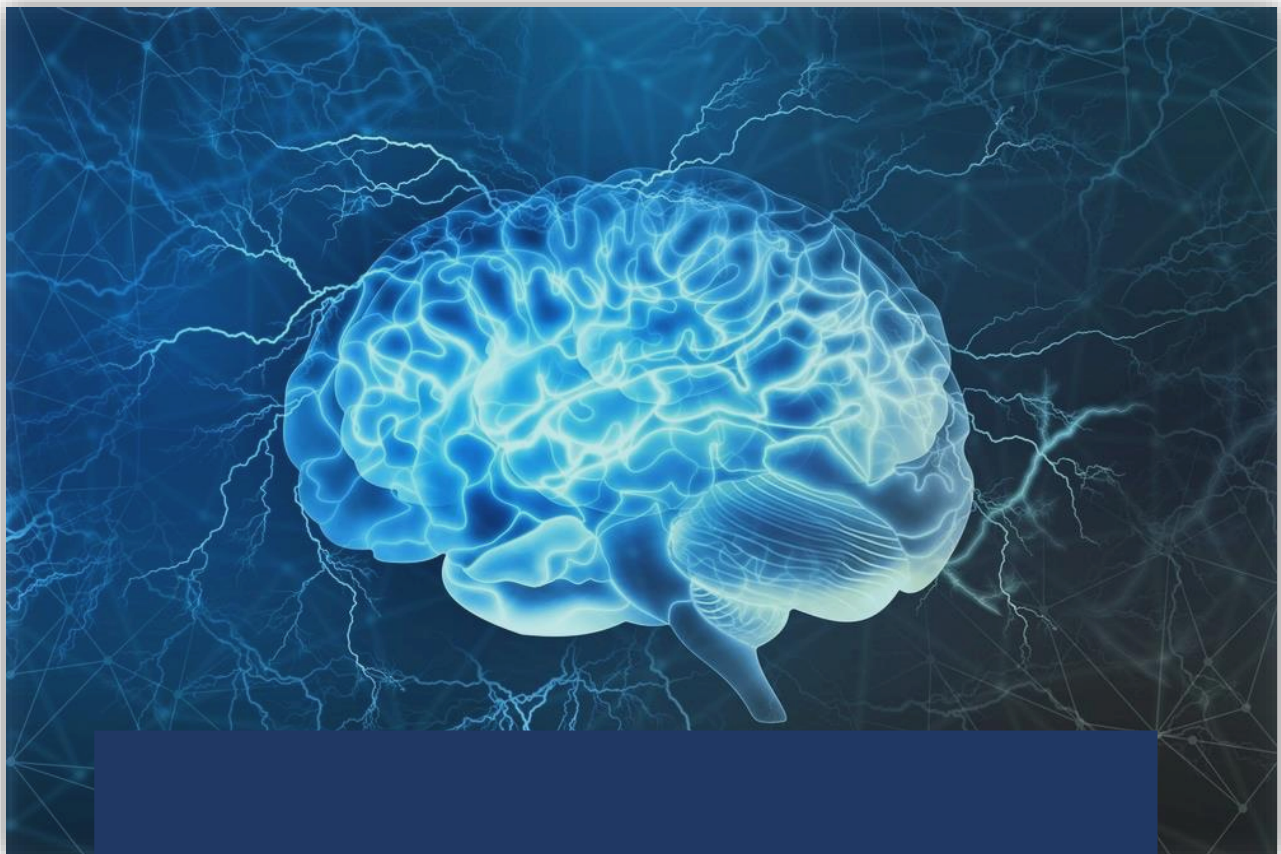




Breinvriendelijk vermenigvuldigen

De verbinding maken in het rekenonderwijs

Charlotte Logtenberg
10017@kpz.nl

Zwolle
10017

Hogeschool KPZ
Thesisbegeleider: Jeffrey van
Welsen
Zwolle, 27 maart 2023

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Excerpt & Samenvatting	5
1. Introductie	6
1.1 Context	6
1.2 Aanleiding	6
1.3 Praktijkprobleem	7
1.4 Relevantie en actualiteit	8
1.5 Begripsverheldering	8
1.6 Onderzoeksdoelen	9
1.7 Hoofdvraag en deelvragen	9
1.8 Structuur thesis	9
2. Theoretisch kader	10
2.1 Inleiding literatuurstudie	10
2.2 Literatuurstudie	10
2.3 Conclusie literatuurstudie	18
3. Contextonderzoek	20
3.1 Inleiding contextonderzoek	20
3.2 Methode contextonderzoek	20
3.3 Resultaten contextonderzoek	23
3.3.1 Breinprincipes	23
3.3.2 Vermenigvuldigen aanbieden	23
3.3.3 Leerlingen op de leerlijn	24
3.4 Conclusie contextonderzoek	25
4. Conclusie en discussie	27
4.1 Discussie	27
4.2 Conclusie en advies	28
5. Ontwerpen	30
5.1 Ontwerpeisen	30
5.2 Voorlopige ontwerpdoelen	31
Literatuurlijst	32
Bijlagen	34
A. Verklaring gedragscode onderzoek	34
B. Toestemmingsverklaring HBO-kennisbank	35
C. Meetinstrumenten	36
Bijlage I	36

Bijlage II	37
Bijlage III	39
Bijlage IV	43
Bijlage V	45

Excerpt & Samenvatting

Onderwerp: Breinvriendelijk onderwijs bij vermenigvuldigen. *Onderzoeksgroep:* De leerkrachten en leerlingen van groep 4 tot en met 6. *Methode:* observatie, interview leerkrachten en een test voor de leerlingen. *Conclusie:* De groepen 4 tot en met 6 beheersen de tafels nog niet die zij moeten kennen volgens de beheersingsdoelen van SLO (Aartsen et al., 2017). Door breinvriendelijk onderwijs aan te bieden, worden verbindingen in het brein sterker en daarmee wordt informatie beter onthouden. Het breinprincipe creatie moet meer worden toegepast door de leerkrachten, waarbij leerlingen zelf iets creëren.

Basisschool School A constateert dat leerlingen op school starten met neuromotorische onrijpheid. Om deze rijpheid te bereiken is het maken van verbindingen in de hersenen belangrijk. Met breinvriendelijk onderwijs worden die verbindingen in de hersenen gemaakt doordat er op een bepaalde manier wordt geleerd volgens breinprincipes. Bovendien moet er veel aandacht worden besteed aan de tafels door de leerkrachten van groep 4 tot en met 6 aangezien deze nog niet worden beheerst. Vanuit daar is de volgende hoofdvraag opgesteld: *‘Hoe kan de leerkracht het vermenigvuldigen in de groepen 4 tot en met 6 breinvriendelijk aanbieden?’*. In de literatuurstudie staat beschreven dat breinvriendelijk onderwijs op een betekenisvolle manier verbindingen maakt (Al-Balushi & Al-Balushi, 2018). Het leren is het vormen van neurale verbindingen die signalen doorgeven. Informatie is geautomatiseerd als er sterke verbindingen zijn gevormd die moeilijk anders kunnen worden aangeleerd (Dirksen et al., 2021). Focus, herhaal, voortbouwen, emotie, creatie, zintuiglijk rijk zijn de breinprincipes die horen bij breinvriendelijk onderwijs. Hierbij moet de leerkracht de aandacht richten van de leerlingen, herhalen, oude kennis en nieuwe kennis koppelen, gebruik maken van ons angst- en beloningsstelsel, leerlingen zelf laten creëren en meerdere zintuigen en beweging gebruiken (Kagan, 2017). Daarnaast stellen Aartsen et al. (2017) dat de leerlingen eind groep 5 en 6 de strategieën en de tafels van 1 tot en met 10 moeten beheersen. Groep 4 hoeft de strategieën veelvouden van tien en de splitsstrategie nog niet te kennen. Net zoals de tafels van 6 tot en met 9. Het hoofdfasenmodel van rekenen bij het vermenigvuldigen bestaat uit de begripvorming, procedureontwikkeling, vlot leren rekenen en flexibel toepassen. Hierbij moet begrip worden gecreëerd door vooral visuele contexten. Het ontwikkelen van procedures wordt vervolgens uitgevoerd door het aanleren van strategieën. Deze strategieën worden geautomatiseerd bij het vlot leren rekenen en bij het flexibel toepassen wordt het geleerde in een andere situatie toegepast (Oonk et al., 2019). Het niveau van de leerling kan in beeld worden gebracht door het handelingsmodel waarop de leerkracht zijn didactisch handelen kan aanpassen (Van Groenestijn et al., 2011).

Vanuit een observatie en interview kan worden geconcludeerd dat de leerkrachten van groep 4 tot en met 6 het principe creatie het minst toepassen met een percentage van 8,3% van de zes breinprincipes. Vanuit de resultaten van het interview blijkt dat de leerkrachten vooral contexten aanbieden vanuit de methode en worden de strategieën verdubbelen en halveren niet aangeboden door de leerkrachten. Het automatiseren en memoriseren van de tafels wordt gedaan door werkbladen en online spelletjes. De leerlingen hebben bovendien de tafels niet geautomatiseerd of gememoriseerd, die zij moeten beheersen. Ook de strategieën verdubbelen en halveren beheersen de leerlingen niet zelfstandig, blijkt uit data van de test.

Vanuit deze gegevens zijn ontwerpeisen en een advies geformuleerd om tafels op eigen niveau te automatiseren waarbij er handvatten zijn om dit met het principe creatie aan te bieden. Hierbij wordt herhaling geïntegreerd om regelmatig te oefenen in de fase van het vlot leren rekenen (Oonk et al., 2019).

1. Introductie

1.1 Context

“Samen ontwikkelen met plezier” dat is de visie van basisschool School A waarin het onderzoek plaatsvindt. Deze kleinschalige school heeft zeven groepen waaronder drie combinatiegroepen. Er wordt in de thesis gericht op de middenbouw in de groepen 4/5 en 6.

Vanaf groep 3 rekenen leerlingen met een Chromebook bij rekenen. Naast een device hebben de leerlingen ook een schrift om berekeningen in op te schrijven. Elke dag hebben de groepen een rekenles. Kenmerkend voor de school is het aanbieden van adaptief onderwijs. Ieder kind heeft andere onderwijsbehoeftes en hierin worden de leerlingen tegemoet gekomen met dit adaptief onderwijs. De school heeft een aantal kernwaarden beschreven. Zo vinden zij verbinding tussen leerkrachten, leerlingen en ouders belangrijk. Hierbij vormen zij een anker zodat de kinderen kunnen groeien. Zelfstandigheid en verantwoordelijkheid vormen de basis voor het ontwikkelen op eigen niveau. Ook streeft de school naar ontwikkelen met plezier en zorgt voor een veilige sfeer waar openheid is.

Het pedagogische klimaat staat hoog in het vaandel van de school. Door middel van het concept verbindend gezag wordt dit gerealiseerd binnen de school. In dit concept werken ouders, leerkrachten en leerlingen aan verbinding met elkaar. Ook op didactisch gebied wil de school onderwijs realiseren dat passend is bij de behoeftes van de leerlingen. In het schoolplan is hierbij beschreven dat in het bewegend leren steeds meer een plek krijgt binnen de lessen. Er wordt ook steeds vaker gebruik gemaakt van ‘met sprongen vooruit’. Dit is geen rekenmethode op zich maar maakt rekenlessen speelser.

1.2 Aanleiding

In het schoolplan is beschreven dat het bewegend leren steeds meer een plek krijgt in het onderwijs van de school en dit meer wilt toepassen na groep 3. Vanuit observaties in de school en gesprekken met leerkrachten blijkt dat bewegend leren steeds meer wordt toegepast. In de groepen 1 tot en met 3 van basisschool School A is er onderzoek bezig op basis van neuromotorische rijping. Aan deze rijping wordt bijgedragen door beweegoefeningen in de groepen 1 tot en met 3. Neuromotorische rijpheid omschrijft Vreeburg (z.d.) als “De verzameling van alle voorwaarden die je nodig hebt om tot leren en ontwikkelen te komen.” De school constateert dat leerlingen op school starten met neuromotorische onrijpheid en dat heeft invloed op leerprestaties. “Om neuromotorische rijpheid te bereiken is het van belang dat er verbindingen in de hersenen worden aangelegd”, vertelt de school. Voorzichtige resultaten laten zien dat de beweegactiviteiten in de groepen 1 tot en met 3 schoolprestaties verbeteren.

In *Breinvriendelijk onderwijs* (Kagan, 2017) wordt verteld over onderzoek naar bewegen en de hersenen. Onderzoekers wijzen uit dat bewegen de groei en werking van het brein stimuleert. Er worden nieuwe zenuwverbindingen gemaakt die belangrijk zijn bij het leren en onthouden. Bij beweging ontstaan er bloedbanen in de hersenen die het brein voedingsstoffen geven zodat er beter geleerd kan worden in de hersenen.

Niet alleen bewegen maar ook andere factoren in breinvriendelijk onderwijs zorgen voor die verbindingen in de hersenen. Breinvriendelijk onderwijs houdt in dat dat er op een bepaalde manier wordt geleerd waarbij verbindingen worden gelegd in de hersenen en de informatie zo in het langetermijngeheugen wordt opgeslagen. Ook wordt bij breinvriendelijk onderwijs voorzien in de behoeften van de leerling (Breinvriendelijk onderwijs, z.d.). Dit sluit aan bij het adaptief onderwijs dat School A graag wil realiseren.

