

Het Effect van Eye-Movement Modelling Examples op  
Kijkgedrag en Leren bij een Ambigue Verbale Uitleg

Marieke Hebinck (4099109)

Universiteit Utrecht

Bachelorthesis Onderwijskunde

In samenwerking met: Mandy Gordt en Sanette van Noord

Begeleider: Tim van Marlen Msc

Tweede beoordelaar: dr. Jos Jaspers

8 juni 2016

### Samenvatting

Een eye-movement modelling example (EMME) is een video bestaande uit een screenrecording van een digitale taak die wordt gedemonstreerd door een model en waar de oogbewegingen van het model overheen zijn gemonteerd als cues naar relevante informatie. Uit eerdere studies is gebleken dat een EMME in procedurele probleemoplossingstaken wel de aandacht van lerenden kan sturen, maar daarmee nog niet het leren kan bevorderen. De hypothese dat een EMME bij procedurele probleemoplossingstaken het leren wel zou kunnen bevorderen wanneer de verbale uitleg bij het videovoorbeeld ambigu en vakspecifiek is, is getest door 32 participanten een videovoorbeeld te laten zien over het kloppend maken van schakelingen op een systeembord. De EMME conditie kreeg daarbij aandachtssturing via oogbewegingen van het model, de controle conditie kreeg die aandachtssturing niet. Uit de resultaten bleek dat de participanten die een EMME zagen, vaker, sneller en langer naar verbaal gerefereerde gebieden in beeld keken. Dit was echter niet bevorderlijk voor het leren. Participanten in de controle conditie maakten nieuwe, gelijksoortige taken namelijk even goed en taken die transfer testten zelfs beter. Mogelijke verklaringen voor deze resultaten, beperkingen van de studie en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek worden besproken.

*Keywords:* example-based learning, eye tracking, EMME, aandachtssturing

### Het Effect van EMME's op Kijkgedrag en Leren bij een Ambigue Verbale Uitleg

Op veel plekken waar geleerd wordt, moeten cognitieve vaardigheden verworven worden. In het voortgezet onderwijs bijvoorbeeld moeten leerlingen bij exacte vakken als natuurkunde en scheikunde geleerde begrippen en relaties toepassen om een gegeven probleem op te lossen (Ferguson-Hessler & De Jong, 1993). Een belangrijke vraag voor onderwijzers is dus hoe die vaardigheden het meest effectief aangeleerd kunnen worden. Het blijkt dat het bestuderen van een correcte uitwerking van een gegeven probleem een effectieve manier is 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 of model. Het probleem en de uitwerking moeten samen 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). Ten eerste is er de mogelijkheid een *worked-out example* aan te bieden. Deze vorm van instructie bestaat uit een in stappen beschreven uitwerking van een probleem en kan daarmee de cognitieve belasting op het werkgeheugen van de lerende verminderen (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). Een andere toepassing is een *modelling example*, waarin de oplossingsprocedure gedemonstreerd wordt door een model. Deze methode komt voort uit Bandura's sociale leertheorie (1977), waarin leren door observatie centraal staat.

Een vrij nieuwe toepassing van *example-based learning* is een *eye-movement modelling example* (EMME). Een EMME is een video die bestaat uit een screenrecording van een digitale leertaak die wordt uitgevoerd door een model en waaraan de oogbewegingen van dat model tijdens de uitvoering zijn toegevoegd. Er kan tevens gekozen worden deze digitale

acties en oogbewegingen aan te vullen met een verbale uitleg bij de taakuitvoering. 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 modelling example (Van Gog et al., 2009). De lerende ziet door middel van de acties en oogbewegingen van het model wat een model doet tijdens het oplossen van een probleem (zoals bij een modelling example), maar ziet het model zelf niet. Het model 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 het model en 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 het model 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. Hetgeen 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 het model en bij het volgen en begrijpen van de voorbeeldtaak.

In meerdere studies is dan ook aangetoond dat een EMME de potentie heeft het kijkgedrag te beïnvloeden en daarmee het leerproces van lerenden te verbeteren, maar dit lijkt nog wel af te hangen van het type taak waarop de EMME wordt toegepast. Jarodzka et al. (2012, 2013) pasten EMME's toe in classificatietaken waarin de visuele observatie van de stimulus centraal stond. Participanten moesten bijvoorbeeld leren symptomen van epilepsie bij kinderen te herkennen en te interpreteren (Jarodzka et al., 2012). Participanten in de controle conditie zagen een video van een kind met verbale uitleg van de expert over de observatie, participanten in de EMME condities zagen daarbij ook de oogbewegingen van de expert over het beeld van het kind. Tijdens het bekijken van de video's bleken de oogbewegingen van participanten in de spotlight-EMME conditie meer overeen te komen met de oogbewegingen van de expert dan van de participanten in de controle conditie. Bovendien bleek er op de meerkeuzetoets, die de interpretatie van nieuwe video's testte, ook beter gescoord te worden door participanten in de spotlight-EMME conditie. In een vergelijkbare studie naar het bestuderen en classificeren van de voortbeweging van een vis (Jarodzka et al., 2013) werd eveneens gevonden dat in de EMME condities de oogbewegingen van participanten meer overeenkwamen met oogbewegingen van de expert en de prestaties op een meerkeuzetoets naar interpretatie beter waren dan in de controle conditie.

Mason, Pluchino, en Tornatora (2015) zetten een EMME in bij het aanleren van een meer algemene strategie, namelijk het strategisch lezen van een geïllustreerde tekst (d.w.z. een geïntegreerde verwerking van tekst en afbeeldingen). Participanten in de EMME conditie zagen de oogbewegingen van een model tijdens het lezen van een geïllustreerde tekst. Bij het lezen van een nieuwe geïllustreerde tekst bleken zij langer te fixeren op relevante gebieden in beeld en beter te scoren op een test van verbale recall en transfer van kennis dan participanten in de controle conditie, die geen oogbewegingen zagen in het videovoorbeeld. In het geval van zulke ‘classificatie’ en ‘strategie’ taken kan een EMME de aandacht van de lerenden dus naar relevante informatie sturen en daarmee het leren verbeteren.

Er bestaat echter nog onduidelijkheid over de effectiviteit van EMME’s die worden toegepast in procedurele probleemoplossingstaken. Wanneer een EMME bijvoorbeeld werd gebruikt om de procedure van het berekenen van onbekende hoeken in geometrische figuren aan te leren (Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016), bleek wel dat participanten in de EMME conditie sneller en langer naar relevante gebieden keken dan participanten in de controle conditie, maar werd er geen leereffect gevonden. In een andere studie trachtte men participanten een taak aan te leren waarbij het doel was objecten (kikkers) te verplaatsen volgens een specifieke volgorde en volgens bepaalde regels (vgl. de Toren van Hanoi; Van Gog et al., 2009). Het videovoorbeeld dat de lerenden te zien kregen waarin het model de taak uitvoerde, kon zowel een product-georiënteerd videovoorbeeld (zonder verbale uitleg) als een proces-georiënteerd videovoorbeeld (met verbale uitleg) zijn, die al dan niet gecombineerd waren met de oogbewegingen van het model. Er werd gevonden dat wanneer een videovoorbeeld aangevuld was met zowel verbale uitleg als oogbewegingen, participanten nieuwe, soortgelijke taken slechter maakten dan participanten uit andere condities. Van Gog et al. (2009) concludeerden dat de oogbewegingen niet nodig waren om de verbale uitleg te begrijpen en dat de combinatie van de twee overvloedige informatie vormde. In plaats van

bevordering werd het leren daardoor gehinderd, 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 classificatietask in de studie van Jarodzka et al. (2013). Daar bleken de uitleg en de oogbewegingen elkaar aan te vullen en presteerden lerenden in die conditie beter dan de lerenden in de conditie zonder oogbewegingen. De discrepantie tussen deze resultaten is mogelijk te verklaren door de mate van vakspecificiteit van de verbale uitleg. In de verbale uitleg van Jarodzka et al. (2013) werden vakspecifieke termen gebruikt die waarschijnlijk veelal onbekend waren bij beginners. Het is aannemelijk dat lerenden niet weten waar zij moeten kijken in het videovoorgebeeld wanneer zij een onbekende term horen. De weergave van oogbewegingen zou dit probleem kunnen verhelpen door aandachtssturing te bieden naar de gebieden waarnaar verwezen wordt in de uitleg. Deze vakspecificiteit was niet het geval bij Van Gog et al. (2009) en alleen de verbale uitleg was volgens hen genoeg om het videovoorgebeeld te kunnen volgen.

Een andere eigenschap van de verbale uitleg die mogelijk een rol speelt in de effectiviteit van een EMME, is ambiguïteit (Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016). De hypothese dat een EMME effectiever is bij een ambigue verbale uitleg werd 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, Van Wermeskerken, Boven, 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. Bovendien leek er een indicatie voor een trend te zijn dat participanten in de EMME conditie beter presteerden op een gelijksoortige taak als in het videovoorgebeeld, maar dit was niet significant. Dit heeft volgens Van Marlen, Van

Wermeskerken, Boven, et al. (2016) mogelijk te maken met de hoge voorkennis van de participanten.

