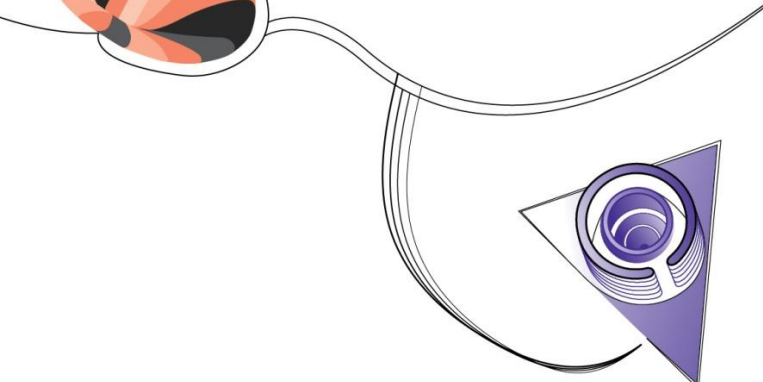


WAT TE DOEN WANNEER METINGEN ANDERS BLIJKEN TE ZIJN DAN VERWACHT?

Een onderzoek naar het begrijpen van variabiliteit in metingen
bij kinderen

Heleen van der Velde

Bachelorthese Psychologie (ILO)

Studentnummer: s0196940

Eerste begeleider: Dr. P. Wilhelm

Tweede begeleider: Dr. A.W. Lazonder

Juli 2012



Samenvatting

In deze these wordt geprobeerd antwoord te geven op de vraag in hoeverre leeftijd invloed heeft op het begrijpen van variabiliteit in metingen. Volgens Masnick en Klahr (2003) begrijpen kinderen vanaf 8 jaar al veel over meetfouten, terwijl volgens Kanari en Millar (2004) dit op 14-jarige leeftijd nog niet het geval is. Daarnaast wordt onderzocht in hoeverre kinderen in staat zijn het rekenkundig gemiddelde te gebruiken bij onderzoekend leren met variabele metingen. Op school wordt leerlingen vanaf groep 5 bij bepaalde sommen gevraagd het rekenkundig gemiddelde uit te rekenen over een aantal getallen, maar kunnen zij dit ook al uit zichzelf toepassen in nieuwe situaties? En kan dit versterkt worden door hen hierover een instructievideo te laten zien?

In totaal hebben 55 leerlingen, 27 leerlingen uit groep 5 van een openbare basisschool (gemiddeld 8.2 jaar oud) en 28 leerlingen uit een 2 VWO-klas (gemiddeld 13.5 jaar oud), deelgenomen aan dit onderzoek. Zij werkten met een hellingbaan waar zij verschillende ballen van af konden laten rollen. De afhankelijke variabele in hun experiment was tijd die het balletje nodig heeft om beneden te komen, de onafhankelijke variabelen waren de kleur van de bal en de hoogte, oppervlakte en lengte van de helling. Met behulp van verschillende opdrachten waarbij deze variabelen veranderd werden, moesten kinderen verschillende metingen bij zowel dezelfde instelling van de hellingbanen als bij verschillende instellingen met elkaar vergelijken. De helft van de leerlingen uit elke leeftijdsgroep heeft voorafgaand aan het experiment een instructievideo te zien gekregen waarin het rekenkundig gemiddelde werd uitgelegd.

De resultaten laten zien dat leerlingen van 14 jaar oud al veel verschillende verklaringen kunnen geven voor de niet-identieke tijden bij dezelfde instelling. Daarnaast zijn zij al goed in het vergelijken van twee verschillende instellingen, geven zij veel correcte conclusies en hanteren zij vaak één strategie wanneer zij voor vijf metingen bij dezelfde instelling één waarde moeten geven (een benadering van het gemiddelde). Kinderen van 8 jaar oud presteerden op alle onderdelen minder goed; zij gaven gemiddeld minder en minder verschillende verklaringen voor variatie in metingen bij identieke instellingen en gebruiken verschillende strategieën door elkaar wanneer zij één waarde moesten geven voor een benadering van het gemiddelde. Dit toont aan dat het begrip van variabiliteit toeneemt met de leeftijd. Een effect van de instructievideo kon niet aangetoond worden.

Summary

This thesis attempts to answer the question whether age influences the understanding of variability in measurements. According to Masnick and Klahr (2003) children at the age of 8 already understand a lot about variability in measurements, while Kanari and Millar (2004) argue that children aged 14 still do not fully understand this. In addition, the extent to which children in both age groups are able to use the arithmetic mean in inquiry learning with variable measurements will be investigated. At primary school, children in the 5th grade are asked to calculate the arithmetic average over a range of numbers, but can they already do this themselves in new situations? And will their skills improve after watching an instructional video?

A total of 55 pupils, 27 pupils from the 5th grade of a public elementary school (mean 8.2 years) and 28 high school students from a 2nd grade of a secondary school (average 13.5 years), participated in this study. They worked with a ramp of which they could roll off different balls. The dependent variable in the experiment was the time the ball needed to come down and the independent variables were the colour of the ball and the height, area and length of the ramp. Using different assignments in which variables were changed, both the same settings and different institutions were compared. The experimenter asked questions about this. Half of the students from each age group got to see an instructional video prior to the experiment in which the arithmetic mean was explained.

The results show that pupils at the age of 14 can give several different reasons for the non-identical results at identical settings. In addition, they are good at comparing two different institutions; they give correct conclusions and they often use one strategy for valuing five measurements. Children at the age of 8 perform less well on all parts; they give less different explanations for variation in measurements at identical settings and use different strategies when they have to give a value. This shows that the understanding of variability increases with age. An effect of the instruction video could not be demonstrated.

Inhoudsopgave

Inleiding	9
Methode	13
Proefpersonen.....	13
Materiaal	13
<i>Hellingbaan</i>	13
<i>Instructievideo</i>	14
<i>Interviewvragen</i>	15
<i>Opdrachtkaarten</i>	15
<i>Invulformulier</i>	15
Procedure	17
Resultaten	21
Interbeoordelaarsovereenstemming	21
Time on task.....	21
Effect instructievideo	21
Het kiezen van het beste getal bij variabele uitkomsten	22
Verklaren van variabiliteit in herhaalde metingen.....	23
Instellingen met elkaar vergelijken.....	25
Conclusie en discussie	29
Bijlagen	35
Bijlage 1: Interviewvragen.....	35
Bijlage 2: Uitgewerkte procedure.....	37
Bijlage 3: Opdrachtkaartjes.....	47
Bijlage 4: Invulformulier	49

Inleiding

Er is veel onderzoek gedaan naar hoe volwassenen redeneren aan de hand van data en hoe zij omgaan met variabiliteit in metingen (bijv. Chinn & Brewer, 1998; Gorman, 1986; Penner & Klahr, 1996). Varelas (1997) is één van de weinige onderzoekers die deze vaardigheden heeft onderzocht bij kinderen. Zij liet leerlingen uit groep 5 en 6 metingen herhalen en vroeg hen vervolgens de variabiliteit die binnen de metingen bestond te verklaren. Het bleek dat kinderen variabiliteit in metingen verwachten, hoewel het niet altijd duidelijk was waarom zij dit verwachtten. Varelas vond verder dat veel kinderen geloven dat uitvoeringsfouten (fouten die optreden tijdens de uitvoering van het experiment) metingen kunnen beïnvloeden, maar dat zij nog niet in staat zijn om dit gegeven in verband te brengen met de hierdoor ontstane variabiliteit in de data.

Masnick en Klahr (2001) lieten kinderen een helling instellen met een bepaalde steilheid en lengte en vroegen hen hier vervolgens balletjes van af te laten rollen. Hierna moesten de kinderen uitleggen waarom het balletje bij dezelfde instellingen een verschillende afstand aflegde. Masnick en Klahr vonden dat kinderen van 8 en 10 jaar al veel begrijpen over meetfouten en het belang ervan, ondanks dat zij nog veel moeite hebben in het uitvoeren van correcte experimenten.

In een vervolgonderzoek lieten Masnick en Klahr (2003) kinderen van 8 en 10 jaar oud zelf data vergaren door balletjes van een helling af te laten rollen en de tijd te laten meten hoe lang de balletjes er over deden om naar beneden te komen. De kinderen konden hierbij zelf steeds drie variabelen veranderen; de lengte, steilheid en oppervlakte van de helling. Vervolgens werd hen gevraagd redenen te geven voor de variabiliteit die ontstond bij het doen van herhaalde metingen bij één gelijke instelling. Deze redenen werden onderverdeeld in twee categorieën: meetfouten (fouten in herhaalde metingen die ontstaan tijdens het meten zelf, bijvoorbeeld door de stopwatch te laat in te drukken) en uitvoeringsfouten (fouten die optreden tijdens de uitvoering van het experiment, bijvoorbeeld doordat het balletje af en toe de zijkant van de hellingbaan raakt). Masnick en Klahr vonden een duidelijk verschil in aantal en type redenen dat werd gegeven voor de kinderen uit groep 4 en groep 6. Oudere kinderen gaven meer redenen dan jongere kinderen en gaven ook meer verschillende soorten redenen, waarbij zij zowel meer meetfouten als uitvoeringsfouten konden benoemen. Masnick en Klahr concludeerden dat kinderen al veel begrijpen over variabiliteit in metingen en al goed weten wat meetfouten zijn, maar dat zij hun fragmentarische kennis over meetfouten nog moeten integreren tot een samenhangend geheel.