Daarnaast wordt in dit onderzoek gericht op rekengebied. Op basis van de tussenopbrengst van de trendanalyse van basisschool School A komen er een aantal inzichten naar voren op het gebied van rekenen. De conclusie van de trendanalyse is dat er onvoldoende I en II scores worden behaald en daardoor het rekenonderwijs op de school een aandachtspunt wordt. Cito (z.d.) weergeeft de niveau-indeling van basisschoolleerlingen in Nederland. Hierbij wordt aangetoond hoe een leerling presteert in vergelijking met anderen. De scores gaan van I tot V waarbij leerlingen met de hoogste score door 20 procent wordt weergegeven met I en de laagste 20 procent met V.

Wat opvalt met betrekking tot het rekenonderwijs is dat er in de groepen 4 tot en met 6 veel aandacht moet worden besteed aan de tafels. Zo blijkt uit gesprekken met de leerkracht van groep 6 dat de leerlingen alleen de tafels van 1,2,3,5 en 10 kennen. In de tussendoelen voor het primair onderwijs (Aartsen et al., 2017) wordt beschreven dat leerlingen eind groep 4 de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10 gememoriseerd moeten hebben. Dit blijkt dus niet het geval in groep 6 en ook niet in groep 5. Op basis van observaties tijdens de lessen bij groep 5 blijkt dat aan het begin van het jaar de leerlingen alleen de tafels 1, 2, 5 en 10 kenden. De tafels worden vanaf groep 4 aangeboden door de leerkracht en deze worden nog niet beheerst door de leerlingen. De leerkrachten van groep 4/5 en 6 geven aan dat de leerlingen wel begrip hebben over het vermenigvuldigen.

1.3 Praktijkprobleem

Om het praktijkprobleem goed in beeld te brengen is techniek 5 gebruikt uit Van der Donk en Van Lanen (2016). Met deze techniek zijn er gesprekken geweest met collega's. Aan de hand van de 5x W+H-methode kan het praktijkprobleem worden geformuleerd.

Wat is het praktijkprobleem

School A constateert dat steeds meer leerlingen op school starten met neuromotorische onrijpheid. Dit heeft invloed op de leerprestaties van de leerlingen. Van groep 1 tot en met groep 3 is de school al bezig om meer verbindingen bij de leerlingen in de hersenen aan te leggen door beweegoefeningen. Basisschool School A wil deze beweegactiviteiten verder doorzetten in de groepen 4 tot en met 6 om zo neuromotorische rijpheid te ontwikkelen. Door deze rijpheid worden verbindingen aangelegd en wordt de cognitieve ontwikkeling gestimuleerd.

Breinvriendelijk onderwijs draagt bij aan het maken van deze verbindingen onder andere door beweegoefeningen toe te passen. Daarnaast spelen er nog meer factoren bij breinvriendelijk onderwijs waardoor er op een bepaalde manier wordt geleerd waarbij die verbindingen ervoor zorgen dat informatie wordt opgeslagen in het langetermijngeheugen.

De leerlingen beheersen daarnaast de tafels niet van het onderdeel vermenigvuldigen. De leerkracht biedt het vermenigvuldigen aan vanaf groep 4 en de doelen van groep 5 en 6 worden niet behaald.

Wie heeft met het probleem te kampen?

Door neuromotorische onrijpheid worden de leerprestaties beïnvloed en zijn er niet genoeg verbindingen in de hersenen. Voorzichtige resultaten van de school laten zien dat beweegoefeningen in groep 1 tot en met 3 leiden tot betere schoolprestaties. Leerkrachten profiteren hier dus van. Echter blijft het leren en ontwikkelen doorgaan en kan er met breinvriendelijk onderwijs door leerkrachten worden bijgedragen aan nieuwe verbindingen in de hersenen.

Daarnaast zorgt breinvriendelijk onderwijs ervoor dat leerlingen tegemoet worden gekomen in hun onderwijsbehoeften. Dit adaptief onderwijs speelt ook een belangrijke rol voor de school. Tevens lukt het leerkrachten niet om de doelen van het vermenigvuldigen te behalen, waardoor de leerlingen de tafels dus niet beheersen.

Wanneer en waar treedt het probleem op?

Het probleem doet zich voor tijdens het leren op school. Tijdens de rekenlessen specifiek worden er problemen ervaren op het gebied van vermenigvuldigen.

Waarom is het een probleem?

Als de leerlingen neuromotorisch rijp zijn, kunnen ze tot leren en ontwikkelen komen. Door verbindingen in de hersenen aan te leggen wordt de cognitieve ontwikkeling gestimuleerd. Door breinvriendelijk onderwijs worden leerlingen tegemoet gekomen in hun onderwijsbehoeften en wordt het adaptief onderwijs gerealiseerd. De leerlingen van groep 5 en 6 beheersen de tafels niet die al gememoriseerd moeten zijn. Om de tafels te memoriseren, wordt er gekeken naar de gehele leerlijn van het vermenigvuldigen. Vermenigvuldigen is belangrijk voor verdere rekenvaardigheden.

Hoe is het probleem ontstaan?

Er werd geconcludeerd dat kinderen tegenwoordig minder buitenspelen en de beweegactiviteit dus afneemt (Heijnen et al., 2020). Hierdoor starten kinderen op school met neuromotorische onrijpheid. Deze rijpheid hebben kinderen nodig om tot leren en ontwikkelen te komen.

1.4 Relevantie en actualiteit

Volgens het artikel *Onderwijsraad wil veel meer aandacht voor taal- en rekenonderwijs* (NOS, 2022) daalt de kwaliteit van het rekenonderwijs al jaren. Er wordt in het artikel gesteld dat je niet goed mee kunt komen in andere vakken, als rekenen niet lukt. Ook zal je dan niet goed deel kunnen nemen aan de samenleving later. Het is dus van belang om kwalitatief goed rekenonderwijs te verzorgen als leerkracht.

Aan het einde van groep 4 moeten de leerlingen de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10 hebben gememoriseerd (Aartsen et al., 2017). Zowel in groep 5 als in groep 6 worden de tafels nog niet allemaal gememoriseerd. Hierdoor kunnen problemen ontstaan om verder rekenvaardigheden te ontwikkelen zoals het delen. Groep 4 krijgt dit jaar voor het eerst keersommen aangeboden en er moet voor worden gewaakt dat de leerlingen het einddoel van het memoriseren van de tafels wel behalen.

Volgens een Amerikaanse studie over de hersengebieden kun je zien hoe goed leerlingen presteren bij wiskunde (Rijnvis, 2013). Door verbindingen tussen de voorste hersenkwab en de hippocampus, is er een positief effect te zien met prestaties bij wiskunde. De hippocampus is een hersengebied die te maken heeft met het geheugen. Zo blijkt dus dat verbindingen van belang zijn voor verbeterde leerprestaties bij wiskunde/rekenen.

1.5 Begripsverheldering

- Automatiseren en memoriseren

Bij automatiseren kan de leerling snelle denkstappen nemen om vlot bij het antwoord te komen. Bij rekenen is de som geautomatiseerd als de leerling weet welke strategie er gebruikt moet worden en berekent de som binnen tien seconden uit.

Bij het memoriseren kent de leerling de informatie uit zijn hoofd. Een leerling kan zonder na te denken een antwoord opnoemen binnen 2 seconden en hoeft geen denkstappen meer te nemen (Oonk et al., 2019).

- Breinvriendelijk onderwijs

Breinvriendelijk onderwijs (z.d.) geeft de volgende definitie: “Het leren van leerstof is op zo’n manier dat de hersenen de meeste verbindingen leggen, zodat het in je lange termijngeheugen komt en waarin voorzien wordt in de behoeften van de leerling.”

- Cognitieve ontwikkeling

Bij de cognitieve ontwikkeling gaat het om een mentaal proces waaronder verschillende vaardigheden vallen. Dit zijn vaardigheden zoals onthouden, denken, verwerken en het toepassen van het geleerde. Dit is ook wel de ontwikkeling van het leren.

- Neuromotorische rijping

Neuromotorische rijping is de ontwikkeling van kleins af aan van reflexen, daarna de zintuigelijke verwerking, vervolgens het ontwikkelen van een dominante hersenhelft, de samenwerking tussen de twee hersenhelften en tot slot complexe visuele en auditieve vaardigheden. Als deze verbindingen in de hersenen goed zijn aangelegd, dan wordt er optimaal geleerd (Vreeburg, z.d.).

1.6 Onderzoeksdoelen

Na het onderzoek weet de leerkracht hoe breinvriendelijk onderwijs ingezet moet worden. Bij dit breinvriendelijk onderwijs worden er verbindingen in de hersenen gemaakt waardoor informatie wordt opgeslagen in het langetermijngeheugen. Door het onderwijs breinvriendelijk te maken, kan de aanzet worden gemaakt zodat de leerlingen daarna kunnen gaan automatiseren.

1.7 Hoofdvraag en deelvragen

Na het onderzoek kan de volgende hoofdvraag worden beantwoord:

'Hoe kan de leerkracht het vermenigvuldigen in de groepen 4 tot en met 6 breinvriendelijk aanbieden?'

Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn er een aantal deelvragen opgesteld. De generieke deelvragen bestaan uit:

- *Wat houdt breinvriendelijk onderwijs in?*
- *Welke breinprincipes zijn er om breinvriendelijk onderwijs toe te passen door de leerkracht?*
- *Hoe ziet de leerlijn van vermenigvuldigen met hele getallen eruit voor de groepen 4 tot en met 6?*

De contextuele deelvragen bestaan uit:

- *In welke mate worden de breinprincipes toegepast door de leerkrachten van groep 4 tot en met groep 6?*
- *Op welke wijze biedt de leerkracht het vermenigvuldigen aan in de groepen 4 tot en met 6?*
- *Waar bevinden de leerlingen van de groepen 4 tot en met 6 zich op de leerlijn van het vermenigvuldigen?*

1.8 Structuur thesis

In het eerste hoofdstuk van de thesis wordt een introductie over het onderwerp gegeven. In het tweede hoofdstuk volgt een uitwerking van de generieke deelvragen en de conclusie van deze deelvragen. Het derde hoofdstuk omvat het contextonderzoek waarbij de methode van dataverzameling wordt beschreven van de contextuele deelvragen. Vervolgens worden de resultaten geformuleerd en een conclusie gegeven op basis van die resultaten. De conclusie en discussie worden daarna beschreven in hoofdstuk 4. In deze conclusie wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag. In het laatste hoofdstuk worden de voorlopige ontwerpeisen en ontwerpdoelen gepresenteerd. Tot slot volgen de literatuurlijst en de bijlagen.

2. Theoretisch kader

2.1 Inleiding literatuurstudie

In dit hoofdstuk wordt de theorie beschreven over breinvriendelijk onderwijs en de leerlijn van vermenigvuldigen. Dit wordt apart van elkaar bekeken. Eerst wordt breinvriendelijk onderwijs uitgelegd en vervolgens wordt er ingegaan op metacognitie. Hierna volgen de zes breinprincipes die passen bij breinvriendelijk onderwijs. Tot slot volgt het gedeelte over de leerlijn van het vermenigvuldigen. De beheersingsdoelen voor groep 4 tot en met 6, het hoofdfasenmodel en het handelingsmodel worden in dit gedeelte beschreven.

2.2 Literatuurstudie

Breinvriendelijk onderwijs

In het traditioneel onderwijs worden lesmethodes gebruikt die niet effectief zouden aansluiten over hoe het brein het beste leert. Hierbij geeft een leerkracht voor een lange tijd les zonder nieuwe prikkels te geven. Er werd gedacht dat de hersenen een vaste structuur hadden. Er werd gedacht dat vaardigheden van leerlingen daardoor niet veranderbaar waren. Echter blijkt dat het brein flexibel en veranderbaar is. Er worden steeds nieuwe verbindingen gemaakt in de hersenen. Met breinvriendelijk onderwijs kan wel op een effectieve manier worden geleerd en lesgegeven. Dit wordt gedaan zonder dat de lesstof hoeft worden aangepast (Kagan, 2017).

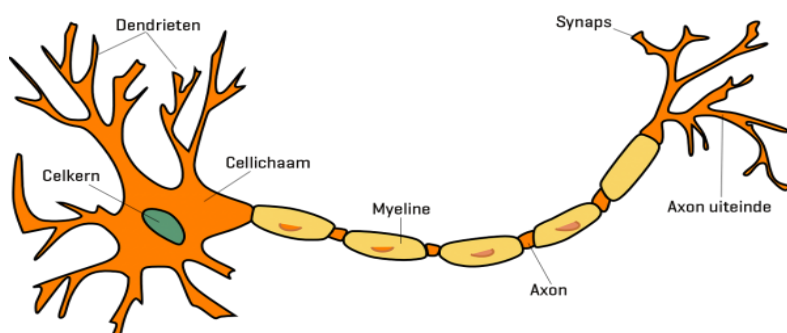
Het breinvriendelijk lesgeven zorgt ervoor dat leren betekenisvol wordt en dat het vermogen om te leren gestimuleerd wordt. Hierdoor ligt informatie sterker opgeslagen in de hersenen. Daarnaast stelt Al-Balushi en Al-Balushi (2018) dat de capaciteit van het brein afhangt van de verdiepende verbindingen tussen de neuronen, oftewel zenuwcellen, en de hoeveelheid van neuronen. Door breinvriendelijk leren wordt er betekenisvol geleerd en wordt er een netwerk aan verbindingen gemaakt. Hierdoor kan het leren in verschillende situaties beter worden toegepast.

Metacognitie

Om het leervermogen optimaal te benutten, is het belangrijk dat leerkrachten kennis hebben over de werking van het brein. Kennis over het leren wordt ook wel metacognitie genoemd. Vanuit daar kan het begeleiden en vormgeven van lessen worden aangepast.