In dit onderzoek werd de studie van Van Marlen, Van Wermeskerken, Boven, et al. (2016) conceptueel gerepliceerd in de zin dat er ook werd onderzocht wat de rol is van een ambigue verbale uitleg in de effectiviteit van een EMME. De verbale uitleg werd tevens vakspecifiek gemaakt, omdat dat mogelijk ook een rol speelt in de effectiviteit. Dergelijke ambigue of vakspecifieke verwijzingen kunnen onduidelijkheid veroorzaken bij lerenden, maar worden in de praktijk mogelijk wel gebruikt door docenten in hun uitleg. Om te kunnen controleren voor de voorkennis werd er in het huidige onderzoek gebruik gemaakt van opgaven waarin systeemborden centraal staan. 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 in de verbale uitleg van de EMME's werd gecreëerd door het gebruik van aanwijzende voornaamwoorden (vgl. Van Marlen, Van Wermeskerken, Boven, et al., 2016). Daarnaast werden ook vakspecifieke termen gebruikt die hoogstwaarschijnlijk onbekend waren voor beginners (vgl. Jarodzka et al., 2013).

In dit onderzoek stond de volgende vraag centraal: Kan een EMME de visuele aandacht sturen en leidt deze aandachtssturing tot het verbeteren van leren bij participanten wanneer er sprake is van ambigue en vakspecifieke verbale uitleg? Gezien de controle op voorkennis werd er ten eerste verwacht dat participanten in de EMME conditie vaker, sneller en langer naar verbaal gerefereerde gebieden zouden kijken dan participanten in de controle conditie waarin de videovoorbeelden geen oogbewegingen van een model bevatten. Ten



tweede werd er verwacht dat participanten in de EMME conditie beter zouden presteren op het uitvoeren van nieuwe taken.

## **Methode**

### **Participanten**

Tweeëndertig studenten hebben deelgenomen aan deze studie (24 vrouwen, 8 mannen,  $M_{leeftijd} = 21,59$ ,  $SD = 2,31$ ). Allen spraken vloeiend Nederlands. Participanten werden willekeurig ingedeeld in of de EMME conditie ( $n = 16$ ) of de controle conditie ( $n = 16$ ). Participanten zijn geworven door middel van flyers, oproepen op Facebookpagina's en het aanspreken van studenten. Alle participanten hadden een normaal of gecorrigeerd naar normaal gezichtsvermogen en hebben het informed consent formulier (zie Bijlage A) ondertekend. Om te controleren op voorkennis werden studenten die natuurkunde hebben gevolgd in de Tweede Fase uitgesloten van deelname aan dit onderzoek.

### **Instrumenten en Apparatuur**

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

**Voorkennistest.** Doordat studenten die natuurkunde hebben gevolgd in de Tweede Fase werden uitgesloten, was de aanwezige voorkennis gering. Echter, om te controleren of de alsnog aanwezige voorkennis gelijk was tussen de twee condities, werd er een voorkennistest gecreëerd (zie Bijlage B). Deze test werd op papier afgenomen en bestond uit twee taken waarin een schakeling moest worden voltooid. De gebruikte afbeeldingen van het systeembord waren schermafbeeldingen uit het programma Sysbord 1.51. Tijdens de

voorkennistest werden ook een aantal demografische gegevens verzameld, die anoniem werden verwerkt.

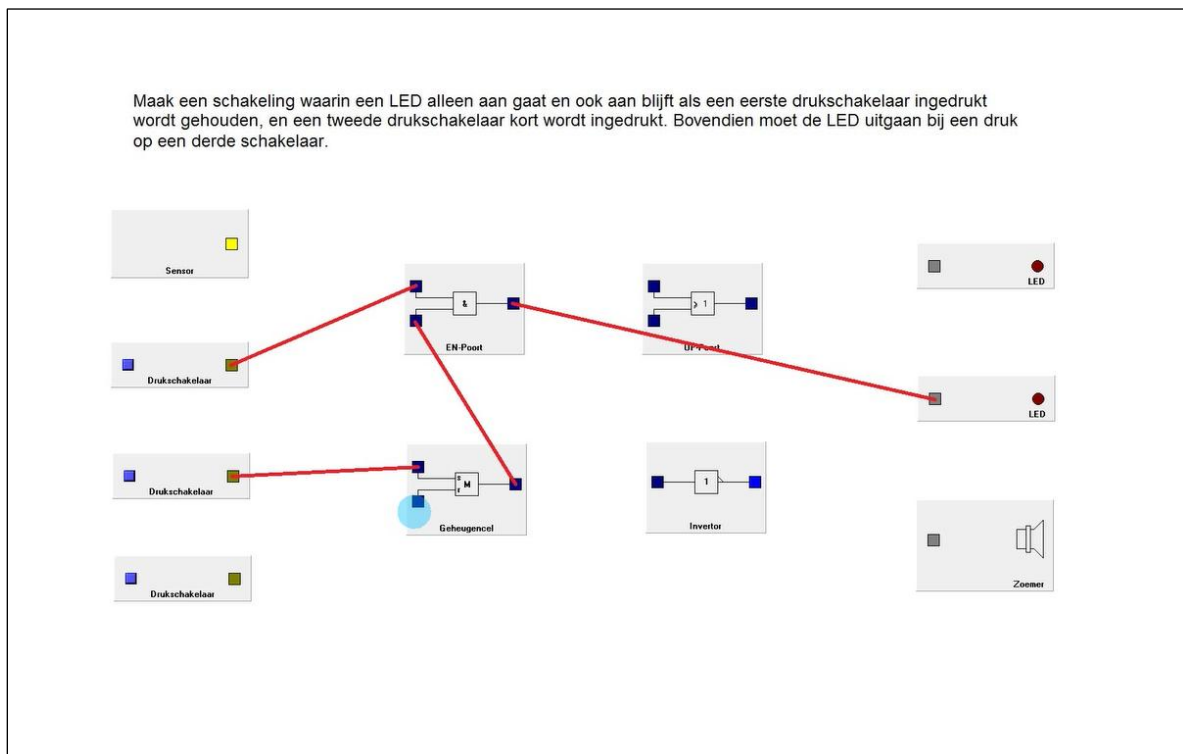
**Ambigüïteitsvraag.** Om te controleren of en in welke mate de participanten de verbale uitleg in de videovoorbeelden als ambigu ervoeren, werd er na elk videovoorbeeld door middel van een 5-punts Likertschaal gevraagd hoe duidelijk zij de verbale uitleg vonden. De antwoordmogelijkheden daarbij waren *helemaal niet duidelijk* (1), *niet duidelijk* (2), *niet duidelijk en niet onduidelijk (neutraal)* (3), *duidelijk* (4), en *heel duidelijk* (5). Er werd verwacht 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. De gebruikte afbeeldingen van het systeembord waren schermafbeeldingen uit het programma Sysbord 1.51 (zie Figuur 1). 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 hoog signaal binnenkrijgen), de OF-poort (geeft een signaal door als één of beide ingangen een hoog signaal binnenkrijgt), de inverter (zet een hoog signaal om in een laag signaal, en andersom) en de geheugencel (onthoudt een binnengekomen hoog signaal en blijft dit doorgeven totdat hij gereset wordt). In de ene taak werden de OF-poort en inverter gecombineerd, in de andere taak de EN-poort en geheugencel.

In de testfase maakten de participanten vier taken op papier (zie Bijlage D). Deze 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 de beschrijvingen bij deze taken ook zonder context waren (basistaken). 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. Ze beschreven een concrete situatie waaruit de participant moest ‘vertalen’ hoe hij de schakeling moest tekenen. In deze taken 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.

**Videovoorbeelden.** De twee videovoorbeelden werden gecreëerd met SMI Experiment Center 3.6.44 en SMI BeGaze 3.6.40. De video’s in de EMME en controle conditie bevatten beide een ambigue en vakspecifieke verbale uitleg bij de stappen die werden gezet (zie Bijlage C). Ambigüiteit werd gecreëerd door het gebruik van aanwijzende voornaamwoorden (bijv. *deze* in *deze geheugencel*) en algemene termen (bijv. *component*). Vakspecificiteit werd gecreëerd door termen als *geheugencel*. De beschrijvingen van de schakelingen die gesimuleerd werden, werden boven de videovoorbeelden gezet, zodat de participant na het lezen ervan het doel van de taak niet hoefde te onthouden.



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

In de EMME conditie waren in de videovoorbeelden tevens de oogbewegingen van het model te zien. De oogbewegingen werden weergegeven als een doorzichtige, blauwe 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 duurden respectievelijk 92 en 70 seconden. Figuur 1 laat een screenshot zien van één van de videovoorbeelden in de EMME conditie.

### **Procedure en Design**

Het experiment werd uitgevoerd in individuele sessies van ongeveer 30 minuten en begon met het voorleggen van een algemene instructie, waarin een korte toelichting over het systeembord werd gegeven, en het informed consent formulier (zie Bijlage A). Vervolgens werd de voorkennistest afgenomen. Daarna begon de leerfase. Aan de participanten in de EMME conditie werd dan eerst nog een toelichting bij en een voorbeeld van de weergave van de oogbewegingen getoond. Vervolgens werd de eye tracker gekalibreerd op negen punten aan de hand van de oogbewegingen van de participant, waarna het eerste videovoorbeeld volgde, gevolgd door de ambiguïteitsvraag. Dit werd daarna herhaald voor het tweede videovoorbeeld. Daarna begon de testfase op papier. Participanten kregen 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.

Om te controleren voor volgorde effecten in de videovoorbeelden werd de volgorde van de twee video's gecounterbalanced door middel van een Latin Square design. 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.

