevariabelen

Voorkennis. Er is een Mann-Whitney U test uitgevoerd, die laat zien dat participanten in de controle conditie ($Mean Rank = 16,73$, $n = 15$) niet significant verschillen wat betreft score op voorkennis ten opzichte van de participanten in de EMME conditie ($Mean Rank = 14,27$, $n = 15$), $U = 94,00$, $p = ,461$, $r = ,16$.

Ambigüïteitsvraag. Er is een Mann-Whitney U test uitgevoerd, die laat zien dat de participanten in de EMME conditie ($Mean Rank = 15,47$, $n = 16$) de verbale uitleg bij het videovoorbeeld met de EN-poort niet significant minder duidelijk vinden dan de participanten in de controle conditie ($Mean Rank = 17,53$, $n = 16$), $U = 111,50$, $p = ,539$, $r = ,12$.

Er is eveneens een Mann-Whitney U test uitgevoerd voor het videovoorbeeld met de OF-poort, deze laat zien dat de participanten in de EMME conditie ($Mean Rank = 13,22$, $n =$

Tabel 1

Gemiddelden en Standaarddeviaties van Alle Afhankelijke Variabelen voor de EMME- en Controle Conditie (N = 32)

Variabele	Conditie			
	EMME conditie (<i>n</i> = 16)		Controle conditie (<i>n</i> = 16)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Controlevariabelen				
Score voorkennis	0,81	1,64	0,94	1,53
Ambigüiteitsvraag EN-poort	4,06	,44	4,19	,83
Ambigüiteitsvraag OF-poort	3,81	,75	4,19	,83
Eye track metingen				
Proportie	,70	,11	,51 ^a	,14 ^a
Time lag	489,68	80,82	809,30 ^a	150,86 ^a
Fixatieduur	447,35	168,10	325,06 ^a	118,94 ^a
Testfase				
Score basistaken	2,50	1,86	4,13	3,18
Score transfertaken	4,06	2,70	7,06	3,38

^a*n* = 13, participanten met geen/zeer slechte (afwijking > 0,70°) kalibratie niet opgenomen in tabel.

16) de verbale uitleg bij het videovoorgebeeld met de OF-poort niet significant minder duidelijk vinden dan de participanten in de controle conditie (*Mean Rank* = 18,97, *n* = 15), *U* = 75,50, *p* = ,078, *r* = ,35.

Eye track metingen

Proportie gefixeerde verbale referenten. Er is een onafhankelijke *t* test uitgevoerd, die laat zien dat de participanten in de EMME conditie (*M* = ,72, *SD* = ,08) significant vaker fixeren op de verbaal gerefereerde AOI's dan de participanten in de controle conditie (*M* = ,51, *SD* = ,14). Participanten in de EMME conditie scoren op proportie gefixeerde verbale referenten namelijk ,21 hoger, 95% BI [-,30, -,12], dan de participanten in de controle conditie, *t*(26) = -4,85, *p* < ,001, *d* = 1,88.

Time lag. Ook hier is een onafhankelijke *t* test uitgevoerd die statistisch significant was, participanten in de EMME conditie fixeren, na de onset van de verbale referent in de verbale uitleg, gemiddeld 323,47 milliseconden sneller op de corresponderende AOI, 95% BI

[224,90, 422,04], dan participanten in de controle conditie, $t(17,94) = 6,90, p < ,001, d = 2,72$.

Fixatieduur. Er is een Mann-Whitney U test uitgevoerd, die laat zien dat participanten in de EMME conditie ($Mean Rank = 17,29, n = 14$) gemiddeld significant langer fixeren op de AOI's dan de participanten in de controle conditie ($Mean Rank = 10,46, n = 13$), $U = 45,00, p = ,025, r = ,43$.

Testfase

Basistaken. Een Mann-Whitney U test is ook hier uitgevoerd en laat zien dat participanten in de controle conditie ($Mean Rank = 18,66, n = 16$) niet significant hoger scoren op de basistaken dan de participanten in de EMME conditie ($Mean Rank = 14,34, n = 16$), $U = 93,50, p = ,196, r = ,23$.

Transfertaken. Er is een onafhankelijke t test uitgevoerd die statistisch significant was, de participanten in de controle conditie scoren gemiddeld 3,53 punten hoger op transfertaken, 95% BI [1,55, 5,51], dan de participanten in de EMME conditie, $t(22,65) = 3,70, p = ,001, d = 1,30$.

Discussie

Dit onderzoek had als doel antwoord te kunnen geven op de vraag of oogbewegingen in een EMME het kijkgedrag van participanten konden sturen en of deze sturing zou leiden tot het verbeteren van leren wanneer er sprake zou zijn van een ambigue verbale uitleg. Uit het onderzoek kwam, zoals in de eerste hypothese gesteld, naar voren dat participanten in de EMME conditie sneller en langer naar de verbaal gerefereerde relevante gebieden (AOI's) keken dan participanten in de controle conditie. Echter, participanten in de controle conditie lieten een groter leereffect zien dan de participanten in de EMME conditie, hetgeen tegenstrijdig is aan de tweede hypothese.

De resultaten bevestigen de eerste hypothese. Participanten in de EMME conditie kijken significant vaker (proportie gefixeerde verbale referenten), sneller (time lag) en langer (fixatieduur) naar de AOI's dan participanten in de controle conditie. Deels soortgelijke resultaten zijn onder meer gevonden in onderzoeken van Jarodzka et al. (2012, 2013) en Van Marlen et al. (2016). Een mogelijke verklaring voor het betere kijkgedrag van participanten in de EMME conditie ten opzichte van participanten in de controle conditie kan gezocht worden in de cognitive load theory of multimedia learning (Mayer & Moreno, 2003). Een EMME kan gezien worden als een vorm van signaling. De oogbewegingen van de expert in een EMME dienen voor de participanten in de EMME conditie als signaal, waardoor er sprake is van sturing van de visuele aandacht van de participant (Mayer & Moreno, 2003). Doordat de participanten de oogbewegingen van de expert zien, wordt hun visuele aandacht automatisch geleid naar de AOI's. De oogbewegingen in een EMME kunnen dan ook, omdat ze als signaal de visuele aandacht van de participant sturen, een verklaring zijn voor het vaker, sneller en langer kijken naar de AOI's van participanten in de EMME conditie.

De tweede hypothese, dat, gezien de controle op voorkennis, de participanten in de EMME conditie beter zouden presteren op het uitvoeren van nieuwe, gelijksoortige taken dan de participanten in de controle conditie, wordt niet bevestigd. Sterker nog, het tegenovergestelde resultaat werd gevonden. Participanten in de controle conditie scoren hoger op de scores voor basis- en transfertaken dan de participanten in de EMME conditie. Voor de scores op transfertaken is dit verschil zelfs significant. Het lijkt er dus op dat in dit onderzoek de oogbewegingen in de videovoorbeelden van de EMME conditie het leren van de participanten mogelijk belemmeren.

Een mogelijke verklaring hiervoor is wellicht te vinden in de mate van ambiguïteit van de verbale uitleg die aan de videovoorbeelden in beide condities is toegevoegd. Ook in eerder onderzoek is er gebruik gemaakt van een verbale uitleg in EMME's (Jarodzka et al.,

2013; Van Gog et al., 2009). Uit onderzoek van Jarodzka et al. (2013) kwam naar voren dat participanten, bij het gebruik van een ambigue verbale uitleg, in de conditie met oogbewegingen betere leerresultaten lieten zien dan de participanten in de conditie zonder oogbewegingen. Echter, uit onderzoek van Van Gog et al. (2009) kwam naar voren dat het gebruik van een verbale uitleg in een EMME een negatief effect had op het bevorderen van leren. Een belangrijk verschil tussen het onderzoek van Jarodzka et al. (2013) en Van Gog et al. (2009) is echter dat er bij Van Gog et al. (2009) sprake was van een niet ambigue verbale uitleg. Het gebruik van oogbewegingen bij een duidelijke verbale uitleg lijkt dus overtollige informatie die het leren hindert in plaats van bevordert. Een combinatie die bij Van Gog et al. (2009) resulteerde in het optreden van het redundancy effect (Sweller et al., 1998), hetgeen waarvan ook in het huidige onderzoek sprake lijkt te zijn. Participanten in de controle conditie lijken de oogbewegingen niet nodig gehad te hebben om de ambigue verbale uitleg te begrijpen, terwijl deze voor participanten in de EMME conditie juist overtollige informatie lijken te zijn, die het leren hinderde in plaats van bevorderde. De hierboven besproken resultaten uit eerder onderzoek (Jarodzka et al., 2013; Van Gog et al., 2009) geven aanleiding om de mate van ambiguïteit van de verbale uitleg in het huidige onderzoek kritisch te bekijken.