Kanari en Millar (2004) lieten scholieren van 10, 12 en 14 jaar twee praktische taken uitvoeren waarbij zij de relatie tussen de lengte, het gewicht en de slingertijd van een slinger moesten onderzoeken. In de ene taak had een onafhankelijke variabele geen invloed op de afhankelijke variabele (niet-covariante taak) en in de andere taak (covariante taak) was dit wel het geval. Kanari en Millar waren geïnteresseerd in het inzicht dat leerlingen al hebben in data en metingen en de manieren

waarop leerlingen redeneren aan de hand van data die zij verzamelden door het uitvoeren van een praktische taak. Ze vonden dat kinderen van 10, 12 en 14 jaar veel meer moeite hadden met redeneren bij de niet-covariante taak dan met de covariante taak en vonden daarnaast dat slechts een minderheid van de kinderen zich al volledig bewust is van variabiliteit binnen metingen: zij leken nog niet te veel weten over het begrip ‘meetfout’.

De uitkomsten van de onderzoeken van Kanari en Millar (2004) en Masnick en Klahr (2003) verschillen duidelijk van elkaar. Deze verschillen kunnen voortkomen uit het feit dat Kanari en Millar onderzoek hebben gedaan bij een oudere doelgroep dan Masnick en Klahr. Gezien de complexiteit van variabiliteit in data zou men echter verwachten dat juist de *oudere* kinderen uit het onderzoek van Kanari en Millar meer zouden begrijpen dan de jongere kinderen in het onderzoek van Masnick en Klahr (zie ook Sodian, Zaitchik & Carey, 1991). Volgens Masnick en Klahr (2003) gaat begrip van variabiliteit samen met verschillende ontwikkelingsprocessen en neemt dit begrip dus toe met de leeftijd. Dit komt echter niet duidelijk naar voren in het onderzoek van Kanari en Millar.

Verschillen tussen de beide studies kunnen tot verschillende uitkomsten hebben geleid, aangezien er met verschillende taken is gewerkt en gebruik is gemaakt van verschillende leeftijdsgroepen. Een integratie van deze twee onderzoeken zou meer licht kunnen werpen op de invloed van leeftijd op het begrijpen van variabiliteit binnen metingen. In dit onderzoek zullen beide onderzoeken samengevoegd worden om hier een beter beeld van te krijgen en zal gewerkt worden met de jongste leeftijdsgroep van 8 jaar oud uit het onderzoek van Masnick en Klahr en de oudste leeftijdsgroep van 14 jaar uit het onderzoek van Kanari en Millar. Gekozen is voor het gebruikmaken van de hellingtaak van Masnick en Klahr (2003) aangezien variabiliteit hier meer inzichtelijk is dan in de slingertaak van Kanari en Millar (2004). De helling is zeer geschikt voor dit onderzoek, omdat het een simpele, voor kinderen bekende, mechanische structuur heeft en zij met hun causale kennis al enige voorspellingen kunnen doen binnen het domein (Masnick & Klahr, 2003).

Daarnaast zal onderzocht worden in welke mate een instructievideo een positief effect kan hebben op de toepassing van het rekenkundig gemiddelde bij variabiliteit binnen metingen. Het gebruik van het rekenkundig gemiddelde is goed om over metingen te kunnen oordelen en metingen met elkaar te vergelijken. Leerlingen uit groep 5 van de basisschool zijn, in tegenstelling tot middelbare scholieren, nog niet heel bekend met het begrip ‘gemiddelde’. Zij kunnen echter al wel, net als middelbare scholieren, optellen en delen en kunnen dus al wel de rekenkundige operatie uitvoeren die nodig is om het gemiddelde te berekenen (<http://tule.slo.nl/>). Zijn leerlingen in staat het rekenkundig gemiddelde toe te passen in de context van onderzoekend leren met variabele metingen? Op school wordt leerlingen vanaf groep 5 bij bepaalde sommen gevraagd het rekenkundig gemiddelde uit te rekenen over een aantal getallen. Het is echter de vraag in hoeverre zij in staat zijn deze rekenkundige bewerking spontaan te gebruiken in nieuwe situaties. Er zijn verschillende studies gedaan waar gebruik gemaakt wordt van modeling met behulp van een video die positieve effecten laten zien (bijv. Weeks & Anderson, 2000). Leren aan de hand van video is een vorm van

observationeel leren, wat goed past in het onderwijs van nu. Steeds meer scholen maken gebruik van smartboards en het is een snelle en effectieve manier om kinderen iets bij te brengen. Het leren toepassen van het rekenkundig gemiddelde bij herhaalde metingen kan ervoor zorgen dat kinderen beter presteren op opdrachten over hoe data te verzamelen, organiseren, lezen, representeren en interpreteren (Petrosino, Lehrer & Schauble, 2003).

Vanuit de literatuur kunnen twee onderzoeksvragen opgesteld worden: (1) neemt het begrip van variabiliteit binnen metingen toe met de leeftijd?, en (2) zullen leerlingen eerder het rekenkundig gemiddelde toepassen wanneer zij hierover een instructievideo hebben gezien? De hypothesen die vervolgens geformuleerd kunnen worden, zijn: (1) het begrip van variabiliteit binnen metingen neemt toe met de leeftijd, en (2) leerlingen zullen eerder het rekenkundig gemiddelde toepassen in de context van onderzoekend leren met variabele metingen wanneer zij hier eerst een instructievideo over hebben gezien.

Deze hypothesen zijn in deze studie onderzocht door leerlingen uit twee verschillende leeftijdsgroepen opdrachtjes te laten uitvoeren met een hellingbaan en hier vragen bij te stellen. Daarnaast kreeg de helft van de leerlingen uit beide leeftijdsgroepen een korte instructievideo te zien waarin werd uitgelegd wat het rekenkundig gemiddelde is, in wat voor soort situatie deze toegepast kan worden en hoe het rekenkundig gemiddelde uitgerekend dient te worden.

Methode

Proefpersonen

In totaal hebben 27 leerlingen uit groep 5 van een openbare basisschool (gemiddelde leeftijd: 8.2, *SD*: 0.58) en 28 leerlingen uit een 2 VWO-klas van een school voor voortgezet onderwijs (gemiddelde leeftijd: 13.5, *SD*: 0.51) deelgenomen aan dit onderzoek. Alle leerlingen zijn individueel geïnterviewd, waarbij geluidsopnames zijn gemaakt., en zijn per leeftijdsgroep willekeurig verdeeld over de twee condities. De condities verschilden in het wel of niet te zien krijgen van een instructievideo over hoe het rekenkundig gemiddelde uitgerekend dient te worden. In totaal hebben 13 leerlingen van de basisschool (7 meisjes en 6 jongens) en 14 leerlingen van de middelbare school (5 meisjes en 9 jongens) de instructievideo te zien gekregen. De overige 14 basisschoolleerlingen (8 meisjes en 6 jongens) en de overige 14 leerlingen van de middelbare school (9 meisjes en 5 jongens) hebben geen instructievideo gezien.

Materiaal

Hellingbaan

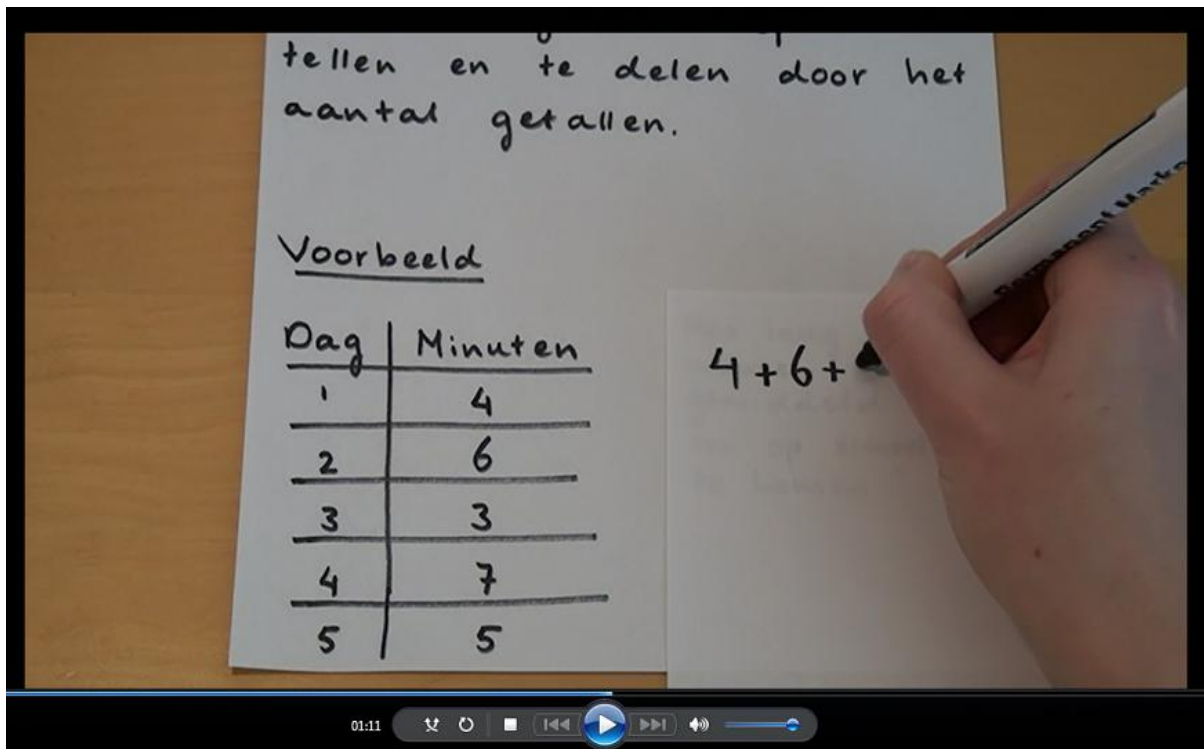
Het materiaal bij dit onderzoek bestaat uit een houten helling. De helling is nagenoeg identiek aan de helling die in het onderzoek van Masnick en Klahr (2003) gebruikt werd. De hellingbaan kan op drie manieren veranderd worden en heeft daarmee drie onafhankelijke variabelen (zie Figuur 1). De *hoogte* kan worden gevarieerd door een blok op twee verschillende manieren onder de helling te schuiven. De *oppervlakte* van de helling is van nature glad, maar kan ruw worden gemaakt door er een rood stoffen kleedje op te leggen. Tenslotte kan de *lengte* van de helling worden veranderd door het schuifje op een hoge of een lage startpositie te plaatsen. Daarnaast werd er gebruikt gemaakt van twee balletjes in twee verschillende kleuren. De *kleur* van de bal is de vierde variabele (gele bal of de iets zwaardere blauwe bal). De standaardinstellingen van de helling waren hoogte hoog, oppervlakte glad, lengte lang en kleur balletje blauw. De opdracht die de leerlingen in beide groepen kregen was: “Zoek uit wat het effect van verschillende instellingen van de hellingbaan is op de tijd die de balletjes erover doen om naar beneden te komen”. Er werd hierbij steeds één instelling veranderd ten opzichte van de standaardinstellingen. De afhankelijke variabele in dit experiment was de tijd die het balletje nodig had om beneden te komen. Zoals in Figuur 1 te zien is, wordt het balletje door het schuifje tegengehouden, de proefpersoon kan het balletje laten rollen door het schuifje omhoog te doen.