## Data Analyse

**Controlevariabelen.** De score op voorkennis werd bepaald door het aantal juist getekende verbindingen te tellen, met een maximum van zes juiste verbindingen (zie Bijlage C). Twee participanten zijn uitgesloten van analyse als gevolg van een erg hoge score op de voorkennistest ( $z$ -score  $> 2,50$ ). De ervaren ambiguïteit van de verbale uitleg werd bepaald door per participant het gemiddelde te nemen van de antwoorden op de 5-punts Likertschaal van beide videovoorbeelden. De assumptie van normaalverdeelde scores was geschonden bij de scores op de voorkennistest, zowel in de controle conditie,  $W(15) = 0,755$ ,  $p = ,001$ , als in de EMME conditie,  $W(15) = 0,596$ ,  $p < ,001$ , en bij de scores op de ambiguïteitsvraag, zowel in de controle conditie,  $W(16) = 0,885$ ,  $p = ,047$ , als in de EMME conditie,  $W(16) = 0,878$ ,  $p = ,036$ .

**Eye track metingen.** Om te bepalen of de oogbewegingen in de EMME conditie de participanten geholpen hebben de acties van het model te volgen, werden allereerst de onset van de verbale referenten in de uitleg (bijv. *EN-poort* in de zin *Hiervoor gebruik je de EN-poort*; er waren 23 verbale referenten in totaal) en de corresponderende areas of interest (AOI) op het systeembord (bijv. de EN-poort) vastgesteld. Hieruit werd bepaald wat de proportie gefixeerde verbale referenten was (het aantal verbale referenten waarbij op de corresponderende AOI is gefixeerd, gedeeld door het totale aantal verbale referenten), hoe lang de participanten er gemiddeld over deden om te fixeren op de corresponderende AOI's na de onsets van de verbale referenten in de verbale uitleg (time lag) en hoe lang er gemiddeld gefixeerd werd op de betreffende AOI's (fixatie duur). Een fixatie werd gedefinieerd als de pieksnelheid van oogbewegingen kleiner of gelijk aan  $40^\circ/s$  was en het een fixatieduur gelijk aan of langer dan 100 ms had (vgl. Jarodzka et al., 2013; Litchfield et al., 2010). Alleen fixaties op corresponderende AOI's bij verbale referenten die ontstonden binnen 1500 ms na de onset van de verbale referent werden meegenomen in de analyse (vgl. Dahan &

Tanenhaus, 2005). Bovendien werden fixaties die voorkwamen 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 de oogbewegingen aan te sturen aan de hand van talige input (Altmann, 2011). De data van participanten waarbij de kalibratie hogere scores dan  $0,70^\circ$  opleverde in de x-richting en de y-richting, werden niet meegenomen in de analyse van eye track metingen.

Twee participanten zijn uitgesloten van alle eye track analyses als gevolg van slechte kalibratiescores. Eén participant is uitgesloten van alle eye track analyses door technische problemen met de eye tracker. Eén participant is uitgesloten van alle eye track analyses als gevolg van een erg lage proportie gefixeerde verbale referenten ( $z$ -score  $< -2,50$ ). Een andere participant is uitgesloten van de fixatie duur analyse als gevolg van een erg hoge fixatie duur ( $z$ -score  $> 2,50$ ). De assumptie van normaalverdeelde scores was geschonden bij de data van de fixatie duren, zowel in de controle conditie,  $W(13) = 0,861$ ,  $p = ,040$ , als in de EMME conditie,  $W(14) = 0,847$ ,  $p = ,020$ .

**Testfase.** De prestatie van participanten op de taken werd bepaald door het aantal juist getekende verbindingen te tellen. De juiste verbindingen werden apart voor basistaken, met een maximum van negen juiste verbindingen, en transfertaken, met een maximum van 12 juiste verbindingen, opgeteld (zie Bijlage D). Eén participant is uitgesloten van de analyse van transfertaken als gevolg van een erg hoge score op de transfertaken ( $z$ -score  $> 2,50$ ). De assumptie van normaalverdeelde scores was geschonden bij de scores op de basistaken in de EMME conditie,  $W(16) = 0,874$ ,  $p = ,032$ .

## Resultaten

De data werden geanalyseerd met onafhankelijke t-tests. Wanneer de assumptie van normaalverdeling geschonden was, werd een non-parametrische Mann-Whitney  $U$  test uitgevoerd en gerapporteerd. Voor alle gerapporteerde analyses is een significantieniveau van

,05 gebruikt. Tabel 1 geeft per conditie gemiddelden en standaarddeviaties weer voor alle variabelen.

Tabel 1

*Gemiddelden en Standaarddeviaties van Controlevariabelen, Eye Track Variabelen en Testvariabelen*

Variabele	Controle			EMME		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
Score voorkennis	0,60	0,74	15	0,47	0,92	15
Ambigüiteitsvraag	4,19	0,75	16	3,94	0,44	16
Proportie fixaties	0,51	0,14	13	0,72	0,08	15
Time lag in ms	809,30	150,86	13	485,82	82,12	15
Fixatie duur in ms	325,06	118,94	13	417,79	123,29	14
Score basistaken	4,13	3,18	16	2,50	1,86	16
Score transfertaken	7,06	3,38	16	3,53	1,72	15

*Noot.* Score voorkennis, basis- en transfertaken zijn gemiddeld aantal goed getekende verbindingen. Score op ambigüiteitsvraag is gemiddeld en staat op een 5-punts Likertschaal.

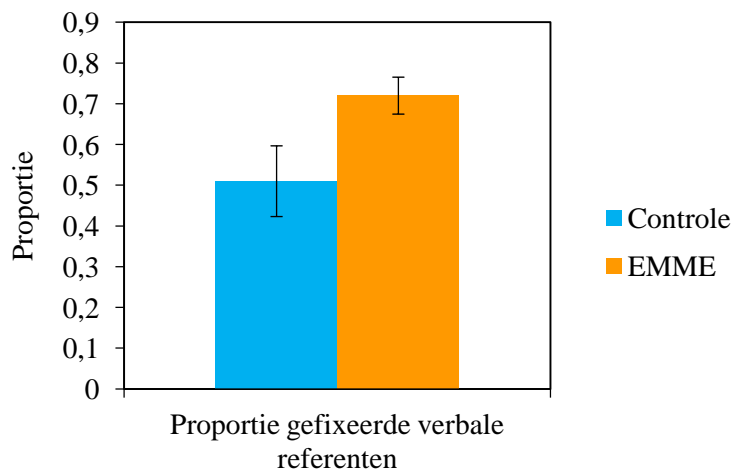
### **Controlevariabelen**

De gemiddelde score van participanten op de voorkennistest was 0,53 ( $SD = 0,82$ ). Dit duidt op een zeer lage voorkennis bij de participanten. Om te controleren of participanten in de controle en EMME conditie verschilden in voorkennis, is een Mann-Whitney  $U$  test uitgevoerd. De score op de voorkennistest van participanten in de controle conditie ( $Mdn = 0,00$ ) verschilde niet significant van de score van de participanten in de EMME conditie ( $Mdn = 0,00$ ),  $U = 94,0$ ,  $z = -0,90$ ,  $p = ,461$ ,  $r = -,16$ .

Om te controleren of de condities verschilden in ervaren ambiguïteit van de verbale uitleg in de videovoorbeelden, is een non-parametrische Mann-Whitney  $U$  test uitgevoerd. De beoordeling van de verbale uitleg in de video's verschilde niet significant tussen participanten in de controle conditie ( $Mdn = 4,25$ ) en participanten in de EMME conditie ( $Mdn = 4,00$ ),  $U = 96,50$ ,  $z = -1,22$ ,  $p = ,239$ ,  $r = -,22$ .

### Eye Track Metingen

Om te onderzoeken of participanten in de EMME conditie vaker en sneller naar verbaal gerefereerde gebieden keken dan participanten in de controle conditie, zijn onafhankelijke t-tests uitgevoerd. Er bleek dat de condities significant verschilden op de proportie gefixeerde verbale referenten,  $t(26) = -4,85$ ,  $p < ,001$ ,  $r = ,69$ , waarbij de proportie gefixeerde verbale referenten van participanten in de EMME conditie gemiddeld 0,21, 95% BI [0,12; 0,30], hoger was dan van participanten in de controle conditie (zie Figuur 2). Participanten in de EMME conditie keken dus vaker naar verbaal gerefereerde gebieden.



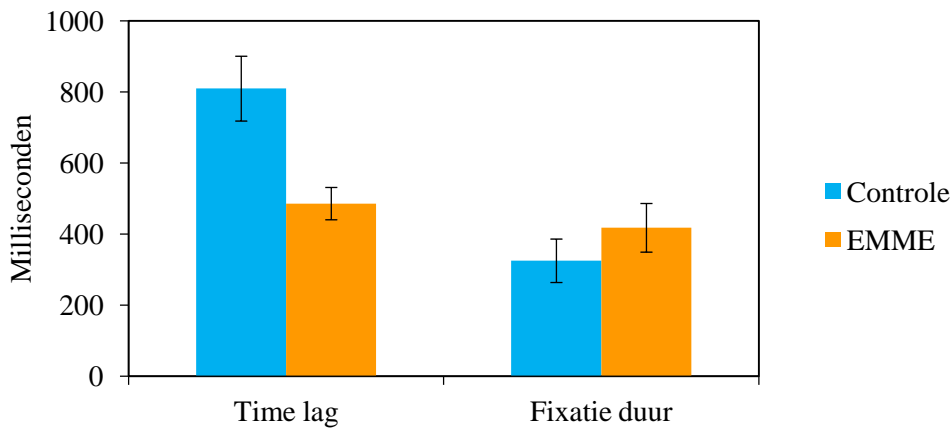
*Figuur 2.* Gemiddelde proportie gefixeerde verbale referenten in de controle en EMME conditie. Foutbalken geven 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde weer.