De resultaten op de ambiguïteitsvragen, die in dit onderzoek waren opgenomen, suggereren dat de mate van ambiguïteit van de verbale uitleg redelijk laag was. Zowel de participanten in de controle conditie als de participanten in de EMME conditie gaven aan de uitleg in beide videovoorbeelden duidelijk te vinden. Ook is er voor beide videovoorbeelden geen significant verschil gevonden in de ervaren ambiguïteit tussen de participanten in de controle conditie en de participanten in de EMME conditie. Dit stelt tevens dat de afwezigheid van de oogbewegingen in de controle conditie er niet voor heeft gezorgd dat de

participanten in deze conditie de verbale uitleg minder duidelijk vonden dan de participanten in de EMME conditie.

Ook in het onderzoek van Van Marlen et al. (2016) is gebruik gemaakt van een ambigue verbale uitleg. In tegenstelling tot het huidige onderzoek vonden Van Marlen et al. (2016) wel een leereffect, al was dit effect niet significant. Resultaten uit hun onderzoek leken de trend te suggereren dat participanten in de EMME conditie beter presteerden op gelijksoortige, nieuwe taken dan participanten in de controle conditie. Echter, in het onderzoek Van Marlen et al. (2016) was er sprake van een hoge voorkennis bij de participanten. Om betere uitspraken te kunnen doen over de rol van oogbewegingen, in videovoorbeelden waarin sprake is van een ambigue verbale uitleg, op leereffect, is in het huidige onderzoek geprobeerd de voorkennis zo laag mogelijk te houden. Resultaten op de voorkennistest lijken te suggereren dat er in het huidige onderzoek sprake was van een zeer laag niveau van voorkennis. Tevens is aangetoond dat er tussen de twee condities geen significant verschil aanwezig was in de hoogte van de voorkennis. Voorkennis lijkt dus geen bepalende factor te zijn geweest voor de gevonden resultaten wat betreft leereffect. De door Van Marlen et al. (2016) gevonden resultaten zouden wel het resultaat kunnen zijn van een hoge voorkennis onder de participanten en een eventueel verschil tussen de condities wat betreft de hoogte van de voorkennis. Hetzelfde geldt voor de gevonden resultaten door Jarodzka et al. (2013). In het onderzoek van Jarodzka et al. (2013) is er niet gecontroleerd op voorkennis, waardoor er geen uitspraken gedaan kunnen worden over de invloed van voorkennis op de in dat onderzoek gevonden resultaten.

Een exacte verklaring voor de in dit onderzoek gevonden resultaten wat betreft leereffect is dan ook lastig te geven. Enerzijds kunnen we de tegengesproken hypothese wellicht verklaren doordat de verbale uitleg die in dit onderzoek gebruikt is, de schijn heeft niet ambigu te zijn. De gevonden resultaten lijken dan op een lijn te liggen met eerder

onderzoek van Van Gog et al. (2009). Anderzijds lijkt onderzoek van Jarodzka et al. (2013) en van Van Marlen et al. (2016) te suggereren dat een EMME wel degelijk van toegevoegde waarde kan zijn voor het verbeteren van de prestaties van participanten. Echter, bij deze onderzoeken is er ofwel sprake geweest van een hoge voorkennis onder de participanten ofwel sprake geweest van afwezigheid van de controle op voorkennis. Om in toekomstig onderzoek het leereffect exacter te bepalen, lijkt het dus van belang dat de voorkennis van de participanten zo laag mogelijk is en tevens gelijk is tussen de verschillende condities.

Daarnaast moet men in toekomstig onderzoek kritisch kijken naar wat ambiguïteit precies inhoudt om zo betere uitspraken te kunnen doen over de mate van ambiguïteit van een verbale uitleg. Een afweging hierbij is of men feitelijk kijkt naar de ambiguïteit van een uitleg of dat men de participanten vraagt naar de ervaren ambiguïteit. Wanneer men in de toekomst kritisch kijkt naar zowel datgene wat een verbale uitleg precies ambigu maakt als naar de voorkennis, zal men beter in staat zijn uitspraken te doen over de waarde van een EMME bij een ambigue verbale uitleg voor het verbeteren van het leren van participanten.

In toekomstig onderzoek kan men tevens rekening houden met enkele limitaties van het huidige onderzoek. Gezien het zeer korte tijdsbestek waarin dit onderzoek uitgevoerd moest worden, is ervoor gekozen om slechts twee condities te creëren. Idealiter waren dit vier condities geweest. Naast de controle- en EMME conditie met een ambigue verbale uitleg, zou er dan ook ruimte geweest zijn voor een controle- en EMME conditie met een duidelijke verbale uitleg. Hierdoor zou men een betere vergelijking kunnen maken tussen de waarde van een EMME bij een duidelijke verbale uitleg en de waarde van een EMME bij een ambigue verbale uitleg. Daarnaast zou men in toekomstig onderzoek kritisch kunnen kijken naar de inhoud van de voorkennistest. In het huidige onderzoek is er in de voorkennistest gebruik gemaakt van een andere soort taak dan in de testfase. Wellicht is er dan ook een vraagteken te zetten bij de vraag in hoeverre de voorkennistest de daadwerkelijke voorkennis weergaf.

Door in toekomstig onderzoek een voorkennistest te ontwikkelen die overeenkomt met de taken in een posttestfase, kan men uitspraken doen over de aanwezige voorkennis specifiek gericht op het soort taken dat in de posttest aan bod komt. In het huidige onderzoek was men alleen in staat om een meer algemene uitspraak te doen over de aanwezige voorkennis. Naast de inhoud van de voorkennistest zou men ook kritisch kunnen kijken naar de moeilijkheidsgraad en de lengte van de voorkennistest. De zeer lage score op de voorkennistest in dit onderzoek zou namelijk, naast een teken van afwezigheid van voorkennis, ook het teken kunnen zijn dat de moeilijkheidsgraad van de test te hoog was.

Wanneer men in toekomstig onderzoek minder tegenstrijdige resultaten vindt in de waarde van een EMME bij een ambigue verbale uitleg, kan men EMME's ook beter toepassen in de praktijk van het onderwijs. Mocht uit toekomstig onderzoek blijken dat een EMME wel degelijk van waarde kan zijn bij een ambigue verbale uitleg, dan zouden EMME's, wanneer er bij de participanten sprake is van weinig voorkennis, toegepast kunnen worden bij beginners in het onderwijs. Vooral voor onderwijs waarbij veel gebruik gemaakt wordt van digitaal materiaal zoals blended learning en massive open online courses zouden EMME's dan van waarde kunnen zijn. Zeker wanneer er onvoldoende mogelijkheden zijn om een ambigue verbale uitleg te verduidelijken. Dit kan het geval zijn wanneer het gebruik van, voor participanten, onbekende (vakspecifieke) termen onvermijdelijk is, omdat datgene wat in de verbale uitleg besproken wordt volledig nieuw is voor de participanten.

