

VU Research Portal

Development and Training of Spatial Ability in Children

Vander Heyden, K.M.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Vander Heyden, K. M. (2016). *Development and Training of Spatial Ability in Children*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting in het Nederlands

In dit proefschrift staan de ruimtelijke vaardigheden van kinderen op de basisschool centraal. Het begrip ruimtelijke vaardigheden is breed en omvat verschillende vaardigheden die te maken hebben met het denken over de ruimtelijke eigenschappen van objecten. Het gaat dan bijvoorbeeld om het kunnen schalen en draaien van (plaatjes van) objecten, maar ook om het bouwen van driedimensionale constructies of het vinden van de weg. Opvallend genoeg krijgen ruimtelijke vaardigheden over het algemeen veel minder aandacht van ouders en leerkrachten dan lees- en rekenvaardigheden. Toch zijn ruimtelijke vaardigheden een belangrijk onderdeel van het denken van kinderen. Ruimtelijke vaardigheden hangen namelijk samen met veel dagelijkse activiteiten, zoals sporten, het spelen van spelletjes en het lopen van de route naar school. Ook zijn ruimtelijke vaardigheden gerelateerd aan schooltaken, bijvoorbeeld aan rekenen en begrijpend lezen. Daarnaast vormen ruimtelijke vaardigheden een belangrijke basis voor de ontwikkeling van wetenschappelijk en analytisch denken. Onderzoek heeft laten zien dat het ruimtelijk denken van kinderen een belangrijke voorspeller is van toekomstig succes in bètavakken en –beroepen, zoals wetenschap, techniek, natuurkunde en wiskunde (Kell et al., 2013; Lubinski, 2010). Bètatechnici zijn onmisbaar in onze huidige technologische samenleving, bijvoorbeeld in de ICT-sector, de industrie, bouw en gezondheidszorg. Dit laat zien hoe belangrijk het is om ruimtelijk talent bij kinderen tijdig en effectief te herkennen en stimuleren. Dit proefschrift draagt daar aan bij door te onderzoeken: 1) hoe verschillende typen ruimtelijke vaardigheden zich ontwikkelen; 2) welke psychologische en omgevingsfactoren samenhangen met individuele verschillen in deze ontwikkeling; 3) of ruimtelijke vaardigheden te trainen zijn. De focus ligt hierbij op kinderen in de leeftijd van acht tot en met twaalf jaar (groep 5 tot en met groep 8 van de basisschool). Tot nu toe heeft het meeste onderzoek zich gericht op de vroege ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden in kinderen tot acht jaar oud. Over de ontwikkeling van complexere vaardigheden op latere leeftijd is veel minder bekend. Het doel van dit proefschrift is dan ook om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling en training van ruimtelijke vaardigheden tijdens deze leeftijd. Dit doen we vanuit een gecombineerd ontwikkelingspsychologisch en pedagogisch perspectief. Dat wil zeggen dat we niet alleen kijken naar processen die te maken hebben met de cognitieve

verwerking van ruimtelijke informatie, maar dat we ook aandacht besteden aan de sociale context waarin deze processen plaatsvinden. We gaan ervan uit dat de ervaringen die het kind thuis en op school opdoet met ouders, leerkrachten en ruimtelijke materialen een belangrijk mechanisme van ruimtelijke ontwikkeling is. Om deze onderliggende factoren te onderzoeken voerden we verschillende correlatieve en experimentele onderzoeken uit op scholen.

Verschillende typen ruimtelijke vaardigheden

In dit proefschrift wordt het begrip ruimtelijke vaardigheden beschouwd als een verzamelnaam voor verschillende vaardigheden die te maken hebben met het mentaal representeren en transformeren van objecten. Preciezer gezegd gaat het om de vaardigheid je in te beelden hoe de eigenschappen van objecten (bijvoorbeeld de vorm, grootte, oriëntatie of locatie) wijzigen wanneer de objecten bewegen of veranderen. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om het draaien, vouwen en schalen van objecten, of het innemen van een ander perspectief ten opzichte van objecten. Om deze vaardigheden te meten is de afgelopen decennia een grote variëteit aan ruimtelijke taken ontwikkeld.