Er bleek ook dat de condities significant verschilden op de time lag,  $t(17,94) = 6,90$ ,  $p < ,001$ ,  $r = ,85$ , waarbij participanten in de EMME conditie gemiddeld 323,47 ms, 95% BI



[224,90; 422,04], sneller op relevante gebieden fixeerden na het horen van bijbehorende verbale referenten dan participanten in de controle conditie (zie Figuur 3).

Om te onderzoeken of participanten in de EMME conditie langer naar relevante gebieden keken dan participanten in de controle conditie, is een non-parametrische Mann-Whitney  $U$  test uitgevoerd. De condities bleken significant te verschillen op de fixatie duur,  $U(27) = 137,0$ ,  $z = 2,23$ ,  $p = ,025$ ,  $r = ,44$ , waarbij participanten in de EMME conditie ( $Mdn = 392,42$ ) langer naar relevante gebieden keken dan participanten in de controle conditie ( $Mdn = 270,89$ ) (zie Figuur 3).

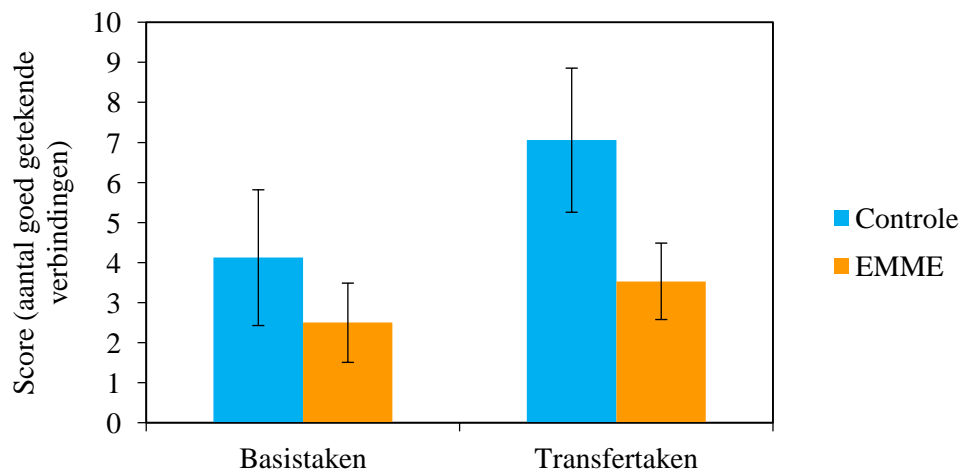


*Figuur 3.* Gemiddelde time lag en fixatie duur in de controle en EMME conditie. Foutbalken geven 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde weer.

### Testfase

Om de EMME conditie en controle conditie te vergelijken op score op basistaken is een non-parametrische Mann-Whitney  $U$  test uitgevoerd. Participanten in de controle conditie ( $Mdn = 3,00$ ) scoorden beter op basistaken dan participanten in de EMME conditie ( $Mdn = 2,00$ ), maar dit verschil was niet significant,  $U(32) = 93,50$ ,  $z = -1,32$ ,  $p = ,196$ ,  $r = -,23$  (zie Figuur 4). Om de condities te vergelijken op score op transfertaken is een onafhankelijke  $t$ -test uitgevoerd. Participanten in de controle conditie bleken significant hoger te scoren op

transfertaken dan participanten in de EMME conditie,  $t(22,65) = 3,70$ ,  $p = ,001$ ,  $r = ,61$ , met een gemiddeld hogere score van 3,53, 95% BI [1,55; 5,51] (zie Figuur 4).



*Figuur 4.* Gemiddelde score op basistaken en transfertaken in de controle en EMME conditie.

Foutbalken geven 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde weer.

### Discussie

Het doel van deze studie was te onderzoeken of een eye-movement modelling example de visuele aandacht kan sturen en of deze aandachtssturing leidt tot het verbeteren van leren, in dit geval in een taak waarbij schakelingen op een systeembord kloppend gemaakt moesten worden. De videovoorbeelden waren naast de oogbewegingen aangevuld met een verbale uitleg, die op zo'n manier gemanipuleerd was dat hij ambigu en vakspecifiek werd. Want hoewel uit eerder onderzoek al naar voren kwam dat in procedurele probleemoplossingstaken het kijkgedrag beïnvloed wordt door een EMME (Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016), is het effect op leren nog onduidelijk. De manipulatie van de verbale uitleg kwam dan ook voort uit de hypothese dat wanneer een verbale uitleg ambigu en vakspecifiek is, de toevoeging van oogbewegingen een effect op leren zou hebben. Lerenden zouden in dat geval namelijk uit alleen de uitleg niet kunnen afleiden waar zij naar moeten kijken in het videovoorbeeld.

Resultaten lieten zien dat het kijkgedrag van lerenden tijdens het bekijken van het videovoorgebeeld sterk beïnvloed werd door de toevoeging van oogbewegingen. Analyses van de oogbewegingen van participanten tijdens de videovoorgebeelden lieten namelijk zien dat participanten in de EMME conditie vaker, sneller en langer naar verbaal gerefereerde gebieden keken, vergeleken met participanten in de controle conditie. Dit is in lijn met eerdere studies (Van Marlen, Van Wermeskerken, Boven, et al., 2016; Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016) en de eerste hypothese. Het grote effect van de EMME op de eye track data laat zien dat de oogbewegingen van het model erg goed in staat waren de aandacht van de lerende te sturen. Uit de resultaten blijkt echter dat deze aandachtssturing in de EMME het leren niet heeft bevorderd, maar eerder heeft gehinderd. Tegenstrijdig met de tweede hypothese, bleken participanten in de EMME conditie slechter te presteren op basistaken en transfertaken dan participanten in de controle conditie. In het geval van de transfertaken was dit ook significant.

Hoewel het effect van de EMME op het leren niet in lijn is met de hypothese, zijn er eerdere studies naar cueing die ook vonden dat de gebruikte cues wel de aandacht van de lerende kregen, maar daarmee niet zorgden voor een leereffect (voor een review, zie De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2009). In een complexe animatie over het cardiovasculaire systeem bijvoorbeeld moesten spotlight cues, die relevante gebieden in beeld uitlichtten ten opzichte van overige gebieden, de aandacht van lerenden naar de essentiële informatie leiden. Lerenden die de animatie met cues zagen, keken vaker en langer naar de relevante gebieden, maar scoorden niet beter op taken van begrip en transfer dan lerenden die de animatie zonder cues zagen (De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2010). Een vergelijkbaar resultaat werd gevonden in een studie waarin participanten aan de hand van een animatie de mechanische werking van een spiegelwaterreservoir moesten leren (Kriz & Hegarty, 2007).

Een mogelijke verklaring voor deze resultaten is dat procedurele probleemoplossingstaken en animaties als hierboven beschreven een intrinsiek cueing effect hebben, namelijk door de veranderingen of bewegingen in de visuele stimulus (De Koning et al., 2009). In procedurele probleemoplossingstaken vinden veranderingen in beeld plaats doordat het model acties uitvoert in de digitale leeromgeving, zoals in deze studie het creëren van verbindingen tussen componenten waarbij rode verbindingen abrupt in beeld verschijnen. Het is mogelijk dat zulke acties zelf al in staat zijn de aandacht van de lerende naar relevante gebieden te sturen (Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016). Wanneer men met classificatie taken (vgl. Jarodzka et al., 2012, 2013) of strategie taken (vgl. Mason et al., 2015) werkt, is er meestal geen sprake van zichtbare acties en gaat het slechts om hoe de expert of het model de visuele stimulus observeert. De stimulus bevat in dat geval geen inherente inhoudelijke cues en de lerende kan alleen met behulp van instructionele cues (zoals oogbewegingen van een model) afleiden wanneer hij waar op moet focussen.

Aandachtssturing door instructionele cues is dus mogelijk overbodig in procedurele probleemoplossingstaken, maar niet in classificatie en strategie taken. In de hier toegepaste EMME werden echter wel instructionele cues toegevoegd aan het videovoorgebeeld, bovenop de inherente cues van de procedurele probleemoplossingstaak. Wanneer verschillende soorten informatie worden gecombineerd, maar de ene soort ook zonder de andere begrepen en verwerkt kan worden, treedt het redundancy effect op en vormt de extra informatie, in dit geval weergave van oogbewegingen, een extraneous load op het werkgeheugen (Sweller et al., 1998). Als gevolg van dit redundancy effect raakt het beperkte werkgeheugen van de lerende overbelast en wordt het construeren van schema's gehinderd. Schemaconstructie is nodig om de kennis die wordt opgenomen, vast te leggen in het lange termijn geheugen en het later opnieuw te kunnen toepassen (Sweller et al., 1998). Bij participanten in de EMME conditie heeft de aandacht voor de weergegeven oogbewegingen de aandacht van de

inhoudelijke informatie weggehaald. Dit heeft hen waarschijnlijk gehinderd in het construeren van schema's over de principes en werking van het systeembord, waardoor zij in de testfase minder accurate schema's ter beschikking hadden om de taken te maken.