Concluderend, laat het huidige onderzoek zien dat, wanneer er sprake is van een ambigue verbale uitleg, een EMME ervoor zorgt dat participanten de verbaal gerefereerde relevante gebieden vaker, sneller en langer bekijken. Echter, dit onderzoek laat ook zien dat eenzelfde EMME niet bevorderlijk lijkt te zijn voor het verbeteren van het leren van participanten. Dit is tegenstrijdig aan resultaten uit voortgaand onderzoek (Jarodzka et al., 2013; Van Marlen et al., 2016). Toekomstig onderzoek is dan ook noodzakelijk, zodat men

een grotere consensus bereikt over de waarde van EMME's in specifieke contexten. Hierbij lijkt het van belang dat men kritisch kijkt naar de (ervaren) ambiguïteit van de verbale uitleg en naar de voorkennis van de participanten. Pas bij een bereikte consensus kan men na gaan denken over richtlijnen voor het concreet toepassen van EMME's in het onderwijs.

Referenties

- Altmann, G. T. M. (2011). Language can mediate eye movement control within 100 milliseconds, regardless of whether there is anything to move the eyes to. *Acta Psychologica*, *137*, 190-200. doi:10.1016/j.actpsy.2010.09.009
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, *70*, 181-214. doi:10.3102/00346543070002181
- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Dahan, D., & Tanenhaus, M. K. (2005). Looking at the rope when looking for the snake: Conceptually mediated eye movements during spoken-word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*, 453-459. doi:10.3758/BF03193787
- Ferguson-Hessler, M. G. M., & De Jong, T. (1993). Het leren van exacte vakken. In P. Span, & W. Tomic (Red.), *Onderwijspsychologie: Beïnvloeding, verloop en resultaten van leerprocessen* (pp. 331-353). Utrecht: Lemma.
- Jarodzka, H., Balslev, T., Holmqvist, K., Nyström, M., Scheiter, K., Gerjets, P., & Eika, B. (2012). Conveying clinical reasoning based on visual observation via eye-movement modelling examples. *Instructional Science*, *40*, 813-827. doi:10.1007/s11251-012-9218-5
- Jarodzka, H., Van Gog, T., Dorr, M., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a Model's eye movements fosters learning. *Learning and instruction*, *25*, 62-70. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.11.004
- Litchfield, D., Ball, L. J., Donovan, T., Manning, D. J., & Crawford, T. (2010). Viewing Another Person's Eye Movements Improves Identification of Pulmonary Nodules in Chest X-ray Inspection. *Journal of Experimental Psychology*, *16*, 251-262. doi:10.1037/a0020082

- Mason, L., Pluchino, P., & Tornatora, M. C. (2015). Eye-movement modeling of integrative reading of an illustrated text: Effect on processing and learning. *Contemporary Educational Psychology, 41*, 172-187. doi:10.1016/j.cedpsych.2015.01.004
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist, 38*, 43-52. doi: 10.1207/S15326985EP3801_6
- Stichting Leerplanontwikkeling. (z.j.). *Examenprogramma natuurkunde havo/vwo*.
Geraadpleegd via http://www.slo.nl/downloads/archief/Examenprogramma_natuurkunde_DEFINITIEF.pdf/ (2016, 9 maart)
- Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction, 16*, 165-169. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.02.005
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review, 10*, 251-296.
doi:10.1023/a:1022193728205
- Van Gog, T., Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P., & Paas, P. (2009). Attention guidance during example study via the model's eye movements. *Computers in Human Behavior, 25*, 785-791. doi:10.1016/j.chb.2009.02.007
- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (2006). Effects of Process-Oriented Worked Examples on Troubleshooting Transfer Performance. *Learning and Instruction, 16*, 154-164. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.02.003
- Van Marlen, T., Van Wermeskerken, M., Boven, L. M., Ketelaar, J., Van Trijp, K. C. P. J., Vernooij, S., & Van Gog, T. (2016, augustus). *Are Eye Movement Modeling Examples Most Useful when Verbal Instructions are Ambiguous?* Poster of paper presentatie gepresenteerd tijdens het congres van de European Association for Research on Learning and Instruction, Dijon.

Bijlage A

Algemene Instructie en Informed Consent

Welkom bij dit experiment!

Hartelijk dank voor je deelname!

In dit experiment ga je opdrachten bekijken en zelf uitvoeren die in het teken staan van systeemborden. Een systeembord is een middel om automatische systemen te ontwerpen of te simuleren, bijvoorbeeld de werking van een roltrap. In dit experiment maken we gebruik van een schematisch systeembord op papier en een digitaal systeembord op de computer.

Het experiment bestaat uit drie onderdelen. Je begint dadelijk eerst met enkele korte vragen en twee opdrachten op papier. Dan volgt er een deel waarbij je een video gaat bekijken op de computer. In deze video zie je hoe een taak op de computer wordt opgelost door een expert. Als de video is afgelopen, volgt er weer een gedeelte op papier waarbij je vier opdrachten zult maken. Het hele experiment zal ongeveer een half uur duren.

Als je vragen hebt, kun je die nu stellen. Denk er aan dat je tijdens het kijken van de video geen vragen kunt stellen omdat we de video's niet kunnen pauzeren. Bovendien kunnen inhoudelijke vragen bij het maken van de opdrachten niet beantwoord worden. Je kunt op ieder moment beslissen om af te zien van deelname, hiervoor hoeft je geen reden te geven.

In te vullen door de deelnemer

Toestemmingsverklaring voor gebruik gegevens ten behoeve van het onderzoek

Hierbij geef ik toestemming aan de voor het onderzoek verantwoordelijke onderzoekers van de Universiteit Utrecht om de gegevens die zijn verkregen tijdens het experiment te gebruiken voor onderzoek.

Mijn gegevens worden door de onderzoekers vertrouwelijk verwerkt.

Ik verklaar hierbij volledig te zijn ingelicht over de procedure van het onderzoek. Ik ben in de gelegenheid gesteld om vragen over het onderzoek te stellen en mijn (eventuele) vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ik heb genoeg tijd gehad om te beslissen of ik mee zou doen. Ik weet dat meedoen geheel vrijwillig is en weet dat ik op ieder moment kan beslissen om af te zien van deelname zonder een reden te hoeven geven.

Naam: _____

Plaats: _____ , Datum: _____

Handtekening **deelnemer**:

In te vullen door de onderzoeksleider

Ik heb een mondelinge en schriftelijke toelichting gegeven over het onderzoek. Ik zal de resterende vragen over het onderzoek naar vermogen beantwoorden. De deelnemer zal van een eventuele voortijdige beëindiging van deelname aan dit onderzoek geen nadelige gevolgen ondervinden.

Naam: _____

Plaats: _____ , Datum: _____

Handtekening **onderzoeksleider**:

Bijlage B

Voorkennistest en Testfase voor Participanten

Deel 1

Beantwoord de volgende vragen. Kruis aan wat voor jou van toepassing is of vul in.