Wetenschappelijk onderzoek laat zien dat volwassenen verschillende processen en strategieën aanwenden bij het uitvoeren van deze taken. In het algemeen worden twee typen ruimtelijke vaardigheden onderscheiden: objecttransformatie en perspectieftransformatie (e.g., Hegarty & Waller, 2004; Kozhevnikov & Hegarty, 2001; Zacks & Michelon, 2005). Het eerste type, *objecttransformatie*, is de vaardigheid om verandering en beweging in objecten in te beelden, zonder zelf van gezichtspunt te veranderen. Voorbeelden van objecttransformatietaken zijn de mentalerotatietest, waarin proefpersonen plaatjes van blokfiguren moeten draaien en vergelijken (Figuur 1.1), en de papiervouwtaak, waarin proefpersonen moeten voorspellen hoe een vel papier eruit zal zien als het is gevouwen en er een gat in is geprikt (Figuur 1.2). Het tweede type, *perspectieftransformatie*, is de vaardigheid om een ander visueel-ruimtelijk perspectief te nemen. Dat wil zeggen, je in te beelden dat je zelf rond het object/de objecten beweegt en deze vanuit verschillende gezichtspunten bekijkt. Veel perspectieftransformatietaken voor kinderen zijn variaties op de 'Three Mountains task' van Piaget (1956; 1971). Bij deze taak zit het kind aan een tafel waarop een modellschap van drie bergen staat. Een pop zit aan een andere zijde van de tafel en het kind moet beoordelen (bijvoorbeeld door het kiezen van een foto) hoe deze pop het berglandschap ziet (Figuur 1.4). In dit proefschrift zijn zowel object- als perspectieftransformatievaardigheden gemeten.

Ongeveer zeshonderd kinderen in de leeftijd van acht tot twaalf jaar werden onderzocht, in drie verschillende onderzoeken.

De ontwikkeling van ruimtelijk vaardigheden tussen acht en twaalf jaar

Het eerste doel van dit proefschrift was het onderzoeken van de ontwikkeling van verschillende typen ruimtelijke vaardigheden bij kinderen tussen de acht en twaalf jaar. Hiervoor werden drie objecttransformatietaken (een mentalerotatietest, een papiervouwtaak en de Blokpatronentaak van de WISC) en twee zelf ontwikkelde perspectieftransformatietaken (een navigatietaak en een reconstructietaak) afgenomen. Het ontwikkelen van deze perspectieftransformatietaken was nodig omdat er momenteel nauwelijks taken beschikbaar zijn die eenvoudig zijn af te nemen in de hogere groepen van de basisschool. In overeenstemming met eerdere onderzoeken (Crescentini et al., 2014; Frick et al., 2014) lieten de resultaten zien dat de achtjarige kinderen beschikten over de basisvaardigheden voor objecttransformatie. De meerderheid van de achtjarige kinderen was goed in staat om de eenvoudige items van de taken te maken. Met de perspectieftransformatietaken hadden de achtjarige kinderen meer moeite. Ze maakten veel fouten in het nauwkeurig reconstrueren van andermans perspectief, zelfs op de eenvoudige items van deze taken. Zowel de object- als de perspectieftransformatievaardigheden ontwikkelen zich sterk in de jaren daarna. Kinderen vanaf ongeveer tien jaar oud waren een stuk nauwkeuriger en sneller op de taken dan de jongere kinderen. Op de mentalerotatietest werd het grootste verschil gezien tussen de acht- en negenjarige kinderen, terwijl op de andere taken de grootste verschillen werden geobserveerd tussen tien- en twaalfjarige kinderen (Hoofdstuk 2).