De hypothese dat het effect van een EMME op leren vergroot zou kunnen worden door de verbale uitleg ambigu en vakspecifiek te maken, werd niet ondersteund door de hier gevonden resultaten. Enkele beperkingen van deze studie geven hier echter mogelijke verklaringen voor. Ten eerste bleek de manipulatie van de verbale uitleg om de ambiguïteit te verhogen matig te zijn. Participanten beoordeelden de verbale uitleg in de video's gemiddeld namelijk als *duidelijk*, wat erop kan duiden dat zij de verbale uitleg niet als ambigu ervoeren. De oogbewegingen van het model hebben er bovendien niet voor gezorgd dat de verbale uitleg in de EMME conditie als minder ambigu werd ervaren dan in de controle conditie, aangezien de condities niet verschilden in deze beoordeling. Ten tweede is het bezwaarlijk dat participanten in de voorkennistest al kennis maakten met de terminologie die de verbale uitleg vakspecifiek moest maken (zij zagen bijvoorbeeld de term *EN-poort* al staan op het schematische systeembord). Dit kan ervoor gezorgd hebben dat de desbetreffende vakspecifieke termen in de verbale uitleg niet meer zo onbekend waren voor participanten als werd aangenomen. Doordat de verbale uitleg dus hoogstwaarschijnlijk niet of matig ambigu en vakspecifiek was, is het gevonden resultaat in overeenstemming met eerdere studies die ook gebruik maakten van procedurele probleemoplossingstaken, maar de verbale uitleg niet manipuleerden (Van Gog et al., 2009; Van Marlen, Van Wermeskerken, Jarodzka, & Van Gog, 2016). Een derde, meer algemene beperking is de kleine steekproef waarmee het onderzoek is uitgevoerd. Dit maakt het lastig betrouwbare conclusies te trekken aan de hand van de gevonden resultaten.

Het onderzoek naar eye-movement modelling examples is nog jong en de toepassing ervan in leercontexten daarom nog vrij experimenteel. Toch komen uit de reeds uitgevoerde

studies al grove richtlijnen naar voren die een idee geven in welke contexten een EMME potentie heeft het leren te verbeteren. Zo lijkt het type taak, zoals een classificatie taak en een procedurele probleemoplossingstaak, van invloed te zijn op de effectiviteit van een EMME. Toekomstige studies zouden er goed aan doen de effectiviteit van EMME's in verschillende typen taken systematisch te bestuderen en te vergelijken, door bijvoorbeeld binnen een gekozen taak te variëren in de mate waarin het model acties uitvoert op de digitale leeromgeving. Verder moet, gezien de beperkingen van dit onderzoek, de mogelijkheid dat ambiguïteit en vakspecificiteit van verbale uitleg een rol spelen in de effectiviteit van een EMME open gehouden worden. Om hierover richtlijnen te kunnen opstellen zullen toekomstige studies dit ook nader moeten bestuderen, met betere manipulaties van de verbale uitleg en grotere steekproeven. Wanneer er meer zekerheid bestaat over in welke precieze leercontexten een EMME het leren kan bevorderen, kunnen ontwerpers van instructie gebruik maken van zulke richtlijnen in de afweging of een EMME geïmplementeerd wordt in de instructie.

## 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
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2009). Towards a framework for attention cuing in instructional animations: Guidelines for research and design. *Educational Psychology Review*, 21, 113-140. doi:10.1007/s10648-009-9098-7
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2010). Attention guidance in learning from a complex animation: Seeing is understanding? *Learning and Instruction*, 20, 111-122. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.010
- 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 modeling 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
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies, 65*, 911-930. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.06.005
- 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
- Stichting Leerplanontwikkeling. (z.j.). *Examenprogramma natuurkunde havo/vwo*. Geraadpleegd via [http://www.slo.nl/downloads/archief/Examenprogramma\\_natuurkunde\\_DEFINITIEF.pdf/](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, F. (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?* Paper of poster presentatie gepresenteerd op het congres van de European Association for Research on Learning and Instruction, Dijon.
- Van Marlen, T., Van Wermeskerken, M., Jarodzka, H., & Van Gog, T. (2016). *Showing a model's eye movements in examples does not improve learning of problem-solving tasks*. Manuscript ingediend voor publicatie.

## 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 hoef 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 Taken uit Testfase

**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:

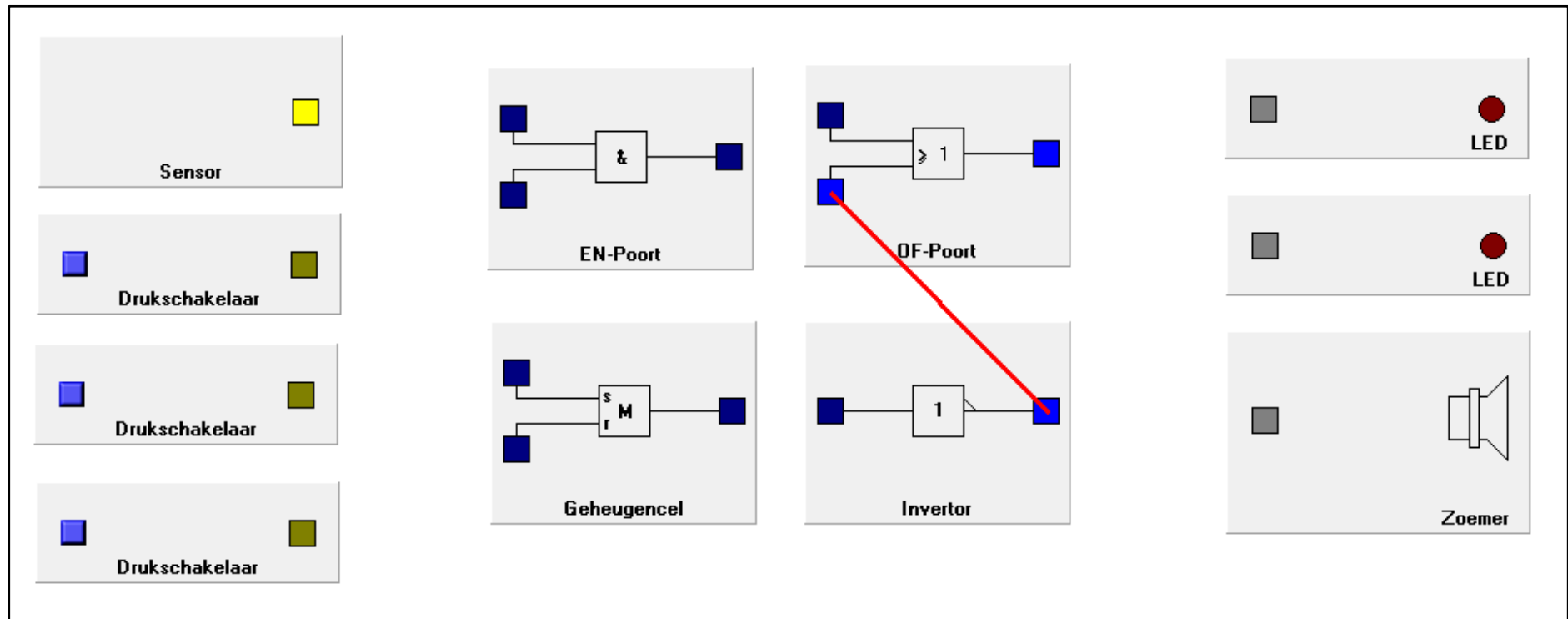
- Nederlands is mijn moedertaal
- Ik volg mijn studie in het Nederlands
- Geen van bovenstaande opties

