

Onderzoek naar de diagramvaardigheden van studenten

Research into Students' Diagram Skills

J.F. Welling

Studentnummer: 5567173

Begeleidende docent: E.M. Kok

Tweede beoordelaar: E.M. Janssen

Juni 2020

Universiteit Utrecht



DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Abstract

Onderzoeken naar diagramvaardigheden tonen aan dat studenten in staat zijn om het meest geschikte diagram te gebruiken in taken met trends, verschillen en proporties. Hierbij zijn echter gestileerde diagrammen gebruikt. De vraag is dus of de resultaten ook gelden in onderzoek met ecologisch valide staaf- en cirkeldiagrammen. Antwoord wordt gezocht op de vragen: ‘Hebben diagramlezers voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen?’ en ‘Treed er een leereffect op naarmate de participant meer vragen over diagrammen heeft beantwoord, waardoor de vragen steeds sneller en beter beantwoord worden?’ Gebruik is gemaakt van een vragenlijst op internet waarbij de participant bij iedere vraag de keuze kreeg tussen een staaf- of cirkeldiagram, waarna een bijbehorende stelling beantwoord werd. Het is gebleken dat studenten significant vaker kiezen voor het computationeel meest voordelige diagram bij verschiltaken maar niet bij proportietaken. De vragen werden bij beide taken sneller beantwoord en bij de proportietaken werden deze ook beter beantwoord gedurende het onderzoek, wat kan duiden op een leereffect. Het lijkt er dus op dat in het Nederlandse VWO-onderwijs niet meer aandacht besteed hoeft te worden aan casus-staafdiagrammen en tijdsdiagrammen dan op dit moment wordt gedaan. Onderzoek naar cirkeldiagrammen zou echter meer verricht moeten worden.

Trefwoorden: graph, education, pie chart, bar chart, bar graph, case-value plot, graph literacy, grafiek, onderwijs, cirkeldiagram, staafdiagram, diagramvaardigheden

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Dankwoord

Ik wil graag mijn dank uitspreken aan Ellen Kok voor het delen van haar kennis op het gebied van onderzoek doen en de begeleiding bij mijn master thesis.

Ik wil tevens mijn dank uitspreken Lonneke Boels voor het delen van haar kennis op het gebied van diagrammen en onderzoek.

Daarnaast wil ik mijn dank uitspreken aan Nolda, Aline, Juri en Lonneke Boels voor het verzamelen van diagrammen uit kranten en wiskundemethodes.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Studenten komen in het dagelijkse leven nog veel diagrammen tegen, maar zijn hun diagramvaardigheden wel goed genoeg? In de Verenigde Staten en Duitsland heeft een derde van de bevolking nog lage diagramvaardigheden (Galesic & Garcia-Retamero, 2011). Een groot deel van de bevolking is dus niet vaardig genoeg in het gebruik van diagrammen. In dit onderzoek wordt gekeken of de diagramvaardigheden van Nederlandse studenten anders zijn bij het gebruik van ecologisch valide diagrammen dan bij van het gebruik van gestileerde diagrammen.

Diagrammen worden veel gebruikt in het dagelijks leven. Studenten zien ze nog vaak tijdens de studie. Maar ook in de (online) krant of op het nieuws zie je ze geregeld (Blackwell, 2001; Glazer 2011; Purchase, 2014). Diagrammen worden ook gebruikt in de context van probleemoplossen (Baker, Corbett, & Koedinger, 2001), voor lesgeven en leren van wiskunde (Friel, Curcio, & Bright, 2001; Gravemeijer, Stephan, Julie, Lin, & Ohtani, 2017) en voor het begrijpen van wetenschappelijke data (Shah & Hoeffner, 2002). Diagramvaardigheden zijn hierbij erg belangrijk voor het inschatten van de numerieke informatie uit diagrammen om zo goede beslissingen te maken in verschillende contexten (Okan, Garcia-Retamero, Cokely, & Maldonado, 2012). In de huidige samenleving wordt van werknemers verwacht dat zij snel informatie kunnen aflezen en verwerken. Om de informatie uit de diagrammen op te nemen en te verwerken in het hoofd, moet men dus in staat zijn diagrammen snel te kunnen lezen. Maar foutieve inschattingen kunnen gemaakt worden wanneer een persoon lage diagramvaardigheden heeft. Gezondheidsrisico's, weergegeven in diagrammen, worden bijvoorbeeld vaker verkeerd ingeschat door studenten met lage diagramvaardigheden dan studenten met hoge diagramvaardigheden (Okan et al., 2012). In het huidige onderzoek worden diagrammen onderzocht zoals deze ook in het dagelijkse leven vormgegeven zijn. Voor het aflezen van deze diagrammen zijn diagramvaardigheden nodig.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Om de bruikbaarheid van diagrammen te onderzoeken, worden in diverse onderzoeken verschillende typen diagrammen met elkaar vergeleken. Zo hebben Strobel, Saß, Lindner, en Köller (2016) gevonden dat men na verloop van tijd vaker keek naar het meest geschikte diagram in een taak, waarbij de staafdiagram geschikt was voor verschiltaken en het lijndiagram voor trendtaken. In een ander onderzoek van Hollands en Spence (1998) is onderzocht of men in staat is proporties in te schatten met behulp van cirkel- en staafdiagrammen. Hierbij is het cirkeldiagram het meest geschikte diagram voor proportietaken en is het staafdiagram weer het meest geschikt voor verschiltaken. Een duidelijk verschil in bruikbaarheid van de verschillende typen diagrammen is niet gebleken uit hun onderzoek. In beide onderzoeken is gebruik gemaakt van gestileerde diagrammen, dit zijn diagrammen die in een vereenvoudigde vorm weergegeven zijn. De onderzoeken hebben dus nog geen gebruik gemaakt van diagrammen die in het dagelijks leven voorkomen, zoals bijvoorbeeld tijdens het journaal. Deze diagrammen worden ecologisch valide genoemd. Daniel (2012) en O'Donnell (2008) hebben laten zien dat uitkomsten van laboratoriumstudies niet altijd dezelfde resultaten laten zien als praktijkstudies. De vraag is dus in hoeverre de uitkomsten van onder andere Hollands en Spence (1998) gelden voor ecologisch valide diagrammen.

In eerdere onderzoeken zijn staaf- en cirkeldiagrammen dus uitsluitend in gestileerde vorm met elkaar vergeleken en niet in de vorm van ecologisch valide diagrammen. Wetenschappelijk is het van belang om meer onderzoek te verrichten naar de diagramvaardigheden, omdat het ons kan laten zien of men in staat is de beste representatie van een getoonde taak te kiezen en te gebruiken. Dit is van belang omdat daardoor meer kennis wordt opgedaan over de huidige diagramvaardigheden en de mate waarin bepaalde diagrammen al dan niet efficiënter gebruikt

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

worden door studenten. Daarnaast testen we of de uitkomsten uit eerder onderzoek ook gelden in een onderzoek met diagrammen zoals deze in de praktijk voorkomen.

Ook maatschappelijk zijn de uitkomsten van dit onderzoek relevant, omdat aan de hand van de resultaten kan worden bepaald of meer aandacht besteed moet worden aan de diagramvaardigheden in het onderwijs. Daarnaast kunnen de resultaten een indicatie geven of het nodig is meer aan te leren over de functies en het gebruik van diagrammen, zodat de boodschap uit de diagrammen ook goed en efficiënt overkomt.

Funcities van diagrammen

Diagrammen kunnen verschillende functies hebben. Zo zijn staafdiagrammen geschikt om waarden te vergelijken of om een verdeling te visualiseren (Weissgerber, Milic, Winham, & Gorovic, 2015), bijvoorbeeld om de omzet per filiaal per kwartaal weer te geven. Cirkeldiagrammen worden gebruikt om proporties of een verdeling binnen één datavisualisatie weer te geven, bijvoorbeeld om de proporties voor de besteding van overheidsgeld weer te geven (Diezmann & Lowrie, 2009). De diagramtaken in dit onderzoek gaan over de herkenning van relaties tussen verschillende elementen. De taken zijn gebaseerd op het herkennen van verschillen en het herkennen van verschillende proporties.