Figuur 1: Hellingbaan

Instructievideo

In deze video wordt uitgelegd hoe het rekenkundig gemiddelde over vijf metingen berekend kan worden. Dit is in de video gedaan aan de hand van een verhaal over Wouter. Wouter noteert gedurende vijf dagen hoe lang hij erover doet om naar school te fietsen. In de video is te zien dat dit respectievelijk 4, 6, 3, 7 en 5 minuten is. Vervolgens wordt uitgelegd en getoond hoe het gemiddelde van deze getallen kan worden berekend met behulp van een rekenmachine. In Figuur 2 is een screendump van de instructievideo te zien. De totale lengte van de video was 2 minuten en 24 seconden. De leerlingen hebben de video twee keer in zijn geheel bekeken, terugspoelen was niet toegestaan.



Figuur 2: Screendump instructievideo

Interviewvragen

Ook is gebruik gemaakt van een vragenlijst met interviewvragen die aan elke proefpersoon gesteld zijn. Er zijn vragen gesteld om leerlingen hypothesen op te laten stellen en er is gevraagd naar redenen voor de ontstane variabiliteit binnen de metingen. Daarnaast is gevraagd welke waarde volgens de leerlingen vijf metingen het best zou representeren. Tot slot is gevraagd of kinderen hun eerder opgestelde hypothese na het verzamelen van de data zouden aannemen of verwerpen. De vragenlijst, inclusief het scoringsprotocol, is te vinden in Bijlage 1. De volgorde en codering van de vragen zullen worden behandeld in de proceduresectie.

Opdrachtkaarten

Er is ook gebruik gemaakt van vier opdrachtkaarten. Op deze opdrachtkaarten stond overzichtelijk beschreven hoe de hellingbaan moest worden ingesteld. Voordat de leerling de eerste opdrachtkaart kreeg, demonstreerde de proefleider hoe de vier variabelen veranderd konden worden. In de eerste opdracht werden de instellingen ‘hoog’ en ‘laag’ met elkaar vergeleken. De variabelen oppervlakte, lengte en kleur bal bleven in beide instellingen gelijk. In de tweede opdracht werden de instellingen ‘glad’ en ‘ruw’ met elkaar vergeleken. De variabelen hoogte, lengte en kleur bal bleven in beide instellingen gelijk. In de derde opdracht werden de instellingen ‘lang’ en ‘kort’ met elkaar vergeleken. De variabelen hoogte, oppervlakte en kleur bal bleven in beide instellingen gelijk. Tot slot werden in de vierde opdracht de gele en de blauwe bal met elkaar vergeleken. De variabelen hoogte, oppervlakte en lengte bleven in beide instellingen weer gelijk. De leerlingen werkten zelfstandig aan de hand van de opdrachtkaarten, maar konden eventuele vragen over de instellingen aan de proefleider stellen. De opdrachtkaarten die zijn gebruikt zijn te vinden in Bijlage 3.

Invulformulier

Tot slot is er gebruik gemaakt van een invulformulier. Elke leerling kreeg een dergelijk formulier om daar zijn of haar gemeten tijden op te schrijven. Het invulformulier is te vinden in Bijlage 4.

Procedure

In de experimentele conditie hebben alle leerlingen in tegenstelling tot de leerlingen in de controlegroep de instructievideo te zien gekregen. Aan het begin van het onderzoek kregen zij onderstaande extra instructie.

“Allereerst zal je een klein filmpje te zien krijgen. Kijk daar even goed naar. Vervolgens zal je van mij een paar opdrachtjes krijgen en ga ik je een aantal vragen stellen. Het duurt bij elkaar zo’n 20 minuten. Ik ga nu even de film voor je aanzetten.” Na het zien van het filmpje wordt vervolgens verteld: “We hebben net samen even naar het filmpje gekeken. Ik kan begrijpen dat dat allemaal misschien net iets te snel ging. We gaan hem nu nog een keer kijken.” (...) Nu je het filmpje gezien hebt, kunnen we beginnen met de opdrachtjes. Misschien dat je de informatie uit de film wel hierbij kan gebruiken. Daarnaast krijg je van mij precies dezelfde rekenmachine als in het filmpje, deze mag je ook gebruiken als je wilt.” (...)

Na het krijgen van deze extra instructie en het zien van de instructievideo hebben de leerlingen in de experimentele conditie dezelfde procedure gevolgd als de leerlingen in de controlegroep. De procedure die werd gevolgd is gebaseerd op de procedure van Masnick en Klahr (2003). Aan het begin van het onderzoek kregen de leerlingen volgende instructie:

“Dit is de hellingbaan waarmee we de opdrachtjes gaan uitvoeren. Ik zal je nu uitleggen wat we gaan doen. We gaan steeds twee instellingen van een hellingbaan met elkaar vergelijken, dat zijn steeds instelling a en instelling b. Waar we naar gaan kijken is hoe snel een balletje van boven naar beneden rolt. Die tijd ga ik bijhouden met deze stopwatch (proefleider laat stopwatch zien). Op de opdrachtkaartjes staat hoe de hellingbaan elke keer ingesteld moet worden. We gaan het balletje bij elke instelling 5x naar beneden laten rollen. Je kunt de hellingbaan op drie manieren veranderen; de hoogte, de lengte en de oppervlakte. Daarnaast kan je kiezen uit twee soorten balletjes. Kijk nu maar op de opdrachtkaart die voor je ligt naar opdracht 1.a. en zet de hellingbaan op de goede instellingen (...)”

De opdracht die de leerlingen in beide groepen kregen was uit te zoeken wat het effect van verschillende instellingen van de hellingbaan was op de tijd die de balletjes erover deden om naar beneden te komen. Zij kregen een lijst met vier opdrachten waarbij de variabiliteit binnen metingen werd gemanipuleerd en steeds de invloed van één variabele onderzocht moest worden. In elke opdracht werd aangegeven hoe de vier onafhankelijke variabelen moesten worden ingesteld. Vooraf moesten de proefpersonen eerst vertellen wat zij verwachtten dat er zou gebeuren wanneer een

bepaalde variabele veranderd zou worden (hypothese formuleren). Dit werd gedaan met de vragen (1) “*Verwacht je een verschil tussen instellingen a en b?*” en zo ja, (2) “*Wat voor verschil verwacht je?*”.

Vervolgens moesten zij het balletje vijf keer naar beneden laten rollen waarbij de helling op dezelfde stand stond. Bij elke poging moest de leerling hardop zeggen wanneer hij/zij het balletje liet rollen door ‘start’ te zeggen. De proefleider drukte dan de stopwatch in. Vervolgens diende de leerling hardop te zeggen wanneer het balletje een lijn passeerde door ‘stop’ te zeggen, waarna de proefleider de stopwatch stopte. De afhankelijke variabele is hier ‘de tijd die het balletje erover doet om beneden te komen’. De proefleider vertelde niet de werkelijke tijd aan de leerling, maar een gestandaardiseerde tijd (zie Tabel 1) zodat elk kind met dezelfde data te maken kreeg.

Tabel 1: *Variabele instellingen van de hellingbaan met bijbehorende fictieve tijden in ms*

Opdracht		1		2		3		4	
Variabele		Hoogte		Oppervlakte		Lengte		Kleur bal	
Instelling		<i>hoog</i>	<i>laag</i>	<i>glad</i>	<i>ruw</i>	<i>kort</i>	<i>lang</i>	<i>blauw</i>	<i>geel</i>
		<i>(a)</i>	<i>(b)</i>	<i>(a)</i>	<i>(b)</i>	<i>(a)</i>	<i>(b)</i>	<i>(a)</i>	<i>(a)</i>
Tijd	1	21	19	23	19	17	22	18	19
	2	20	18	19	19	19	21	16	20
	3	19	18	18	21	18	18	17	18
	4	18	17	19	20	16	20	21	19
	5	20	18	21	21	20	19	18	19
Gemiddelde		20	18	20	20	18	20	18	19

De fictieve tijden die zijn gebruikt, zijn vooraf opgesteld door zelf het balletje vijf keer te laten rollen en hier het gemiddelde van te nemen. Op het invulformulier konden alle leerlingen “hun” gevonden metingen opschrijven zodat zij een actieve rol in het experiment hadden. Dit formulier is te vinden in Bijlage 4.