Figuur 1

Een neuron



Opmerking. Overgenomen uit *Neuron* door Nederlands Herseninstituut, z.d. (<https://intranet.herseninstituut.nl/het-brein/begrippenlijst/neuron/>). Copyright 2023, Nederlands Herseninstituut.

Leren definieert zich als het vormen van neurale verbindingen, dus hersencellen die samen verbinden. Als er iets nieuws wordt geleerd, dan vormen neuronen een verbinding in het brein. De verbinding wordt sterker en de signalen tussen de hersencellen worden gemakkelijker doorgegeven als de informatie wordt herhaald. Bij het leren van iets nieuws gebruik je je bewuste aandacht, wat

veel energie kost. Bij sterke verbindingen worden processen geautomatiseerd en hoeft er niet meer bewust over na worden gedacht. Het positieve effect van geautomatiseerde informatie is dat er meer ruimte in het brein komt voor nieuwe informatie. Een negatief effect is dat die geautomatiseerde informatie niet op een andere manier kan worden geleerd (Dirksen et al., 2021). Een aangeleerde fout kan daardoor lastig worden veranderd. Als leerlingen zelf ontdekken hoe ze iets moeten leren, kan dit zorgen voor foutieve verbindingen (Dinteren, 2014).

Als er wordt geleerd, beginnen verschillende processen in de hersencellen in het brein. Zo worden signalen ontvangen door de dendrieten. Dit zijn de uitlopers van de hersencel, zie Figuur 1. Het axon geeft juist signalen weer door naar andere neuronen en aan de spieren. Als bij het leren verbindingen sterker worden gemaakt door herhaling, dan worden de signalen sneller doorgegeven en wordt er beter onthouden. Sommige verbindingen verdwijnen juist als er niet genoeg gebruik van wordt gemaakt (Van der Veen & Van der Wal, 2016).

Deze signalen die worden ontvangen en doorgegeven door neuronen worden ook wel neurotransmitters genoemd (Wijnroks et al., 2019). Via het axon worden neurotransmitters vervoerd en een dendriet van een ander neuron ontvangt dit. Er bestaan neurotransmitters met activerende werking waarbij het signaal zeer waarschijnlijk wordt doorgegeven. Bij een neurotransmitter met een remmende werking, wordt er niet op die prikkel gereageerd.

Om informatie van het kortetermijngeheugen over te dragen naar het langetermijngeheugen, moet informatie worden herhaald. Het kortetermijngeheugen wordt ook wel het werkgeheugen genoemd waar een bepaalde hoeveelheid informatie tijdelijk kan worden opgeslagen. De hippocampus is een onderdeel van de hersenen dat herinneringen opslaat in het langetermijngeheugen (Dirksen et al., 2021). Brown et al. (2014) stellen dat het werkgeheugen meer informatie aankan als de nieuwe stof betekenis krijgt voor de leerling. De oude kennis verbindt de leerling hierbij met de nieuwe kennis waarbij meerdere verbindingen worden gemaakt. Iets opnemen in de hersenen zonder betekenis zorgt ervoor dat de hersenen een beperkte hoeveelheid informatie aankunnen.

Breinprincipes

Bij het breinvriendelijk leren bestaan er zes breinprincipes die de leerkracht toepast in zijn onderwijs. Om het brein optimaal te laten leren, moeten leerlingen zelf ook zorgen voor bepaalde aspecten die buiten school gebeuren. Zo moeten ze bijvoorbeeld gezond eten en voldoende slaap hebben. Leerkrachten kunnen dit alleen stimuleren maar niet zelf sturen. Onderstaande principes zijn gericht op hoe de leerkracht het breinvriendelijk onderwijs kan toepassen tijdens een schooldag.

1. Focus

Voor het aanleggen van nieuwe verbindingen is het hebben van focus belangrijk. Het eerste breinprincipe focus gaat over gerichte aandacht. Het bewust selecteren waar we onze aandacht op richten, wordt ook wel actieve aandacht genoemd en kost ons energie. Het werkgeheugen kan na een tijd overbelast raken waardoor een kort rustmoment moet worden ingelast. Door korte pauzes te integreren tijdens het leren, versterken de verbindingen tussen neuronen. Die tijd waarin leerlingen weinig cognitief bezig zijn, is nodig om overbelasting van het werkgeheugen tegen te gaan en de informatie tot zich te nemen (Dirksen et al., 2021). Kagan (2017) benoemt hierbij het begin- en eindeffect. Aan het begin van de les kan in een leeg werkgeheugen veel nieuwe stof worden opgenomen. In het midden van de les wordt de stof al minder goed onthouden. Aan het eind van de les wordt de informatie herhaald die al in het werkgeheugen zit. Hiermee ondersteunt Kagan (2017) het gespreid leren met cognitieve pauzes. In deze cognitieve pauzes kan er ontspannen worden door bijvoorbeeld het hoofd op de armen te laten leggen en de leerlingen zich te laten concentreren op

hun ademhaling. Daarnaast is het belangrijk dat de leerkracht het nut vertelt van de leerstof. Hierbij vertelt de leerkracht het lesdoel en de relevantie hiervan. Die relevantie moet aansluiten op de leerlingen en op het leren zelf. Als de leerkracht vertelt dat dit op de toets komt, dan verplaatst de relevantie van het leren zelf naar het halen van goede cijfers. Leerlingen kunnen gemakkelijker de relatie leggen tussen de geleerde stof en daardoor wordt de stof beter onthouden. Leerlingen leren ook door te observeren en imiteren. Spiegelneuronen zijn actief in het brein als de leerkracht bijvoorbeeld een som op de juiste manier uitrekent. De leerkracht die een som voordoet, spiegelt zich dan in het brein van de leerling. Dezelfde hersencellen worden geactiveerd alsof je de som zelf aan het doen bent (Dirksen et al., 2021). Als leerkracht heb je de taak om de aandacht van de leerlingen te richten op de lesstof. Iets wordt beter onthouden als het aandacht krijgt. Om de aandacht te kunnen richten is het volgens Kagan (2017) belangrijk om verwerkingsmomenten in de les te plannen. Bij het verwerken wordt de lesstof geanalyseerd en worden verbindingen gemaakt in de hersenen tussen oude en nieuwe stof.

2. Herhaal

Dirksen et al. (2021) formuleert het volgende principe over herhaling. Bij herhalen worden steeds dezelfde verbindingen geactiveerd. De herhaling wordt verspreid over de tijd waarbij elke keer een verdieping is in de leerstof. Het herhalen van geleerde stof moet gespreid worden gedaan om de neurale netwerken te onderhouden. Zo is het effectief om bij het aanbieden van nieuwe stof, de oude stof te herhalen (Dirksen et al., 2021).

In de les kan ook worden herhaald door aan het einde van de les bijvoorbeeld een samenvatting te geven door de leerkracht. Vanuit de leerlingen kan ook worden samengevat door bijvoorbeeld een mindmap of aantekeningen. Brown et al. (2014) formuleren over het onderdeel herhaling dat er op een actieve manier moet worden herhaald. De stof op een actieve manier herhalen betekent dus niet het opnieuw doorlezen of de betekenis op te schrijven van de stof. Bij actieve herhaling test je jezelf of je de stof kent. Je haalt deze kennis op uit je geheugen door bijvoorbeeld vragen te beantwoorden.

3. Voortbouwen

Dit principe gaat volgens Dirksen et al. (2021) over het uitbouwen van neurale verbindingen waarbij nieuwe kennis kan voortbouwen op al bestaande kennis. Als je veel associaties hebt bij een bepaald onderwerp kun je deze ook gemakkelijker uit het geheugen ophalen. Bij die associaties kun je metaforen gebruiken die passen bij de leefwereld van de leerlingen waardoor het betekenisvol wordt. Om deze associaties op te halen, wordt voorkennis geactiveerd. Volgens Hollingsworth en Ybarra (2018) gaat het activeren van voorkennis om het verbinden van de oude en nieuwe stof. Nieuwe kennis wordt beter opgeslagen als dit aan al bestaande kennis wordt gekoppeld. Bij het activeren van voorkennis is het van belang om te vragen als leerkracht naar de algemene kennis over het onderwerp en niet specifiek over het lesdoel. Benoem als leerkracht ook het verband tussen de al bestaande en nieuwe kennis, vooral voor zwakke leerlingen. Van der Veen & Van der Wal (2016) formuleren hierbij het woord zone van naaste ontwikkeling. Beheerste kennis van de leerling wordt ook wel zone van actuele ontwikkeling genoemd. De leerling kan met deze kennis een taak zelfstandig uitvoeren en begrijpt dit. Als leerkracht kun je een leerling helpen met het hierop voortbouwen door gebruik te maken van de zone van naaste ontwikkeling. De leerling kan dan alleen de taak uitvoeren met behulp van de leerkracht en kan dit nog niet zelfstandig.

4. Emotie

Een goed pedagogisch klimaat is een voorwaarde voor het kunnen leren. Het angstsysteem en beloningssysteem zijn twee emotiesystemen in ons brein. Beiden systemen zorgen voor aandacht en activatie. Er wordt gemakkelijker geleerd als deze systemen worden geactiveerd, doordat er meer zuurstof en glucose de hersenen binnenkomt. De neurotransmitters dopamine en adrenaline zijn

belangrijk bij het leren. Dopamine zorgt voor een succesgevoel als we een activiteit succesvol zijn aangegaan. We willen dan nog meer leren en worden dus gestimuleerd door ons beloningssysteem. Nieuwe elementen in de les toevoegen, creëert dopamine bij de leerlingen. Ze willen gaan ontdekken en zijn nieuwsgierig. Zo kan bijvoorbeeld een geheime opdracht worden gegeven bij een taak die vervelend is. Gelijk komt er dan dopamine vrij omdat leerlingen nieuwsgierig worden en dat geeft een plezierig gevoel. Als het angstsysteem wordt geactiveerd, maakt het lichaam adrenaline aan voor mogelijk gevaar en word je alerter. Echter, als het gevaar intens wordt en je te veel stress hebt, kun je geen cognitieve taak uitvoeren. Bij breinvriendelijk onderwijs stelt Kagan (2017) dat de leerkracht moet zorgen voor een gevoel van veiligheid. Zorg als leerkracht voor een balans in het stressniveau. Een manier om het stressniveau te prikkelen is door bijvoorbeeld competitie-elementen met anderen en zichzelf of een beloningssysteem. Dirksen et al. (2021) benoemt hierbij voorbeelden zoals een quiz of wedstrijdje voor betere alertheid en leerprestaties. Een overschot aan stress en langdurige stress zijn niet bevorderlijk voor het leren en onthouden. Bij die langdurige stress kan de hippocampus onherstelbaar beschadigd raken waardoor nieuwe kennis minder goed kan worden overgedragen aan het langetermijngeheugen (Dirksen et al., 2021). Daarnaast stelt Lucassen et al. (2014) dat er tegenwoordig altijd stress is in onze veelvragende maatschappij. Het verschilt echter per persoon hoe diegene stress ervaart. Lucassen et al. (2014) beschrijft een studie van een dierenexperiment waarbij neuronen verdwenen in de hippocampus na langdurige stress. Breinvriendelijk onderwijs aanbieden zorgt voor een veilige leeromgeving. Zo werken humor, lachen en (spier)ontspanning bevorderlijk voor het verlagen van stress.

5. Creatie

Dirksen et al. (2021) formuleert creatie als het vijfde principe. Leerlingen gaan zelf actief bezig met uitdagingen en creëren hun eigen betekenis. Als leerlingen zelf betekenis geven aan kennis, begrijpen ze dit beter. De leerlingen worden tegemoet gekomen in het gevoel van autonomie. Bij dit breinprincipe laat je als leerkracht de leerlingen zelf nadenken en verdiepen in de stof. Bij het zelf creëren ontstaan er meer associaties waarbij kennis en ervaringen aan elkaar worden verbonden. Hierdoor wordt het neurale netwerk uitgebreid en versterkt. De verbindingen liggen dieper in het brein door het dieper nadenken. Ezelsbruggetjes, liedjes, beelden en rijmpjes lenen zich bijvoorbeeld goed voor het dieper nadenken en het goed onthouden. Dit vraagt wel voorkennis over het onderwerp.

6. Zintuiglijk rijk

Zien, horen, ruiken, proeven en voelen vormen samen onze vijf zintuigen. Door meerdere zintuigen en het bewegen tegelijk in te zetten, worden er meerdere neurale verbindingen actief. Gebruik verschillende zintuigen in de les om gemakkelijk de stof weer op te halen uit het brein. Via zintuigen komt informatie binnen in de hersenen. Een groot deel van de hersenen is gericht op visuele informatie. Beeld is gemakkelijker te onthouden dan het lezen van een stuk tekst. Bij het lezen moeten onze hersenen veel verwerken en de woorden moeten we een betekenis geven. Bij een beeld zie je de informatie in een oogopslag weer. Naast het gebruik van zintuigen tijdens de les, is het goed voor het brein om te bewegen. Bewegen zorgt voor extra doorbloeding in het lichaam en dus ook voor extra zuurstof en glucose in het brein. Hierdoor kunnen cognitieve taken beter worden uitgevoerd. Tevens worden er sterkere en nieuwe verbindingen aangemaakt door beweging. Door beweging en leren te combineren, wordt kennis beter opgeslagen en toegepast (Dirksen et al., 2021).