Over het algemeen worden twee diagrammen informatief gelijkwaardig genoemd, als deze dezelfde relaties tussen dezelfde objecten weergeven, omdat ze niet te onderscheiden zijn in termen van de informatie die ze representeren (Larkin & Simon, 1987). Ondanks dat twee diagrammen informatief gelijkwaardig zijn, kunnen verschillen ontstaan in snelheid en precisie bij het oplossen van bijbehorende vraagstukken. Het verschil in snelheid en precisie kan toegeschreven worden aan de combinatie van type diagram en taakvereisten. In dit geval zijn ze dan niet computationeel gelijkwaardig (Simkin & Hastie, 1987).

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Twee representaties worden computationeel gelijkwaardig genoemd, als deze allebei informatief gelijkwaardig zijn en als elke conclusie makkelijk en snel getrokken kan worden uit de informatie in beide diagrammen (Larkin & Simon, 1987). Computationeel gaat hierbij dus niet om het rekenen met de getallen, maar om het kunnen herleiden en interpreteren van de data uit de diagrammen. De computationele voordelen van een diagram kunnen een gebrek aan diagramvaardigheden van de lezer deels compenseren (Peebles & Cheng, 2003). De computationele voordelen kunnen dus de efficiëntie van de lezer beïnvloeden in het voltooien van een diagramtaak. De computationele voordelen zijn ook terug te vinden in het onderzoek van Strobel et al. (2016), waarin blijkt dat de participanten uiteindelijk vaker het computationeel meest geschikte diagram gebruiken om de vragen te beantwoorden. In het onderzoek van Hollands en Spence (1998) is dit verschil ook terug te vinden. De participanten hadden minder tijd nodig voor het beantwoorden van de proportievragen wanneer zij het cirkeldiagram gebruikten in plaats van het staafdiagram. De diagrammen in beide onderzoeken waren echter gestileerde diagrammen. De vraag is of dezelfde resultaten gevonden worden wanneer gebruik gemaakt wordt van ecologisch valide diagrammen.

Ecologisch valide diagrammen

In het huidige onderzoek is het van belang dat de diagrammen ecologisch valide zijn, omdat zo onderzocht kan worden wat de diagramvaardigheden van studenten zijn bij het gebruik van diagrammen die in het dagelijks leven voorkomen. Daarnaast kan op deze manier onderzocht worden of de resultaten uit eerder onderzoek met gestileerde diagrammen ook gelden voor ecologisch valide diagrammen. Ecologisch valide diagrammen zijn anders dan goede diagrammen of gestileerde diagrammen. Ecologisch valide diagrammen zijn alle diagrammen die in het dagelijks leven gebruikt worden. Deze diagrammen zijn niet gebaseerd op richtlijnen zoals wel

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

geldt voor goede en gestileerde diagrammen. Hieronder worden eerst goede diagrammen besproken, waarna de opbouw van gestileerde diagrammen wordt besproken. Ten slotte worden de kenmerken van ecologisch valide diagrammen besproken.

Onder goede diagrammen valt ten eerste dat de assen beginnen bij nul. Indien een as niet bij nul begint, lijken verschijnselen groter dan ze in werkelijkheid zijn, waardoor sprake is van overdrijving. Ten tweede dient op elke as maar één verschijnsel weergegeven te worden, omdat wanneer elk verschijnsel een eigen as krijgt met eigen maatstreepjes, de vergelijkingen tussen deze waarden niet meer te maken zijn (Wainer, 1992). Ten derde moeten gegevens in de juiste context beschreven worden. Wanneer de lezer niets weet over de context, kan het verschijnsel ook niet goed geïnterpreteerd en beoordeeld worden. Ten vierde moeten de diagrammen tweedimensionaal zijn en niet driedimensionaal, omdat bij een driedimensionaal diagram de perspectieven vervormen (Siegrist, 1996). In bijvoorbeeld een cirkeldiagram vervormen de cirkelsectoren, waardoor de voorste en achterste sectoren korter en breder en de sectoren aan de zijkanten langer en smaller worden. Hierdoor is vergelijking van de sectoren lastig. Ten slotte moet geen chartjunk gebruikt worden. Onder chartjunk vallen onder andere overbodige extra teksten, te dikke roosterlijnen en extra plaatjes (Tufte, 2001). Chartjunk leidt de lezer alleen maar af van de boodschap in het diagram. Chartjunk is dus niet wenselijk in een goede diagram.

In lab studies worden gestileerde diagrammen gebruikt. Gestileerde diagrammen zijn zo opgebouwd, dat de diagrammen allemaal op elkaar lijken qua kleur, grootte, tekst en opbouw. Voor gestileerde diagrammen wordt vaak een vaste opbouw gehanteerd waarbij de titel boven het diagram, de legenda rechts en de astitels onder en links van het diagram getoond worden.

Ecologisch valide diagrammen zijn diagrammen zoals ze in de dagelijkse praktijk voorkomen. De diagrammen die in bijvoorbeeld een krant gebruikt worden zijn ecologisch valide.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Deze diagrammen voldoen vaak niet aan de regels voor goede diagrammen, waardoor het waarschijnlijk is dat ze slechter af te lezen zijn. Wat immers opvalt aan ecologisch valide diagrammen is dat vaker een 3D effect en chartjunk wordt gebruikt. Ook wordt niet altijd een gehele context beschreven, waardoor het lastig is het diagram goed te kunnen interpreteren. Daarnaast zijn de diagrammen niet altijd even groot en worden de legenda en titel soms op een andere plek weergegeven. Doordat de kans bestaat dat de ecologisch valide diagrammen slechter af te lezen zijn, kan het zo zijn dat de verschillen tussen de computationeel meer en minder voordelige diagrammen wegvallen of juist groter worden. Dit zou een effect kunnen hebben op een mogelijk leereffect bij het aflezen van diagrammen.

Leereffecten na aflezen diagrammen

Diagramvaardigheden kunnen al vroeg geobserveerd worden in bijvoorbeeld de basisschool (Curcio, 1987). Deze vaardigheden ontwikkelen zich na verloop van tijd (Diezmann & Lowrie, 2007). Onervaren lezers maken meer fouten dan ervaren lezers (Shah & Hoeffner, 2002), maar ook de meer ervaren lezers kunnen fouten maken, omdat ze minder ervaring hebben met een bepaald type diagram (Ali & Peebles, 2013; Baker, Corbett, & Koedinger, 2001). In een onderzoek met twee typen diagrammen is gevonden dat diagramlezers na herhaalde blootstelling significant vaker het diagram kozen dat het meest geschikt was voor de diagramtaak, ondanks dat zij met dit type diagram minder bekend waren. Dit wijst op een significant leereffect voor het gebruik van een, voor de diagramlezer, minder bekend diagram (Peebles & Cheng, 2003). Deze bevindingen laten het belang van de computationele kenmerken van een diagram zien, waardoor men toch het diagram gebruikt dat meer past bij een bepaalde diagramtaak, ondanks dat de lezer minder ervaring heeft met dat type diagram. Doordat de lezer door het leereffect vaker kijkt naar het computationeel meest voordelige diagram, is de lezer in staat de diagrammen effectiever af te

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

lezen, omdat de informatie makkelijker uit dat diagram te halen is dan uit het andere (Strobel et al., 2016). Hierdoor zal de lezer de diagrammen sneller af kunnen lezen en minder fouten maken bij de bijbehorende vragen.

Ook in andere educatieve toetsen wordt een dergelijk leereffect gevonden, waarbij studenten hun prestaties na verloop van de cursus verbeteren met betrekking tot het omgaan met de bijbehorende taak (Hartig & Buchholz, 2012; Ren, Wang, Altmeyer, & Schweizer, 2014). Mede hierop gebaseerd en gebaseerd op het onderzoek van Strobel et al. (2016) wordt verwacht dat de participanten in dit onderzoek een voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram laten zien en dat de participanten het computationeel meest voordelige diagram meer gebruiken als de vraag over dit type diagram gaat.

Huidige studie

In het onderzoek van Strobel et al. (2016) met gestileerde lijn- en staafdiagrammen is gebleken dat participanten meer keken naar het computationeel meest voordelige diagram. Bij trendtaken keken ze vaker naar het lijndiagram en bij verschiltaken keken ze vaker naar het staafdiagram. In het onderzoek van Hollands en Spence (1998) met gestileerde staaf- en cirkeldiagrammen is gebleken dat het berekenen van proporties meer tijd in beslag neemt bij het gebruik van het staafdiagram dan bij het cirkeldiagram.