1. Wat is je geslacht?

- man
- vrouw

2. Wat is je leeftijd? (in jaren)

3. Aan welke instelling studeer je?

- Universiteit Utrecht
- Hogeschool Utrecht
- anders, namelijk: _____

4. Op welk niveau studeer je momenteel?

- HBO bachelor
- HBO master
- WO bachelor
- WO master
- anders, namelijk: _____

5. Welke studie volg je?

6. Geef aan wat op jou van toepassing is, dit kunnen meerdere opties zijn:

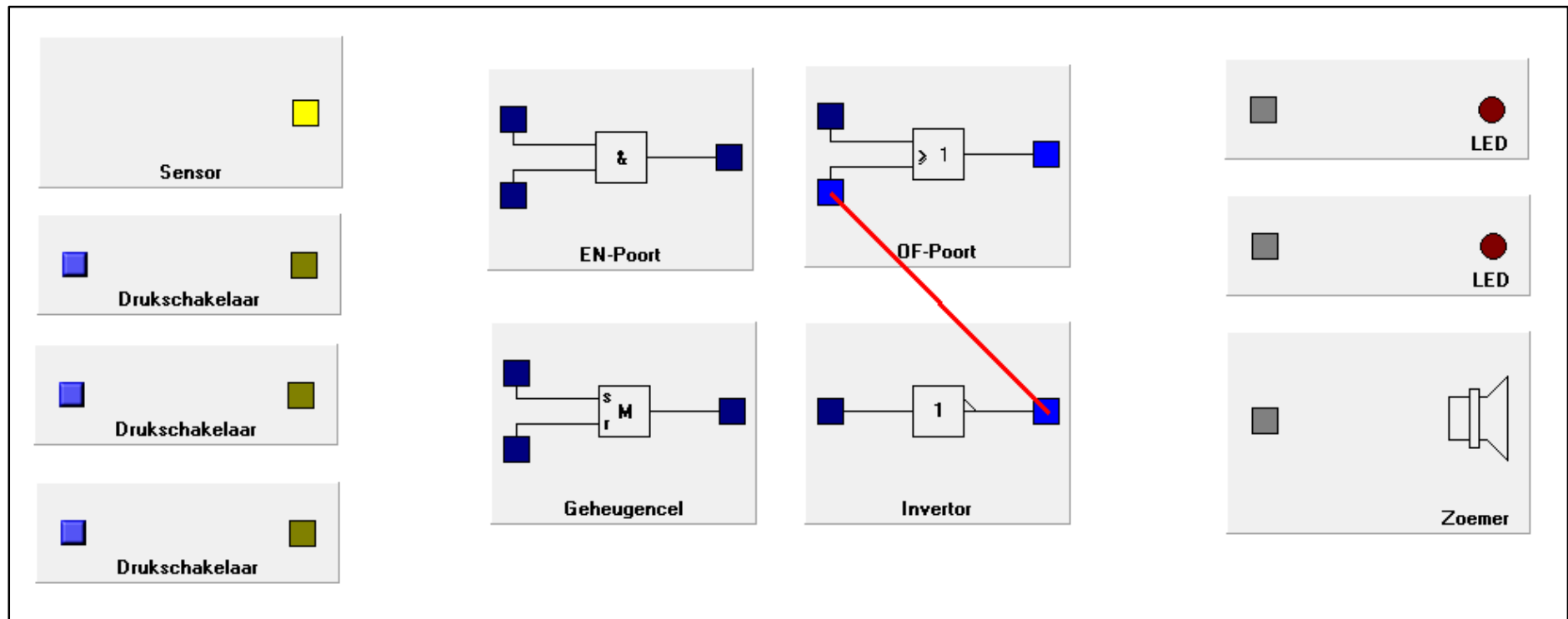
- Nederlands is mijn moedertaal
- Ik volg mijn studie in het Nederlands
- Geen van bovenstaande opties

7. Heb je het vak Natuurkunde gevolgd in de tweede fase van de middelbare school (vanaf de vierde klas)?

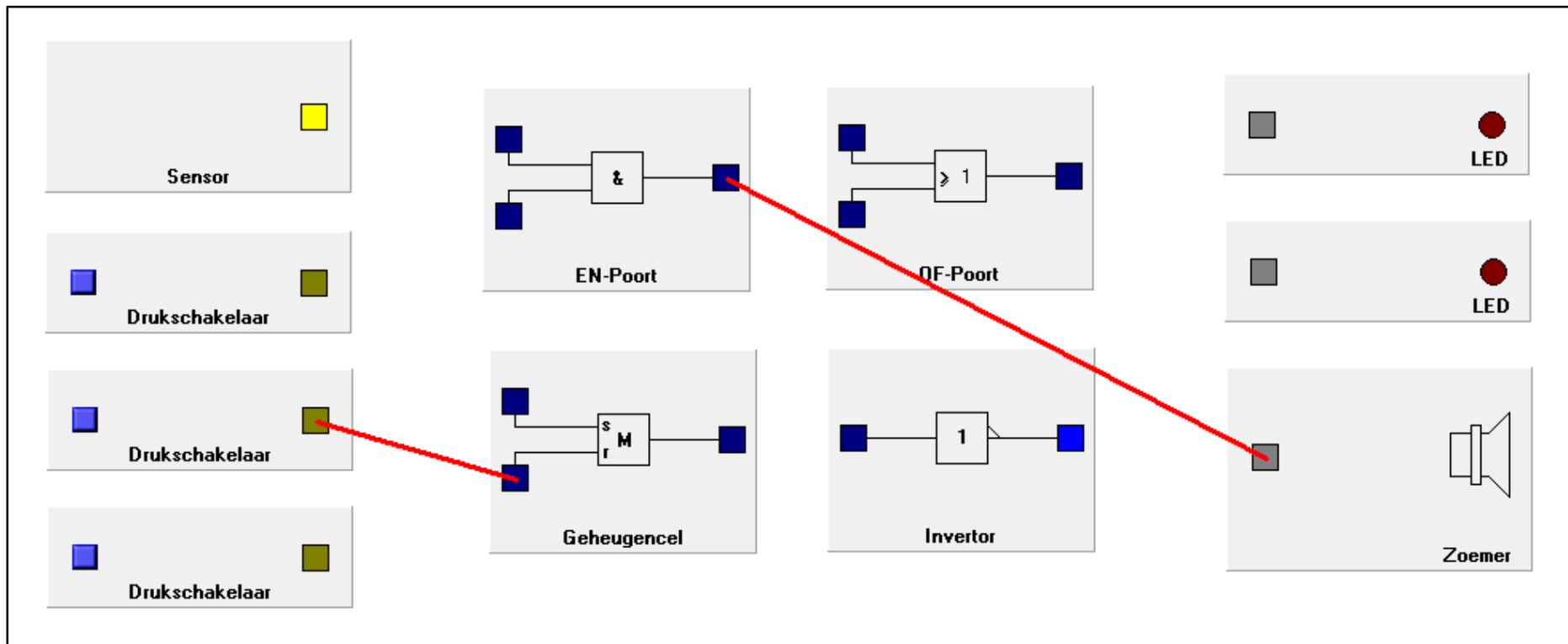
- Ja
- Nee

Om te kijken hoeveel je weet van systeemborden staan hieronder twee afbeeldingen van een systeembord waarop al enkele verbindingen zijn weergegeven. Jouw taak is om verbindingen toe te voegen om beide systemen werkend te krijgen. Gebruik precies het aantal verbindingen dat staat aangegeven bij de opdracht. Trek lijnen met het potlood om de verbindingen te tekenen. Je mag tussendoor gummen, maar probeer niet te lang bezig te zijn met een uitwerking. Heb je echt geen idee? Zet er dan een vraagteken neer.