Er is onderzocht in welke mate van intensiteit leerlingen zouden moeten bewegen om sneller te leren. Bij dit onderzoek werden nieuwe woorden aangeleerd aan drie groepen waarbij een groep moest sprinten, hardlopen of geen beweging had. Van de groep die kort maar intensief moest bewegen, leerden de leerlingen 20 procent sneller dan de groep die langdurig ging hardlopen of de groep die geen beweging had (Kagan, 2017). Hoe intensiever er bewogen wordt, hoe meer

zuurstofrijk bloed er naar de hersenen wordt vervoerd. Dit betekent dat door het lopen van de ene kant naar de andere kant van het lokaal ook de hartslag iets verhoogd wordt, waardoor er meer bloed naar de hersenen gaat.

Een beweegmoment inplannen tijdens de les zou volgens een onderzoek van Kathryn King en Carly Scahill leiden tot betere schoolprestaties (Kagan, 2017). Ze lieten leerlingen van de groepen 3 en 4 een parcours afleggen waarbij ze tegelijkertijd kleuren moesten opnoemen. De groepen 5 tot en met 8 bewogen met beweegapparaten waar zich tegelijk een aardrijkskunde filmpje op afspeelde. De scores van de leerlingen steeg op landelijke schoolonderzoeken van 55 procent naar 68,5 procent. Tijgat (2022) formuleert dat er is onderzocht of er een verbeterde hersenwerking is in combinatie met het bewegen. Er is gekeken naar de hersenstructuur en hersenfunctie. Voor de hersenstructuur maakten hersenwetenschappers een MRI-scan van de hersenen van basisschoolleerlingen. Bij leerlingen met een verhoogde fysieke fitheid was te zien dat de hippocampus een groter volume had dan bij leerlingen met minder fysieke fitheid. Dit deel van de hersenen heeft te maken met het opslaan van informatie naar het langetermijngeheugen.

Leerlijn vermenigvuldigen hele getallen

Er wordt nu ingegaan op de leerlijn van het vermenigvuldigen. De leerlijn van het vermenigvuldigen wordt door Aartsen, Lit en Noteboom (2017) beschreven als tussendoelen voor reken-wiskunde voor het primair onderwijs. Vermenigvuldigen valt onder het domein getallen en het subdomein bewerkingen.

Beheersingsdoelen groep 4

Eind groep 4 moeten de leerlingen een aantal doelen hebben behaald met betrekking tot het vermenigvuldigen. Zo moeten de leerlingen de doelen uit groep 2 en 3 kunnen beheersen. Ze kunnen dan eenvoudige vermenigvuldigingssituaties onder de 20 met handig tellen zoals groepjes of met sprongen kunnen oplossen. De beheersingsdoelen voor groep 4 worden hieronder opgesomd (Aartsen et al., 2017).

- In groep 4 weten de leerlingen in een concrete situatie dat een ‘aantal keer’ gaat over een gelijk aantal groepjes, sprongen of rijen.
- Ze kennen het keerteken en ze kunnen dit begrijpen en toepassen.
- Onder de 100 kan de formele vermenigvuldiging in een contextsituatie worden gegeven. Zoals het zien van 3 groepjes met 4 appels en hierbij de bewerking $3 \times 4 =$ kunnen noteren.
- De leerlingen memoriseren de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10.
- De leerlingen kunnen verschillende strategieën gebruiken en uitleggen zoals herhaald optellen, verwisselen, één keer meer of minder, verdubbelen en halveren. Voorbeelden bij de strategie herhaald optellen is $3 \times 7 = 7 + 7 + 7$. Bij verwisselen weten de leerlingen dat je de keersom mag omdraaien. Eén keer meer of minder, ofwel compenseren, gebruiken de leerlingen bij bijvoorbeeld een som als $9 \times 7 = 10 \times 7$ eraf 1×7 . Het verdubbelen doen de leerlingen $2 \times 8 = 16$ dus $4 \times 8 = 32$ en bij het halveren $10 \times 4 = 40$ en de helft is $5 \times 4 = 20$.
- In probleemsituaties onder de 100 kan de leerling kritisch nadenken over de vermenigvuldiging.

Beheersingsdoelen groep 5

Om rekenkundige bewerkingen te kunnen oplossen is het informeel handelen een essentieel onderdeel. De leerlingen ontdekken wat vermenigvuldigen en andere bewerkingen met elkaar te maken hebben en passen meerdere strategieën toe (Van Groenestijn et al., 2011).

Leerlingen moeten aan het einde van groep 5 de doelen van voorgaande groepen en van het huidige jaar hebben behaald. Hieronder worden de doelen voor groep 5 opgesomd (Aartsen et al., 2017).

- In een contextsituatie onder de 1.000 kan de leerling de formele keersom geven en vanuit de formele keersom kan de leerling een contextsituatie bedenken.
- De leerlingen hebben alle tafels tot en met 10 gememoriseerd.
- De leerlingen kunnen met het inzicht in de veelvouden van 10, vermenigvuldigingen oplossen zoals 3×50 en 40×80 .
- In contextsituaties en bij formele sommen onder de 1.000 kan de leerling gebruik maken van de strategie splitsen of verdelen. Hierbij wordt een som als 3×43 gesplitst in 3×40 en 3×3 .
- De leerling begrijpt de strategieën herhaald optellen, compenseren, verwisselen, halveren en verdubbelen en analogie waarbij je sommen vergelijkt met elkaar zoals $3 \times 4 = 12$ dus $3 \times 40 = 120$. De leerlingen kunnen deze strategieën ook toepassen.
- De leerling kan schattend keersommen berekenen en uitleggen onder de 1.000. Zoals 29×28 is bijna hetzelfde als 30×30 .
- In probleemsituaties onder de 1.000 kan de leerling kritisch nadenken over de vermenigvuldiging.

Beheersingsdoelen groep 6

Eind groep 6 moeten de leerlingen de doelen hebben behaald van de groepen 2 tot en met 5 en de doelen van het huidige jaar. Hieronder worden de doelen voor groep 6 opgesomd.

- De leerlingen memoriseren de tafels tot en met 10 en onderhouden dit.
- In een contextsituatie onder de 10.000 kan de leerling de formele keersom geven en vanuit de formele keersom kan de leerling een contextsituatie bedenken.
- De leerlingen kunnen keersommen onder de 10.000 met ronde getallen snel uitrekenen. Ook kunnen de leerlingen met de strategie analogie keersommen onder de 100 snel uitrekenen zoals $3 \times 4 = 12$, dus 300×4 is dan 1200.
- Kan een vermenigvuldiging vanuit een context of een formele situatie oplossen en uitleggen door kolomsgewijs te rekenen. Hierbij wordt er één getal vermenigvuldigd met een twee- of driecijferig getal zoals 3×89 of 3×898 .
- De leerling begrijpt strategieën zoals herhaald optellen, verwisselen, analogie, compenseren, halveren en verdubbelen ($16 \times 15 = 8 \times 30$).
- De leerling kan schattend keersommen berekenen en uitleggen ongeveer onder de 10.000. Er kan geanalyseerd worden of de precieze uitkomst kleiner of groter moet zijn dan de schatting. Hierbij kan een correctie plaatsvinden.
- In probleemsituaties onder de 10.000 kan de leerling kritisch nadenken over de vermenigvuldiging (Aartsen et al., 2017).

Daarnaast maken de leerlingen kennis met het kolomsgewijs of cijferend vermenigvuldigen. Hierbij wordt er volgens een vaste procedure gewerkt naar het product van de vermenigvuldiging, dus de uitkomst (Van Groenestijn et al., 2011).

Hoofdfasenmodel rekenen bij vermenigvuldigen

In elke leerlijn worden de volgende cruciale fasen doorlopen bij rekenen.

- Begripsvorming

In de eerste fase van het hoofdfasenmodel leren leerlingen betekenis te geven aan vermenigvuldigingssituaties door deze te begrijpen en uit te leggen. Hierbij is het kennen van de juiste rekentaal cruciaal (Van Groenestijn et al., 2011). Oonk et al. (2019) benoemt hierbij voorbeelden van deze wiskundetaal zoals vermenigvuldigen, het keerteken en zoveel keer zoveel. Bij de begripsvorming wordt het rekenen in een betekenisvolle context geplaatst. Zo wordt het rekenen verbonden met een werkelijkheidssituatie en informeel handelen. Boodschappen afrekenen bij de kassa is hier een voorbeeld van. Voor jonge leerlingen is het lastig om zich te kunnen inleven in een werkelijkheidssituatie gekoppeld aan school. Ze gaan dan af op hun eigen ervaringen met de context en niet op de schoolcontext. Later kunnen de leerlingen de situatie zich steeds meer

voorstellen buiten zichzelf (Van Groenestijn et al., 2011). Om begrip te creëren moeten leerlingen zelf een passende context kunnen bedenken bij de vermenigvuldiging (Oonk et al., 2019). Afbeeldingen zijn de meest gebruikte concrete contexten die zorgen voor begripsvorming formuleren Van Groenestijn et al. (2011). Met een plaatje nemen de leerlingen de informatie beter tot zich dan een tekst waarin ze informatie moeten gaan filteren tot de kern. Het aanbieden van een context zoals een plaatje moet geen tot weinig tekst bevatten. Zo zou het aanleren van tafels verbaal en visueel moeten worden aangeboden voor leerlingen die auditief/verbaal zwak zijn. Het leren van tafels is namelijk een talige activiteit. De leerlingen kunnen ook denkmodellen of concepten gebruiken voor meer begrip vanuit een context. Denk maar aan een groepjesstructuur zoals drie groepjes van elk vier appels. Een leerkracht moet in de groepen 4 en 5 aandacht besteden aan het koppelen van de context naar een denkmodel of concept om de formele som uit te rekenen. Ook bij groep 6 moet er aandacht worden besteed aan de context en moet er niet te snel naar de formele bewerkingen worden gegaan. Als een leerling de verbinding tussen de formele som en de bijbehorende context kan uitleggen, dan heeft de leerling begrip over de leerstof. Begripsvorming vormt de basis voor verdere ontwikkeling van rekenvaardigheden. Om deze fase goed te doorlopen stellen Oonk et al. (2019) dat leerlingen ervaringen op moeten doen met vermenigvuldigen bij de drie verschillende structuren. Dit zijn dus de groepjes-, rechthoek- en lijnstructuur. De leerlingen begrijpen dat vermenigvuldigen het herhaald optellen is van steeds dezelfde hoeveelheid.

- Procedureontwikkeling

Na de fase van begripsvorming volgt het ontwikkelen van oplossingsprocedures. Aangezien tafels al snel formeel worden aangeboden, hebben vooral zwakke rekenaars nog behoefte aan concreet materiaal of visuele denkmodellen zoals een tegelpatroon. Zo voorkom je als leerkracht dat leerlingen bij vermenigvuldigingen herhaald blijven optellen doordat er geen context is. Het materiaal wordt gebruikt zodat de leerling de vermenigvuldiging kan uitleggen. De leerlingen halen op basis van een gegeven context relevante informatie over getallen eruit. Hierop wordt de gekozen oplossingsprocedure gebaseerd. Als een leerling moeite heeft met begripsvorming, dan zal de leerling ook geen oplossingsprocedures kunnen ontwikkelen en begrijpen. De leerling voert de procedure uit op basis van het geheugen maar begrijpt dit niet. Vooral oudere leerlingen willen snel vermenigvuldigingen uit kunnen rekenen. De leerkracht moet zorgen voor rust en structuur zodat de leerling vanuit zijn eigen niveau het beter kan begrijpen. De leerkracht doet dit door stof aan te passen aan de voorkennis van de leerling en hierop verder te bouwen (Van Groenestijn et al., 2011). Oonk et al. (2019) formuleert de verschillende oplossingsprocedures gericht op vermenigvuldigen. Een belangrijke oplossingsstrategie is een keersom met het tiental zoals 10×3 . Hierbij is het product, ofwel de uitkomst, van de som een 3 met een 0 erachter. Vervolgens kan een leerling ook gemakkelijk sommen met de tafel van 5 uitrekenen, want dit is de halvering van 10. Als de leerling sommen van keer 10 en keer 5 doorhebben kunnen zij deze als ankerpunt gebruiken voor de strategie één keer meer of één keer minder. Zo kan een som als 9×6 gemakkelijk worden uitgerekend door $10 \times 6 = 60$ dus één keer minder is $60 - 6 = 54$. Daarnaast zijn er nog wat strategieën zoals het verwisselen. Dit verwisselen van een keersom mag doordat een vermenigvuldiging een commutatieve eigenschap heeft. Dit betekent dat je de som mag omkeren van 9×3 naar 3×9 bijvoorbeeld. Daarnaast heeft een vermenigvuldigingsom als 13×6 een distributieve eigenschap. De som kun je dan splitsen of verdelen in $(10 \times 6) + (3 \times 6)$. Verdubbelen is een andere strategie waarbij je een som als 2×6 als $6 + 6 = 12$ kunt uitrekenen. Het is belangrijk om goed inzicht in de strategieën te creëren bij de leerlingen zodat grotere keersommen gemakkelijker kunnen worden berekend.

- Vlot leren vermenigvuldigen

Volgens Oonk et al. (2019) gaat het in deze fase om het automatiseren van de strategieën. De leerlingen weten hoe ze een vermenigvuldiging moeten uitrekenen en berekenen dit met snelle denkstappen in hun hoofd. Vermenigvuldigingen die lastig met een strategie uit te rekenen zijn,

moeten worden gememoriseerd. Door dit uit het hoofd te leren hoeven de denkstappen niet meer in de hersenen worden gemaakt. Om te gaan automatiseren moet er geoefend worden om de stof zich eigen te maken en dus te leren. Boswinkel et al. (2020) beschrijven dat een som geautomatiseerd is, als de leerling dit in 10 seconden weet. Een opgave is gememoriseerd als de leerling dit binnen 2 seconden weet.