In het huidige onderzoek wordt onderzocht of deze bevindingen vergelijkbaar zijn als het onderzoek herhaald wordt met ecologisch valide cirkel- en staafdiagrammen, waarbij gekeken wordt hoe efficiënt de participanten zijn in het kiezen en aflezen van de diagrammen. Daarnaast worden de diagrammen in dit onderzoek niet gelijktijdig naast elkaar getoond, maar wordt de participant een keuze tussen een staaf- of cirkeldiagram voorgelegd. Om de voorkeuren te meten wordt gebruik gemaakt van een onderzoek via internet, en niet via eye-tracking zoals in eerder

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

onderzoek, omdat op deze manier de bewuste voorkeuren gemeten worden in plaats van de onbewuste voorkeuren. De participanten moeten immers bewust een keuze maken tussen het staaf- of cirkeldiagram. Hierbij wordt net als in het onderzoek van Strobel et al. (2016) gekeken of de participant het computationeel meest voordelige diagram gebruikt, waarbij een staafdiagram het meest geschikt is in verschiltaken. Net als in het onderzoek van Hollands en Spence (1998) worden cirkeldiagrammen gebruikt om proportiestellingen te behandelen. Deze cirkeldiagrammen zijn in het huidige onderzoek echter niet gestileerd, maar juist ecologisch valide.

We weten nu dus dat een staafdiagram het computationeel meest voordelige diagram is in een taak over verschillen (Weissgerber et al., 2015) en dat een cirkeldiagram het computationeel meest voordelige diagram is in een taak over proporties (Diezmann & Lowrie, 2009). Daarnaast weten we dat diagramlezers voorkeur hebben voor het computationeel meest voordelige diagram in een taak met staaf- en lijndiagrammen. We weten echter nog niet of de uitkomsten van eerder onderzoek met gestileerde diagrammen ook gelden voor onderzoek met ecologisch valide diagrammen. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvragen.

Onderzoeksvragen

1. Hebben diagramlezers voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen?
2. Treedt er een leereffect op naarmate de participant meer vragen over diagrammen heeft beantwoord, waardoor de vragen steeds sneller en beter beantwoord worden?

Hypotheses

1. De diagramlezers hebben voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

2. De diagramlezers hebben voorkeur voor staafdiagrammen boven cirkeldiagrammen als de stelling gaat over het vergelijken van waarden.
3. De diagramlezers hebben voorkeur voor cirkeldiagrammen boven staafdiagrammen als de stelling gaat over de verdeling binnen één datavisualisatie.
4. De participant leert gedurende het onderzoek hoe hij/zij de diagrammen moet aflezen en beantwoord daardoor de vragen sneller en beter aan het einde van het onderzoek in vergelijking met het begin van het onderzoek.

Methode

Design

Voor de diagramtaken is een *within-subject* design gebruikt. De onafhankelijke variabelen waren het diagramtype (staaf- of cirkeldiagram), type stelling (verschil- en proportiestellingen) en de eerste of tweede set vragen per type stelling. De afhankelijke variabelen waren de totaal bestede tijd per vraag, het aantal goede antwoorden per vraag/type stelling en de keuze voor het computationeel meest voordelige diagram.

Participanten

Dit onderzoek is afgenomen onder Nederlandse studenten. Deze studenten kwamen uit mijn eigen netwerk en connecties van dit netwerk en zijn benaderd via WhatsApp met de vraag of zij deel wilden nemen aan dit onderzoek. Een poweranalyse is uitgevoerd met behulp van G-power software om het benodigde aantal participanten te berekenen. Voor een tweezijdige t-toets ($\alpha = .05$, $E = .50$ en $\beta = .95$) is een steekproefgrootte van 42 participanten nodig (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). Aan dit onderzoek hebben in totaal $N = 45$ participanten deelgenomen. Drie participanten hebben langer dan een uur over het onderzoek gedaan, waardoor niet met zekerheid gesteld kan worden dat zij dit onderzoek aaneengesloten hebben doorlopen zonder andere

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

afleiding. Op basis van de pilot bleek namelijk dat de participanten ongeveer twintig minuten over het onderzoek deden. Hierdoor bleven uiteindelijk $N = 42$ geldige participanten over waarvan $n = 3$ studenten van het Middelbaar Beroepsonderwijs [MBO] waren, $n = 3$ studenten van het Hoger Beroepsonderwijs [HBO] en $n = 36$ studenten van het Wetenschappelijk Onderwijs [WO]. Hiervan waren $n = 15$ man, $n = 26$ vrouw en $n = 1$ zegt dit liever niet. De gemiddelde leeftijd van de participanten is $M = 23.14$ jaar en $Mdn = 23$ jaar.

Materialen

Hard- en software. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Qualtrics Survey Software. De participanten konden de vragenlijst op internet via hun laptop, tablet of smartphone invullen.

Diagramtaken. Om de diagramvoorkeuren van de studenten te meten is een vragenlijst met twintig taken ontwikkeld. Deze taken waren verdeeld in tien proportietaken en tien verschiltaken. De taak kon alleen maar voltooid worden door gebruik te maken van de informatie uit het diagram. Voor het beantwoorden van de taken was geen voorkennis nodig.

De diagrammen komen uit wiskundeboeken van de middelbare school, uit kranten, online rapporten en van websites. De helft van de diagrammen was van origine een cirkeldiagram en de andere helft een staafdiagram. Voor elk origineel cirkeldiagram is een zo identiek mogelijk staafdiagram gemaakt en vice versa. Identieke informatie is gebruikt in beide diagrammen.

Procedure

Voor het uitvoeren van het onderzoek is toestemming verkregen van de studenten door middel van een toestemmingsverklaring in de vragenlijst. Het onderzoek vond op internet plaats bij de studenten thuis op hun laptop, tablet of smartphone.

De studenten kregen eerst een informatiebrief te lezen, waarna een toestemmingsverklaring werd ondertekend. Na het ondertekenen werd een korte vragenlijst ingevuld waarin de leeftijd, het

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

geslacht, huidige opleidingsniveau en de studierichting werden gevraagd. Hierna volgde een voorbeeldvraag. De student kreeg een uitleg over de inhoud van de diagrammen met daaronder een stelling. De student koos hierna of hij/zij een staaf- of cirkeldiagram wilde zien. Het desbetreffende diagram werd getoond met daarboven nogmaals de stelling. Wanneer de student het antwoord op de stelling dacht te weten, klikte hij/zij op volgende om de stelling te kunnen beantwoorden met waar/niet waar. Ook boven de antwoordopties waar/niet waar werd de stelling nogmaals getoond, zie Figuur 1 voor de schermafbeeldingen van de voorbeeldvraag. Deze stappen werden herhaald voor alle twintig taken. Hierbij werden eerst de tien verschiltaken gegeven en vervolgens de tien proportietaken.

Na het beantwoorden van alle vragen werd de mogelijkheid geboden om opmerkingen over het onderzoek te geven en kon de student aangeven of hij/zij de onderzoeksresultaten/de geschreven scriptie wilde ontvangen. Vervolgens was het onderzoek afgelopen en kon de participant de vragenlijst wegklikken.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

VOORBEELDVRAAG:

In de diagrammen zie je de soorten klusjes waar acht- en negenjarige kinderen hun geld mee verdienen.

STELLING:

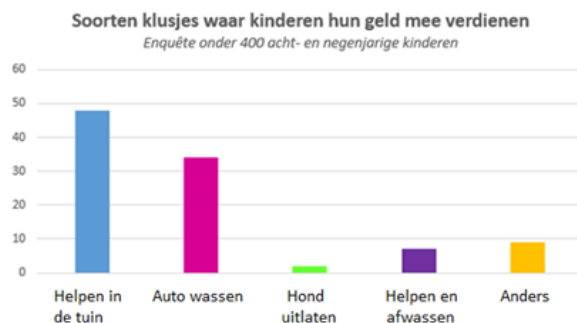
Meer dan 200 acht- en negenjarige kinderen verdienen geld met het helpen in de tuin.

staaf

cirkel



Meer dan 200 acht- en negenjarige kinderen verdienen geld met het helpen in de tuin.