Opdracht 1 Gebruik 3 verbindingen om het systeem werkend te maken



Opdracht 2 Gebruik 3 verbindingen om het systeem werkend te maken



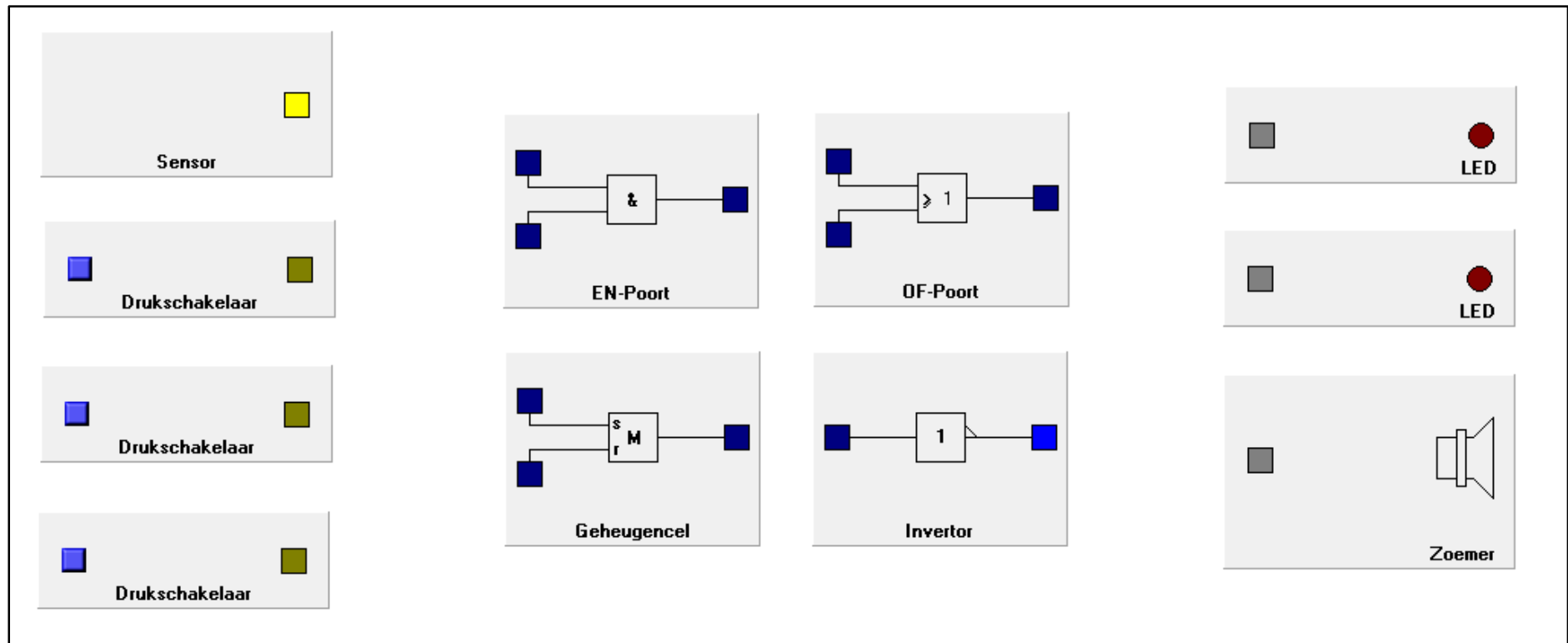
Deel 3

Er volgen nu vier opdrachten waarbij je aan de hand van een korte tekst een schakeling op het systeembord moet tekenen. De eerste twee opdrachten zijn vergelijkbaar met de taken uit de video. De laatste twee opdrachten zijn iets langer, daar zijn de schakelingen in een context geplaatst.

Trek lijnen met het potlood om verbindingen te tekenen. Je mag tussendoor gummen, maar probeer niet te lang bezig te zijn met een uitwerking.

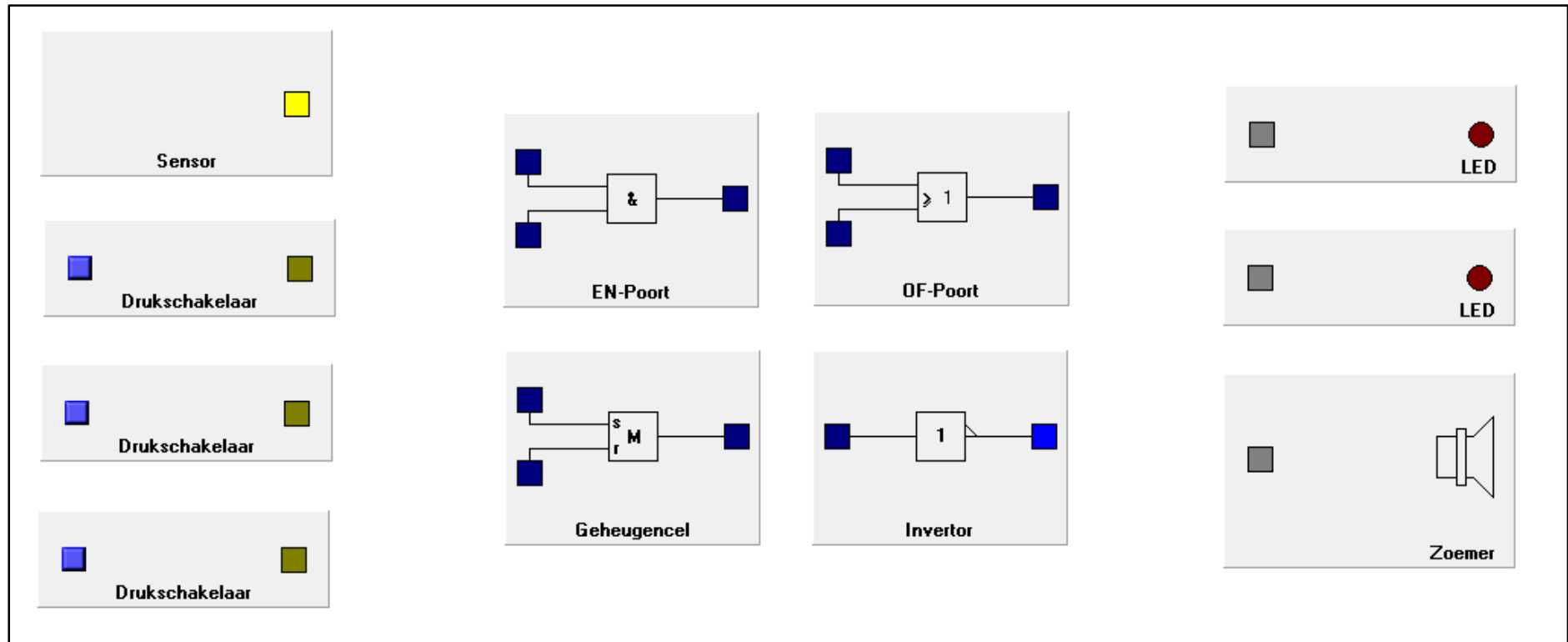
Opdracht 1

Maak een schakeling waarin de zoemer aan gaat en ook aan blijft als de sensor kort beweging heeft waargenomen. De zoemer moet uit gezet kunnen worden met een drukschakelaar. De zoemer moet ook af gaan als een andere drukschakelaar wordt ingedrukt.