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

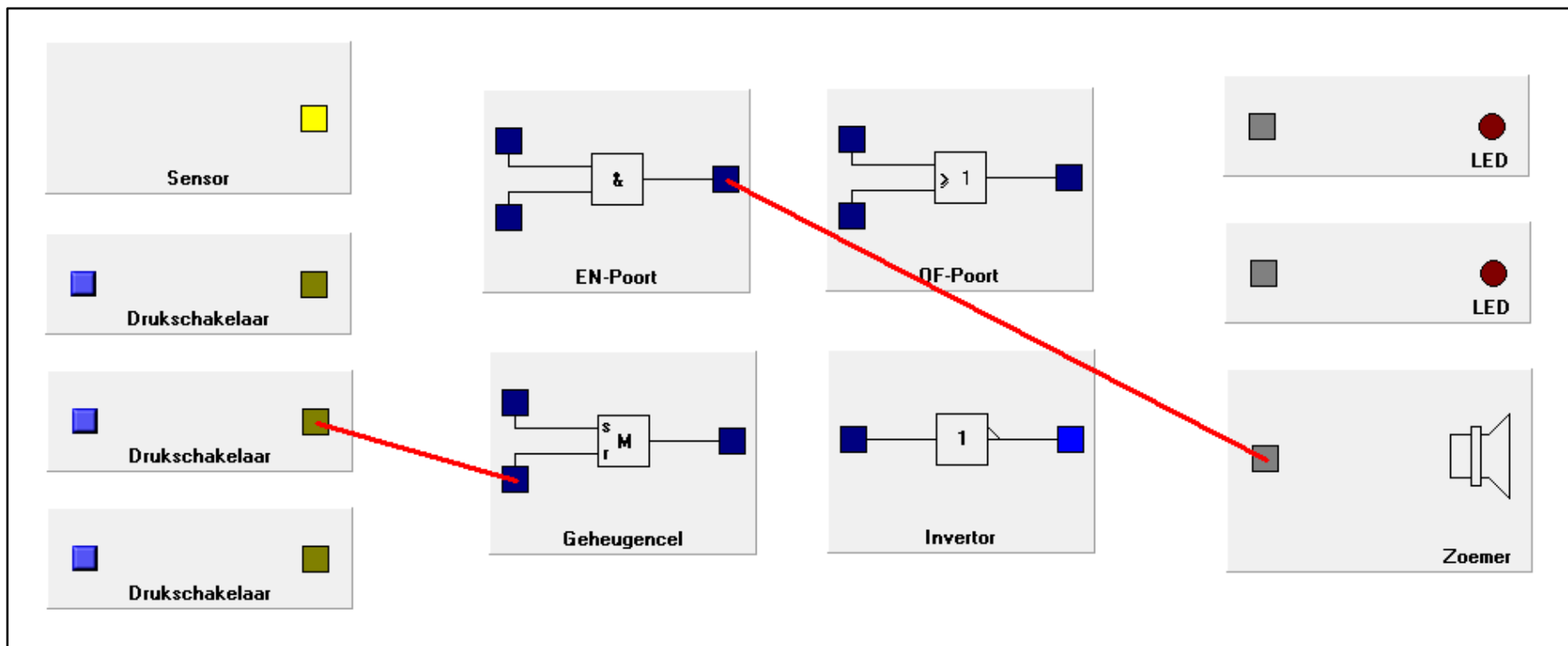
- Ja
- Nee

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



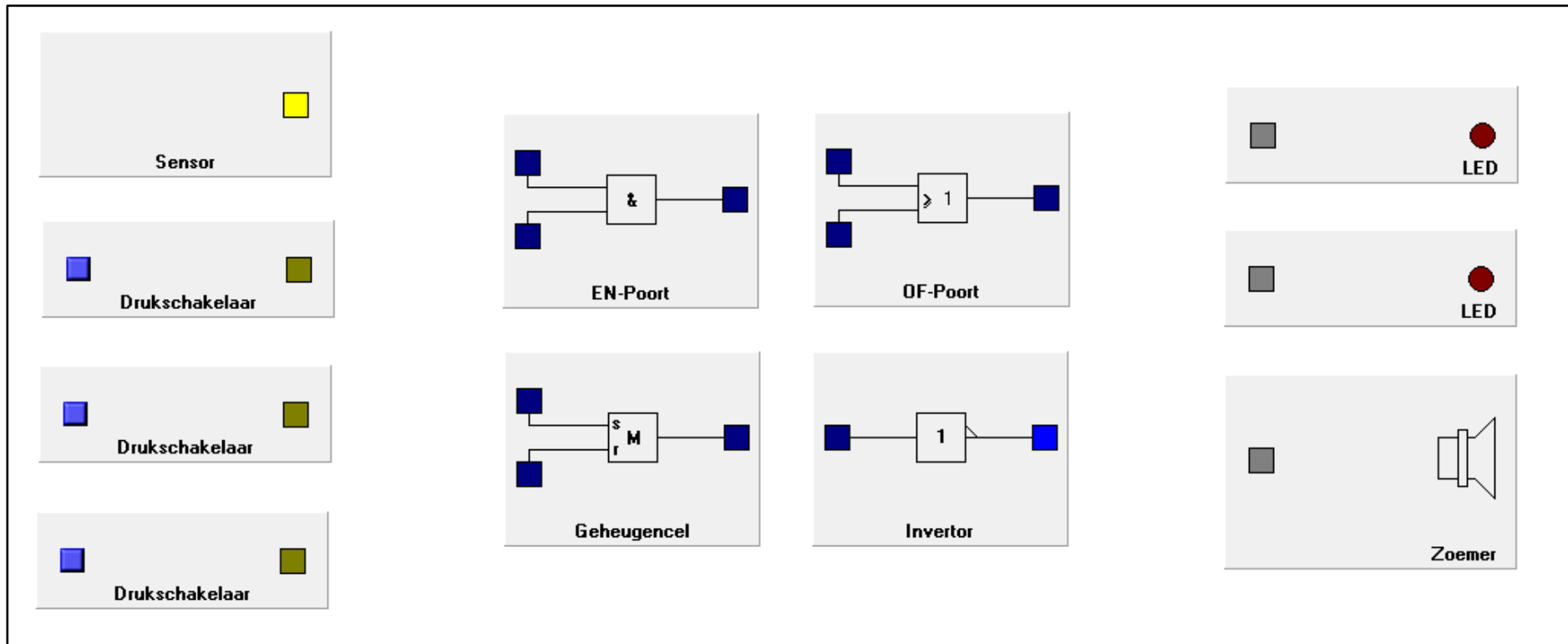
### **Deel 3**

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**

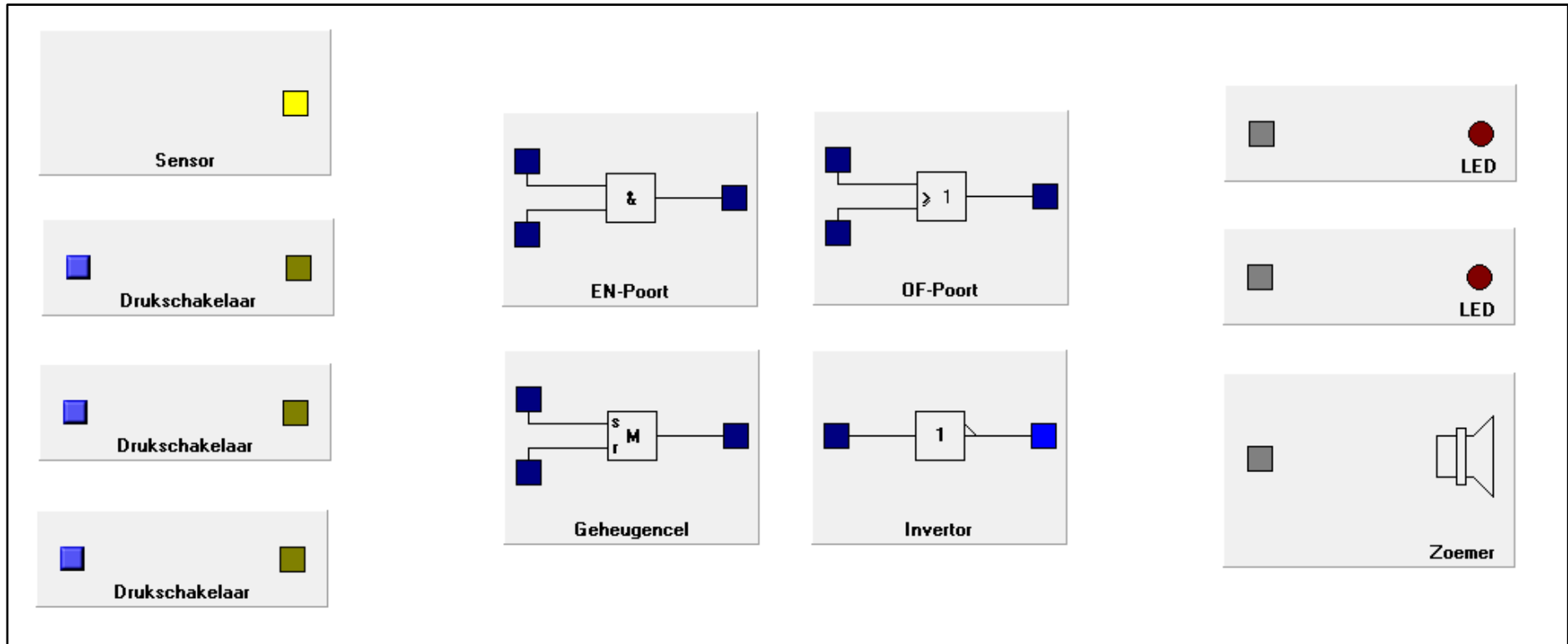
Maak een schakeling waarin de zoemer aan gaat en ook aan blijft als de sensor kort beweging heeft waargenomen. De zoemer moet uit gezet kunnen worden met een drukschakelaar. De zoemer moet ook af gaan als een andere drukschakelaar wordt ingedrukt.