Meer dan 200 acht- en negenjarige kinderen verdienen geld met het helpen in de tuin.

waar

niet waar



Figuur 1. Schermafbeeldingen van de opzet van de voorbeeldvraag in de online vragenlijst.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Maten

De totaal bestede tijd per vraag is gemeten door bij te houden hoe lang het duurde voordat de participant de desbetreffende pagina indiende. Elke vraag bestond uit drie pagina's. Een totaaltijd voor deze drie pagina's is per vraag berekend. De voorkeur voor het type diagram is gedefinieerd als het aanklikken van ofwel de optie staaf of cirkel. De keuze voor het computationeel meest voordelige diagram is gedefinieerd als het gemiddeld aantal keren gekozen voor het staafdiagram bij de verschilstellingen en het gemiddeld aantal keren gekozen voor het cirkeldiagram bij de proportiestellingen in de eerste vijf en laatste vijf vragen per type stelling en voor het onderzoek als geheel. De score van goede antwoorden is gedefinieerd als het gemiddeld aantal goede antwoorden in de eerste vijf en laatste vijf vragen per type stelling en voor het onderzoek als geheel. Per set vragen kon hier een maximum van 1 behaald worden, omdat het een gemiddelde betrof. Per type taak kon hier een maximale score van tien behaald worden, omdat in het onderzoek tien verschil- en tien proportietaken aanwezig waren.

Om een leereffect te ontdekken gedurende het onderzoek is gekeken naar het verschil in bestede tijd voor het beantwoorden van de verschillende vragen en score van goede antwoorden in de laatste vijf vragen ten opzichte van de eerste vijf vragen per type vraagstelling. Gekeken werd of de bestede tijd afnam en de score van goede antwoorden toenam in de laatste vijf vragen ten opzichte van de eerste vijf vragen. Wanneer de participant minder tijd besteedde aan de vragen en diagrammen en de vragen even goed of beter beantwoordde in de laatste vijf vragen kon sprake zijn van een leereffect. Gekozen is om de taken in twee sets van vijf vragen te verdelen, om zo een gemiddelde tijd en score per set te berekenen, waardoor eventuele afwijkingen in een losse vraag minder invloed hadden op de berekening.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Analyse

Voor ieder type taak is de gemiddelde tijd berekend die nodig was voor het beantwoorden van de vragen. Daarnaast is het gemiddeld aantal keren gekozen voor het computationeel meest geschikte diagram berekend. Tevens zijn de gemiddelde scores voor het aantal goede antwoorden per vijf vragen berekend.

Om de voorkeuren voor een type diagram te onderzoeken zijn drie gepaarde t-toetsen uitgevoerd. Een gepaarde t-toets ($\alpha = .05$, tweezijdig) met variabelen keuze voor het meest voordelige diagram en keuze voor het minst voordelige diagram is uitgevoerd om te onderzoeken of de participanten significant vaker kozen voor het computationeel meest voordelige diagram over het algemeen, bij de verschil- en bij de proportiestellingen.

Om een eventueel leereffect te meten is een herhaalde metingen MANOVA ($\alpha = .05$, tweezijdig) met factoren type taak (verschil en proportie) set vragen (eerste of laatste vijf vragen per variabele) en variabelen gemiddelde tijd, gemiddelde score goede antwoorden en gemiddeld aantal keer gekozen voor het computationeel meest voordelige diagram om te onderzoeken of de participanten de laatste vijf vragen significant sneller en beter beantwoordden dan de eerste vijf vragen en of de participanten significant vaker kozen voor het computationeel meest voordelige diagram in de laatste vijf vragen ten opzichte van de eerste vijf vragen. Dit werd voor de eerste vijf en laatste vijf vragen van zowel de verschilstellingen als van de proportiestellingen uitgevoerd.

Naar aanleiding van de herhaalde metingen MANOVA zijn zes post hoc t-toetsen uitgevoerd. Een gepaarde t-toets ($\alpha = .05$, tweezijdig) met variabelen gemiddelde tijd eerste vijf vragen en gemiddelde tijd laatste vijf vragen is uitgevoerd om te onderzoeken of de participanten de laatste vragen significant sneller beantwoordden dan de eerste vragen. Deze t-toets werd voor

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

zowel de vergelijking in gemiddelde tijd tussen de eerste vijf en laatste vijf vragen van de verschilstellingen als van de proportiestellingen uitgevoerd.

Een gepaarde t-toets ($\alpha = .05$, tweezijdig) met variabelen gemiddelde score goede antwoorden eerste vijf vragen en gemiddelde score goede antwoorden laatste vijf vragen is uitgevoerd om te onderzoeken of de participanten de laatste vragen significant beter beantwoordden dan de eerste vragen. Deze t-toets werd voor zowel de vergelijking in gemiddelde score goede antwoorden tussen de eerste vijf en laatste vijf vragen van de verschilstellingen als van de proportiestellingen uitgevoerd.

Een gepaarde t-toets ($\alpha = .05$, tweezijdig) met variabelen gemiddelde aantal keer gekozen voor het meest geschikte diagram in de eerste vijf vragen en gemiddelde aantal keer gekozen voor het minst geschikte diagram in de laatste vijf vragen is uitgevoerd om te onderzoeken of de participanten significant vaker kozen voor het computationeel meest geschikte diagram in de laatste vragen ten opzichte van de eerste vragen. Deze t-toets werd voor zowel de vergelijking in gemiddelde aantal keer gekozen voor het meest geschikte diagram tussen de eerste vijf en laatste vijf vragen van de verschilstellingen als van de proportiestellingen uitgevoerd.

Resultaten

Voorkeuren

In Tabel 1 is de gemiddelde score van het aantal goede antwoorden voor de verschil- en proportietaken weergegeven. Te zien is dat voor de proportietaken een iets hoger gemiddelde is behaald dan voor de verschiltaken. Dit verschil was echter niet significant, $t(41) = -.903$ en $p = .372$. Daarnaast is te zien dat de gemiddelde benodigde tijd voor het beantwoorden van de proportietaken lager was dan die voor het beantwoorden van de verschiltaken. Dit verschil was significant, $t(41) = 3.17$ en $p = .003$.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Tabel 1

Gemiddelde score van het aantal goede antwoorden en gemiddeld bestede tijd (in seconden) voor de verschil- en proportietaken

		Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Verschiltaken	Score	7	10	9.33	.75
	Tijd	24.70	115.06	47.65	19.77
Proportietaken	Score	7	10	9.48	.74
	Tijd	20.95	76.50	39.14	10.98

Noot. N = 42

Het gemiddeld aantal keer gekozen voor het computationeel meest voordelige diagram is weergegeven in Tabel 2. Te zien is dat de participanten over het algemeen significant vaker kozen voor het computationeel meest voordelige diagram dan dat ze voor het computationeel minst voordelige diagram kozen, $t(41) = 5.04$, $p < .001$, en groot, $d = 1.56$. Participanten kozen significant vaker voor het staafdiagram dan voor het cirkeldiagram in de verschiltaken, $t(41) = 7.08$, $p < .001$, en groot, $d = 2.20$. De participanten kozen echter niet significant vaker voor het cirkeldiagram dan voor het staafdiagram in de proportietaken, $t(41) = -.797$, $p < .430$, en klein, $d = .25$.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Tabel 2

Aantal keer gekozen voor het computationeel meest voordelige diagram in totaal en per type diagram

		Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Totaal	Computationeel meest geschikte diagram gekozen	9	19	11.43	1.84
Vershil stellingen	Computationeel meest geschikte diagram gekozen	4	10	6.67	1.52
Proportie stellingen	Computationeel meest geschikte diagram gekozen	0	10	4.76	1.94

Noot. N = 42

Over het algemeen kozen studenten dus voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen. De studenten kozen significant vaker voor het staafdiagram in een verschiltaak, maar ze kozen niet significant vaker voor het cirkeldiagram in een proportietaak.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Leereffect

De bevindingen uit de MANOVA tonen een significant effect aan van het type diagram (staafdiagram of cirkeldiagram) en van de set vragen (eerste vijf vragen versus laatste vijf vragen) op de gecombineerde afhankelijke variabelen (score gemiddelde aantal goede antwoorden, bestede tijd en keuze voor het computationeel meest voordelige diagram), $F(15,16) = .538$, $p < .001$, gedeeltelijk $\eta^2 = .538$.