Een belangrijke vraag was bovendien of in het ruimtelijk denken van kinderen, net zoals bij volwassenen, een onderscheid te maken is tussen een object- en een perspectieftransformatiestrategie. Bij 217 kinderen tussen acht en twaalf jaar oud werden verschillende object- en perspectieftransformatietaken afgenomen. Vervolgens werd een latente factoranalyse uitgevoerd om de hypothese te toetsen dat kinderen, net als volwassenen, gebruiken maken van twee transformatiestrategieën. De resultaten lieten zien dat in kinderen jonger dan tien jaar oud alle taken op één latente factor laadden, wat suggereert dat de kinderen slechts één strategie gebruikten voor beide typen taken. In kinderen van tien jaar en ouder laadden de taakjes op twee factoren, wat suggereert dat ze twee verschillende strategieën gebruikten. Op basis van eerdere bevindingen dat perspectieftransformatie later ontwikkelt dan objecttransformatie (e.g., Crescentini et al.,

2014), lijkt deze tweede latente factor het ontstaan van een perspectieftransformatiestrategie te representeren. De conclusie van deze factoranalyse is dan ook dat in kinderen van tien jaar en ouder, net zoals in volwassenen, twee transformatiestrategieën aanwezig zijn, waarbij de perspectieftransformatiestrategie zich later ontwikkelt dan de objecttransformatiestrategie (Hoofdstuk 2).

Het is vanuit de literatuur echter niet duidelijk wat voor strategie kinderen gebruiken in perspectieftransformatietaken. Onderzoek heeft aangetoond dat volwassenen voor rotaties vanaf 90° een mentale zelfrotatie strategie toepassen (Kessler & Thomson, 2010; Kozhevnikov & Hegarty, 2001; Michelon & Zacks, 2006). Dat houdt in dat zij hun eigen gezichtspunt draaien, oftewel, zij dat zij zich verplaatsen in de positie van de ander. In een steekproef van 245 kinderen tussen acht en twaalf jaar oud toetsten we de hypothese dat ook kinderen deze mentale zelfrotatie strategie gebruiken. Bij de kinderen werd een taak afgenomen waarin zij met een poppetje routes moesten lopen door een modelstad van houten blokken, vanuit een 90° en 180° gedraaide hoek. Ten eerste liet dit onderzoek zien dat oudere kinderen nauwkeuriger en sneller zijn in deze taak dan jongere kinderen, en dat dit niet alleen met leeftijd, maar ook met verschillen in werkgeheugencapaciteit te maken heeft. Ten tweede constateerden we dat kinderen, en vooral de jongere kinderen, meer moeite hadden met het navigeren vanuit een 90°-hoek dan vanuit een 180°-hoek. Dat wil zeggen: ze waren minder accuraat, ze waren langzamer en ze maakten meer egocentrische fouten in de 90°-routes dan in de 180°-routes. Dat is verrassend, aangezien onderzoek met volwassenen liet zien dat mentale zelfrotaties juist makkelijker zijn voor kleine hoeken (90°) dan voor grotere hoeken (180°) (e.g., Kessler & Thomson, 2010; Michelon & Zacks, 2006; Surtees et al., 2013b). Immers, hoe kleiner de hoek, hoe minder beroep er op werkgeheugen en inhibitie wordt gedaan. Deze resultaten suggereren dat de meerderheid van de kinderen nog niet in staat was de mentale zelfrotatie strategie adequaat toe te passen. Het patroon van fouten doet vermoeden dat kinderen de mentale zelfrotatie strategie toepasten voor 90°-rotaties, maar dat 180°-rotaties nog te moeilijk waren. Mogelijk vielen de kinderen voor de 180°-rotaties terug op een objecttransformatiestrategie, bijvoorbeeld door de stad of de route te draaien in plaats van het eigen perspectief te draaien (Hoofdstuk 3).

Samenvattend kan gesteld worden dat ruimtelijke vaardigheden nog volop in ontwikkeling zijn bij kinderen tussen acht en twaalf jaar oud. Oudere kinderen zijn nauwkeuriger en sneller dan jongere kinderen, en ze gebruiken andere strategieën, met name voor perspectieftransformaties.