Na 5x het balletje naar beneden te laten rollen bij opdracht a antwoordden de leerlingen op vragen die de proefleider stelde. Er werd begonnen met de vragen (3) “*Valt er iets op wanneer je naar de getallen kijkt die je zojuist hebt opgeschreven*”, en (4) “*Wat valt jou op aan de getallen?*”. Deze vragen zijn gesteld met als doel de leerlingen op de variatie te wijzen en zijn niet verder gecodeerd. Voor dit onderzoek was het belangrijk dat een leerling over deze vragen nadacht, dus wanneer een leerling moeite had met een van deze vragen, werd hij of zij aangemoedigd. Dit is gedaan met behulp van het volgende script: “*We gaan even nadenken over deze vraag. We hebben hetzelfde balletje vijf keer op dezelfde manier naar beneden laten rollen, maar we hebben toch vijf verschillende tijden. Dat is een beetje raar toch? Kan je een paar redenen bedenken hoe dat heeft kunnen gebeuren?*”. Er is dus zo nodig voorgezegd dat niet alle metingen hetzelfde zijn, ondanks dezelfde instellingen.

Nadat de leerling hier antwoord op had gegeven werd vraag 5 gesteld: “*Kan je een paar (nieuwe) redenen bedenken waarom de resultaten verschillen ondanks dat we steeds hetzelfde balletje*

van dezelfde helling naar beneden hebben laten rollen?”. Wanneer een leerling antwoord had gegeven op deze vraag werd overgegaan naar vraag 6: “Als je juf/meester zou vragen hoe lang het balletje erover doet om naar beneden te rollen, wat zou je dan zeggen?” en vraag 7: “Hoe ben je op het vorige antwoord gekomen?”. Vraag 7 is nog gesteld, maar in de loop van het experiment is gebleken dat deze vraag niets toevoegde aan de antwoorden op vraag 6. De antwoorden op vraag 7 zijn niet verder geanalyseerd.

Vervolgens werd de instelling veranderd naar b en werden vragen 3 t/m 7 weer gesteld. Tot slot werd aan het einde van de opdracht gevraagd of de verschillende instellingen van de betreffende variabele invloed had op de tijd dat het balletje erover deed om beneden te komen en beredeneerden leerlingen of hun eerder opgestelde hypothese volgens hen nog klopte. Dit werd gedaan met vraag 8: “Maakt de instelling van de variabele hoogte/oppervlakte/lengte/kleur uit voor hoe snel het balletje beneden is?”. Vervolgens werd de volgende opdracht op het kaartje gegeven waarna er dus weer één variabele veranderd werd en bovenstaande procedure herhaald werd.

Bij het uitvoeren van de opdrachten antwoordden de leerlingen dus op vragen die de proefleider stelde. Het doel hiervan was te onderzoeken welke opvattingen leerlingen hadden en hoe deze eventueel veranderden als gevolg van de experimenten (vraag 1, 2 en 8). Ook werd onderzocht welke redenen leerlingen gaven om de verschillen tussen de uitkomsten te verklaren (vraag 5). Daarnaast werd onderzocht of leerlingen die de instructievideo over het rekenkundig gemiddelde te zien hadden gekregen eerder geneigd waren het rekenkundig gemiddelde over een paar metingen te berekenen dan leerlingen die de instructievideo niet gezien hadden. Vraag 6 en 7 werden gesteld om deze strategie uit te lokken. Vraag 3 en 4 hadden als doel leerlingen voor te bereiden op vraag 5.

De volledig uitgewerkte procedure is te vinden in Bijlage 2.

Resultaten

Interbeoordelaarsovereenstemming

De interbeoordelaarsovereenstemming over de antwoorden op de acht vragen is onafhankelijk bepaald door twee beoordelaars. Eén beoordelaar heeft alle data gecodeerd en één beoordelaar heeft 10% willekeurig geselecteerde data uit beide condities gecodeerd. Cohen's Kappa bedroeg in eerste instantie 0.61. Tijdens de analyse bleek echter dat de tweede beoordelaar het scoringsprotocol in 43 gevallen niet goed had geïnterpreteerd. Deze zijn door discussie opgeheven waardoor de Kappa uiteindelijk 0.70 bedroeg.

Time on task

Van alle leerlingen zijn geluidsopnames gemaakt. Leerlingen die nog op de basisschool zaten deden vaak langer over de sessie ($M = 27.2$ min. , $SD = 4.8$) dan leerlingen van de middelbare school ($M = 19.1$ min. , $SD = 3.6$). De leeftijdsgroepen verschillen significant van elkaar in de tijd die zij nodig hadden voor het uitvoeren van de opdrachten, $F(1, 53) = 51.5$, $p < 0.001$.

Effect instructievideo

Gedurende het gehele onderzoek is in totaal acht keer aan leerlingen gevraagd wat voor getal zij zouden geven wanneer hun leraar zou vragen hoe lang het balletje erover deed om beneden te komen (d.i. vraag 6). De leerlingen beschikten in totaal acht keer over vijf niet-identieke tijden bij identieke replicaties en dienden dus acht keer antwoord te geven op de vraag: *“Als je juf/meester zou vragen hoe lang het balletje erover doet om naar beneden te rollen, wat zou je dan zeggen?”*. Deze vraag is gecodeerd met de antwoorden (a) berekent gemiddelde, (b) snelst gemeten tijd, (c) één van de gemeten tijden, maar niet de snelste of langzaamste (*mediaan*), (d) een tijd uit het hoofd berekend ergens tussen de snelste en langzaamste tijd, (e) langzaamste gemeten tijd, (f) som van de vijf gemeten getallen, (g) meest voorkomende tijd (*modus*), (h) alle vijf de tijden, (g) meerdere tijden, (h) andere zelf bedachte tijd, (i) weet ik niet, (j) overig en (k) vraag niet gesteld. Reden f, g, i en k zijn achteraf zelf toegevoegd aan de antwoordmogelijkheden, omdat dit veel voorkomende antwoorden waren. De andere antwoordmogelijkheden zijn gebaseerd op het onderzoek van Masnick en Klahr (2003).

Van leerlingen die de instructievideo hadden gezien werd verwacht dat zij het rekenkundig gemiddelde zouden gaan uitrekenen in respons op vraag 6/7. Om het effect van de video te kunnen bekijken, is gekeken hoe vaak leerlingen het rekenkundig gemiddelde uitrekenden. In Tabel 2 is samengevat hoeveel leerlingen gedurende het hele onderzoek minimaal één keer gebruik hebben

gemaakt van het rekenkundig gemiddelde. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de leeftijdsgroepen én in welke conditie de leerlingen zich bevonden.

Tabel 2: *Verdeling leerlingen die het rekenkundig gemiddelde uitrekenden en wel/niet de instructievideo hebben gezien*

	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Wel instructievideo gezien	1	3.7	6	21.4	7	12.7
Niet instructievideo gezien	0	0	9	32.1	9	16.4
Totaal	1	3.7	15	53.6	16	29.1

Noot: VO = Voortgezet Onderwijs

Verwacht werd dat middelbare scholieren vaker gebruik zouden maken van het rekenkundig gemiddelde dan basisscholieren. Daarnaast werd er een effect van de instructievideo verwacht waarbij leerlingen die de instructievideo te zien hebben gekregen vaker het rekenkundig gemiddelde zouden uitrekenen dan leerlingen die de instructievideo niet te zien hebben gekregen. Wat opvalt, is dat basisschoolleerlingen over het algemeen geen gebruik maken van het rekenkundig gemiddelde, ook niet als zij de instructievideo te zien hadden gekregen. De helft (53.6%) van de middelbare scholieren rekenden daarentegen wel regelmatig minimaal één keer het rekenkundig gemiddelde uit. De proportie leerlingen uit beide leeftijdsgroepen verschilt dan ook significant in het wel of niet uitrekenen van het rekenkundig gemiddelde, $F(1, 51) = 22.9$, $p < 0.001$. Er lijkt echter geen significant verschil te zijn in het berekenen van het rekenkundig gemiddelde wanneer de experimentele groep met de controlegroep vergeleken wordt, $F(1,51) = 0.44$, $p = 0.512$. Een interactie-effect tussen de leeftijdsgroep en het wel of niet te zien krijgen van de instructievideo lijkt er ook niet te zijn, $F(1,51) = 1.96$, $p = 0.167$.

Nadere analyses hebben uitgewezen dat op geen enkele variabele een effect van de instructievideo te vinden is. Vanaf nu zullen de experimentele en controleconditie daarom niet meer met elkaar worden vergeleken en zal er alleen een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende leeftijdsgroepen.

Het kiezen van het beste getal bij variabele uitkomsten

Aangezien maar weinig basisschoolleerlingen gebruik hebben gemaakt van de strategie ‘bereken gemiddelde’ is het interessant te onderzoeken hoeveel en welke andere strategieën zijn gebruikt wanneer leerlingen gevraagd werd de “samenvattingsvariabele” te geven. Wat opvalt, is dat nog maar weinig leerlingen die op de basisschool zitten, wanneer deze vraag aan hen gesteld wordt, één strategie kunnen bedenken en deze het gehele onderzoek blijven hanteren. Basisschoolleerlingen gebruikten gemiddeld 2.59 strategieën ($SD = 0.97$), terwijl middelbare scholieren gemiddeld maar 1.86 strategieën ($SD = 0.97$) toepasten. Wanneer de twee groepen met elkaar vergeleken worden,

gebruiken kinderen die op de middelbare school zitten significant minder strategieën te gebruiken dan basisschoolleerlingen, $F(1, 51) = 2.28$, $p = 0.025$. In Tabel 3 is de verdeling in beide groepen te zien.