In Tabel 3 is weergegeven wat de gemiddelde benodigde tijd was voor de eerste en laatste vijf vragen per type taak in het onderzoek. Te zien is dat de participanten over het algemeen 17.62 seconden, 95% CI [9.06, 26.17], langer deden over de eerste vijf vragen dan over de laatste vijf vragen bij de verschiltaken. Dit verschil was statistisch significant, $t(41) = 4.16$, $p < .001$, en middelgroot, $d = .74$. Over het algemeen deden de participanten 8.29 seconden, 95% CI [4.24, 12.34], langer over de eerste vijf vragen dan over de laatste vijf vragen bij de proportietaken. Dit verschil was statistisch significant, $t(41) = 4.13$, $p < .001$, en middelgroot, $d = .65$.

Tabel 3

Gemiddelde tijd (in seconden) nodig voor het beantwoorden van de verschil- en proportietaken

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Vraag 1 t/m 5 (verschiltaken)	29.09	193.73	56.46	26.84
Vraag 6 t/m 10 (verschiltaken)	19.49	143.67	38.84	20.92

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Vraag 11 t/m 15 (proportietaken)	24.01	79.24	43.29	13.29
Vraag 16 t/m 20 (proportietaken)	17.89	73.99	35.00	12.22

Noot. $N = 42$

In Tabel 4 zijn de beschrijvende statistieken weergegeven voor het gemiddeld aantal keer gekozen voor het computationeel meest geschikte diagram. Te zien is dat de participanten significant minder vaak kozen voor het computationeel meest voordelige diagram bij de eerste vijf vragen dan bij de laatste vijf vragen in de verschiltaken, $t(41) = -3.59$, $p = .001$, en middelgroot, $d = .69$. De participanten kozen significant vaker voor het computationeel meest voordelige diagram bij de eerste vijf vragen dan bij de laatste vijf vragen in de proportietaken, $t(41) = 3.70$, $p = .001$, en middelgroot, $d = .68$.

Tabel 4

Gemiddeld aantal keer gekozen voor het meest geschikte diagram

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Vraag 1 t/m 5 (verschiltaken)	.20	1	.60	.182
Vraag 6 t/m 10 (verschiltaken)	.20	1	.733	.206

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Vraag 11 t/m 15 (proportietaken)	0	1	.557	.232
Vraag 16 t/m 20 (proportietaken)	0	1	.395	.248

Noot. $N = 42$

In Tabel 5 zijn de gemiddelde scores voor het goed beantwoorden van de stelling per vraag weergegeven. Ook hier is de gemiddelde score weergegeven van de eerste en laatste vijf vragen per type stelling. Te zien is dat de participanten de vraag niet significant vaker beantwoordden met het goede antwoord bij de eerste vijf vragen dan bij de laatste vijf vragen in de verschiltaken, $t(41) = .973$, $p = .336$, en klein, $d = .24$. De participanten beantwoordden significant minder vaak de vraag met het goede antwoord bij de eerste vijf vragen dan bij de laatste vijf vragen in de proportietaken, $t(41) = -4.87$, $p < .001$, en groot, $d = 1.15$.

Tabel 5

Gemiddelde score goed gegeven antwoorden per taak

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Gemiddelde score eerste vijf vragen verschiltaken	.40	1.	.948	.117

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Gemiddelde score	.60	1	.919	.125
laatste vijf vragen				
verschiltaken				
Gemiddelde score	.60	1	.900	.134
eerste vijf vragen				
proportietaken				
Gemiddelde score	.80	1	.995	.031
laatste vijf vragen				
proportietaken				

Noot. N = 42

Over het algemeen beantwoordden de participanten de vragen bij zowel de verschil- als proportietaken sneller in het tweede deel van de vragen. De participanten kozen bij de verschiltaken significant vaker voor het computationeel meest voordelige diagram in het tweede deel van de vragen. De participanten kozen bij de proportietaken echter significant minder vaak voor het computationeel meest voordelige diagram in het tweede deel van de vragen. De vragen werden door de participanten iets minder goed beantwoord bij het tweede deel van de verschiltaken. Dit kleine verschil was echter niet significant. De proportietaken werden wel significant beter beantwoord in het tweede deel van de vragen.

Discussie

In dit onderzoek zijn de diagramvaardigheden en de bewuste diagramvoorkeuren van Nederlandse studenten onderzocht met behulp van ecologisch valide staaf- en cirkeldiagrammen. Empirische studies suggereren dat staafdiagrammen computationeel voordelig zijn in

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

verschiltaken (Weissgerber et al., 2015) en dat cirkeldiagrammen computationeel voordelig zijn in proportietaken (Diezmann & Lowrie, 2009). Onderzocht is of (1) diagramlezers voorkeur hebben voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen en (2) of er een leereffect optreedt naarmate de participant meer vragen over diagrammen heeft beantwoord, waardoor de vragen steeds sneller en beter beantwoord worden. In een vragenlijst op internet werden de participanten proportie- en verschiltaken voorgelegd, waarbij hen de keuze tussen een staaf- of cirkeldiagram geboden werd om te onderzoeken of de diagramlezers voorkeur hadden voor het computationeel meest voordelige diagram.

De resultaten laten zien dat dat de diagramlezers in de steekproef van Nederlandse studenten, gemiddeld gezien, een sterkere voorkeur hadden voor het gebruik van staafdiagrammen in plaats van cirkeldiagrammen over het algemeen en in de verschiltaken, maar geen voorkeur hadden voor cirkel- of staafdiagrammen in de proportietaken.

Voorkeuren

Uit het onderzoek is gebleken dat studenten over het algemeen voorkeur hebben voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen. Dit is in lijn met de hypothese: *'De diagramlezers hebben voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen.'* Dit kan verklaard worden doordat de computationele voordelen van een diagram de lezer positief kunnen beïnvloeden in het voltooien van de taak (Peebles & Cheng, 2003).

Wanneer we het onderzoek echter uitsplitsen in twee delen, de verschiltaken en proportietaken, is te zien dat de studenten wel een voorkeur hebben voor het computationeel meest voordelige diagram (het staafdiagram) in een taak waarbij verschilstellingen beantwoord dienen te worden. Dit komt overeen met de hypothese: *'De diagramlezers hebben voorkeur voor*

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

staafdiagrammen boven cirkeldiagrammen als de stelling gaat over het vergelijken van waarden.'

De studenten hebben echter geen voorkeur voor het computationeel meest voordelige diagram (het cirkeldiagram) in een taak met proportiestellingen. Dit komt niet overeen met de hypothese: '*De diagramlezers hebben voorkeur voor cirkeldiagrammen boven staafdiagrammen als de stelling gaat over de verdeling binnen één datavisualisatie.'*' Dit kan dus betekenen dat de studenten een grotere voorkeur hebben voor staafdiagrammen dan voor cirkeldiagrammen.

Dat de studenten de staafdiagrammen kiezen bij de verschilstellingen, kan verklaard worden door het feit dat staafdiagrammen het meest geschikt zijn om verschillende waarden te kunnen vergelijken en om een verdeling te visualiseren (Weissgerber et al., 2015). Dit komt tevens overeen met bevindingen uit eerder onderzoek, waarbij de voorkeuren voor staaf- en lijndiagrammen werden onderzocht. Na verloop van tijd keken de meeste participanten ook naar het staafdiagram in taken waar het ging om aflezen van verschillen (Strobel et al., 2016).

Ondanks dat een cirkeldiagram meer geschikt is voor het weergeven van proporties (Hansen & Wänke, 2009), blijken de studenten dus niet vaker voor een cirkeldiagram te kiezen bij de proportiestellingen. Dit kan verschillende verklaringen hebben. Ten eerste kan het zijn dat de participanten in het dagelijks leven te weinig cirkeldiagrammen zien, waardoor zij niet gewend zijn aan dit type diagram. Indien zij wel veel blootgesteld worden aan staafdiagrammen kan de voorkeur voor dit type diagram zo groot zijn, dat zij kiezen voor het staafdiagram (Hansen & Wänke, 2009). Dit wordt het *mere-exposure effect* genoemd (Hansen & Wänke, 2009). Ten tweede kan het zijn dat cirkeldiagrammen lastiger af te lezen zijn of toch minder geschikt zijn om proporties weer te geven. In het veld is de algemene opvatting dat cirkeldiagrammen niet geschikt zijn om data goed te kunnen visualiseren (e.g. <https://deperfectegrafiek.nl/>; Mosenthal & Kirsch, 1990), maar hierover is tot op heden geen sluitend wetenschappelijk bewijs. Ten derde herkennen

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

de studenten wellicht niet dat een taak een proportietaak is, waardoor zij niet weten dat het cirkeldiagram het meest geschikt is om te kiezen. Ten slotte zou het kunnen dat de studenten wel een voorkeur zouden laten zien wanneer de diagrammen naast elkaar getoond worden, zodat zij de diagrammen meer met elkaar kunnen vergelijken en de computationele voordelen van het cirkeldiagram beter in kunnen zien.