Individuele verschillen in ruimtelijke vaardigheden

Het tweede doel van dit proefschrift was het onderzoeken van psychologische en omgevingsfactoren die bijdragen aan individuele verschillen in de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden. We observeerden grote individuele verschillen in ruimtelijke vaardigheden, zelfs in kinderen van hetzelfde geslacht of kinderen van dezelfde leeftijd (Figuur 7.1). Op de mentalerotatietest bijvoorbeeld, scoorden de jongens als groep hoger dan de meisjes. Toch waren er ook veel meisjes met hoge scores en jongens met lage scores. Hetzelfde geldt voor de verdeling van scores over leeftijdsgroepen. Als groep presteerden de oudere kinderen beter dan de jongere kinderen, maar binnen de leeftijdsgroepen waren grote verschillen. Er waren achtjarigen die opvallend hoog scoorden en twaalfjarigen die opvallend laag scoorden.

Het startpunt in het onderzoeken van de factoren die samenhangen met deze individuele verschillen was het biopsychosociaal model. Dit model stelt dat ontwikkelingsuitkomsten het resultaat zijn van interacties tussen biologische, psychologische en sociale (omgevings)factoren (Bronfenbrenner & Morris, 2006; Halpern, 2013; Levine et al., 2016; Newcombe & Huttenlocher, 2003). Dit model is veel gebruikt in onderzoek naar de ontwikkeling van lezen en rekenen in jonge kinderen, maar is nog nauwelijks getoetst voor de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden in oudere kinderen. In een steekproef van 236 kinderen onderzochten we of ruimtelijk spel in de thuissituatie toegevoegde waarde heeft in het voorspellen van verschillen in mentale rotatie tussen en binnen de seksen, bovenop de verschillen in leeftijd, sociaal-economische status, werkgeheugen en abstract redeneervermogen. Er werd onderscheid gemaakt tussen drie typen ruimtelijk spel: bouw/constructieactiviteiten, teken/knutselactiviteiten en buitenactiviteiten. Het onderzoek liet zien dat jongens beter presteerden op de mentalerotatietest dan meisjes en dat zij thuis vaker betrokken waren in bouw/constructie- en buitenactiviteiten. Meisjes deden juist vaker teken- en knutselactiviteiten. Hiërarchische regressieanalyses toonden aan dat deze ruimtelijke spelactiviteiten wel samenhangen met de mentale rotatievaardigheden van jongens, maar niet met die van meisjes. Dit onderzoek laat zien dat het belangrijk is om combinaties van factoren op verschillende niveaus in beschouwing te nemen bij het onderzoeken van sekseverschillen in ruimtelijke vaardigheden (Hoofdstuk 4).

In een volgend onderzoek stond de rol van stereotypen centraal. Een stereotype is een vaststaand, vaak clichématig beeld dat heerst over de eigenschappen van een bepaalde groep mensen. Zo worden ruimtelijke vaardigheden worden vaak als typisch

mannelijk, en niet vrouwelijk, gezien. In dit onderzoek toetsten we twee hypothesen. Ten eerste onderzochten we de hypothese dat stereotype gedachten over sekseverschillen in ruimtelijke vaardigheden al aanwezig zijn in tien- en twaalfjarige kinderen. Daarvoor werden zowel expliciete als impliciete taken afgenomen. De expliciete taak betrof een vragenlijst waarin kinderen voor twintig verschillende ruimtelijke activiteiten (bijvoorbeeld hutten bouwen en met blokken spelen) moesten antwoorden of zij deze activiteiten meer iets voor jongens of meer iets voor meisjes vonden. De impliciete taak betrof een computertaak (een Impliciete Associatie Taak, IAT). Bij deze taak moesten kinderen zo snel mogelijk woorden uit twee verschillende categorieën (jongen/meisje, ruimtelijk/taal) ordenen in stereotype congruente condities (jongen is gekoppeld aan ruimtelijk) en stereotype incongruente condities (meisje is gekoppeld aan ruimtelijk). De resultaten lieten zien dat de tien- en twaalfjarigen al stereotype gedachten hebben over de capaciteiten van jongens en meisjes in het ruimtelijke domein. Jongens hadden, zowel op expliciet als op impliciet niveau, de stereotype gedachte dat jongens beter zijn dan meisjes in het ruimtelijk domein. Meisjes waren het hier mee eens op het expliciete niveau, maar ze waren sekseneutraal op het impliciete niveau ("er zijn geen verschillen tussen jongens en meisjes"). Deze bevindingen suggereren dat meisjes van deze leeftijd zich bewust zijn van het maatschappelijke stereotype dat jongens beter zijn in het ruimtelijke domein dan meisjes, maar ze onderschrijven dit stereotype (nog) niet persoonlijk. Of anders gezegd: meisjes weten dat andere mensen er van uit gaan dat jongens beter zijn, maar ze gaan er zelf vanuit dat er geen verschillen zijn.