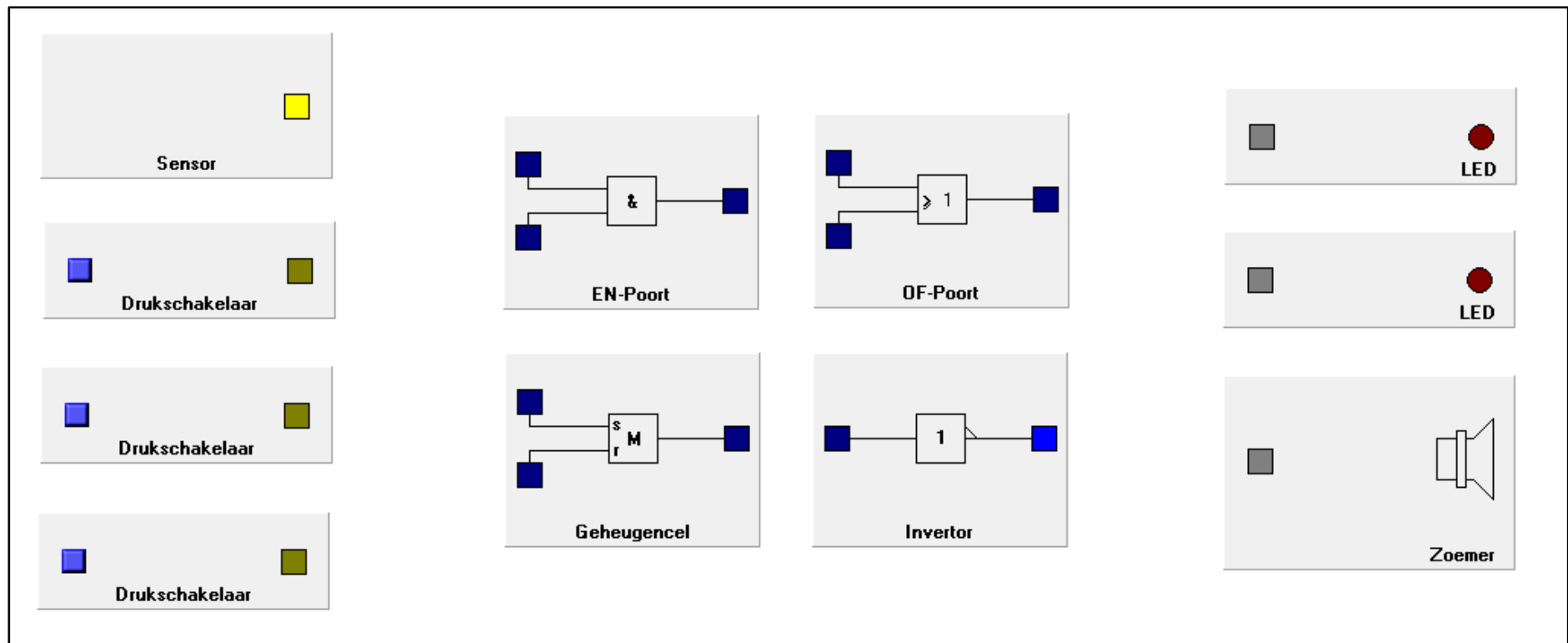
**Opdracht 2**

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.



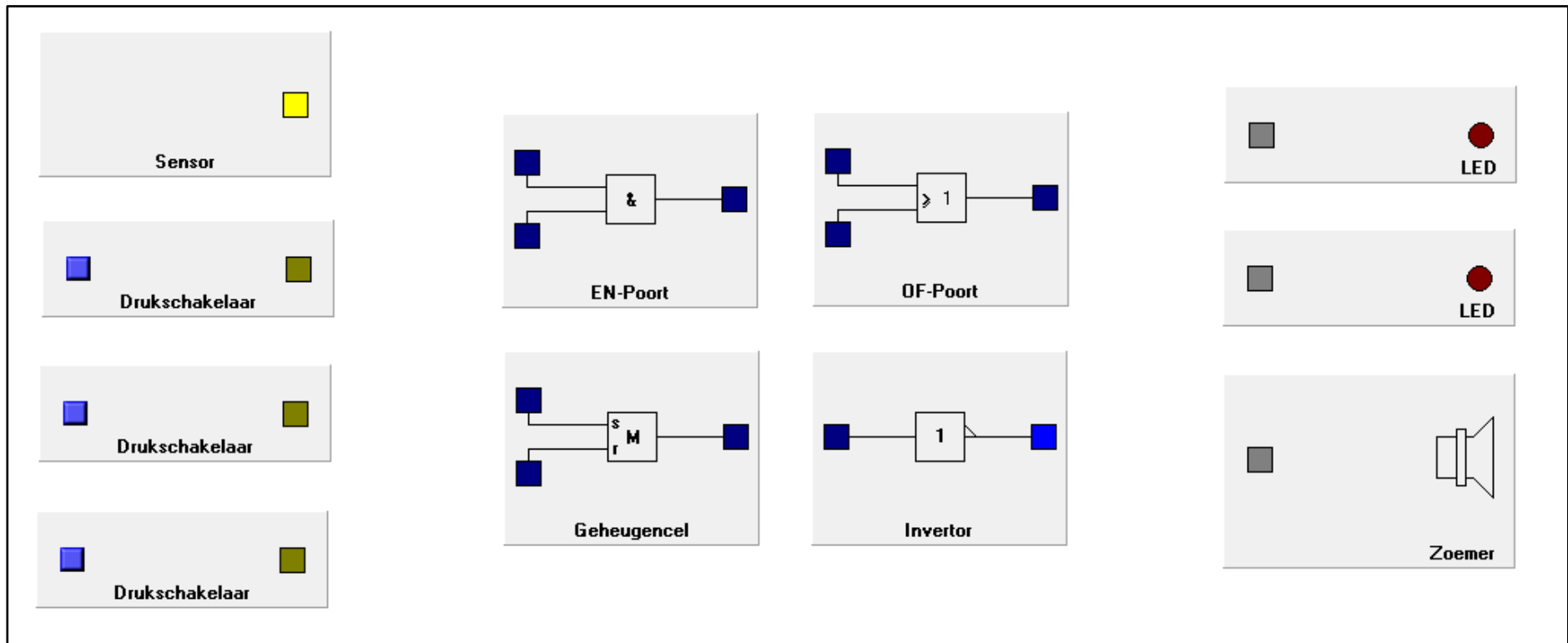
**Opdracht 3**

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.



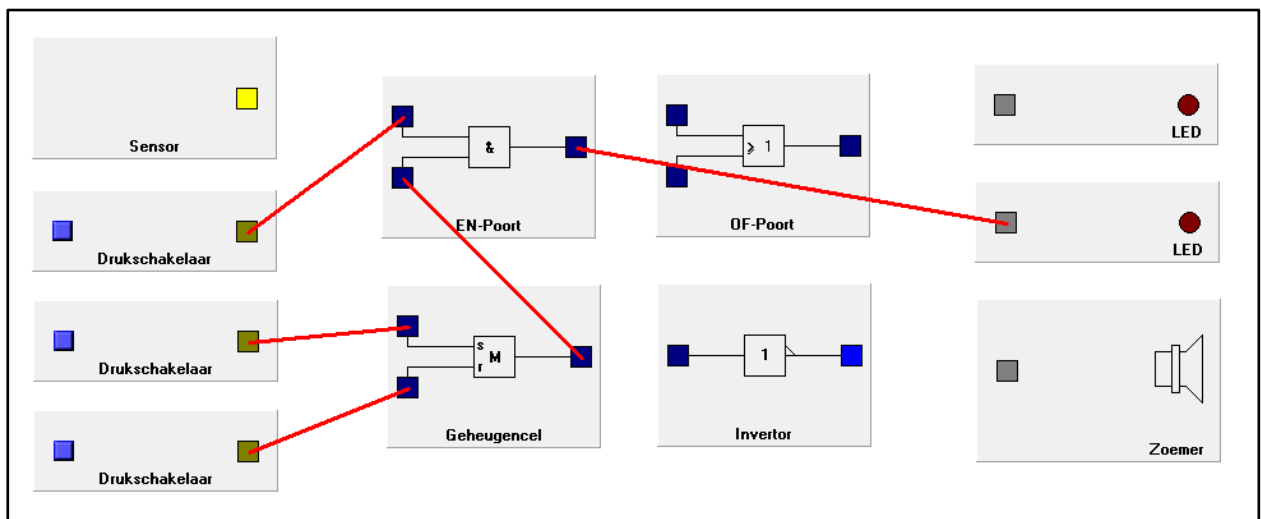
## Bijlage C

## Taken Leerfase

**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 led. Van de derde drukschakelaar naar de reset van de geheugencel.



*Figuur D1.* Oplossing van de opdracht met EN-poort en geheugencel.

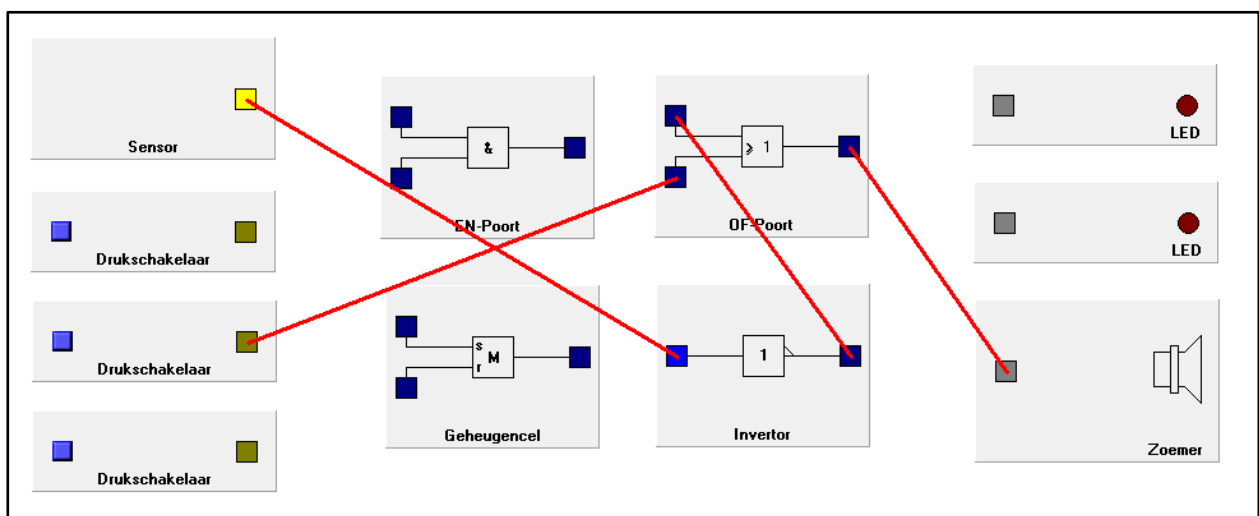
**Verbale toelichting.** De opdracht bij deze schakeling is om de LED te laten blijven branden wanneer er een drukschakelaar constant wordt ingedrukt en een andere drukschakelaar kort wordt ingedrukt, totdat er weer een andere drukschakelaar wordt ingedrukt. Hiervoor gebruik je een EN-poort. Deze component 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 overige 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 inverter

**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 inverter. Van de uitgang van de inverter naar de andere ingang van de OF-poort. Van de uitgang van de OF-poort naar de zoemer.