Leereffect

Uit het onderzoek is gebleken dat de studenten de vragen bij zowel de verschil- als proportietaken sneller beantwoordden. Dit kan verklaard worden door het feit dat de participanten gewend geraakt waren aan de vraagstelling en daardoor de vragen sneller beantwoordden (Hartig & Buchholz, 2012; Ren et al., 2014). De studenten kunnen ook hebben geleerd waar ze in de diagrammen moeten kijken, waardoor de vragen steeds sneller beantwoord werden. De student leert dus hoe de diagrammen afgelezen moeten worden en hoe de vraagstellingen werken. Het kan echter ook zo zijn dat de moeilijkheidsgraad van de vragen van invloed is geweest op de afname van tijd gedurende het onderzoek. De gemiddelden in tijd zijn namelijk wel groot, maar nemen niet gestaag af, wat kan duiden op een verschil in moeilijkheid in de vragen.

Het aantal goede antwoorden nam niet toe binnen de verschiltaken, maar wel binnen de proportietaken. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de vragen aan het einde van het onderzoek makkelijker waren dan de vragen in het begin. Hierdoor is geen verschil in goede antwoorden te zien in het eerste deel, maar wel in het tweede deel. Aangezien de vragen in een vaststaande volgorde getoond werden, omdat de vragenlijstsoftware de functies voor tijdopname en randomisatie niet kon combineren, kan de volgorde een grote invloed hebben op de uitkomsten van het onderzoek (Neuman, 2014). Daarnaast werden de vragen in het eerste deel van de verschiltaken al goed beantwoord, waardoor het lastig is om de score binnen de verschilvragen te

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

verbeteren. Bij de vragen in het eerste deel van de proportietaken werden minder goede antwoorden gegeven, waardoor het uiteindelijk makkelijker is om de score binnen de proportietaken te verbeteren.

Om te onderzoeken of binnen hetzelfde type taak vaker gekozen werd voor het computationeel meest voordelige diagram in het tweede deel van de vragen is dit aantal vergeleken met het eerste deel van de vragen binnen hetzelfde type vraagstelling. De participanten kozen bij de verschiltaken vaker voor het computationeel meest voordelige diagram in het tweede deel van de vragen. Dit kan verklaard worden door het feit dat de participanten de computationele voordelen van de staafdiagrammen meer begonnen te begrijpen. Hierdoor kiezen participanten vaker voor het computationeel meest voordelige diagram (Peebles & Chang, 2003).

Bij de proportietaken werd minder vaak gekozen voor het computationeel meest voordelige diagram in het tweede deel van de vragen. Dit werd niet verwacht op basis van eerder onderzoek van Peebles en Cheng (2003), waaruit bleek dat de participanten vaker kozen voor het computationeel meest voordelige diagram, ook al waren ze minder aan dat type diagram gewend. De participanten kozen in het huidige onderzoek juist vaker voor het staafdiagram in plaats van het cirkeldiagram. Dit kan verklaard worden doordat de participanten in het dagelijks leven meer staafdiagrammen tegenkomen, waardoor zij sneller voor het staafdiagram kiezen (Hansen & Wänke, 2009). Daarnaast bestaat de kans dat de participanten in de eerste tien vragen geleerd hebben dat staafdiagrammen het meest nuttig waren om te gebruiken, waardoor zij die kennis toegepast hebben in laatste tien vragen toen dat niet meer zo was (Hartig & Buchholz, 2012; Ren et al., 2014). Naast deze verklaringen kan het zijn dat de participanten de cirkeldiagrammen niet herkenden als het computationeel meest voordelige diagram, waardoor zij vaker kozen voor het staafdiagram. Ten slotte werden in dit onderzoek ecologisch valide diagrammen gebruikt en geen

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

gestileerde diagrammen zoals in het onderzoek van Peebles en Cheng (2003). De ecologisch valide cirkeldiagrammen in dit onderzoek kunnen lastiger af te lezen zijn, doordat een deel van de cirkeldiagrammen driedimensionaal weergegeven waren, wat leidt tot een vervorming van het perspectief (Siegrist, 1996). Daarnaast kan het zijn dat ecologisch valide cirkeldiagrammen over het algemeen minder goed af te lezen zijn dan ecologisch valide staafdiagrammen zoals ook meerdere personen uit het veld beweren (e.g. <https://deperfectegrafiek.nl/>; Mosenthal & Kirsch, 1990). Dit kan verklaren dat de cirkeldiagrammen minder vaak gekozen zijn.

Limitaties en bruikbaarheid

Naar aanleiding van dit onderzoek kunnen enkele limitaties besproken worden tot welke omstandigheden dit onderzoek beperkt is. Ten eerste is in dit onderzoek gekozen om de diagramvaardigheden van Nederlandse studenten door middel van ecologisch valide diagrammen te toetsen. Dit kan van invloed geweest zijn op hoe de studenten de diagrammen af hebben gelezen. De diagrammen waren moeilijker af te lezen dan gestileerde diagrammen omdat een deel van de diagrammen in dit onderzoek chartjunk bevatte en driedimensionaal was. Dit heeft invloed op de mate waarin de diagrammen afgelezen kunnen worden, omdat de student meer afgeleid kon zijn door de chartjunk (Tufte, 2001) en de perspectieven veranderden door het 3D-effect (Siegrist, 1996). Toch kunnen de resultaten uit het huidige onderzoek vergeleken worden met de resultaten uit eerder onderzoek om te onderzoeken of de diagramvaardigheden van studenten verschillen in een onderzoek met gestileerde en ecologisch valide diagrammen.

Ten tweede is dit onderzoek zo vormgegeven dat de participanten op basis van een stelling moesten kiezen voor een staaf- of cirkeldiagram. Dit leidt ertoe dat alleen de bewuste keuzes van de participanten worden gemeten. Zij maken immers een bewuste keuze voor één van de twee diagrammen. Hierdoor zijn de resultaten uit dit onderzoek anders dan uit eerdere onderzoeken,

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

waarbij de participant twee diagrammen naast elkaar te zien kreeg. In eerdere onderzoeken is de onbewuste voorkeur van de participanten gemeten door middel van eye-tracking. Zo kan het in het huidige onderzoek voorkomen dat een participant op basis van zijn eigen bewuste voorkeur kiest voor het staafdiagram, maar in de andere opzet toch onbewust naar het cirkeldiagram zou kijken, omdat het cirkeldiagram voor de specifieke vraag meer geschikt zou zijn om snel af te kunnen lezen.

Ten derde is in dit onderzoek gekozen om staaf- en cirkeldiagrammen met elkaar te vergelijken. Hierdoor zijn andere diagrammen niet onderzocht in dit onderzoek, waardoor de bevindingen alleen de cirkeldiagrammen, casusstaafdiagrammen en tijdsdiagrammen betreffen. Ondanks dat nu meer bekend is over de diagramvaardigheden van Nederlandse studenten met staaf- en cirkeldiagrammen zal meer onderzoek verricht moeten worden naar andere typen diagrammen.

Ten vierde zijn de vragen in dit onderzoek niet gerandomiseerd, omdat dit met de gebruikte software niet mogelijk was. In het onderzoek moest immers de tijd opgenomen worden voor elke vraag om zo een potentieel leereffect te onderzoeken. In de software kunnen de functies randomisatie en tijdopname niet gecombineerd worden. Ondanks het feit dat de vragen niet gerandomiseerd konden worden, is wel rekening gehouden in de analyses met een eventueel leereffect dat ontstaan is doordat eerst de verschil- en daarna de proportietaken werden behandeld. Hierdoor is besloten om binnen de verschillende type vraagstellingen een potentieel leereffect te onderzoeken.