In het tweede deel van dit onderzoek onderzochten we in dezelfde groep kinderen of stereotype gedachten de ruimtelijke prestaties beïnvloeden. Daarvoor werd een experimenteel onderzoek uitgevoerd met een voormeting, gevolgd door een instructie en nameting. Op de voormeting deden de kinderen twee ruimtelijke taken: de mentalerotatietest en de papiervouwtaak. Daarna kregen de kinderen een van de volgende drie instructies: 1) jongens zijn beter in deze taken dan meisjes, 2) meisjes zijn beter in deze taken dan jongens, 3) er zijn geen verschillen tussen jongens en meisjes. Vervolgens maakten de kinderen nogmaals de mentale rotatie en papiervouwtaak. Op basis van onderzoek met volwassenen (e.g., Heil et al., 2012; Moè, 2009; Moè & Pazzaglia, 2006) verwachtten we dat kinderen vooruitgang zouden boeken op de nameting wanneer in de instructies hun eigen geslacht als superieur ten opzichte van het andere geslacht werd benoemd (d.w.z. betere prestaties voor jongens in de 'jongens zijn beter'-conditie en betere prestaties voor meisjes in de 'meisjes zijn beter'-conditie). Er werden echter geen verschillen gevonden tussen de drie experimentele condities in vooruitgang

op de ruimtelijke taken, wat suggereert dat op deze leeftijd ruimtelijke vaardigheid nog niet direct beïnvloedbaar is door seksestereotype instructie (Hoofdstuk 5).

Samenvattend laten deze onderzoeken zien dat er aanzienlijke verschillen zijn tussen kinderen in het ruimtelijk domein. Niet alleen verschillen kinderen in hun prestaties op ruimtelijke taken, maar ook in hun deelname aan ruimtelijke activiteiten thuis en in hun stereotype overtuigingen. De studies toonden aan dat verklaringen voor verschillen in ruimtelijke vaardigheden te vinden zijn op verschillende niveaus. Zo spelen onder andere cognitieve factoren (verschillen in werkgeheugen en abstract redeneren) en sociale factoren (verschillen in deelname aan ruimtelijke activiteiten) een rol. Deze factoren interacteren met elkaar. De relatie tussen ruimtelijke activiteiten en ruimtelijke prestaties is verschillend voor kinderen met verschillende achtergrondkenmerken (bijvoorbeeld geslacht, leeftijd, cognitieve capaciteiten en sociaal-economische status van het gezin). Informatie over deze onderliggende processen is van belang voor het ontwerpen van effectieve interventieprogramma's.