Tabel 3: *Samenvatting van aantal verschillende strategieën die worden gebruikt per leeftijdsgroep*

Aantal strategieën	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
1	4	14.8	14	50.0	18	32.7
2	8	29.8	5	17.9	13	23.6
3	10	37.0	8	28.6	18	32.7
4	5	18.5	1	3.6	6	10.9
Totaal	27	100	28	100	55	100

Wanneer beide groepen nader bekeken worden, valt daarnaast op dat 57.1% van de middelbare scholieren de voorkeur geeft aan de strategie ‘bereken gemiddelde’ en daarnaast ook veel gebruik maakt van de strategie ‘mediaan’ (42.9 %). Basisschoolleerlingen geven vaker voorkeur aan de strategieën ‘modus’ (74.1%) en ‘mediaan’ (77.8%). Wat daarnaast opvalt, is dat middelbare scholieren naast het gebruik van het rekenkundig gemiddelde en de mediaan, alleen nog af en toe zelf een tijd uit het hoofd berekenen of de modus gebruiken. Basisschoolscholieren kiezen daarentegen ook af en toe voor de snelste of de langzaamste tijd of geven soms zelfs de som van de vijf tijden. Basisschoolscholieren laten dus veel meer variatie zien wat dit betreft, zie Tabel 4.

Tabel 4: *Samenvatting van gebruikte strategieën per leeftijdsgroep*

Strategie	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Bereken gemiddelde	3	11.1	16	57.1	19	34.5
Snelst gemeten tijd	10	37.0	0	0.0	10	18.2
Mediaan	21	77.8	12	42.9	33	60.0
Een tijd uit het hoofd berekend	2	7.4	5	17.9	7	12.7
Langzaamste tijd	12	44.4	0	0.0	12	21.8
Som van de vijf tijden	2	7.4	0	0.0	2	3.6
Modus	20	74.1	4	14.3	24	43.6

Noot: Percentages tellen niet op tot 100%, omdat leerlingen in totaal vier juiste conclusies kunnen geven.

Verklaren van variabiliteit in herhaalde metingen

Het begrip dat leerlingen hebben van variabiliteit binnen metingen is bepaald door te kijken naar de aard van en het aantal redenen dat leerlingen gaven voor het verklaren van de verschillen tussen metingen binnen één instelling (Masnick & Klahr, 2003). Leerlingen dienden tijdens het onderzoek in totaal 8 keer antwoord te geven op de vraag “*Kan je een paar (nieuwe) redenen bedenken waarom de resultaten verschillen ondanks dat we steeds hetzelfde balletje van dezelfde helling naar beneden*

hebben laten rollen?” De verklaringen die leerlingen gaven zijn, net zoals Masnick en Klahr (2003) in hun onderzoek deden, gecodeerd en gegroepeerd in twee categorieën voor latere analyse. De eerste categorie bestaat uit fouten die ontstaan zijn tijdens het meten in het experiment (*meetfouten*). Deze categorie bevat de verklaring: (a) te vroeg of te laat “start” en “stop” zeggen of zeggen dat de proefleider de stopwatch niet goed gebruikte. De tweede categorie van mogelijke factoren die invloed hadden op de variabiliteit binnen de data bevatte *uitvoeringsfouten*. Deze fouten zijn onderverdeeld in (b) benoemen dat de afscheiding verkeerd werd gebruikt, bijvoorbeeld te snel of te langzaam omhoog halen, (c) benoemen dat de beginpositie van het balletje steeds anders was, (d) benoemen dat de positie van de afscheiding anders was, bijvoorbeeld de ene keer naar voren en de andere keer naar achteren leunend, (e) benoemen dat de bal de zijkant van de hellingbaan raakte, (f) benoemen dat het balletje werd geholpen/tegengehouden door de wind, (g) benoemen van oneffenheden in de helling, (h) andere fouten in de hellingbaan of in het experiment (Masnick & Klahr, 2003). Antwoordmogelijkheden (i) weet ik niet, en (j) vraag niet gesteld (missing value) zijn zelf toegevoegd ter eventuele controle achteraf.

Er werd verwacht dat de leerlingen op de middelbare school al meer begrijpen over variabiliteit binnen metingen dan leerlingen die op de basisschool zitten. Wanneer een leerling veel redenen kan bedenken voor het verklaren van de verschillen tussen metingen binnen één instelling, begrijpt hij of zij al veel over dit verschijnsel (Masnick & Klahr, 2003). Uit analyse blijkt dat 92.7% van alle leerlingen minimaal één reden kan geven voor de niet-identieke tijden bij identieke replicaties. Daarnaast zijn er leeftijdsverschillen gevonden. Het gemiddeld aantal verschillende redenen dat werd genoemd, was bij basisschoolscholieren namelijk 1.63 redenen ($SD = 0.57$) en lag bij middelbare scholieren significant hoger met 2.96 redenen ($SD = 0.51$), $F(1,53) = 13.1$, $p = 0.001$.

Tabel 5: *Verdeling van het aantal en het soort redenen per leeftijdsgroep*

Categorie	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Meetfouten	16	59.3	23	82.1	39	70.9
Uitvoeringsfouten	18	66.7	25	89.3	43	78.2

Noot: Percentages tellen niet op tot 100%, omdat leerlingen zowel meetfouten als uitvoeringsfouten konden noemen.

In Tabel 5 wordt een onderscheid gemaakt tussen het noemen van meetfouten en uitvoeringsfouten. Deze categorieën zijn hetzelfde ingedeeld als bij Masnick en Klahr (2003). Meetfouten zijn door 70.9% van alle leerlingen genoemd en 78.2% van alle leerlingen noemden minimaal één uitvoeringsfout. Wanneer de twee groepen nader bekeken worden, lijkt er geen groot significant verschil te zijn tussen beide groepen. Zo noemt 59.3% van alle leerlingen van de basisschool minimaal één soort meetfout en doet 82.1% van alle leerlingen van de middelbare school dit, $\chi^2(1, N = 55) = 3.49$, $p = 0.062$. Wanneer er wordt gekeken naar het noemen van

uitvoeringsfouten zijn er wel significante verschillen tussen beide groepen gevonden. Zo noemde 66.7% van de basisschoolleerlingen en 89.3% van de middelbare scholieren minimaal één uitvoeringsfout, $\chi^2 (1, N = 55) = 4.12, p = 0.042$.

Wanneer de uitvoeringsfouten nader bekeken worden, blijkt er een significant verschil te zijn tussen de basisschoolscholieren en de middelbare scholieren in het aantal verklaringen in de categorie (h) ‘andere fouten’. Verklaringen die zijn onderverdeeld in deze categorie zijn bijvoorbeeld “de hellingbaan staat niet steeds precies hetzelfde opgebouwd, soms zijn wat plankjes verschoven” of “het balletje lijkt steeds bochtjes te maken waardoor hij steeds een andere afstand afgelegd waardoor hij dus soms wat later beneden is”. Antwoorden in de categorie h) ‘andere fouten’ worden significant vaker genoemd door middelbare scholieren dan door basisschoolscholieren, $\chi^2 (1, N = 55) = 5.24, p = 0.022$, zie Tabel 6.

Tabel 6: *Samenvatting van redenen die door leerlingen werden genoemd in aantallen en percentages*

	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
<u>Meetfouten</u>						
a. Iets mis met verzamelen ^a	16	59.3	23	82.1	39	70.9
<u>Uitvoeringsfouten</u>						
b. Afscheiding verkeerd gebruikt	13	48.1	18	64.3	31	56.4
c. Beginpositie balletje anders	2	7.4	4	14.3	6	10.9
d. Positie afscheiding anders	1	3.7	3	10.7	4	7.3
e. Zijkant raken	5	18.5	8	28.6	13	23.6
f. Invloed van wind	0	0.0	2	7.1	2	3.6
g. Oneffenheden helling	4	14.8	3	10.7	7	12.7
h. Andere fouten ^a	4	14.8	12	42.9	18	29.1

Noot: Percentages tellen niet op tot 100%, omdat leerlingen zowel meetfouten als uitvoeringsfouten konden noemen.

^a Leeftijdsgroepen verschillen significant van elkaar, $p < 0.05$.

Instellingen met elkaar vergelijken

Een ander aspect van omgaan met variabiliteit, namelijk het trekken van conclusies over het effect van variabelen, is onderzocht door te kijken naar het aantal juiste conclusies dat leerlingen gaven na twee instellingen met elkaar vergeleken te hebben. Wanneer leerlingen veel correcte conclusies trekken, kunnen zij al goed omgaan met variatie. Er werd verwacht dat leerlingen die al op de middelbare school zitten meer juiste conclusies kunnen geven bij het vergelijken van twee instellingen dan leerlingen die op de basisschool zitten. Leerlingen dienden vier keer antwoord te geven op de vraag “Maakt de instelling van de variabele (hoogte, oppervlakte, lengte of kleur) uit voor hoe snel het balletje beneden is?” Vervolgens is door de proefleider bepaald of de redenering en de conclusie die daarop volgde juist of onjuist was en is per leerling de som genomen van het aantal juiste

conclusies. Opvallend is dat in enkele gevallen ($N = 10$) leerlingen nog niet snappen dat een lager getal ‘sneller’ betekent en dus af en toe een verkeerde conclusie trekken. Dit komt vooral voor bij jonge leerlingen ($N = 9$). Deze conclusies zijn gecodeerd als vergissing en zijn in de resultaten meegenomen als onjuiste conclusie.

Om te kunnen controleren op voorkennis in beide leeftijdsgroepen is er gekeken naar de verdeling van de beginhypotheses, zie Tabel 7.