Ten slotte is het opleidingsniveau van de participanten in dit onderzoek voornamelijk van WO niveau, waardoor niet alle opleidingsniveaus uit Nederland zijn onderzocht. Hierdoor kunnen de resultaten uit dit onderzoek niet vergeleken worden met eerdere onderzoeken, waaruit bleek dat

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

de diagramvaardigheden van een derde van de populatie onvoldoende was (Galesic & Garcia-Retamero, 2011). Diagramvaardigheden zijn cognitieve vaardigheden die de besluitvorming over de inhoud van diagrammen beïnvloeden (Okan et al., 2012). Dit houdt in dat het niveau van de cognitieve vaardigheden van personen samen kunnen hangen met hun opleidingsniveau. Ondanks dat op basis van het huidige onderzoek geen uitspraken gedaan kunnen worden over populaties van bijvoorbeeld het VMBO/MBO, kan wel een eerste goede uitspraak gedaan worden over de diagramvaardigheden van Nederlandse WO-studenten.

Vervolgonderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek kunnen enkele suggesties voor vervolgonderzoek opgesteld worden. Ten eerste zou het interessant zijn om het onderzoek te herhalen voor verschillende opleidingsniveaus, waarbij van elk schoolniveau van het voortgezet onderwijs en elk opleidingsniveau van het vervolgonderwijs een volledige participantengroep wordt onderzocht. Hierdoor kan een beter beeld verkregen worden van het huidige niveau diagramvaardigheden van scholieren en studenten in Nederland. Een willekeurige steekproef per opleidingsniveau is hiervoor het meest geschikt om zo een representatief beeld te krijgen van de hele populatie (Neuman, 2014).

Ten tweede is het interessant om dit onderzoek met behulp van eye-tracking te herhalen, zodat de onbewuste voorkeuren voor een type diagram gemeten worden (Jarodzka, Gruber, & Holmqvist, 2017). Hierdoor kunnen conclusies getrokken worden op het gebied van de onbewuste diagramvoorkeuren van studenten. Vervolgens is het interessant om de bevindingen uit beide studies te vergelijken, zodat de bewuste en onbewuste keuzes onderzocht kunnen worden en gekeken kan worden of hiertussen verschillen ontstaan. Dit kunnen interessante bevindingen zijn

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

voor het onderwijs, omdat op deze manier een completer beeld van de diagramvaardigheden van studenten verkregen kan worden.

Ten slotte zijn de diagramvaardigheden van Nederlandse WO-studenten onderzocht door middel van cirkeldiagrammen, casus-staafdiagrammen en tijdsdiagrammen. Om een uitspraak te kunnen doen over de diagramvaardigheden bij het gebruik van andere typen diagrammen, zal vervolgonderzoek nodig zijn, waarbij de diagramtaken andere typen diagrammen bevatten. Zo zijn lijndiagrammen geschikt om trends weer te geven (<https://www.dr-aart.nl/>; Shah & Hoeffner, 2002), worden beelddiagrammen gebruikt om aantallen aan te geven met figuren (<https://www.dr-aart.nl/>) en worden steelbladdiagrammen gebruikt om alle losse waarnemingen weer te geven ter vervanging van een frequentietabel (<https://www.dr-aart.nl/>). We weten dat lijndiagrammen gezien worden als het computationeel meest voordelige diagram in trendtaken en dat studenten deze diagrammen goed kunnen aflezen (Strobel et al., 2016), maar we weten nog niet of studenten de computationele voordelen van beeld- en steelbladdiagrammen herkennen en goed kunnen gebruiken.

Theoretische en praktische implicaties

Naar aanleiding van dit onderzoek kunnen enkele theoretische en praktische implicaties worden opgesteld. Ten eerste lijkt het erop dat WO-studenten goed in staat zijn de getoonde representatie te interpreteren en de daarbij behorende vragen goed te beantwoorden. De boodschap uit casusstaafdiagrammen en tijdsdiagrammen lijkt goed begrepen te worden door de WO-studenten. Dit is positief, omdat studenten nog steeds veel te maken hebben met diagrammen in het dagelijkse leven (e.g. Baker et al., 2014; Blackwell, 2001; Gravemeijer et al., 2017; Purchase, 2014; Shah & Hoeffner, 2002). Gebleken is dat de studenten de cirkeldiagrammen niet vaker kiezen dan de staafdiagrammen om de proportievragen te beantwoorden. Dit kan dus betekenen

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

dat het in sommige gevallen nuttiger zou kunnen zijn om staafdiagrammen te gebruiken om de data weer te geven, om zo aan te sluiten bij de voorkeuren van studenten. Dit sluit aan bij de beweringen vanuit het veld dat cirkeldiagrammen niet geschikt zijn om data weer te geven (e.g. <https://deperfectegrafiek.nl/>; Mosenthal & Kirsch, 1990).

Ten tweede is gebleken dat uitkomsten over staafdiagrammen in verschiltaken uit eerder onderzoek met gestileerde diagrammen ook gelden in onderzoek met ecologisch valide diagrammen. Het lijkt er dus op dat we kunnen concluderen dat WO-studenten in staat zijn verschillen af te lezen en te interpreteren bij het gebruik van casusstaafdiagrammen en tijdsdiagrammen. De uitkomsten uit eerder onderzoek over cirkeldiagrammen in proportietaken met gestileerde diagrammen golden niet in het huidige onderzoek met ecologisch valide diagrammen. Dit zou dus kunnen betekenen dat ecologisch valide cirkeldiagrammen minder bruikbaar zijn dan gestileerde diagrammen.

Ten derde lijkt het erop dat in het VWO-onderwijs niet specifiek meer aandacht besteed hoeft te worden aan het aflezen en interpreteren van casusstaafdiagrammen en tijdsdiagrammen. Het kan echter niet met zekerheid gezegd worden of WO-studenten de computationele voordelen van cirkeldiagrammen ook begrijpen en kunnen gebruiken. Tevens kan niet gezegd worden dat het onderwijs ook minder aandacht kan besteden aan het lesgeven over diagrammen. Daarnaast is niet onderzocht hoe de diagramvaardigheden zijn voor het interpreteren van andere typen diagrammen. Ten slotte is niet duidelijk of de WO-studenten de diagramvaardigheden opgedaan hebben in het voortgezet onderwijs of pas in het hoger onderwijs. Onderzoek zou moeten uitwijzen of het onderwijs een duidelijke invloed heeft op de ontwikkeling van de diagramvaardigheden van de studenten.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Conclusie

Kortom, uit dit onderzoek is gebleken dat studenten voorkeur hebben voor het computationeel meest voordelige diagram in een diagramtaak met ecologisch valide diagrammen. Dit geldt in het algemeen en tevens voor verschillstellingen in combinatie met een staafdiagram. Voor proportiestellingen in combinatie met een cirkeldiagram werd geen voorkeur gemeten. Daarnaast lijkt het erop dat een leereffect optreedt naarmate een student meer vragen over diagrammen beantwoordt, waardoor de vragen sneller beantwoord worden over tijd bij verschillen en proportietaken en dat de vragen bij de proportietaken ook beter beantwoord worden. Met de diagramvaardigheden van Nederlandse WO-studenten lijkt het dus goed gesteld.

Aantal woorden gehele scriptie:

7.437 woorden (maximaal = 8.000 woorden)

Referenties

- Baker, R. S., Corbett, A. T. & Koedinger, K. R. (2001). Toward a model of learning data representations. In J. D. Moore & K. Stenning (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 45-50). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Blackwell, A. F. (2001). *Thinking with Diagrams*. doi:10.1007/978-94-017-3524-7_1
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18, 382–393. doi:10.2307/749086
- Daniel, D. B. (2012). Promising principles: Translating the science of learning to educational practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1, 251– 253. doi:10.1016/j.jarmac.2012.10.004

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Diezmann, C. M., & Lowrie, T. (2009). The role of fluency in a mathematics item with an embedded graphic: Interpreting a pie chart. *ZDM*, *41*(5), 651-662.

doi:10.1007/s11858-009-0212-6

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*, 175-191. doi:10.3758/BF03193146

Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 124-158. doi:10.2307/749671

Galesic, M., & Garcia-Retamero, R. (2011). Graph literacy: A cross-cultural comparison. *Medical Decision Making*, *31*(3), 444-457. doi:10.1177/0272989X10373805

Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, *47*, 183–210. doi:10.1080/03057267.2011.605307

Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(1), 105-123. doi:10.1007/s10763-017-9814-6

Hansen, J., & Wänke, M. (2009). Liking what's familiar: The importance of unconscious familiarity in the mere-exposure effect. *Social cognition*, *27*(2), 161-182.

doi:10.1521/soco.2009.27.2.161

Hartig, J., & Buchholz, J. (2012). A multilevel item response model for item position effects and individual persistence. *Psychological Test and Assessment Modeling*, *54*, 418–431.