Figuur D2. Oplossing van de opdracht met OF-poort en inverter.

**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.

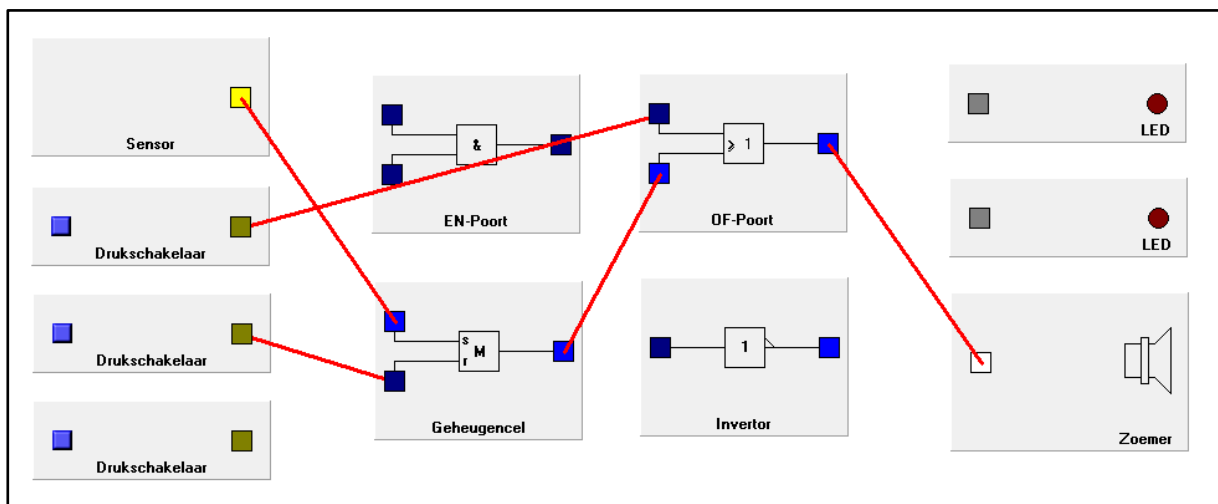
## Bijlage D

## 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.

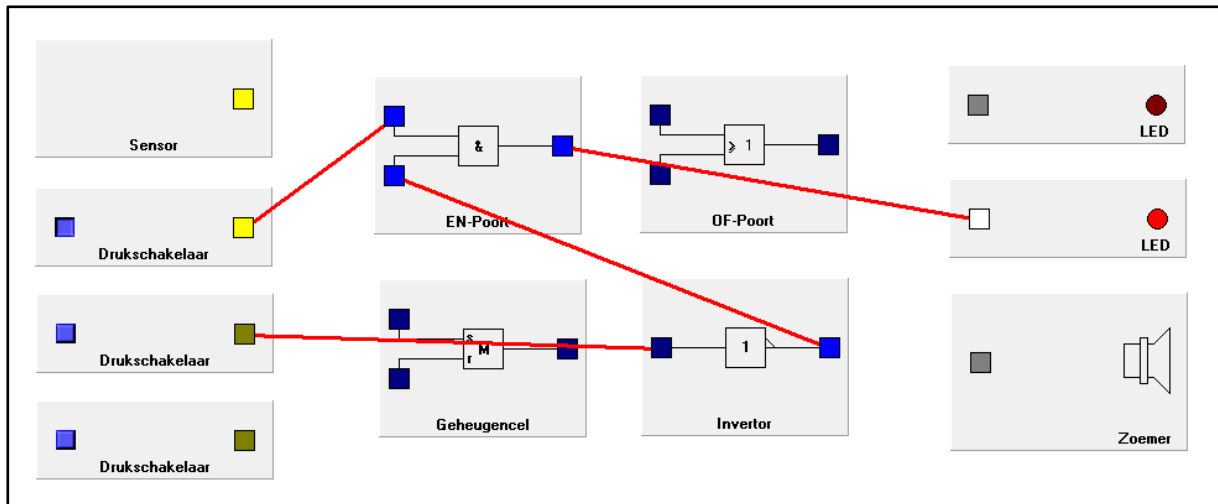


*Figuur E1.* Oplossing bij opdracht 1.

**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.

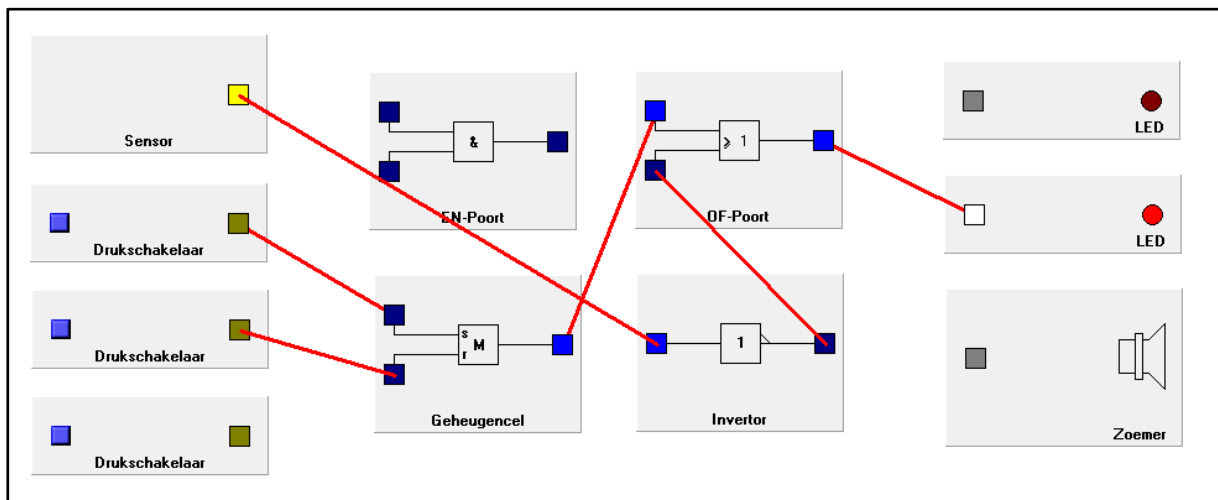
**Oplossing.** Van de ene drukschakelaar naar een ingang van de EN-poort. Van de andere drukschakelaar naar de ingang van de invertor. Van de uitgang van de invertor naar de andere ingang van de EN-poort. Van de uitgang EN-poort naar de led.



Figuur E2. Oplossing bij opdracht 2.

### 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.



Figuur E3. Oplossing bij opdracht 3.

**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

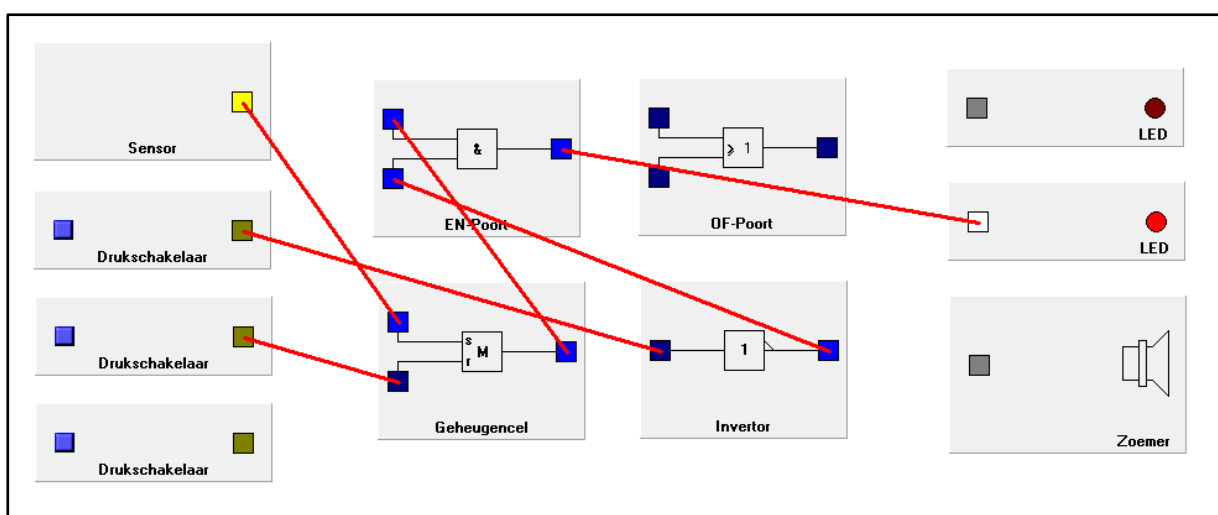


van geheugencel, en de uitgang van de geheugencel verbinden met de andere ingang van OF-poort. Een andere drukschakelaar verbinden met reset van geheugencel. Uitgang van OF-poort verbinden met de LED.

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

**Tekst opdracht.** 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.

**Oplossing.** Van drukschakelaar naar inverter, van inverter 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.



Figuur E4. Oplossing bij opdracht 4.