Het trainen van ruimtelijke vaardigheden

Het derde en laatste doel van dit proefschrift was het onderzoeken van de trainbaarheid van ruimtelijke vaardigheden. Dit is een relevant onderwerp, omdat het ons iets vertelt over de mogelijkheden om ruimtelijk talent van kinderen te stimuleren. Om de effecten van training op ruimtelijke vaardigheden te onderzoeken werd een interventiestudie met een voormeting-nameting en controlegroep uitgevoerd. Acht-tot tienjarige kinderen (groep 5 en 6) namen deel aan een klassikale training die gedurende vier weken plaats vond op hun school. Tijdens de trainingssessies werkten de kinderen in kleine groepjes met verschillende soorten ruimtelijk speelgoed, zoals blokken, knikkerbanen, bordspellen en puzzels. Kinderen in controlegroep bleven in hun eigen klas en werkten met de leerkracht aan niet-ruimtelijke taken, zoals geschiedenis en muziek. We toetsten de hypothese dat de training zowel positieve effecten heeft op de objecttransformatievaardigheden (mentale rotatie en papiervouwen) als op de perspectieftransformatievaardigheden (navigatietaken). De resultaten lieten echter zien dat er geen verschillen waren tussen de interventiegroep en controlegroep (beide 70 kinderen) in vooruitgang op de objecttransformatietaken. Op de perspectieftransformatietaken ging de interventiegroep wel meer vooruit dan de controlegroep. Omdat eerdere onderzoeken lieten zien dat jongens en kinderen uit gezinnen met een hoge sociaal-economische status thuis meer in aanraking komen met

ruimtelijk speelgoed dan meisjes en kinderen uit gezinnen met een lagere sociaal-economische status (e.g., Baenninger & Newcombe, 1995; Bradley & Corwyn, 2002; Levine et al., 2005; Nazareth et al., 2013; Robert & Héroux, 2004), werd gekeken of trainingsvoortgang gerelateerd was aan geslacht en sociaal-economische status. Mogelijk profiteerden kinderen die thuis minder vaak met ruimtelijk speelgoed spelen meer van de training dan kinderen die thuis gewend zijn met ruimtelijk speelgoed te spelen. We vonden echter geen interacties tussen geslacht, sociaal-economische status en trainingsvoortgang, wat impliceert dat deze groepen niet verschillend reageerden op de training (Hoofdstuk 6).

Dit onderzoek geeft enig bewijs voor de stelling dat ruimtelijke vaardigheden, en vooral perspectieftransformatievaardigheden, te trainen zijn. Het valt echter nog wel te bezien of verschillen tussen kinderen als gevolg van jarenlange verschillen in ruimtelijke ervaring te verkleinen zijn door kortdurende interventies op scholen.

Conclusie

Dit proefschrift levert nieuwe inzichten op over de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden in kinderen. Deze inzichten zijn niet alleen van belang voor de wetenschappelijke theorievorming, maar ook voor de onderwijspraktijk.

Inzichten voor wetenschap en theorie

Dit proefschrift benadrukt het belang van de leeftijdsperiode van acht tot twaalf jaar in de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden. Eerder onderzoek focuste zich met name op de vroege ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden in kinderen tot acht jaar oud. Dit proefschrift doet juist onderzoek naar de meer complexe en abstracte vaardigheden in de periode daarna. De resultaten laten zien dat in de periode van acht tot twaalf nog een flinke ontwikkeling in ruimtelijke vaardigheden plaatsvindt. Op achtjarige leeftijd zijn de basisvaardigheden voor objecttransformaties (het draaien en vouwen van objecten, objecten samenvoegen tot grotere gehelen) aanwezig, maar kinderen hebben nog zichtbaar veel moeite met perspectieftransformatietaken. Achtjarigen zijn op dit soort taken nog behoorlijk onnauwkeurig, ze maken bijvoorbeeld nog veel spiegelfouten. Vanaf tienjarige leeftijd is een duidelijke verbetering te zien in de prestaties van kinderen op zowel object- als perspectieftransformatietaken. Een

belangrijke reden hiervoor is dat kinderen rond tienjarige leeftijd naast een objecttransformatiestrategie ook een perspectieftransformatiestrategie ontwikkelen. Hun ruimtelijk denken lijkt daarmee steeds meer op dat van volwassenen.