Verkregen van <https://core.ac.uk/> op 31 december 2019

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Hollands, J. G., & Spence, I. (1998). Judging proportion with graphs: The summation model.

Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition, 12(2), 173-190.

doi:10.1002/(SICI)1099-0720(199804)12:2<173::AID-ACP499>3.0.CO;2-K

Jarodzka, H., Gruber, H., & Holmqvist, K. (2017). Eye tracking in educational science:

Theoretical frameworks and research agendas. *Journal of Eye Movements Research*, 10(1), 3, 1-18. doi:10.16910/jemr.10.1.3

Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words.

Cognitive Science, 11, 65–100. doi:10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x

Mosenthal, P. B., & Kirsch, I. S. (1990). Understanding graphs and charts, Part II. *Journal of*

Reading, 33(6), 454-457. Verkregen op 27-5-2020 van

<https://www.jstor.org/stable/40031985>

Neuman, W. L. (2014). *Understanding Research*. Harlow, England: Pearson Education Limited.

O'Donnell, C. L. (2008). Defining, conceptualizing, and measuring fidelity of implementation and

its relationship to outcomes in K–12 curriculum intervention research. *Review of*

Educational Research, 78, 33–84. doi:10.3102/0034654307313793

Okan, Y., Garcia-Retamero, R., Cokely, E. T., & Maldonado, A. (2012). Individual differences in

graph literacy: Overcoming denominator neglect in risk comprehension. *Journal of*

Behavioral Decision Making, 25(4), 390-401. doi:10.1002/bdm.751

Purchase, H. C. (2014). Twelve years of diagrams research. *Journal of Visual Languages &*

Computing, 25, 57–75. doi:10.1016/j.jvlc.2013.11.004

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

- Ren, X., Wang, T., Altmeyer, M., & Schweizer, K. (2014). A learning-based account of fluid intelligence from the perspective of the position effect. *Learning and Individual Differences, 31*, 30–35. doi:10.1016/j.lindif.2014.01.002
- Semmelmann, K., Weigelt, S. (2018). Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look. *Behavior Research Methods, 50*, 451–465. doi: 10.3758/s13428-017-0913-7
- Shah, P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review, 14*, 47–69. doi:10.1023/A:1013180410169
- Siegrist, M. (1996). The use or misuse of three-dimensional graphs to represent lower-dimensional data. *Behaviour & Information Technology, 15*(2), 96-100. doi:10.1080/014492996120300
- Simkin, D. & Hastie, R. (1987). An information-processing analysis of graph perception. *Journal of the American Statistical Association, 82*, 454–465. doi:10.1080/01621459.1987.10478448
- Spence, I., & Lewandowsky, S. (1991). Displaying proportions and percentages. *Applied Cognitive Psychology, 5*(1), 61-77. doi:10.1002/acp.2350050106
- Strobel, B., Saß, S., Lindner, M. A., & Köller, O. (2016). Do graph readers prefer the graph type most suited to a given task? Insights from eye tracking. *Journal of Eye Movement Research, 9*(4), 1-15. doi:10.16910/jemr.9.4.4
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (Vol. 2). Cheshire, CT: Graphics press.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher, 21*, 14–23. doi:10.3102/0013189X021001014

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Weissgerber, T. L., Milic, N. M., Winham, S. J., & Garovic, V. D. (2015). Beyond bar and line graphs: time for a new data presentation paradigm. *PLoS biology*, *13*(4), e1002128.

doi:10.1371/journal.pbio.1002128

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Bijlage A. FETC/FERB formulier**Section 1: Basic Study Information**

1. Name student:

Jasper Welling

2. Name(s) of the supervisor(s):

Ellen Kok

3. Title of the thesis (plan):

Onderzoek naar de diagramvaardigheden van studenten

Research into Students' Diagram Skills

4. Does the study concern a multi-center project, e.g. a collaboration with other organizations, universities, a GGZ mental health care institution, or a university medical center?

Yes / **No**

If yes: Explain.

5. Where will the study (data collection) be conducted? If this is abroad, please note that you have to be sure of the local ethical codes of conducts and permissions.

Via internet. The participants fill in the online survey at home.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Section 2: Study Details I

6. Will you collect data?

Yes / No

Yes Continue to question 11

No Continue to question 7

7. Where is the data stored?

8. Is the data publicly available?

Yes / No

If yes: Where?

9. Can participants be identified by the student? (e.g., does the data contain (indirectly retrievable) personal information, video, or audio data?)

Yes / No

If yes: Explain.

10. If the data is pseudonymized, who has the key to permit re-identification?

DIAGRAMVAARDIGHEDEEN VAN STUDENTEN

Section 3: Participants

11. What age group is included in your study?

Higher education students (age 18-30)

12. Will be participants that are recruited be > 16 years? **Yes/No**

13. Will participants be mentally competent (wilsbekwaam in Dutch)? **Yes/No**

14. Does the participant population contain vulnerable persons?

(e.g., incapacitated, children, mentally challenged, traumatized, pregnant) **Yes/No**

15. If you answered 'Yes' to any of the three questions above: Please provide reasons to justify why this particular groups of participant is included in your study.

16. What possible risk could participating hold for your participants?

There are no risks for the participants. I will only take them 20 minutes of their time.

17. What measures are implemented to minimize risks (or burden) for the participants?

I tried to make the experiment as short as possible.

18. What time investment and effort will be requested from participants?

20 minutes

19. Will be participants be reimbursed for their efforts? If yes, how? (financial reimbursement, travelling expenses, otherwise). What is the amount? Will this compensation depend on certain conditions, such as the completion of the study?

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

The participant will not get any reimbursement.

20. How does the burden on the participants compare to the study's potential scientific or practical contribution?

20 minutes is a good burden on the participants, because with the findings they help future students with their math/graph education.

21. What is the number of participants? Provide a power analysis and/or motivation for the number of participants. The current convention is a power of 0.80. If the study deviates from this convention, the FERB would like you to justify why this is necessary. (Note, you want to include enough participants to be able to answer your research questions adequately, but you do not want to include too many participants and unnecessarily burden participants.)

In total I use 42 participants. Poweranalysis: two tailed t-test ($\alpha = .05$, $E = .50$ and $\beta = .95$)

22. How will the participants be recruited? Explain and attach the information letter to this document.

I recruit the participant via my own network. De students are asked to participate in my research and they will get the informed consent letter. See the informed consent in the experiment.

23. How much time will prospective participants have to decide as to whether they will indeed participate in the study?

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

They have all the time to think about it. When they want to participate they can join the experiment.

24. Please explain the consent procedures. Note, active consent of participants (or their parents) is in principle mandatory. Enclose the consent letters as attachments. You can use the consent forms on Blackboard.

An active consent is added in my research. The participants need to agree with the research to participate.

25. Are the participants fully free to participate and terminate their participation whenever they want and without stating their grounds for doing so? Explain.

Yes they have the possibility to stop at every moment without stating their grounds for doing so.

26. Will the participants be in a dependent relationship with the researcher?

Yes / **No**

If yes: Explain.

27. Is there an independent contact person or a general email address of a complaint officer whom the participant can contact?

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

Yes Ellen Kok or Liesbeth Kester.

28. Is there an independent contact person or a general email address of a complaint officer whom the participant can contact in case of complaints?

Yes it is klachtenfunctionaris-fetcsocwet@uu.nl

Section 4: Data management

29. Who has access to the data and who will be responsible for managing (access to) the data?

Me, Ellen, second assessor. I am responsible for the data and access to this data, until I handed it in at the University of Utrecht.

30. What type of data will you collect or create? Please provide a description of the instruments.

I am collecting survey data. So my data consist all the choices made in the survey

31. Will you be exchanging (personal) data with organizations/research partners outside the UU?

Yes / No

If yes: Explain.

DIAGRAMVAARDIGHEDEN VAN STUDENTEN

32. If so, will a data processing agreement be made up?

Yes / No

If yes: Please attach the agreement.

If no: Please explain.

33. Where will the data be stored and for how long?

The data will be stored in YODA for 7 years.

34. Will the data potentially be used for other purposes than the master's thesis? (e.g., publication, reporting back to participants, etc.)

Yes, for publication of a paper.

35. Will the data potentially be used for other purposes than the master's thesis? (e.g., publication, reporting back to participants, etc.)

Yes / No

If yes: Explain.

For a publication of my findings.