Tabel 7: *Verdeling van beginhypotheses per leeftijdsgroep*

	Hypothese	Basisschool		VO		Totaal	
		N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Opdracht 1	"Instelling a is sneller"	23	85.2	25	89.3	48	88.1
	"Instelling b is sneller"	1	3.7	2	7.1	3	5.6
	"Geen verschil tussen instellingen"	3	11.1	0	0	3	5.6
Opdracht 2	"Instelling a is sneller"	18	66.7	25	89.3	43	87.8
	"Instelling b is sneller"	3	11.1	2	7.1	5	10.2
	"Geen verschil tussen instellingen"	1	3.7	0	0	1	2.0
Opdracht 3	"Instelling a is sneller"	25	92.6	25	89.3	50	96.2
	"Instelling b is sneller"	0	0	2	7.1	2	4.0
	"Geen verschil tussen instellingen"	0	0	0	0	0	0
Opdracht 4	"Instelling a is sneller"	12	44.4	17	60.7	29	53.7
	"Instelling b is sneller"	5	18.5	2	7.1	7	13.0
	"Geen verschil tussen instellingen"	9	33.3	9	32.1	18	33.3

Noot: De totale aantallen tellen niet op tot 55, omdat er niet altijd naar een beginhypothese is gevraagd.

De leeftijdsgroepen verschilden niet in hun voorkennis, aangezien er geen significant verschil te vinden is wanneer de verdeling beginhypotheses van de vier opdrachten met elkaar vergeleken wordt, opdracht 1: $\chi^2 (1, N = 55) = 4.40$, $p = 0.221$, opdracht 2: $\chi^2 (1, N = 55) = 5.00$, $p = 0.173$, opdracht 3: $\chi^2 (1, N = 55) = 4.98$, $p = 0.173$ en opdracht 4: $\chi^2 (1, N = 55) = 3.13$, $p = 0.372$.

Nadere analyse wees uit dat er wel leeftijdsverschillen bestaan in het trekken van correcte conclusies. De basisschoolscholieren trokken gemiddeld 2.48 juiste conclusies ($SD = 1.16$), de middelbare scholieren trokken gemiddeld 3.67 juiste conclusies ($SD = 0.63$), $F (4, 50) = 6.0$, $p < 0.001$.

Leerlingen die op de middelbare school zitten, kunnen altijd minimaal twee juiste conclusies geven en al vaak alle vier de conclusies, zie Tabel 8. Basisschoolscholieren laten meer variatie zien in het geven van het aantal juiste conclusies.

Tabel 8: *Samenvatting van aantal juiste conclusies per leeftijdsgroep in aantallen en percentages*

Juiste conclusies	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
0	3	11.1	0	0.0	3	5.5
1	1	3.7	0	0.0	1	1.8
2	7	25.9	2	7.1	9	16.4
3	12	44.4	7	25.0	19	34.5
4	4	14.8	19	67.9	23	41.8
Totaal	27	100	28	100	55	100

Daarnaast is bekeken hoe de verdeling juiste conclusies over de verschillende opdrachten is, zie Tabel 9.

Tabel 9: *Juiste conclusies per opdracht per leeftijdsgroep in aantallen en percentages*

	Basisschool		VO		Totaal	
	N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Opdracht 1	20	74.1	26	92.9	46	83.6
Opdracht 2	5	18.5	21	75.0	26	47.3
Opdracht 3	21	77.8	28	100.0	49	89.1
Opdracht 4	21	77.8	27	96.4	48	87.3
Totaal	67		102		169	

Noot: Percentages tellen niet op tot 100%, omdat leerlingen in totaal vier juiste conclusies konden geven.

In bovenstaande tabel is te zien dat het geven van een juiste conclusie bij opdracht 2 door veel leerlingen als moeilijk wordt ervaren. Zo geeft maar 18.5% van de basisschoolleerlingen en 75.0 % van de middelbare scholieren hier een juiste conclusie. Deze proporties leerlingen verschillen dan ook significant in het geven van een juiste conclusie over opdracht 2, $\chi^2(1, N = 55) = 17.6, p < 0.001$. Er is ook een significant verschil gevonden tussen de leeftijdsgroepen bij de andere opdrachten, echter kan bij deze opdrachten niet aan de twee vereiste voorwaarden horend bij een chi-kwadraattoets worden voldaan, dus worden deze resultaten niet als significant verschil gezien.

Nadere analyse kan uitwijzen waarom leerlingen moeite hadden met opdracht 2. Aan het begin van elke opdracht is namelijk gevraagd naar een beginhypothese. Dit is bij opdracht 2 gedaan aan de hand van de vragen “*Verwacht je een verschil tussen instellingen a (oppervlakte glad) en b (oppervlakte ruw)?*” en zo ja, “*Wat voor verschil verwacht je?*”. Na de antwoorden op deze vraag verzameld te hebben, zijn de beginhypotheses en de eindconclusies met elkaar vergeleken en onderverdeeld in de categorieën (a) terecht bij beginhypothese blijven, (b) onterecht bij beginhypothese blijven, (c) terecht switchen naar een andere hypothese en (d) onterecht switchen naar een andere hypothese, zie Tabel 10.

Tabel 10: *Verdeling van beginhypotheses en eindconclusies van opdracht 2 in aantallen en percentages*

		Basisschool		VO		Totaal	
		N	Percentage	N	Percentage	N	Percentage
Bij beginhypothese blijven	terecht	0	0	0	0	0	0
	onterecht	14	51.9	3	10.7	17	37.0
Switchen naar andere hypothese	terecht	4	14.8	23	82.1	27	58.7
	onterecht	2	7.4	0	0	2	4.34

Wat opvalt, is dat de helft van de basisschoolleerlingen ($N = 14$) onterecht bij hun beginhypothese blijven, ondanks dat de data hen anders vertelt. Veel basisschoolscholieren ($N = 18$) voorspelden dat het balletje sneller beneden zou zijn bij instelling a, waarbij de oppervlakte glad was, dan bij instelling b, waarbij de oppervlakte ruw was. De metingen die de leerlingen vervolgens deden, spraken dit echter tegen en gaven aan dat de instellingen geen verschil lieten zien in de tijd dat het balletje beneden is.

Conclusie en discussie

In deze these is geprobeerd antwoord te geven op de vraag in hoeverre leeftijd invloed heeft op het begrijpen van variabiliteit in metingen. Daarnaast is er onderzocht in hoeverre een instructievideo over het rekenkundig gemiddelde effect heeft op het omgaan met variabiliteit binnen metingen.

Er werd verwacht dat leerlingen die op de middelbare school zitten meer begrijpen over variabiliteit binnen metingen dan leerlingen die op de basisschool zitten. Dit onderzoek toont aan dat deze hypothese klopt. Oudere leerlingen kunnen meer redenen noemen voor de afwijkende resultaten bij identieke instellingen. Daarnaast noemen oudere leerlingen niet alleen meer redenen, maar ook meer verschillende redenen. Bovendien blijkt dat zij altijd minimaal één reden konden geven, terwijl lang niet alle basisschoolscholieren dit konden. Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat leerlingen uit de verschillende leeftijdsgroepen verschillen in het begrijpen van variabiliteit binnen metingen.

Middelbare scholieren lijken ook beter te kunnen omgaan met variabiliteit in metingen bij het onderzoeken van het effect van onafhankelijke variabelen. Zij gaven vaak alle vier de juiste conclusies wanneer er twee instellingen met elkaar vergeleken moesten worden. De basisschoolscholieren hadden hier duidelijk meer moeite mee: zij konden soms niet één juiste conclusie geven.

De tweede hypothese was dat leerlingen, bij het omgaan met variabiliteit in metingen, sneller het rekenkundig gemiddelde zouden toepassen wanneer zij hier eerst een instructievideo over hadden gezien. Een effect van de instructievideo kon echter niet aangetoond worden. Middelbare scholieren rekenden wel vaker het rekenkundig gemiddelde uit dan basisschoolscholieren, maar dit nam bij beide groepen niet toe nadat zij de video te zien hadden gekregen.

De aanvullende analyse liet zien dat middelbare scholieren aanzienlijk minder verschillende soorten strategieën gebruiken bij het geven van één waarde over vijf meetwaarden dan basisschoolscholieren. Middelbare scholieren lijken vaak de voorkeur te geven aan één strategie en deze het hele onderzoek lang gebruiken. Basisschoolscholieren laten meer variatie zien in het gebruik van verschillende soorten strategieën wat dit betreft dan middelbare scholieren.

Middelbare scholieren geven dus meer redenen voor ontstane variabiliteit, rekenen vaker het rekenkundig gemiddelde uit en houden vaak vast aan één bepaalde strategie. Waarschijnlijk resulteert dit in de waarneming dat zij ook meer correcte conclusies trekken bij het vergelijken van twee instellingen. Middelbare scholieren lijken dus naast het beter kunnen redeneren ook meer inzicht te hebben in variabiliteit tussen metingen.

De vraag rest of leerlingen goed weten wat meetfouten inhouden, zoals Masnick en Klahr (2003) stellen, of dat ze hier nog maar weinig over weten, zoals Kanari en Millar (2004) aangeven. Vanuit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er tussen het 8^e en 14^e levensjaar het begrip van

variabiliteit in metingen waarschijnlijk een grote sprong maakt en leerlingen van 14 jaar al goed weten wat er met meetfouten bedoeld wordt. Zij kunnen goed hierover redeneren en geven vaak een juiste conclusie bij het vergelijken van twee instellingen. De jongere leerlingen van 8 jaar oud lijken dit een stuk minder goed te kunnen en hebben dus nog veel te leren over wat variabiliteit in metingen nu precies is.