Ook is het belangrijk om regelmatig te oefenen. Bij automatiseren en memoriseren wordt er kennis opgeslagen die betekenisvol is voor de leerling. Van der Veen & Van der Wal (2016) beschrijven het uit het hoofd leren van betekenisloze kennis als stampen. Denk maar aan het stampen van de tafels. Bij dit memoriseren wordt de leerstof snel vergeten. Zo vergeten we de helft van de leerstof na een uur (Van der Veen & Van der Wal, 2016). Als de tafels geen betekenis hebben voor de leerling wordt dit dus snel vergeten.

- Flexibel toepassen

Leerlingen weten in deze laatste fase welke kennis en vaardigheden nodig zijn om het rekenprobleem op te kunnen lossen. Het gaat hier om het geleerde te kunnen toepassen in andere situaties. Zo worden er bij het vermenigvuldigen andere contexten en verschillende getallen gebruikt (Van Groenestijn et al., 2011). Bij grotere vermenigvuldigingen is het belangrijk dat de leerlingen tafels tot en met 10 hebben gememoriseerd en dat de leerling inzicht heeft in het strategiegebruik. Er moet bij grotere vermenigvuldigingen opnieuw gebruik worden gemaakt van bepaalde strategieën op formeel niveau (Oonk et al., 2019).

Figuur 2

Het handelingsmodel



Opmerking. Overgenomen uit *Protocol ernstige rekenwiskunde-problemen en dyscalculie* (p. 137) door M. Van Groenestijn, C. Janssen en C. Borghouts, 2011 (https://erwd.nl/_downloads/protocol-ernstige-rekenwiskunde-problemen-en-dyscalculie/basisonderwijs/protocol-erwd-po-bso-so.pdf). Copyright z.d., M. Van Groenestijn, C. Janssen en C. Borghouts.

Handelingsmodel

Het handelingsmodel van Van Groenestijn et al. (2011) in Figuur 2 wordt omschreven als een model dat de ontwikkeling, gericht op rekenen, van de leerlingen in beeld brengt. Met dit model kunnen leerkrachten hun didactiek aanpassen aan het niveau van de leerlingen. Het leren gebeurt op vier verschillende handelingsniveaus van concreet naar abstract. Het eerste niveau gaat over het informeel handelen waarbij een werkelijkheidssituatie wordt nagedaan en dus samen iets wordt beleefd of gedaan. Een voorbeeld hiervan is het optellen van 4 groepjes met 3 knikkers die de leerlingen voor zich hebben liggen. Hierna volgt het concreet voorstellen van een rekensom. Met een afbeelding maken de leerlingen zich een voorstelling van de situatie zoals een plaatje van groepjes met dezelfde hoeveelheid knikkers. Het derde niveau gaat om het abstract voorstellen van de werkelijkheid door denkmodellen. De leerlingen zien dan een schematische weergave van groepjes met rondjes in plaats van echte knikkers. In dit voorbeeld gaat het om een groepjesstructuur

als denkmodel. Het hoogste en laatste niveau van het handelingsmodel is het formeel handelen. Hierbij moet een leerling een formele som uitrekenen, dus alleen met getallen. Onder dit niveau valt ook een tekst over de som waaruit de leerling de formele som moet halen.

Bij de verschillende fasen van het handelingsmodel, is het belangrijk dat de leerling zijn denkstappen kan verwoorden of communiceren. Zo wordt er bekeken of de leerling begrip heeft over de stof. Daarnaast geeft de leerling betekenis aan de stof door mentaal te handelen en dus in de hersenen de stof te verwerken.

2.3 Conclusie literatuurstudie

Het blijkt dat er steeds nieuwe verbindingen in de hersenen worden gemaakt, omdat het brein flexibel en veranderbaar is. Door breinvriendelijk onderwijs hoeft de stof niet worden aangepast maar kan er op een betekenisvolle manier verbindingen worden aangemaakt (Al-Balushi & Al-Balushi, 2018). Hierbij is het belangrijk voor leerkrachten om kennis te bezitten over het leren, oftewel metacognitie. Het leren bestaat uit het vormen van neurale verbindingen die signalen doorgeven vanuit het axon van de hersencel en die worden ontvangen door de dendriten. Bij sterke verbindingen zijn processen geautomatiseerd en hoeft je er niet meer over na te denken. Geautomatiseerde informatie kan lastig worden veranderd waardoor een aangeleerde fout moeilijk op een andere manier kan worden aangeleerd (Dirksen et al., 2021). Brown et al. (2014) stellen dat het kortetermijn, of het werkgeheugen, meer informatie aankan als dit betekenisvol is. Door herhaling wordt informatie uit het werkgeheugen overgedragen naar het langetermijngeheugen. Er bestaan een zestal breinprincipes die passen bij breinvriendelijk onderwijs (Dirksen et al., 2021). Het eerste breinprincipe focus gaat over gerichte aandacht. Actieve bewuste aandacht vraagt energie en het werkgeheugen kan overbelast raken. Om dit te voorkomen kan er een rustmoment gericht op ademhaling bijvoorbeeld worden ingepland. Ook moet de leerkracht het nut en doel van de leerstof uitleggen gericht op de leerlingen en het leren. Door een som voor te doen worden spiegelneuronen actief alsof de leerlingen het zelf doen. Tot slot zijn verwerkingsmomenten belangrijk voor het richten van de aandacht en het maken van verbindingen in de hersenen (Kagan, 2017). Herhaal is het tweede breinprincipe. Bij verspreide herhaling worden dezelfde verbindingen geactiveerd en verdiept. Bij het aanbieden van nieuwe stof moet oude stof worden herhaald door bijvoorbeeld de stof samen te vatten. Herhaling moet uitdagend blijven voor een diepere verwerking (Brown et al., 2014). Het principe voortbouwen gaat over het uitbouwen van neurale netwerken waarbij nieuwe en oude kennis wordt gekoppeld. Door gebruik van associaties of metaforen bij een onderwerp wordt het betekenisvol. Leerlingen die moeite hebben met het zelfstandig verwerven van nieuwe kennis, kunnen geholpen worden door de leerkracht in de zone van naaste ontwikkeling (Van der Veen & Van der Wal, 2016). Het activeren van ons angst- en beloningssystemen zorgen voor dopamine en adrenaline waardoor er gemakkelijker kan worden geleerd bij het breinprincipe emotie. Dit kan door een nieuw element in de les toe te voegen om het stressniveau te prikkelen of nieuwsgierigheid te wekken en door een veilige leeromgeving met humor en ontspanning (Kagan, 2017). Bij het principe creatie laat je leerlingen zelf betekenis geven aan kennis door zelf nadenken en verdieping. Kennis en ervaring worden aan elkaar verbonden. Het laatste breinprincipe zintuiglijk rijk gaat over het toevoegen van meerder zintuigen, vooral visueel, in de les zodat er meerdere neurale verbindingen actief worden. Beweging zorgt daarnaast voor extra doorbloeding en daarmee extra zuurstof in de hersenen waardoor betere resultaten worden behaald (Kagan, 2017).

In de doelen voor groep 4 tot en met 6 over vermenigvuldigen staat beschreven dat de leerlingen begrip moeten hebben over de vermenigvuldiging en dit kunnen toepassen (Aartsen et al., 2017). Groep 5 en 6 moeten de strategieën en de tafels van 1 tot en met 10 beheersen. Groep 4 hoeft echter alleen de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10 te beheersen en de veelvouden van tien en splitsstrategie worden in deze groep nog niet aangeboden.

In de eerste fase, de begripsfase, van het hoofdfasenmodel bij vermenigvuldigen leren leerlingen betekenis te geven aan de vermenigvuldiging. Dit wordt gedaan met visuele contexten. Tafels leren is een talige activiteit en zou ook visueel moeten worden aangeboden (Van Groenestijn et al., 2011). Vervolgens bij procedureontwikkeling, leren de leerlingen strategieën aan om vermenigvuldigingen op te kunnen lossen. De strategieën worden daarna geautomatiseerd, met snelle denkstappen uitgerekend, bij het vlot leren vermenigvuldigen. Tafels zonder strategie worden uit het hoofd geleerd, dus gememoriseerd (Oonk et al., 2019). Tot slot kunnen de leerlingen in de laatste fase bij het flexibel toepassen het geleerde toepassen in een andere situatie. Met het handelingsmodel kan de leerkracht zijn didactiek aanpassen aan het niveau van de leerling door de volgende niveaus te hanteren. Dus van informeel handelen, voorstellen concreet, voorstellen abstract naar formeel handelen (Van Groenestijn et al., 2011).

3. Contextonderzoek

3.1 Inleiding contextonderzoek

Voor het contextonderzoek worden de drie contextuele deelvragen onderzocht en geanalyseerd. Per deelvraag wordt de methode van dataverzameling beschreven en vervolgens volgen de resultaten en de conclusie van het contextonderzoek.

3.2 Methode contextonderzoek

Deelvraag 1: In welke mate worden de breinprincipes toegepast door de leerkrachten van groep 4 tot en met groep 6?

Methode van dataverzameling: Er is gekozen voor een kwantitatief onderzoek waarbij er wordt bekeken in welke mate iets voorkomt (Van der Donk & Van Lanen, 2016). Dit wordt gedaan aan de hand van observatie en bevraging. Bij bevragen is er sprake van een combinatie tussen kwantitatief en kwalitatief onderzoek door de combinatie van open en gesloten vragen, zie Bijlage I.

Instrumenten: Er wordt gebruik gemaakt van een gestandaardiseerde observatielijst, zie Bijlage II. Hierbij wordt er in beide groepen geobserveerd aan de hand van dezelfde observatiepunten. Deze observatielijst is zelf samengesteld op basis van de theorie van Kagan (2017) en Dirksen et al. (2021). Hierbij is er een driepuntsschaal gemaakt om de gesloten observatiepunten te beoordelen. Bij het bevragen wordt er gebruik gemaakt van een aantal open en gesloten vragen in de vorm van een interview. Deze vragen zijn met dezelfde theorie opgesteld met als doel te vergelijken met de observatie. De observatiepunten dienen als vragen voor de leerkracht, waarop kan worden doorgevraagd met openvragen.

Procedure: Bij het observeren wordt er bekeken of de zes beschreven breinprincipes niet, met mate of wel voorkomen. Er wordt zelf niet deelgenomen in de rekenles maar dit wordt vanuit een afstand in de klas bekeken. De observatielijst valt onder een gestructureerde observatie (Van der Donk & Van Lanen, 2016). Hierbij wordt er met concrete punten naar bepaalde aspecten gekeken. Er wordt een rekenles geobserveerd van de leerkrachten van groep 4/5 en van groep 6. Bij groep 4/5 worden de rekenlessen voor beide groepen apart geobserveerd. Daarna worden de leerkrachten bevraagd met een interview over welke breinprincipes zij gebruiken om dit te kunnen vergelijken met de observatie. Dezelfde observatiepunten worden gebruikt als vragen voor de leerkracht. Bij de vragen wordt er een voorbeeld gevraagd van de leerkracht. De antwoorden worden digitaal vastgelegd. Op basis van deze vastgelegde antwoorden op de vragen wordt er geconcludeerd of de leerkrachten de observatiepunten wel, met mate of niet beheersen. Tot slot wordt de data geanalyseerd en omgezet in percentages.

Deelnemers: De leerkracht van groep 4/5 en van groep 6 worden geobserveerd en bevraagd. De leerlingen maken een deel uit van deze observatie doordat zij meedoen met de rekenles van de leerkracht.

Materiaal: Voor de observatie is de observatielijst nodig. De observatielijst in de vorm van vragen wordt gebruikt bij het interview. De belangrijkste bevindingen van het gesprek worden digitaal vastgelegd.

Data-analyse: Vanwege het gesloten karakter van de observatiepunten kan de data gemakkelijk worden omgezet naar getallen. Er wordt gebruik gemaakt van analysemethode 6 waarbij de getallen worden omgezet in procenten (Van der Donk & Van Lanen, 2016). De beoordeelde

observatiepunten worden gekoppeld aan scores. Als het observatiepunt niet wordt toegepast, dan krijgt het een score van 0. Als dit met mate wordt toegepast, dan krijgt het een score van 1. Tot slot krijgt een observatiepunt die wel wordt toegepast een score van 2. De scores worden per breinprincipe bij elkaar op geteld. Daarna wordt er met de volgende formule de getallen omgezet in percentages: $100\% : \text{totaalscore breinprincipe} \times \text{behaalde score breinprincipe} = \text{percentage van toepassing breinprincipe}$. De totaalscores van de breinprincipes worden in Tabel 1 weergegeven.

Tabel 1

Totaalscores per breinprincipe

Breinprincipe	Volledig toegepast (100%) met bijbehorende totale score
Focus	100% = 8
Herhaal	100% = 8
Voortbouwen	100% = 6
Emotie	100% = 6
Creatie	100% = 2
Zintuiglijk rijk	100% = 4

Bij de vragen, beantwoord door de leerkrachten, wordt op basis van een eigen beoordeling bepaald of de leerkrachten de breinprincipes niet, met mate of wel uitvoeren. Deze data worden op dezelfde manier als bij de observatie geanalyseerd en dus omgerekend naar percentages.