De verschillende onderzoeken lieten grote individuele verschillen in de ruimtelijke vaardigheden van kinderen zien. Dit proefschrift toont aan dat deze verschillen niet alleen te maken hebben met geslacht en leeftijd, maar ook met cognitieve factoren (werkgeheugen, abstract redeneren) en sociale omgevingsfactoren (deelname aan ruimtelijke activiteiten thuis). Deze factoren interacteren met elkaar in het voorspellen van ontwikkelingsuitkomsten. Verschillen in ruimtelijke vaardigheden zijn waarschijnlijk het resultaat van jarenlange verschillen in ruimtelijke ervaringen. Initiële verschillen tussen kinderen, bijvoorbeeld in ruimtelijke vaardigheden en zelfvertrouwen, beïnvloeden in welke mate kinderen in aanraking komen met ruimtelijke activiteiten, wat vervolgens weer hun ruimtelijke vaardigheden en zelfvertrouwen beïnvloedt, et cetera. Dat betekent echter niet dat verschillen in ruimtelijke vaardigheden op latere leeftijd vastliggen. Dit proefschrift laat zien dat training (bijvoorbeeld het spelen met ruimtelijke puzzels en spellen op school) kan leiden tot verbetering in ruimtelijke vaardigheden. Kinderen rond tien jaar oud lijken daarvoor een interessante doelgroep. In deze leeftijdsperiode zijn kinderen aan het experimenteren en oefenen met verschillende ruimtelijke strategieën. Meisjes van deze leeftijd gaan bovendien nog niet van het stereotype idee uit dat zij slechter zijn dan jongens in ruimtelijke taken. Ondanks grote verschillen tussen kinderen op deze leeftijd is het stimuleren van ruimtelijk talent dus zeker mogelijk.

Er kan veel interessant vervolgonderzoek naar ruimtelijke vaardigheden in deze leeftijdsperiode worden gedaan. In dat onderzoek is het belangrijk om zowel ontwikkelingspaden als de individuele verschillen in deze ontwikkelingspaden te onderzoeken. Daarvoor zijn longitudinale onderzoeken nodig en nieuwe experimentele taken. Idealiter zijn deze taken voor brede leeftijdsgroepen geschikt en kunnen zij binnen hetzelfde paradigma zowel object- als perspectieftransformatievaardigheden meten. Daarnaast is het belangrijk om de focus te verleggen van uitkomstmaten als accuratesse en snelheid naar strategiegebruik. Strategieën kunnen onderzocht worden door te kijken naar het typen fouten dat kinderen maken. De strategie van een kind kan iets zeggen over zijn of haar ontwikkelingsfase (C. Quaiser-Pohl et al., 2010). Een belangrijke vraag die in dit kader nog beantwoord moet worden is of kinderen één perspectieftransformatiestrategie gebruiken op alle leeftijden, of zij overstappen van minder efficiënte naar steeds efficiëntere strategieën gedurende de ontwikkeling, of dat zij altijd meerdere strategieën tot hun beschikking hebben en deze door elkaar heen

gebruiken. Kwantitatieve en kwalitatieve vergelijkingen met de prestaties van adolescenten en volwassenen kunnen helpen om dit soort vragen te beantwoorden. Ook is nog verrassend weinig bekend over de rol van onderliggende cognitieve processen zoals werkgeheugen en inhibitie op de ontwikkeling van ruimtelijke vaardigheden (e.g., Lehmann et al., 2014). Eén van de manieren om dit te onderzoeken is door bevindingen van meer fundamentele studies te combineren met interventiestudies. Zo'n multidisciplinaire aanpak kan vragen beantwoorden als: Wie profiteert er het meest van een bepaald type training? Welk type activiteiten zijn het meest zinvol? Verbeteren werkgeheugen en inhibitie ook? Kan training het zelfvertrouwen van kinderen in het ruimtelijk domein vergroten? Ten slotte is het goed om na te denken over de definitie van ruimtelijk talent. Wat kenmerkt kinderen die bijzonder goed zijn in ruimtelijk denken in deze leeftijdsperiode? Het is waarschijnlijk dat deze kinderen goed zijn in het flexibel combineren van ruimtelijke transformatiestrategieën met meer analytische strategieën (Hegarty, 2010). Analytische strategieën helpen het kind om de taak te overzien en in kleinere stappen te delen. Dit vermindert de belasting van het werkgeheugen en andere cognitieve processen, waardoor er ruimte vrij komt om ruimtelijke transformaties snel en accuraat uit te voeren. Vooral in oudere kinderen, die meer abstracte en complexe vaardigheden aan het leren zijn, zullen analytische strategieën een belangrijke rol spelen in het ruimtelijk denken.