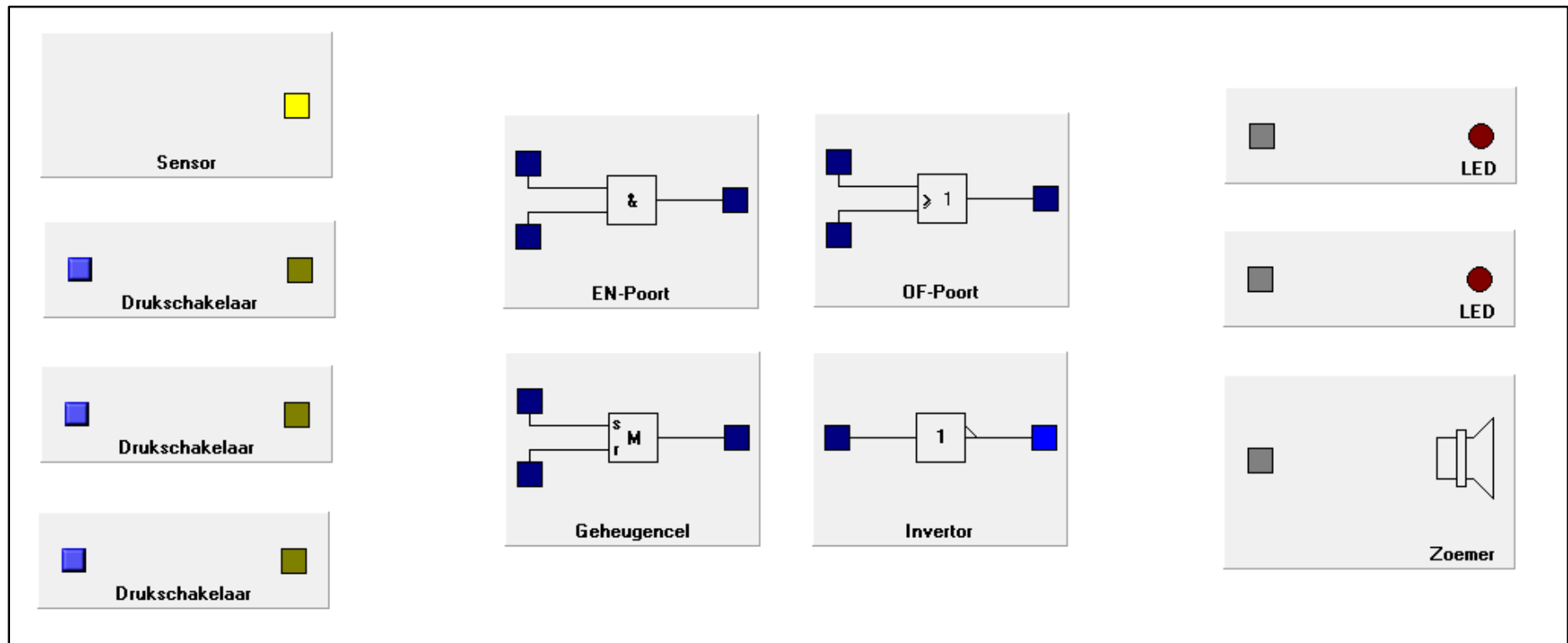
Opdracht 2

Maak een schakeling waarin een LED alleen gaat branden als er één drukschakelaar wel is ingedrukt en een andere drukschakelaar niet is ingedrukt. De drukschakelaars moeten wel beide onderdeel zijn van de schakeling.



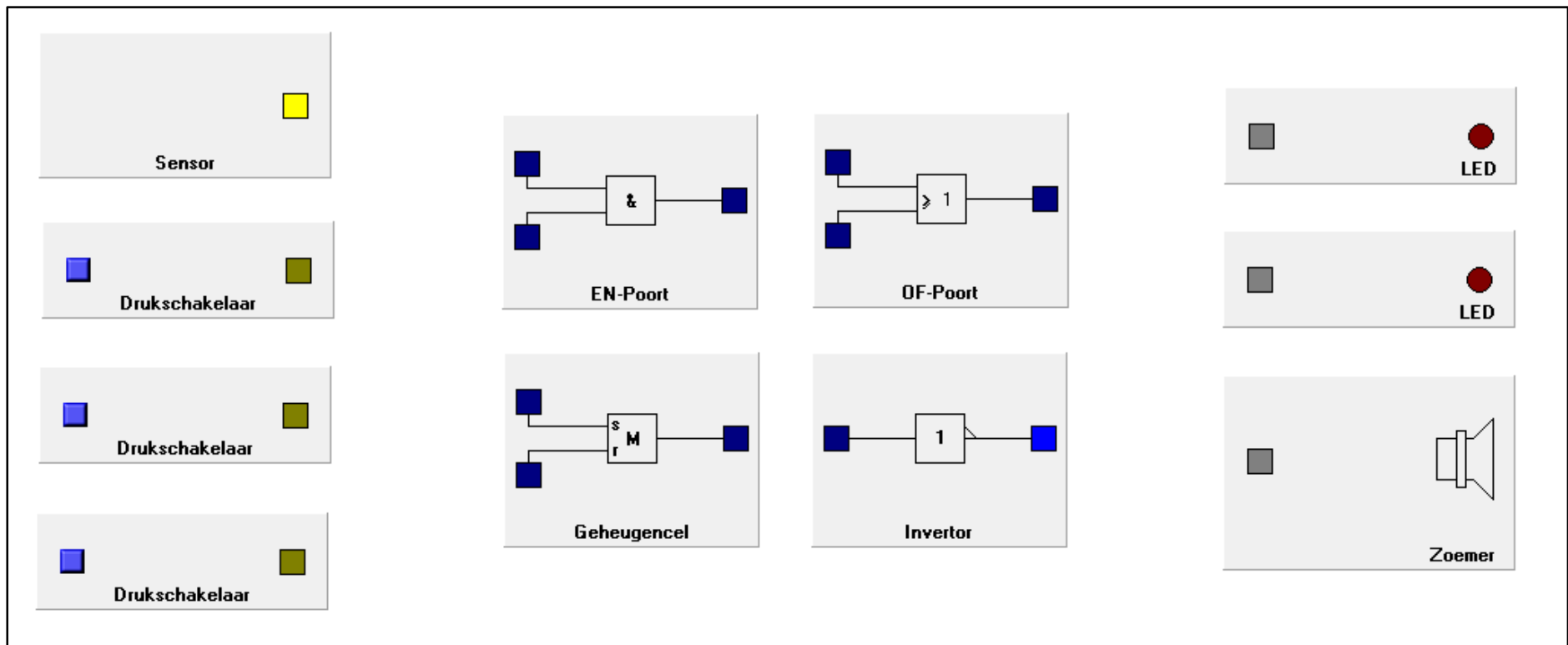
Opdracht 3

Je hebt een nieuwe lamp geïnstalleerd in je tuinhuis. Je wilt dat deze lamp alleen aan gaat wanneer het buiten donker is of wanneer je op de schakelaar drukt. Verder moet de lamp na één druk op de schakelaar aan blijven, totdat je hem met een andere schakelaar weer uit zet. Gebruik de LED als buitenlamp. Maak een schakeling die voldoet aan deze omschrijving.



Opdracht 4

Om waterverspilling tegen te gaan worden alle kranen bij de toiletten op de Universiteit Utrecht aangepast. Om water uit de kraan te laten stromen, moeten studenten eerst de kraan open zetten. Gebruik voor het dicht en open zijn van de kraan een drukschakelaar. Houdt er hierbij rekening mee dat, op het moment dat de student de kraan openzet, er juist géén druk op de kraan staat. Het water moet echter pas gaan stromen als ook een korte handbeweging van de student voor de kraan wordt waargenomen en wordt 'onthouden'. De kraan moet weer uit gaan als de student de kraan dichtzet. Hierbij moet ook het signaal van de handbeweging vergeten worden. Gebruik voor het vergeten van dit signaal een tweede drukschakelaar. Gebruik de LED om weer te geven of de kraan aan of uit staat. Maak een schakeling die voldoet aan deze omschrijving.



Bijlage C

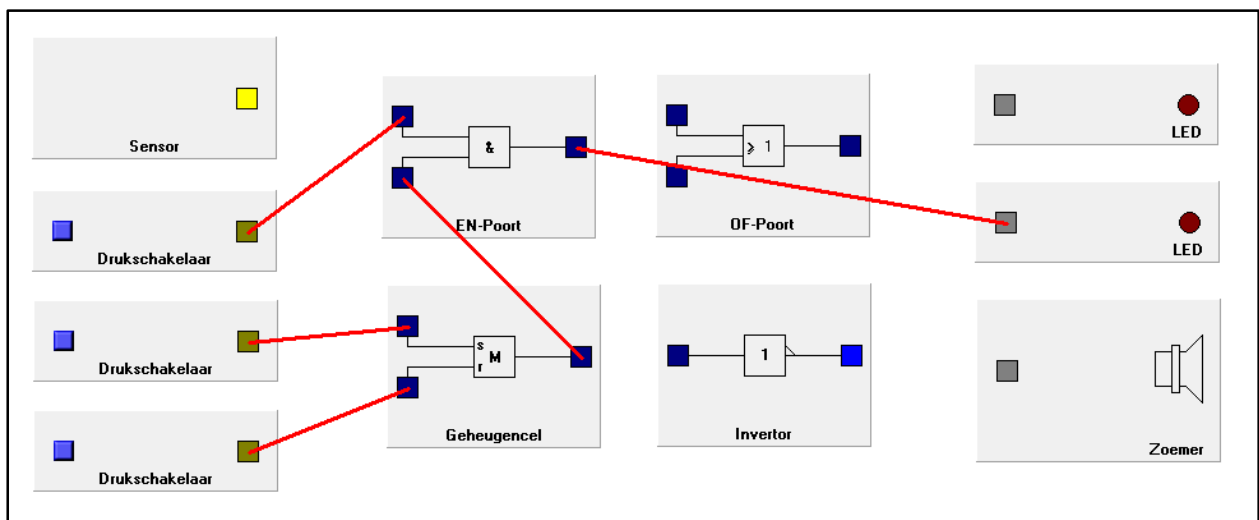
Taken Leerfase (Videovoorbeelden)

Opdracht 1: EN-poort met geheugencel*Tekst opdracht*

Maak een schakeling waarin een LED alleen aan gaat en ook aan blijft als een eerste drukschakelaar ingedrukt wordt gehouden, en een tweede drukschakelaar kort wordt ingedrukt. Bovendien moet de LED uitgaan bij een druk op een derde schakelaar.