De percentages per breinprincipe van de groepen 4 tot en met 6 worden samengevoegd vanuit de observatie en de bevraging in één staafdiagram. Deze staafdiagram geeft aan in welke mate elke breinprincipe wordt toegepast door de leerkrachten van groep 4 tot en met 6. Er wordt aangegeven per groep en van alle groepen samen met welk percentage het principe wordt toegepast. Hoe hoger het percentage, hoe meer dit breinprincipe wordt toegepast. De berekeningen van de geanalyseerde data is weergegeven in Bijlage III.

Deelvraag 2: Op welke wijze biedt de leerkracht het vermenigvuldigen aan in de groepen 4 tot en met 6?

Methode van dataverzameling: De vorm van dataverzameling bij deze deelvraag is bevragen volgens kwalitatief onderzoek. De antwoorden liggen dan niet vast maar zijn open van karakter (Van der Donk & Van Lanen, 2016).

Instrumenten: Er wordt hierbij gekozen voor een interview. Het interview bestaat uit openvragen gebaseerd op de theorie van Van Groenestijn et al. (2011) en Oonk et al. (2019). De vragen richten zich op het hoofdfasenmodel en het handelingsmodel.

Procedure: Het interview wordt individueel met de leerkrachten van groep 4/5 en groep 6 gevoerd. Het gesprek zal plaatsvinden in de school buiten schooltijden. De op theorie gebaseerde vragen vormen de kern van het gesprek waarbij er kan worden doorgevraagd op bepaalde antwoorden van de leerkracht. Hier worden aantekeningen van gemaakt.

Deelnemers: Het gesprek wordt gevoerd met de leerkracht van groep 4/5 en van groep 6.

Materiaal: Voor het interview is de vragenlijst nodig en een digitaal middel om de geformuleerde antwoorden te kunnen vastleggen.

Data-analyse: Vanwege het open karakter van het interview spreken we hier over minder gestructureerde data dat niet gemakkelijk in getallen is uit te drukken. Het analyseren van deze minder gestructureerde data wordt ook wel inhoudsanalyse genoemd. Deze inhoudsanalyse wordt uitgevoerd aan de hand van thematisch coderen, analysemethode 11 (Van der Donk & Van Lanen, 2016). De data uit het interview wordt gesorteerd op thema's waarbij er een samenvatting wordt weergegeven van de antwoorden van de leerkrachten. Het interview van de leerkrachten worden vervolgens per thema horizontaal met elkaar vergeleken aan de hand van analysemethode 12. De belangrijkste bevindingen worden na het vergelijken beschreven. In de resultaten worden de belangrijkste thema's met de bevindingen geformuleerd.

Deelvraag 3: Waar bevinden de leerlingen van de groepen 4 tot en met 6 zich op de leerlijn van het vermenigvuldigen?

Methode van dataverzameling: Er wordt kwantitatief onderzoek gedaan om te bekijken in welke mate iets voorkomt. Er wordt achterhaalt of de leerlingen een bepaald deel van de leerlijn wel of niet beheersen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de methode bevragen.

Instrumenten: Het gekozen instrument is een test. Hierbij wordt de huidige cognitieve ontwikkeling gericht op vermenigvuldigen bevraagd. Hierbij zijn vragen bedacht gebaseerd op de theorie van Aartsen et al. (2017), Van Groenestijn et al. (2011), Oonk et al. (2019) en Boswinkel et al. (2020). Deze vragen zijn gericht op twee verschillende doelen. Het eerste doel gaat over de gememoriseerde kennis van de tafels en het tweede doel gaat over het strategiegebruik van de leerlingen.

Procedure: Voor het uitvoeren van de test bij de leerlingen uit groep 4 tot en met 6 is er gebruik gemaakt van een representatieve steekproef. Hierbij wordt een deel van de leerlingen geselecteerd en wordt gezien als de gehele populatie of klas (Van der Donk & Van Lanen, 2016). Er is van elke groep een zwakke, gemiddelde en sterke rekenaar gekozen. Per leerling wordt de test afgenomen over de strategieën waarbij de leerling zijn denkstappen uitlegt. Daarnaast worden de leerlingen bevraagd op tafelsommen. De leerlingen krijgen van elke tafel drie sommen die ze zo vlot en correct mogelijk moeten opzeggen. De leerlingen benoemen de antwoorden waaruit kan worden opgemaakt of de leerlingen de tafels hebben gememoriseerd of geautomatiseerd. Als een leerling de keersom binnen 2 seconden weet, dan is de som gememoriseerd. Als een leerling dit binnen 10 seconden weet, dan is de keersom geautomatiseerd (Boswinkel et al., 2020). De test wordt onder schooltijd uitgevoerd op een rustige plek binnen de school.

Deelnemers: Er zijn drie leerlingen geselecteerd uit elke groep van 4 tot en met 6. Er zijn dus negen leerlingen die deelnemen aan de test.

Materiaal: Voor het maken van de test worden de vragen uitgeprint waar ook ruimte is om berekeningen op te schrijven. Bijzonderheden over de denkstappen van de leerlingen worden tijdens de test worden digitaal vastgelegd.

Data-analyse: Aan de hand van de antwoorden en berekeningen van de leerlingen wordt beoordeeld of de leerling dit onderdeel van de leerlijn over strategiegebruik wel of niet beheerst en welke tafels zijn gememoriseerd, geautomatiseerd of niet worden beheerst. De twee doelen worden in twee verschillende grafieken weergegeven voor de groepen 4 tot en met 6 samen. In de grafiek in Figuur 4, worden de negen leerlingen uit de steekproef weergegeven en de tafels van 1 tot en met 10. Bij elke tafel wordt aangetoond hoeveel leerlingen uit de groepen 4 tot en met 6 de tafel hebben

geautomatiseerd, gememoriseerd of dat de leerling de tafel niet beheerst. In de grafiek voor het strategiegebruik (Figuur 5) van de negen leerlingen wordt aangetoond hoeveel leerlingen de strategie wel of niet beheersen per strategie aan de hand van juiste of onjuiste antwoorden op de test.

3.3 Resultaten contextonderzoek

Per deelvraag worden de resultaten weergegeven waarbij de belangrijkste bevindingen worden geformuleerd.

3.3.1 Breinprincipes

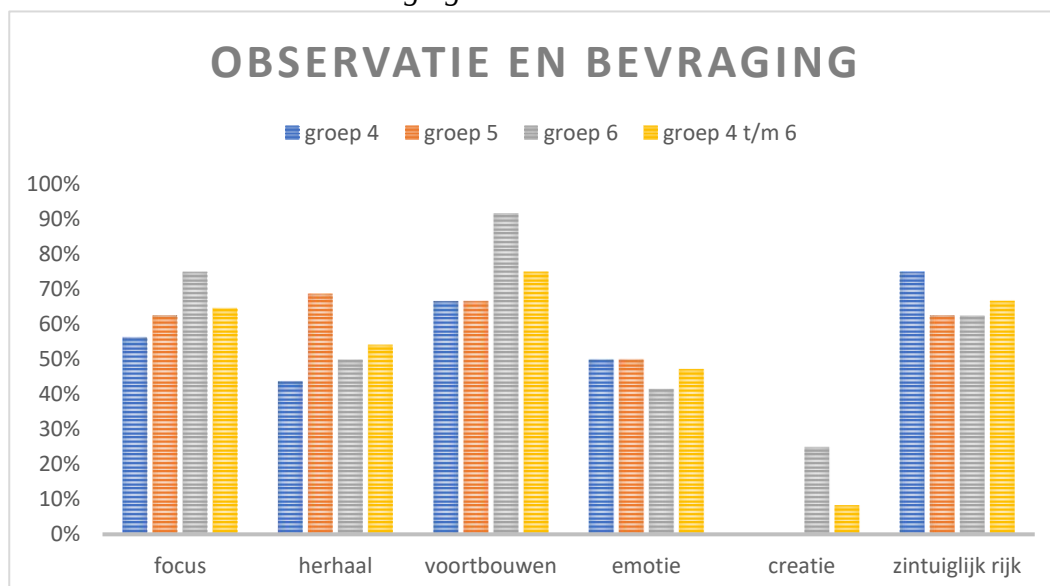
In deze paragraaf worden de resultaten van de observatie en de bevraging weergegeven. Eerst volgen opmerkelijkste bevindingen tussen de observatie en bevraging.

Uit de observaties blijkt dat het principe creatie met 0% wordt toegepast tijdens de rekenles. Door middel van bevraging hebben de leerkrachten zelf aangegeven in welke mate zij de principes toepassen. Opmerkelijk hierbij is dat de leerkracht van groep 6 zegt met mate het principe creatie toe te passen. De leerkracht vertelt hierbij: “Ik gebruik wel eens de spelvorm mix en koppel. De leerlingen maken een som en wisselen deze dan uit.”

In Figuur 3 zijn de observatie en bevraging in combinatie weergegeven. Er valt in dit figuur te zien bij alle groepen creatie het minst wordt toegepast met 8,33%. Daarna wordt emotie het minste toegepast. Dit valt te verklaren doordat er op één van de drie vragen/observatiepunten 0% is gescoord bij het principe emotie. Dit betekent dat de leerkrachten van groep 4 tot en met 6 geen nieuwe elementen toevoegen bij de les om nieuwsgierigheid te wekken. Het principe herhaal wordt met 54,17% toegepast door de leerkrachten, het principe focus wordt toegepast met 64,58%, zintuiglijk rijk met 66,7% en voortbouwen met 75%.

Figuur 3

Resultaten observatie en bevraging.



3.3.2 Vermenigvuldigen aanbieden

Aan de hand van thematisch coderen zijn de belangrijkste antwoorden uit het interview per thema beschreven in Bijlage IV. De antwoorden zijn horizontaal met elkaar vergeleken en de overeenkomsten en verschillen tussen de antwoorden zijn kort weergegeven bij de bevindingen. De

leerkracht van groep 4/5 geeft bij bepaalde thema's dezelfde antwoorden doordat dit op dezelfde manier wordt aangeboden voor beide groepen. De vragen van het interview met de bijbehorende theorie is te vinden in Bijlage V. De belangrijkste bevindingen worden hieronder bij elk thema geformuleerd.

Voor het thema visualisatie en materiaal blijkt dat er contexten uit de methode worden gehaald. De leerkracht van groep 6 maakt soms zelf een context die betekenisvol is voor de leerlingen uit de klas. Materiaal wordt daarnaast gebruikt als er geen begrip is.

Uit vragen over het thema strategieën blijkt dat leerkrachten het verdubbelen en halveren niet toepassen in de lessen. De leerkracht van groep 4/5 geeft aan dat de strategie niet nodig is als de leerlingen de tafels kennen. De groep 6 leerkracht vindt deze strategieën wel belangrijk.

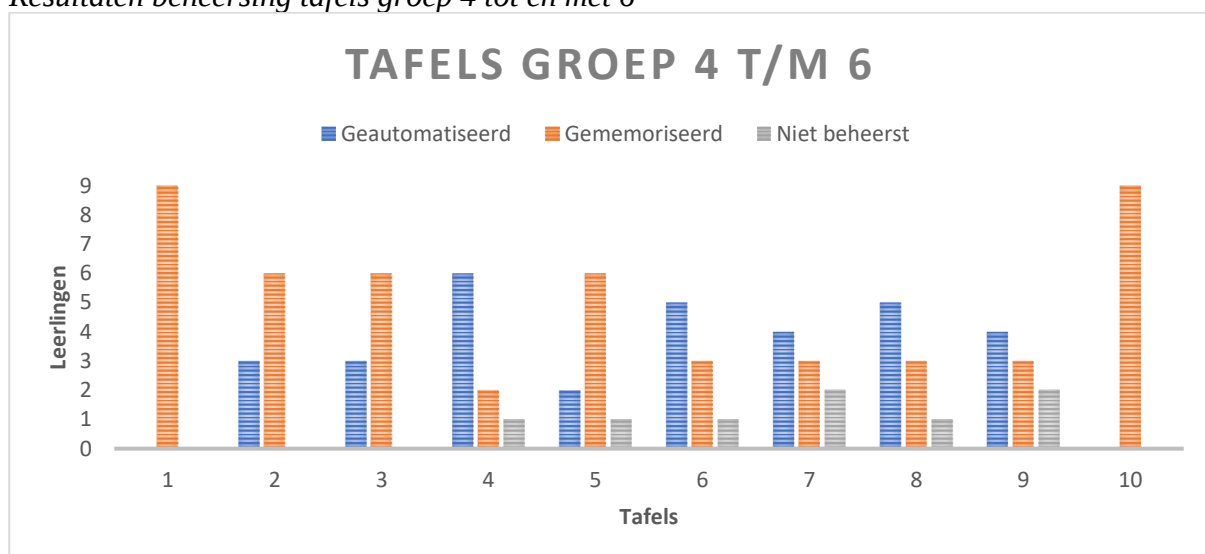
Tot slot het thema automatiseren en memoriseren. De leerkrachten geven aan vooral de tafels te oefenen met werkbladen of online de tafels te oefenen in vorm van spelletjes.

3.3.3 Leerlingen op de leerlijn

In Figuur 4 is de geanalyseerde data te zien van het onderdeel memoriseren op de leerlijn. In de grafiek valt te zien dat een aantal tafels gememoriseerd zijn door een bepaald aantal leerlingen. De tafel van 1 en 10 zijn door alle leerlingen uit de steekproef gememoriseerd. De tafel van 2, 3 en 5 door 6 leerlingen. De tafel van 6, 7, 8 en 9 door 3 leerlingen en de tafel van 4 door 2 leerlingen. De tafel van 2 en 3 zijn geautomatiseerd door 3 leerlingen; de tafel van 4 door 6 leerlingen; de tafel van 5 door 2 leerlingen; de tafel van 6 en 8 door 5 leerlingen en als laatste de tafel van 7 en 9 door 4 leerlingen. Tot slot worden er ook een aantal tafels niet beheerst door de leerlingen. De tafel van 4, 5, 6, 8 en 9 wordt door 1 leerling niet beheerst en de tafel van 7 door 2 leerlingen.