Een eenduidig antwoord op de vraag welk onderzoek, dat van Masnick en Klahr (2003) of dat van Kanari en Millar (2004) nu het beste de resultaten uit dit onderzoek bevestigt is er niet, aangezien de resultaten in dit onderzoek laten zien dat oudere leerlingen al veel meer begrijpen over variabiliteit in metingen dan jongere leerlingen; een conclusie die géén van beide onderzoeken geeft. De tegenstrijdige conclusies van onderzoekers Kanari, Millar, Masnick, Klahr en de onderzoekers in dit artikel kunnen echter te maken hebben met verschillen tussen de studies. Zo hebben Masnick en Klahr maar twee ‘trials’ met de proefpersonen gedaan, terwijl dat er in dit onderzoek acht waren en er nu dus over meer data is beschikt. Daarnaast hebben Kanari en Millar een ander soort taak gebruikt. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een hellingbaan waarbij de hoogte, lengte en oppervlakte veranderd konden worden en invloed konden hebben op de tijd die het balletje nodig heeft om beneden te komen, net zoals Masnick en Klahr (2003) deden. Kanari en Millar hebben daarentegen gebruik gemaakt van een slinger waarbij de lengte en zwaarte van een slinger invloed konden hebben op de slingertijd. Het gebruikmaken van de taak van Masnick en Klahr (2003) kan er in dit onderzoek toe hebben geleid dat er meer aansluiting te vinden is bij de resultaten van Masnick & Klahr (2003), die stellen dat kinderen al veel begrijpen, dan bij de resultaten van Kanari en Millar (2004), die stellen dat kinderen nog niet veel begrijpen over variabiliteit in metingen.

Het leeftijdsverschil dat in dit onderzoek is gevonden kan verklaard worden doordat middelbare scholieren al veel meer ervaring met wiskunde en natuurkunde hebben aangezien zij deze vakken op school krijgen aangeboden, waardoor het te verwachten was dat hun prestaties in dit onderzoek beter zouden zijn dan die van basisschoolscholieren. Zij zijn verder in hun cognitieve ontwikkeling en beschikken over meer kennis over meten. Het is echter nog onduidelijk hoe het met het begrip van variabiliteit in metingen zit bij leerlingen tussen de 8 en 14 jaar oud. Aanvullend onderzoek, waarbij een leeftijdsgroep van 11-jarigen wordt toegevoegd, kan nog meer licht op de zaak werpen. Dan kan onderzocht worden hoe de ontwikkeling tussen het 8^e en 14^e levensjaar verloopt. Nu bekend is in welke mate achtjarigen en veertienjarigen de link kunnen leggen tussen theorie (vijf keer meten geven vijf keer dezelfde tijd) en de praktijk (vijf metingen kunnen verschillende tijden geven), kan met vervolgonderzoek bij elfjarigen, wanneer zij naar de middelbare school gaan, onderzocht worden in hoeverre zij deze link al kunnen leggen en kan het onderwijs hierop aangepast worden.

In dit onderzoek is gebleken dat het gebruik van een instructievideo niet het beoogde effect had. Tijdens het uitvoeren van het onderzoek kwam dit al snel naar voren. Basisschoolscholieren verklaarden de video wel te snappen wat zou kunnen duiden op een kortetermijneffect. Over een

langetermijneffect van de video kan echter niet gesproken worden. Daarnaast zou het kunnen dat leerlingen, wanneer zij uitleg kregen over de hellingbaan, zo enthousiast werden, dat zij de video meteen weer waren vergeten. Een aanbeveling zou zijn om de tijd tussen het laten zien van de video en het moeten toepassen van de informatie uit de video te verkorten. Daarnaast zou het effectief kunnen zijn de leerlingen meer te ‘prompten’, zodat zij regelmatig de informatie uit de video terughalen en gebruiken zonder dat de proefleider te veel voorzegt. Dit zou gedaan kunnen worden door op belangrijke momenten, bijvoorbeeld wanneer er gevraagd wordt één waarde te geven over vijf getallen, even kort te zeggen “denk aan de video”.

Het effect van de video zou ook uitgebleven kunnen zijn doordat de jongere leerlingen het verband nog niet zien tussen de theorie uit de video en het moeten toepassen van de informatie in een andere context. Dit zou er toe kunnen hebben geleid dat basisschoolleerlingen niet spontaan het rekenkundig gemiddelde uitrekenden wanneer er werd gevraagd één waarde te geven over vijf metingen. Om dit te kunnen onderzoeken kan er een stappenplan toegevoegd worden dat kan worden ingezet op de momenten dat de proefleider vraagt één waarde te geven over vijf metingen. Als de leerling niet spontaan het rekenkundig gemiddelde uitrekent, kan volgens het stappenplan per stap een hint worden gegeven. Mocht dit nog steeds niet leiden tot het uitrekenen van het gemiddelde, dan kan worden overgegaan naar de tweede hint, enz. Door vervolgens na te gaan hoeveel hints de leerlingen nodig hebben voordat zij overgaan tot het berekenen van het rekenkundig gemiddelde, kan er bepaald worden in welke mate de leerlingen het verband tussen de video en de nieuwe context zien.

Dit stappenplan kan, samen met het toevoegen van een extra leeftijdsgroep en het ‘prompten’ van de leerlingen, nog meer inzicht geven in wat leerlingen van verschillende leeftijden begrijpen over variabiliteit in metingen.

Literatuurlijst

Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623 – 654.

Gorman, M. E. (1986). How the possibility of error affects falsification on a task that models scientific problem-solving. *British Journal of Psychology*, 77, 85-96

Gullberg, M., & Holmqvist, K. (2002). Visual attention towards gesture in face-to-face interaction vs. on screen. In I. Wachsmuth & T. Sowa (Eds.). *Gesture and sign language based human-computer interaction* (pp. 206-214). Berlin: Springer Verlag.

Kanari, Z. & Millar, R. (2004) Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 748 -769

Masnick, A. M., & Klahr, D. (2001). Elementary school children's understanding of experimental error. In J. D. Moore & K. Stenning (Eds). *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society*, (pp.600-605). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

Masnick, A. M., & Klahr, D. (2003). Error matters: an initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4, 67-98

Penner, D., & Klahr, D. (1996). When to trust the evidence: Further investigations of the effects of system error on the Wason 2-4-6 task. *Memory & Cognition*, 24, 655 – 668

Petrosino, A. J., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Structuring error and experimental variation as distribution in the fourth grade. *Mathematical Thinking and Learning*, 5, 131-156

Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753-766.

TULE inhouden & activiteiten, Rekenen/Wiskunde, Getallen en bewerkingen, Kerndoel 30, gevonden op 27 juni 2012, van <http://tule.slo.nl/RekenenWiskunde/F-L30.html>

Varelas, M. (1997). Third and fourth graders' conceptions of repeated trials and best representatives in science experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 853-872

Bijlagen

Bijlage 1: Interviewvragen

1. Verwacht je een verschil in hoe snel een balletje naar beneden rolt tussen beide instellingen?
 1. Ja
 2. Nee
 3. Overig
 4. Vraag niet gesteld
2. Wat voor verschil verwacht je?
 1. Instelling a is sneller
 2. Instelling b is sneller
 3. Geen verschil
 4. Vraag niet gesteld
3. Valt er iets op wanneer je naar de getallen kijkt die je zojuist hebt opgeschreven?
 1. Ja
 2. Nee
 3. Overig
 4. Vraag niet gesteld
4. Wat valt jou op aan de getallen?
 1. Benoemen dat de getallen verschillen
 2. Overig
 3. Vraag niet gesteld
5. Kan je een paar (nieuwe) redenen bedenken waarom de resultaten verschillen ondanks dat we steeds hetzelfde balletje van dezelfde helling naar beneden hebben laten rollen?
 1. Benoemen dat er iets mis was met het werkelijke data verzamelen
 2. Benoemen dat de afscheiding verkeerd werd gebruikt
 3. Benoemen dat de beginpositie van de afscheiding steeds anders was
 4. Benoemen dat de positie van de afscheiding steeds anders is
 5. Benoemen dat het balletje de zijkant van de hellingbaan raakte
 6. Benoemen dat het balletje werd geholpen/tegengehouden werd door de wind
 7. Benoemen van oneffenheden in de helling
 8. Andere fouten in de hellingbaan of in het experiment
 9. Combinatie reden 1 en reden 2
 10. Weet ik niet
 11. Vraag niet gesteld

6. Als je juf/meester zou vragen hoe lang het balletje erover doet om naar beneden te rollen, wat zou je dan zeggen?

1. Berekent gemiddelde
2. Snelst gemeten tijd
3. Een van de gemeten tijden, maar niet de snelste of de langzaamste
4. Een tijd uit het hoofd berekend ergens tussen de snelste en de langzaamste tijd
5. Langzaamste gemeten tijd
6. Som van de vijf gemeten getallen
7. Meest voorkomende tijd
8. Alle vijf de tijden
9. Meerdere tijden
10. Andere zelf bedachte tijd
11. Weet ik niet
12. Overig
13. Vraag niet gesteld

7. Hoe ben je op het vorige antwoord gekomen?

1. De beste tijd is de juiste tijd
2. Het is een getal ergens tussen de vijf getallen
3. Dat zegt mijn gevoel
4. Weet ik niet
5. Overig
6. Vraag niet gesteld

8. Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?

1. Ja
2. Nee
3. Overig
4. Vraag niet gesteld

Bijlage 2: Uitgewerkte procedure

A. Experimentele groep:

Leerling wordt uit de klas gehaald.

Hij/zij gaat aan het tafeltje tegenover de onderzoeker zitten.