Oplossing

Van een drukschakelaar naar de ene ingang van de EN-poort en van een andere drukschakelaar naar de set van de geheugencel. Van de uitgang van de geheugencel naar de andere ingang van de EN-poort. Van de uitgang van de EN-poort naar de OF-poort. Van de uitgang van de OF-poort naar de led. Van de derde drukschakelaar naar de reset van de geheugencel.

*Verbale toelichting*

De opdracht bij deze schakeling is om de LED te laten blijven branden wanneer er een drukschakelaar constant wordt ingedrukt en een andere drukschakelaar kort wordt ingedrukt,

totdat er weer een andere drukschakelaar wordt ingedrukt. Hiervoor gebruik je een EN-poort. Deze component geeft namelijk pas een signaal door als hij twee signalen tegelijk binnenkrijgt. Een drukschakelaar geeft een signaal af als het knopje is ingedrukt. Sluit deze eerste drukschakelaar aan op de ingang van deze component. Dit wordt dus degene die je constant ingedrukt gaat houden. Om het signaal van de kort ingedrukte drukschakelaar vast te houden, heb je een geheugencel nodig. De tweede drukschakelaar moet je aansluiten op de set van de geheugencel. Deze component onthoudt namelijk een signaal dat binnenkomt. In dit geval het signaal van de drukschakelaar die je kort gaat indrukken. Vervolgens geef je het signaal van deze component door aan de EN-poort door middel van een verbinding tussen de uitgang van de geheugencel en de overig ingang van de poort. Daarna verbind je de uitgang van die poort met de LED. Om ervoor te zorgen dat bij een druk op de derde schakelaar de LED uitgaat, moet je deze derde drukschakelaar verbinden met de reset van de geheugencel. Hierdoor wordt het geheugen gewist, waardoor de EN-poort niet meer beide signalen binnenkrijgt, en de LED uit gaat. De schakeling is nu af.

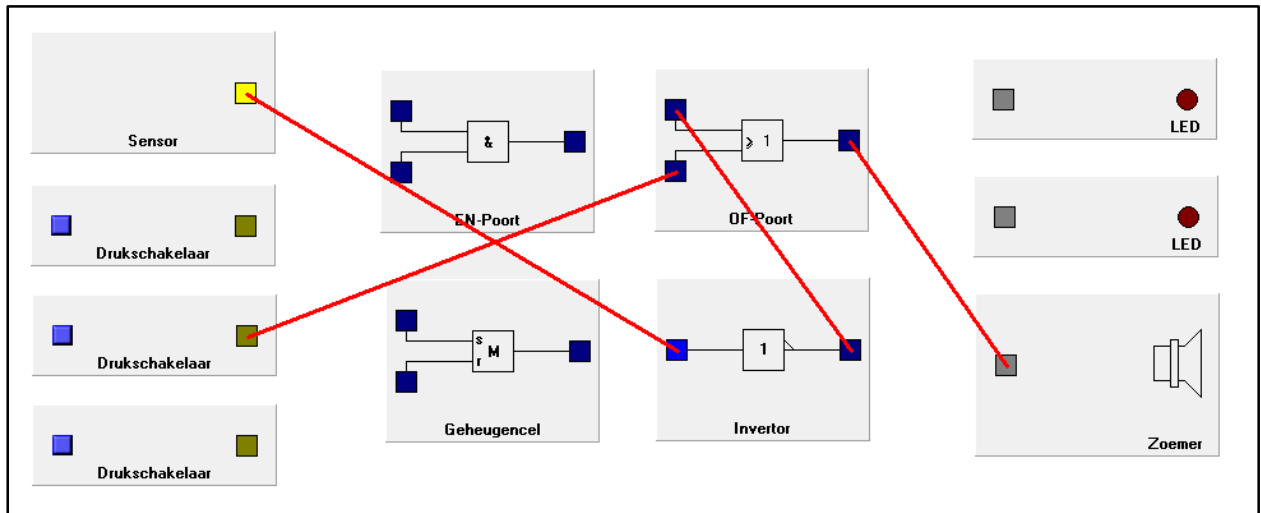
Opdracht 2: OF-poort met invertor

Tekst opdracht

Maak een schakeling waarin de zoemer afgaat als er een drukschakelaar is ingedrukt of als een lichtsensor geen licht waarneemt.

Oplossing

Van een drukschakelaar naar de ene ingang van de OF-poort. Van een sensor naar de ingang van de invertor. Van de uitgang van de invertor naar de andere ingang van de OF-poort. Van de uitgang van de OF-poort naar de zoemer.



Verbale toelichting

De opdracht bij deze schakeling is om de zoemer af te laten gaan wanneer er een drukschakelaar wordt ingedrukt of wanneer de sensor geen licht waarneemt. Hiervoor gebruik je een OF-poort. Deze component laat namelijk een signaal door als het één of twee signalen binnenkrijgt. Een drukschakelaar geeft een signaal af als het knopje is ingedrukt. Verbind deze drukschakelaar met de eerste ingang van deze component. De sensor geeft een signaal af als deze licht waarneemt. We willen dat er een signaal wordt afgegeven wanneer de sensor juist géén licht waarneemt. Om het signaal van de sensor om te zetten naar een niet-signaal, gebruik je een invertor. Als er dan geen signaal binnenkomt op deze component, geeft deze wél een signaal door, en andersom. Sluit de sensor aan op de ingang van deze component, de uitgang ervan verbind je vervolgens met de overige ingang van de OF-poort. De uitgang van de poort verbind je dan met de zoemer. De schakeling is nu af.

Bijlage D

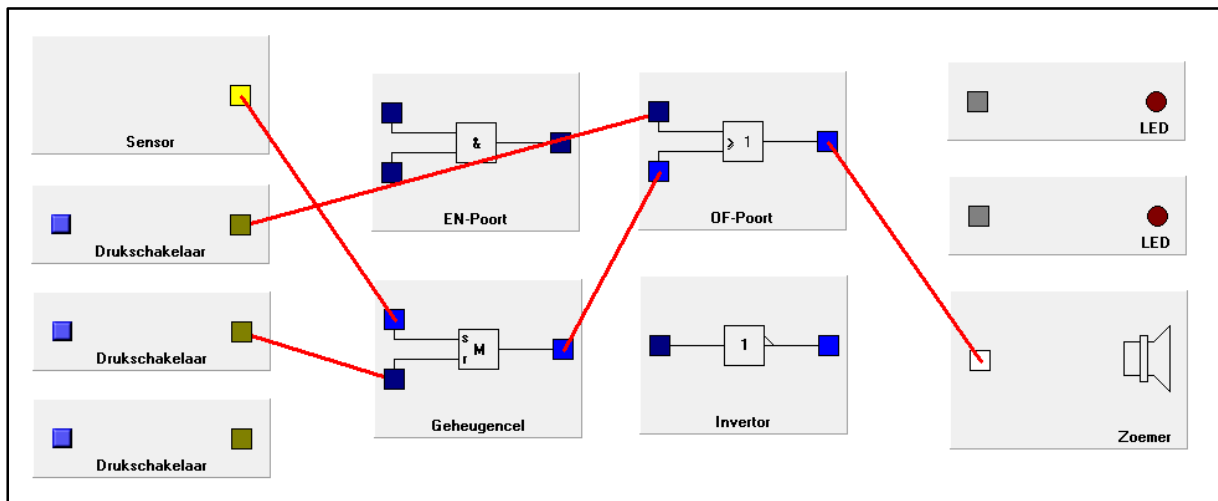
Taken Testfase

Opdracht 1: OF-poort met geheugencel (basis)*Tekst opdracht*

Maak een schakeling waarin de zoemer aan gaat en ook aan blijft als de sensor kort beweging heeft waargenomen. De zoemer moet uit gezet kunnen worden met een drukschakelaar. De zoemer moet ook af gaan als een andere schakelaar wordt ingedrukt.