Een opvallend gegeven bij groep 4 is dat één leerling de tafels van 4, 5, 7, en 9 niet kent. Bovendien hebben de leerlingen uit groep 4 alleen de tafels van 1 en 10 gememoriseerd. Bij groep 5 beheerst één leerling de tafels van 6, 7, 8, en 9 niet.

Figuur 4
Resultaten beheersing tafels groep 4 tot en met 6

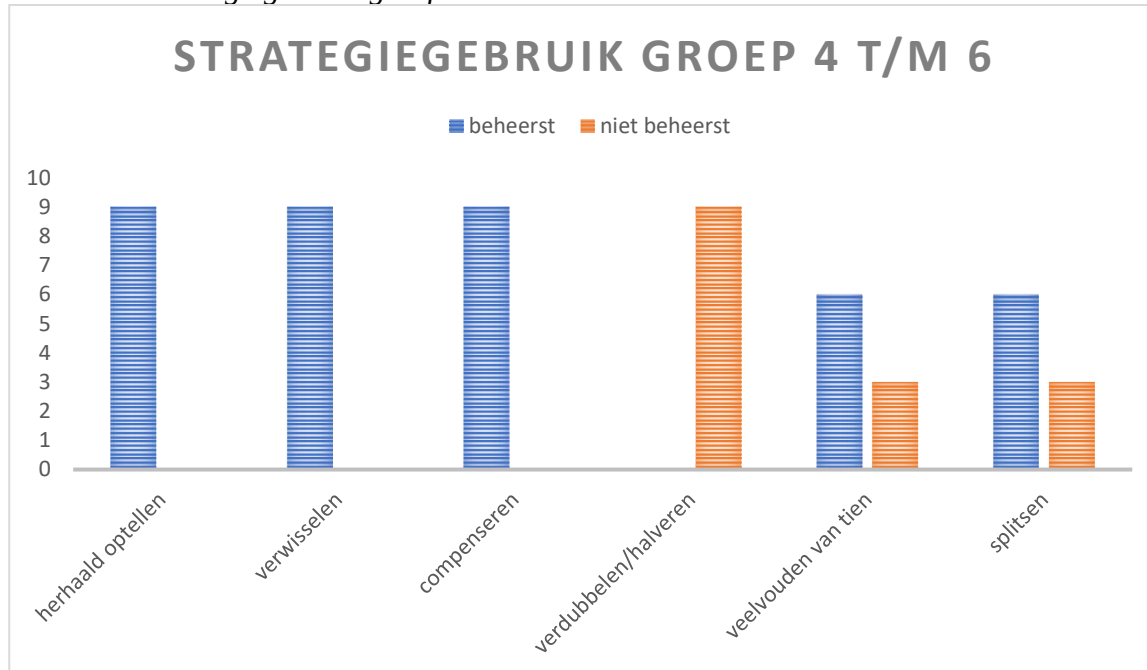


In Figuur 5 is de geanalyseerde data te zien van het onderdeel strategiegebruik op de leerlijn. In de grafiek is te zien dat herhaald optellen verwisselen en compenseren door alle leerlingen worden beheerst. De strategieën verdubbelen en halveren wordt niet beheerst door de leerlingen. De

leerlingen gebruiken deze strategieën niet vanuit zichzelf en passen dit alleen toe na uitleg. Bij de strategieën veelvouden van tien en splitsen is te zien dat 6 leerlingen deze strategieën wel beheersen uit groep 5 en 6 en dat 3 leerlingen uit groep 4 deze strategie niet beheersen.

Figuur 5

Resultaten strategiegebruik groep 4 tot en met 6



3.4 Conclusie contextonderzoek

Vanuit de resultaten kan de volgende contextuele deelvraag worden beantwoord: “In welke mate worden de breinprincipes toegepast door de leerkrachten van groep 4 tot en met groep 6?”

Als we de observatie en bevraging met elkaar vergelijken, dan kunnen we de principes op een rij zetten van meest toegepast naar minst toegepast. Dus van voortbouwen (75%), zintuiglijk rijk (66,7%), focus (64,6%), herhaal (54,2%), emotie (47,2%) naar creatie (8,3%). Het blijkt vanuit de methode bevragen dat de leerkracht van groep 6 met mate het principe creatie gebruikt. Echter is dit principe niet toegepast door de groep 6 leerkracht tijdens de observatie. De leerkracht van groep 4/5 past creatie niet toe tijdens de lessen blijkt uit de bevraging en observatie. Dus wordt het principe creatie het minst toegepast met een percentage van 8,3%.

Er wordt een conclusie gegeven op de volgende deelvraag: “Op welke wijze biedt de leerkracht het vermenigvuldigen aan in de groepen 4 tot en met 6?”

De belangrijkste bevindingen in de resultaten laten zien dat er verschil zit in het aanbieden van contexten tussen de leerkrachten. De leerkracht van groep 6 maakt, naast de contexten uit de methode, zelf contexten die aansluiten op de leefwereld van de leerlingen. Materiaal wordt gebruikt als er geen begrip is.

De strategieën verdubbelen en halveren worden door de leerkrachten niet toegepast in de lessen. Echter is het aanbieden van deze strategieën belangrijk voor zwakke leerlingen en om grotere keersommen uit te kunnen rekenen (Oonk et al., 2019). De leerkracht van groep 6 geeft aan dat ze deze strategieën wel belangrijk vindt. De groep 4/5 leerkracht stelt dat deze strategieën niet nodig zijn als de leerlingen de tafelsommen kennen. Vanuit het aanleren van verschillende strategieën, wordt de fase van het vlot leren rekenen ingezet. Hierbij worden de gegeven strategieën voor de

keersommen gebruikt om de tafels te automatiseren. Dus door de strategie snel uit te voeren in denkstappen. Vanuit daar worden de tafelsommen gememoriseerd. Dit automatiseren en memoriseren van tafelsommen wordt geoefend door werkbladen en online spelletjes.

Tot slot wordt de volgende deelvraag beantwoord: “Waar bevinden de leerlingen van groepen 4 tot en met 6 zich op de leerlijn van het vermenigvuldigen?”. Aartsen et al. (2017) formuleren de einddoelen van het schooljaar over het memoriseren van de tafels. Zo moet groep 4 de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10 kennen en groep 5 en 6 moeten alle tafels hebben gememoriseerd. Uit de resultaten blijkt dat alleen de tafels van 1 en 10 door alle groepen zijn gememoriseerd. Ook blijkt dat groep 4 alleen nog de tafel van 1 en 10 heeft gememoriseerd. Dus de tafels van 2 tot en met 9 zijn nog niet gememoriseerd door de groepen 5 en 6. Groep 4 heeft de tafels van 2 tot en met 5 nog niet gememoriseerd.

Daarnaast stellen Aartsen et al. (2017) dat groep 4 de strategieën herhaald optellen, verwisselen, compenseren, verdubbelen en halveren moeten beheersen en groep 5 en 6 daarbij het splitsen en veelvouden van tien. Het splitsen en de veelvouden van tien worden niet beheerst door de leerlingen van groep 4. Deze strategieën staan niet in de einddoelen van groep 4 waardoor de leerlingen dit nog niet beheersen. Er valt te concluderen dat de strategieën volgens de einddoelen door de groepen worden beheerst behalve voor de strategie verdubbelen en halveren. Deze strategie wordt niet zelfstandig door de leerlingen gebruikt en zijn hier dus niet bekend mee.

4. Conclusie en discussie

In dit hoofdstuk worden de discussie en conclusie beschreven. In de conclusie wordt er antwoordt gegeven op de hoofdvraag en vervolgens een advies gegeven.

4.1 Discussie

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende instrumenten. Zo is een observatie gedaan met opgestelde observatiepunten vanuit verschillende literatuurbronnen. Er is gebruik gemaakt van betrouwbare bronnen over breinvriendelijk onderwijs van Kagan (2017) en Dirksen et al. (2021). De observatie vond plaats tijdens een rekenles waarin de principes zich mogelijk konden voordoen. De keuze voor de rekenles is gerelateerd aan het onderzoek en de bijbehorende hoofdvraag. Door de gesloten observatiepunten die zich richten op de deelvraag over breinvriendelijke principes, kan de validiteit worden aangetoond. De punten weerspiegelen de situatie nauwkeurig doordat er wordt gericht op de kern van de breinprincipes. Echter valt er een negatief effect te benoemen van de gebruikte beoordelingsschaal van de observatie. De punten kunnen namelijk minder objectief worden beoordeeld doordat er naar bepaalde punten strenger wordt gekeken dan naar andere punten (Van der Donk & Van Lanen, 2016). Om de betrouwbaarheid te vergroten, zijn er meerdere methoden van dataverzameling voor deze deelvraag gebruikt. Bij deze triangulatie is er gebruik gemaakt van de methode bevraging. Dezelfde observatiepunten zijn gebruikt voor het interview waardoor dit gemakkelijk met elkaar kan worden vergeleken.

Bij de deelvraag over hoe leerkrachten het vermenigvuldigen aanbieden, is gebruik gemaakt van open interviewvragen. De vragen zijn opgesteld op basis van de theorie van Van Groenestijn et al. (2011) en Oonk et al. (2019). Door gerichte open vragen te stellen worden geïnterpreteerde antwoorden vermeden. Hiermee krijg je een betrouwbaar beeld van de didactiek van de leerkracht. Bij herhaling van het interview zouden de antwoorden en daarmee de resultaten hetzelfde zijn. Hetzelfde geldt voor het instrument dat gebruikt is om vast te stellen waar de leerlingen zitten op de leerlijn van het vermenigvuldigen. Er is gebruik gemaakt van een test waarbij de inhoud af is gestemd op de doelen van het automatiseren en memoriseren en het strategiegebruik.

Uit de resultaten blijkt dat de leerkrachten het principe creatie het minst gebruiken en blijkt voor het vermenigvuldigen dat de tafels van 2 tot en met 9 niet worden gememoriseerd. Dit resultaat voldoet niet aan de verwachting van de einddoelen van Aartsen et al. (2017). Daarnaast blijkt dat de leerlingen de strategie van het verdubbelen en halveren nog niet zelfstandig beheersen. Oonk et al. (2019) stellen dat het aanbieden van strategieën van belang is voor zwakke leerlingen en om grotere keersommen uit te rekenen. Een verklaring voor het niet beheersen van deze strategie is dat de leerkrachten deze strategieën niet aanbieden. De leerkracht van groep 6 geeft aan deze strategie echter wel belangrijk te vinden en de leerkracht van groep 4/5 stelt dat de strategie niet nodig is als de leerlingen de tafelsommen al kennen.

In het onderzoek zijn er een aantal beperkingen zichtbaar. Zo is het breinvriendelijk onderwijs een breed onderwerp waardoor er voor is gekozen om specifiek te focussen op de breinprincipes van breinvriendelijk onderwijs. Ook wordt er in de leerlijn van het vermenigvuldigen ingegaan op twee relevante doelstellingen en niet op de gehele leerlijn. De leerlijn is wel getest maar bevatte geen relevante uitkomst voor het onderzoek naast het strategiegebruik en de tafels. Tot slot wordt Van Groenestijn et al. (2011) in de literatuurstudie gebruikt om het handelingsmodel te beschrijven. Dit is een verouderde bron

uit 2011. Echter wordt het handelingsmodel in de huidige didactiek nog steeds gebruikt en is deze tot op heden ook niet aangepast.

4.2 Conclusie en advies

In de conclusie wordt ingegaan op de literatuurstudie en het contextonderzoek. In samenhang wordt er antwoord gegeven op de hoofdvraag: “Hoe kan de leerkracht het vermenigvuldigen in de groepen 4 tot en met 6 breinvriendelijk aanbieden?”.

Bij het aanbieden van breinvriendelijk onderwijs wordt er op een betekenisvolle manier verbindingen in de hersenen gemaakt. Om die verbindingen te maken kunnen de leerkrachten de breinprincipes toepassen in de didactiek van het vermenigvuldigen. Zo begint het vermenigvuldigen in de fase van begripsvorming. Hierbij geven leerlingen betekenis aan de vermenigvuldiging met contexten. Door gebruik te maken van meerdere zintuigen, worden meerdere neurale verbindingen actief. Zo kunnen contexten auditief en visueel worden aangeboden. Bij het activeren van meerdere zintuigen, geven de leerlingen betekenis aan de vermenigvuldiging. Kagan (2017) stelt dat beweging zorgt voor beter prestaties doordat de hersenen extra zuurstof krijgen. Beweging wordt al toegepast in de groepen 4 tot en met 6 door de leerkracht. Na de begripsvorming komt de procedure ontwikkeling waarbij strategieën worden aangeleerd. Uit het contextonderzoek blijkt dat de leerlingen alle strategieën kennen behalve het halveren en verdubbelen. De leerkrachten zelf geven ook aan dat ze dit niet aanbieden. Bij het aanleren van strategieën kan de leerkracht gebruik maken van het voortbouwen. Hierbij wordt oude kennis gekoppeld aan nieuwe kennis (Dirksen et al., 2021). Vanuit het begrip van de vermenigvuldiging kan de leerling de strategie gaan beheersen. De leerkracht kan met de zone van naaste ontwikkeling de leerling helpen om de nieuwe kennis of strategie weer zelfstandig te verwerken (Van der Veen & Van der Wal, 2016). Hierbij kan de leerkracht gebruik maken van het handelingsmodel waarop de didactiek kan worden aangepast gericht op het niveau van de leerling (Van Groenestijn et al., 2011). De vermenigvuldigingsstrategieën worden uiteindelijk geautomatiseerd in de fase van het vlot leren rekenen. Tafelsommen zonder strategie worden gememoriseerd, dus uit het hoofd geleerd zonder denkstappen (Oonk et al., 2019). De leerlingen van groep 4 tot en met 6 blijken echter alleen de tafels van 1 en 10 hebben gememoriseerd. Volgens de einddoelen moeten de tafels worden gememoriseerd (Aartsen et al., 2017). Voor groep 4 zijn dit de tafels van 1, 2, 3, 4, 5 en 10 en voor groep 5 en 6 zijn dat de tafels van 1 tot en met 10. Hierbij kan de leerkracht het principe herhaal gebruiken. Bij uitdagende herhaling worden dezelfde verbindingen geactiveerd en verdiept (Brown et al., 2014). Het herhalen van de tafels moet dus uitdagend blijven voor de leerlingen. De leerkrachten oefenen met de tafels door werkbladen en online spelletjes. Het is belangrijk bij het automatiseren om geen foutieve verbindingen aan te maken. Deze geautomatiseerde fout kan lastig worden veranderd (Dirksen et al., 2021).