Inzichten voor onderwijspraktijk

Inzichten uit dit proefschrift kunnen bijdragen aan het ontwerpen van interventies die beter passen bij de ruimtelijke behoeften van kinderen tussen acht en twaalf jaar. Ten eerste is het voor het identificeren en stimuleren van ruimtelijk talent in deze leeftijdsgroep belangrijk om rekening te houden met het onderscheid tussen object- en perspectieftransformatievaardigheden. Omdat aan beide typen vaardigheden verschillende processen en strategieën ten grondslag liggen, kunnen er duidelijke prestatieverschillen binnen één kind zijn. Een kind dat vaardig is in objecttransformaties hoeft niet per definitie vaardig te zijn in perspectieftransformaties. Dit proefschrift laat daarnaast duidelijk zien dat in deze leeftijdsgroep ruimtelijke spelactiviteiten positieve effecten hebben op ruimtelijke vaardigheden en dat kinderen verschillen in hoe vaak zij betrokken zijn in zulke activiteiten in hun vrije tijd. Dit is een sterk argument voor het integreren van ruimtelijke spelactiviteiten in het schoolprogramma, ook in de hogere klassen van de basisschool. Bij het trainen van ruimtelijke vaardigheden is het belangrijk

om rekening te houden met de individuele verschillen tussen kinderen. Idealiter zou instructie niet alleen gebaseerd moeten zijn op het geslacht of leeftijd van het kind. Het zou leerkrachten helpen om meer te weten over de verschillende ontwikkelingsfasen in ruimtelijke vaardigheden, waaronder ook de veranderingen in strategiegebruik. Voor objecttransformaties zijn deze strategieën al grotendeels bekend, maar over de ontwikkeling van perspectieftransformatiestrategieën is nog veel onduidelijkheid. Dit proefschrift laat zien dat de leeftijdsperiode rond tien jaar belangrijk is, omdat kinderen dan aan het experimenteren zijn met nieuwe ruimtelijke strategieën. Het zou mooi zijn als er materiaal komt dat verschillende moeilijkheidsgraden heeft, zodat het gebruikt kan worden voor kinderen met verschillende vaardigheidsniveaus. Op basisscholen kunnen bijvoorbeeld projecten rond fotografie een aantrekkelijke manier zijn om op verschillende niveaus bezig te zijn met perspectiefnemen. Positieve ervaringen met ruimtelijke activiteiten kunnen bij kinderen mogelijk zorgen voor meer zelfvertrouwen in eigen kunnen, waardoor ze aangemoedigd worden om thuis ook met ruimtelijke spelactiviteiten bezig te zijn en om bèta-georiënteerde studies of beroepen te kiezen.

Alle bevindingen samennemend, zijn de drie belangrijkste conclusies van dit proefschrift: 1) ruimtelijke vaardigheden zijn sterk in ontwikkeling in kinderen tussen acht en twaalf jaar: kinderen leren meer complexe vaardigheden en strategieën; 2) er zijn in deze leeftijdsgroep grote verschillen tussen kinderen, niet alleen in ruimtelijke vaardigheden, maar ook in ruimtelijke ervaring en stereotype overtuigingen. Kleine verschillen tussen kinderen op jonge leeftijd kunnen leiden tot grote verschillen op latere leeftijd, als gevolg van verschillen in cognitieve ontwikkeling en ruimtelijke ervaring; 3) iemands niveau van ruimtelijke vaardigheden ligt niet vast, maar kan verbeterd worden door adequate training en oefening. Ouders en leerkrachten zouden aan alle kinderen, ongeacht hun geslacht, leeftijd en sociaal-economische achtergrond, ruimtelijke (spel)activiteiten moeten aanbieden, zodat zij eerlijke kansen krijgen om succesvol deel te nemen aan onze moderne technologische maatschappij.