Oplossing

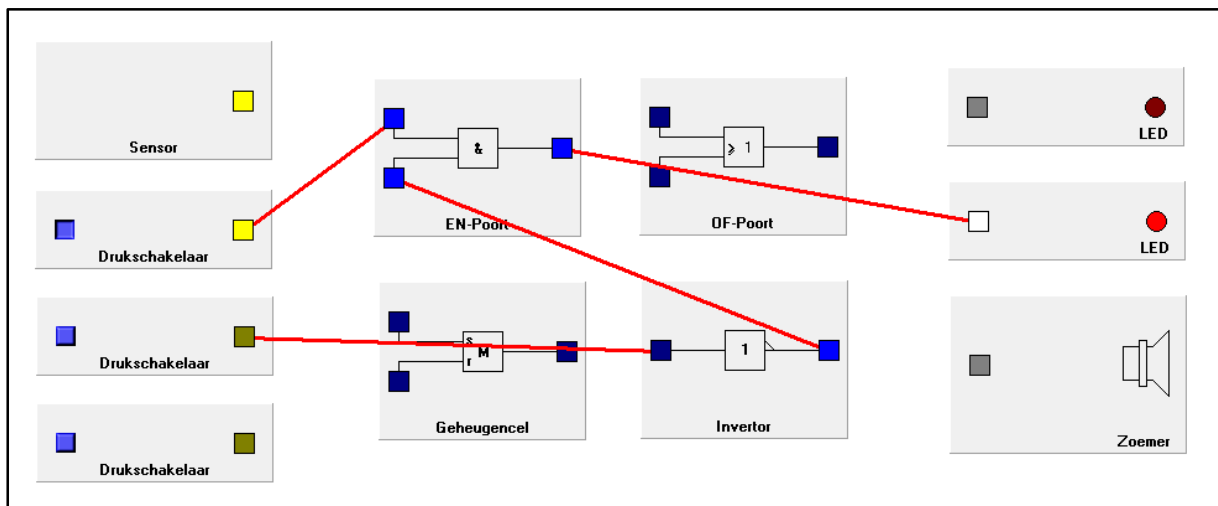
Van sensor naar set geheugencel en van drukschakelaar naar reset. Van uitgang geheugencel naar OF-poort en van andere drukschakelaar naar OF-poort. Van uitgang OF-poort naar zoemer.

**Opdracht 2: EN-poort met invertor (basis)***Tekst opdracht*

Maak een schakeling waarin een LED alleen gaat branden als er één drukschakelaar wel is ingedrukt en een andere drukschakelaar niet is ingedrukt. De drukschakelaars moeten wel beide onderdeel zijn van de schakeling.

Oplossing

Van de ene drukschakelaar naar een ingang van de EN-poort. Van de andere drukschakelaar naar de ingang van de invertor. Van de uitgang van de invertor naar de andere ingang van de EN-poort. Van de uitgang EN-poort naar de led.



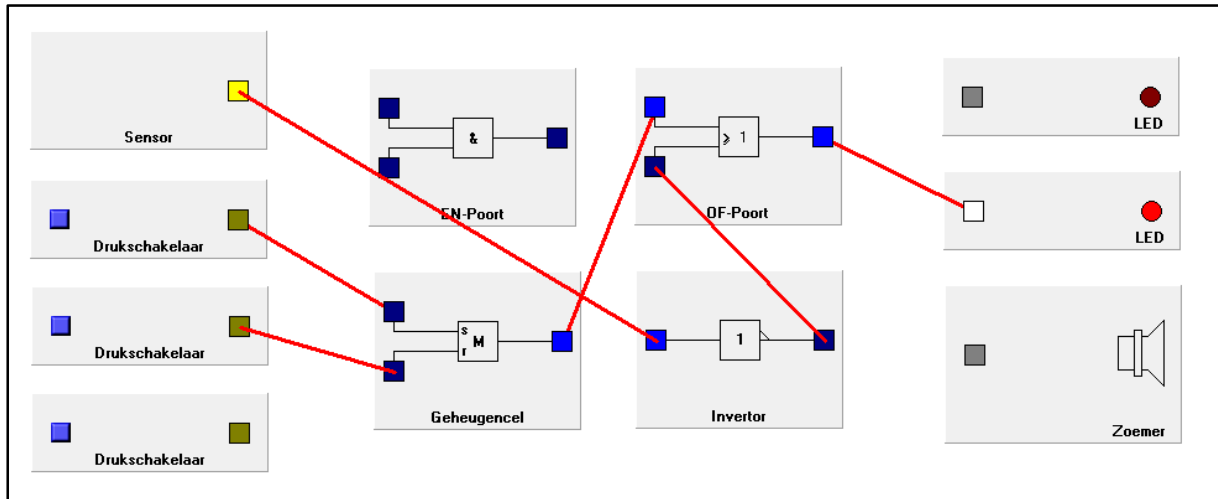
Opdracht 3: OF-poort met invertor en geheugencel (transfer)

Tekst opdracht

Je hebt een nieuwe lamp geïnstalleerd in je tuinhuis. Je wilt dat deze lamp alleen aan gaat wanneer je op de schakelaar drukt of wanneer het buiten donker is. Verder moet de lamp na één druk op de schakelaar aan blijven, totdat je hem met een andere schakelaar weer uit zet. Gebruik de LED als buitenlamp. Maak een schakeling die voldoet aan deze omschrijving.

Oplossing

Sensor verbinden met de ingang van de invertor. Daarna de uitgang van de invertor verbinden met een van de ingangen van de OF-poort. Drukschakelaar verbinden met set van geheugencel, en de uitgang van de geheugencel verbinden met de andere ingang van OF-poort. Een andere drukschakelaar verbinden met reset van geheugencel. Uitgang van OF-poort verbinden met de LED.



Opdracht 4: EN-poort met invertor en geheugencel (transfer)

Tekst opdracht

Om watersverspilling tegen te gaan worden alle kranen bij de toiletten op de Universiteit Utrecht aangepast. Om water uit de kraan te laten stromen, moeten studenten eerst de kraan open zetten. Gebruik voor het dicht en open zijn van de kraan een drukschakelaar. Houdt er hierbij rekening mee dat, op het moment dat de student de kraan openzet, er juist géén druk op de kraan staat. Het water moet echter pas gaan stromen als ook een korte handbeweging van de student voor de kraan wordt waargenomen en wordt ‘onthouden’. De kraan moet weer uit gaan als de student de kraan dichtzet. Hierbij moet ook het signaal van de handbeweging vergeten worden. Gebruik voor het vergeten van dit signaal een tweede drukschakelaar.

Gebruik de LED om weer te geven of de kraan aan of uit staat. Maak een schakeling die voldoet aan deze omschrijving.

Oplossing

Van drukschakelaar naar invertor, van invertor naar ingang EN-poort. Van (bewegings)sensor naar set van geheugencel, van uitgang geheugencel naar ingang EN-poort. Van uitgang EN-poort naar LED. Van de tweede drukschakelaar naar reset van geheugencel.