Ik vertel vervolgens het volgende:

“Heel leuk dat je mee wil doen aan mijn onderzoek, bedankt daarvoor. Zou je mij je naam en je geboortedatum willen geven?”

Noteer naam en geboortedatum op scoreformulier.

“Ik ga je nu vertellen wat we allemaal gaan doen. Allereerst zal je een klein filmpje te zien krijgen. Kijk daar even goed naar. Vervolgens zal je van mij een paar opdrachtjes krijgen en ga ik je een aantal vragen stellen. Het duurt bij elkaar zo’n 20 minuten. Ik ga nu even de film voor je aanzetten.”

Filmpje wordt getoond.

“We hebben net samen even naar het filmpje gekeken. Ik kan begrijpen dat dat allemaal misschien net iets te snel ging. We gaan hem nu nog een keer kijken.”

Filmpje nog een keer laten zien.

“Nu je het filmpje gezien hebt, kunnen we beginnen met de opdrachtjes. Misschien dat je de informatie uit de film wel hierbij kan gebruiken. Daarnaast krijg je van mij precies dezelfde rekenmachine als in het filmpje, deze mag je ook gebruiken als je wil.”

Hellingbaan erbij pakken.

Opdracht 1

“Dit is de hellingbaan waarmee we de opdrachten gaan uitvoeren. Ik zal je nu uitleggen wat we gaan doen. We gaan steeds twee instellingen van een hellingbaan met elkaar vergelijken, dat zijn steeds instelling a en instelling b. Waar we naar gaan kijken is hoe snel een balletje van boven naar beneden rolt. Deze tijd ga ik bijhouden met deze stopwatch (laat zien). Op de opdrachtenkaartjes staat hoe de hellingbaan elke keer ingesteld moet worden. Je kan de hellingbaan op drie manieren veranderen; de hoogte, de lengte en de oppervlakte. Daarnaast kan je kiezen uit twee soorten balletjes. Kijk nu maar op je opdrachtenblad naar opdracht 1.a. en zet de hellingbaan op de goede instellingen.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 1.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 1.b. “Je ziet dat hier de instelling ‘hoogte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1: ‘Verwacht je een verschil in hoe snel een balletje naar beneden rolt tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘Wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we doen door het balletje op eerst deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen en daarna hetzelfde te doen met de andere instelling. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is (wijs aan), zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 1.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a.

Mocht vraag 3 niet begrepen worden door het kind, moedig dan het kind aan met het volgende script:

“We gaan even nadenken over deze vraag. We hebben hetzelfde balletje vijf keer op dezelfde manier naar beneden laten rollen, maar we hebben toch vijf verschillende tijden. Dat is een beetje raar toch? Kan je een paar redenen bedenken hoe dat heeft kunnen gebeuren?”

Ga verder met vraag 3a t/m 7a.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 1.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 1.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 2

“Nu gaan we verder met opdracht 2. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 2.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 2.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 2.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘oppervlakte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 2.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 2.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 2.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 3

“Nu gaan we verder met opdracht 3. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 3.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 3.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 3.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘lengte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 3.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 3.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 3.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 4

“Nu gaan we verder met de laatste opdracht. Dat is opdracht 4. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 4.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 4.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 4.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘oppervlakte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 4.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 4.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 4.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu hebben we alle opdrachtjes gedaan. Vond je het leuk om te doen?”

Wachten op reactie en hierop reageren. Vervolgens kind bedanken en vertellen weer naar haar/zijn klas brengen. Vervolgens verder met het volgende kind.

B. Controlegroep:

Leerling wordt uit de klas gehaald.

Hij gaat aan het tafeltje tegenover de onderzoeker zitten.

Ik vertel vervolgens het volgende:

“Heel leuk dat je mee wil doen aan mijn onderzoek, bedankt daarvoor. Zou je mij je naam en je geboortedatum willen geven?”

Noteer naam en geboortedatum op scoreformulier.

“Ik ga je nu vertellen wat we allemaal gaan doen. Je gaat zo van mij een paar opdrachtjes krijgen en daar ga ik je vervolgens ook een paar vragen bij stellen. Het duurt bij elkaar zo’n 20 minuten.”

Hellingbaan erbij pakken.

Opdracht 1

“Dit is de hellingbaan waarmee we de opdrachten gaan uitvoeren. Ik zal je nu uitleggen wat we gaan doen. We gaan steeds twee instellingen van een hellingbaan met elkaar vergelijken, dat zijn steeds instelling a en instelling b. Waar we naar gaan kijken is hoe snel een balletje van boven naar beneden rolt. Deze tijd ga ik bijhouden met deze stopwatch (laat zien). Op de opdrachtenkaartjes staat hoe de hellingbaan elke keer ingesteld moet worden. Je kan de hellingbaan op drie manieren veranderen; de hoogte, de lengte en de oppervlakte. Daarnaast kan je kiezen uit twee soorten balletjes. Kijk nu maar op je opdrachtenblad naar opdracht 1.a. en zet de hellingbaan op de goede instellingen.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 1.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 1.b. “Je ziet dat hier de instelling ‘hoogte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘Verwacht je een verschil in hoe snel een balletje naar beneden rolt tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘Wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we doen door het balletje op eerst deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen en daarna hetzelfde te doen met de andere instelling. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is (wijs aan), zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 1.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a.

Mocht vraag 3 niet begrepen worden door het kind, moedig dan het kind aan met het volgende script:

“We gaan even nadenken over deze vraag. We hebben hetzelfde balletje vijf keer op dezelfde manier naar beneden laten rollen, maar we hebben toch vijf verschillende tijden. Dat is een beetje raar toch? Kan je een paar redenen bedenken hoe dat heeft kunnen gebeuren?”

Ga verder met vraag 3a t/m 7a.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 1.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 1.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 2

“Nu gaan we verder met opdracht 2. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 2.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 2.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 2.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘oppervlakte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 2.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 2.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 2.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 3

“Nu gaan we verder met opdracht 3. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 3.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 3.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 3.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘lengte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 3.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 3.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 3.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

Sluit af met vraag 8 ‘Maakt de instelling van de hoogte uit voor hoe snel het balletje beneden is?’

Opdracht 4

“Nu gaan we verder met de laatste opdracht. Dat is opdracht 4. Pak hem er maar bij en zet de hellingbaan op de instellingen zoals aangegeven bij opdracht 4.a.”

Wachten tot hellingbaan goed staat. Eventueel helpen als het niet lukt.

“Je hebt nu de helling op instelling 4.a. staan. Kijk nu eens naar opdracht 4.b. “Je ziet dat daar de instelling ‘oppervlakte’ anders ingesteld moet worden.”

Stel vraag 1 ‘verwacht je een verschil tussen beide instellingen?’ en scoor de vraag.

Stel vervolgens vraag 2: ‘wat voor verschil verwacht je?’ en scoor de vraag.

“We gaan nu kijken of jouw voorspelling klopt. Dit gaan we weer doen door het balletje op deze instelling vijf keer naar beneden te laten rollen. Zeg hardop ‘los’ wanneer je het schuifje omhoog doet. Wanneer het balletje over de rode streep is, zeg je ‘stop’. Ik zal de tijd meten met de stopwatch en jou vertellen hoe lang het balletje erover heeft gedaan. Schrijf de vijf tijden op de juiste plek in de tabel. Snap je wat de bedoeling is? Heb je hier nog vragen over? Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 4.a. geven.

“Dat ging hartstikke goed. Nu ga ik je weer een paar vragen stellen.”

Stel en scoor de vragen 3a t/m 7a. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu mag je de hellingbaan zo veranderen als bij opdracht 4.b. aangegeven staat.”

Wachten tot de hellingbaan op de goede instellingen staat.

“Nu mag je weer het balletje 5x naar beneden laten rollen en de tijden noteren die ik geef. Begin maar.”

De vijf gestandaardiseerde tijden van opdracht 4.b. geven.

Nu kunnen vraag 3b t/m 7b gesteld en gescoord worden. Moedig het kind zo nodig aan met behulp van het script.

“Nu hebben we alle opdrachtjes gedaan. Vond je het leuk om te doen?”

Wachten op reactie en hierop reageren. Vervolgens kind bedanken en vertellen weer naar haar/zijn klas brengen. Vervolgens verder met het volgende kind.

Bijlage 3: Opdrachtkaartjes

Opdracht 1: Invloed van hoogte

A. Zorg ervoor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	<u>hoog</u>
oppervlakte	glad
lengte	lang
kleur bal	geel

B. Zorg er nu voor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	<u>laag</u>
oppervlakte	glad
lengte	lang
kleur bal	geel

Opdracht 2: Invloed van oppervlakte

A. Zorg ervoor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	hoog
oppervlakte	<u>glad</u>
lengte	lang
kleur bal	geel

B. Zorg er nu voor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	hoog
oppervlakte	<u>ruw</u>
lengte	lang
kleur bal	geel

Opdracht 3: Invloed van lengte

A. Zorg ervoor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	hoog
oppervlakte	glad
lengte	<u>kort</u>
kleur bal	geel

B. Zorg er nu voor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	hoog
oppervlakte	glad
lengte	<u>lang</u>
kleur bal	geel

Opdracht 4: Invloed van kleur

A. Zorg ervoor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	hoog
oppervlakte	glad
lengte	lang
kleur bal	<u>blauw</u>

B. Zorg er nu voor dat de helling op de volgende instellingen staat:

hoogte	laag
oppervlakte	glad
lengte	lang
kleur bal	<u>geel</u>

Bijlage 4: Invulformulier

	opdracht 1		opdracht 2		opdracht 3		opdracht 4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Tijd 1								
Tijd 2								
Tijd 3								
Tijd 4								
Tijd 5								