Voor het flexibel toepassen moeten de leerlingen de vermenigvuldiging ook in andere situaties kunnen uitvoeren. Leerkrachten kunnen leerlingen zelf een vermenigvuldiging laten creëren. Bij dit principe creatie krijgt de vermenigvuldiging betekenis voor de leerling en zorgt het voor verdieping. Dit principe gebruiken de leerkrachten met een percentage van 8,3 procent. Dus wordt dit principe weinig toegepast in de lessen.

Tot slot gebruiken de leerkrachten bij het aanbieden van vermenigvuldigingen de principes focus en emotie. Hierbij zorgt de leerkracht voor gerichte aandacht door het lesdoel te benoemen, een strategie voor te doen en verwerkingsmomenten in te plannen. De leerkrachten zorgen voor een veilige leeromgeving door humor en ontspanning en door het angst- en beloningssysteem te prikkelen (Dirksen et al., 2021).

Bij het maken van sterke verbindingen in de hersenen, wordt informatie beter onthouden. Dit wordt dus gedaan aan de hand van breinvriendelijk onderwijs. Het automatiseren van de tafelsommen valt onder de fase van het vlot leren rekenen. Hierbij is het belangrijk om de strategieën goed te onthouden om deze snel uit te kunnen voeren. Daarom wordt er aanbevolen om het breinprincipe creatie meer toe te passen tijdens het automatiseren en memoriseren van de tafelsommen. Dit principe wordt namelijk het minste toegepast door de leerkrachten terwijl de andere principes al in grotere mate worden toegepast. Van der Veen & Van der Wal (2016) stellen dat bij het stampen van tafels de helft van de leerstof na een uur al vergeten wordt als dit geen betekenis voor de leerling heeft. Door gebruik te maken van het breinprincipe creatie wordt het leren van de tafels betekenisvol.

5. Ontwerpen

In dit hoofdstuk worden de ontwerpeisen geformuleerd op basis van de verzamelde data in Tabel 2. Na de ontwerpeisen volgen de voorlopige ontwerpdoelen op leerkracht- en leerlingniveau.

5.1 Ontwerpeisen

Tabel 2

Ontwerpeisen en de verantwoording

<i>Ontwerpeisen</i>	<i>Ontwerpeis is geformuleerd op basis van deze data</i>
Het ontwerp richt zich voornamelijk op het automatiseren van de tafels. Voor groep 5 zijn dit de tafels van 2 tot en met 9. Voor groep 4 zijn dit de tafels van 2 tot en met 5.	Tekstbron: Aartsen et al. (2017) formuleren dat de tafels van 1 tot en met 10 gememoriseerd moeten zijn aan het eind van groep 5 en 6. Voor groep 4 zijn dit alleen de tafels van 1 tot en met 5 en 10. Praktijkprobleem: De leerkrachten van de groepen 5 en 6 constateerden dat de leerlingen de tafels die zij moeten kennen, nog niet beheersten. Resultaten test: De groepen 4 tot en met 6 blijken na het maken van de test alleen de tafels van 1 tot en met 10 hebben gememoriseerd en de tafels van 2 tot en met 9 zijn niet door alle leerlingen geautomatiseerd.
De leerkrachten laten de leerlingen automatiseren op hun eigen niveau.	Tekstbronnen: De leerkracht past de stof aan op de voorkennis van de leerling en bouwt hierop verder (Van Groenestijn et al., 2011). Het handelingsmodel kan worden ingezet om het niveau van de leerling in kaart te brengen. De leerkracht kan hierop zijn didactiek aanpassen aan het niveau van de leerling. Van der Veen & Van der Wal (2016) benoemen hierbij de zone van naaste ontwikkeling. De leerkracht helpt de leerling de nieuwe kennis zelfstandig verder te verwerken. Praktijkprobleem: De school streeft naar het geven van adaptief onderwijs. Leerkrachten moeten de leerlingen tegemoet komen in hun onderwijsbehoeften.
Het ontwerp omvat handvatten om het breinprincipe creatie aan te kunnen bieden bij het automatiseren en memoriseren.	Tekstbronnen: Van der Veen & Van der Wal (2016) omschrijven stampen als het uit het hoofd leren van betekenisloze kennis zoals het stampen van tafels. De tafels moeten dus betekenis krijgen voor de leerling om deze te onthouden. Bij het breinprincipe creatie, geven de leerlingen zelf betekenis aan kennis zoals tafels. Kennis en ervaring wordt gekoppeld aan elkaar waardoor verbindingen worden uitgebreid en versterkt (Dirksen et al., 2021).

	Resultaten observatie en bevraging: Met een percentage van 8,3 procent wordt het principe creatie toegepast in de lessen van de leerkrachten. Alleen de groep 6 leerkracht geeft aan bij de bevraging dat zij met mate de leerlingen een som zelf laat bedenken.
In het ontwerp is het breinprincipe herhaal geïntegreerd waarbij de herhaling van de tafels uitdagend is.	Tekstbronnen: Volgens Oonk et al. (2019) val het automatiseren en memoriseren van de tafels onder de fase van het vlot leren rekenen. Het is belangrijk om dit regelmatig te oefenen. Brown et al. (2014) stellen dat er op een actieve manier moet worden herhaald door jezelf te testen of je de stof kent. Door het breinprincipe herhaal worden dezelfde neurale verbindingen geactiveerd waardoor deze bij herhaling sterker worden opgeslagen. Interview leerkrachten: De leerkrachten herhalen de tafels doormiddel van werkbladen en online spelletjes.

5.2 Voorlopige ontwerpdoelen

Op leerkrachtniveau:

- De leerkrachten weten wat het breinprincipe creatie inhoudt en kunnen dit toepassen.
- De leerkrachten hebben handvatten bij het automatiseren van de tafels.
- De leerkrachten weten te differentiëren bij het automatiseren van de tafels.

Op leerlingniveau:

- De leerlingen automatiseren de tafels en onderhouden deze.
- De leerlingen geven betekenis aan de tafelsommen door iets te creëren.

Literatuurlijst

Aartsen, A., Lit, S., & Noteboom, A. (2017). *Tussendoelen rekenen-wiskunde voor het primair onderwijs: Uitwerkingen van rekendoelen voor groep 2 tot en met 8 op weg naar streefniveau 1S*. Enschede SLO.

Al-Balushi, K. A., & Al-Balushi, S. M. (2018). Effectiveness of Brain-Based Learning for Grade Eight Students' Direct and Postponed Retention in Science. *International Journal of Instruction*, 11(3), 525–538. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1183346.pdf>

Boswinkel, N., Buijs, K., & Tank, M. (2020). *Digilijn rekenen: Leerlijnen rekenen groep 1 t/m 6 met getalbegrips als centrale lijn*. Geraadpleegd op 11 februari 2023, van https://www.slo.nl/publish/pages/15674/digilijnrekenen07-2020_1_1.pdf

Breinvriendelijk onderwijs. (z.d.). *Wat is breinvriendelijk leren?* Geraadpleegd op 6 januari 2023, van <https://breinvriendelijkonderwijs.jimdosite.com/algemeen/#:~:text=Breinvriendelijk%20leren%20is%20een%20populair%20onderwerp%20in%20onderwijsland.,prachtige%20ambitie.%20Maar%20wat%20is%20eigenlijk%20%E2%80%98breinvriendelijk%20leren%E2%80%99%3F>

Brown, P., Roediger III, H., & McDaniel, M. (2014). *Make it stick: The science of successful learning*. Geraadpleegd op 5 februari 2023, van <https://pdfroom.com/books/make-it-stick-the-science-of-successful-learning/3Jr2E4nRgyv/download>

Cito. (z.d.). *Primair onderwijs: veelgestelde vragen*. Geraadpleegd 2 januari 2023, van <https://www.cito.nl/onderwijs/primair-onderwijs/veelgestelde-vragen#>

Dinteren, R. (2014). *Brein in onderwijs*. Uitgeverij Thema.

Dirksen, G., De Boer, M., Möller, H., & Willemse, J. (2021). *Breindidactiek: Helpen leren met breinkennis* (5^e druk). Uitgeverij Synaps.

Heijnen, E., Lucassen, J., Singh, A., & Slot-Heijs, J. (2020, april). *Buitenspelen 2020: Een verkenning van het beleid in Nederland en Europa*. Alles in beweging. Geraadpleegd op 21 november 2022, van <https://allesinbeweging.net/storage/2265/2020-Mulier---Verkenning-Buitenspelen-EU-en-NED.pdf>

Hollingsworth, J., & Ybarra, S. (2018). *Expliciete directe instructie: Tips en technieken voor een goede les* (M. Schmeier, Nederlandstalige vert.; 9de editie). uitgeverij Pica.

Kagan, S. (2017). *Breinvriendelijk onderwijs: Feiten, praktische tips en coöperatieve structuren* (C. Riemens, W. Camps, Nederlandstalige bew.; Benescript, Vert.; 1^e druk). Bazalt educatieve uitgaven.

Lucassen, P., Pruessner, J., Sousa, N., Almeida, O., Van dam, A., Rajkowska, G., Swaab, D., & Czéh, B. (2014). Neuropathology of stress. *Acta Neuropathologica*, 127(1), 109–135. <https://doi.org/10.1007/s00401-013-1223-5>

Malmberg. (2018). *Het rekenonderwijs van de toekomst*. Geraadpleegd op 12 februari, 2023 van <https://www.malmberg.nl/web/file?uuid=13dd1bd4-aa31-4377-b631-e5f8f2ad809f&owner=bb72e755-e825-459b-8e9e-ca8be64d1bd1>

Nederlands Herseninstituut (z.d.). *Neuron*. Nederlands Herseninstituut. Geraadpleegd op 12 januari 2023, van <https://intranet.herseninstituut.nl/het-brein/begrippenlijst/neuron/>

Onderwijsraad wil veel meer aandacht voor taal- en rekenonderwijs. (2022, 3 november). NOS. Geraadpleegd op 6 december 2022, van <https://nos.nl/artikel/2450860-onderwijsraad-wil-veel-meer-aandacht-voor-taal-en-rekenonderwijs>

Oonk, W., Keijzer, R., Lit, S., Barth, F., Den Engelsens, J., Lek, A., & Van Waveren Hogervorst, C. (2019). *Wiskunde in de praktijk: Kerninzichten* (3^e druk). Noordhoff Uitgevers.

Rijnvis, D. (2013). 'Wiskundeknobbel' gelokaliseerd in brein. *Nu*. Geraadpleegd op 6 januari 2023, van <https://www.nu.nl/wetenschap/3411762/wiskundeknobbel-gelokaliseerd-in-brein.html>

Tijgat, P. (2015, maart). *Fitte hersenen... Over de relatie bewegen, brein, leren*. ResearchGate. Geraadpleegd op 4 januari 2023, van https://www.researchgate.net/publication/281460850_Fitte_hersenen_Over_de_relatie_bewegen_brein_leren

Van der Donk, C., & Van Lanen, B. (2016). *Praktijkonderzoek in de school* (3^e druk). Uitgeverij Coutinho.

Van der Veen, T., & Van der Wal, J. (2016). *Van leertheorie naar onderwijspraktijk*. Noordhoff Uitgevers.

Van Groenestijn, M., Janssen, C., & Borghouts, C. (2011). *Protocol ernstige rekenwiskunde-problemen en dyscalculie*. Van Gorcum. Geraadpleegd op 2 februari 2023, van https://erwd.nl/_downloads/protocol-ernstige-reken-wiskunde-problemen-en-dyscalculie/basisonderwijs/protocol-erwd-po-bso-so.pdf

Vreeburg, T. (z.d.). *NeuroMotorische Rijpheid*. Ik BeTeken. Geraadpleegd op 6 januari 2023, van <https://www.ik-betekent.nl/neuromotorische-rijpheid#:~:text=NeuroMotorische%20Rijpheid%20Neuromotorische%20rijpheid%20van%20het%20brein%20is,kunnen%2C%20maar%20zijn%20motoriek%20is%20nog%20zo%20jong>

Wijnroks, A., de Kogel, K., Peters, S., Vandenbroucke, A., Defize, B., & van de Graaf, A. (2019). De basis: hersenstructuren en-functies. Geraadpleegd op 27 januari 2023, van https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/397131/Brein_in_de_groei_9_12.pdf?sequence=1