

Bijlage K1: Reken maar! (interventiebeschrijving perceel 1)

Gegevens Inschrijver	
Uniek identificatienummer:	mlrkvmbo
Interventie	
Titel Interventie	Reken maar! Meer zelfvertrouwen voor rekenaars op het vmbo.
Onderwijssector(en) Interventie (geef aan welke sector de overhand heeft)	☐ Primair onderwijs (po) ☐ Voor- en vroegschoolse educatie (vve) ☐ Speciaal (basis)onderwijs (s(b)o) ☒ Voortgezet onderwijs (vo) ☐ Voortgezet speciaal onderwijs (vso)
Basisvaardigheid (geef aan op welke basisvaardigheid wordt ondersteund)	☐ Taal/Nederlands ☒ Rekenen/Wiskunde ☐ Digitale Geletterdheid ☐ Burgerschap

Aandachtspunten Jury

De Jury heeft voor het selecteren van de Interventies waar nodig aandachtspunten meegegeven aan de geselecteerde Interventieaanbieders. Deze aandachtspunten zijn hieronder beschreven ten behoeve van de Inschrijving en uitvoering van de Opdracht van onderliggende Aanbesteding. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen aandachtspunten voor de Inschrijving en de Opdracht. In de Inschrijving verhoudt Inschrijver zich tot de aandachtspunten die meegegeven zijn. De Inschrijver licht toe of in de onderzoeksopzet rekening wordt gehouden met het aandachtspunt/de aandachtspunten en zo ja, op welke manier. Indien geen rekening wordt gehouden met het aandachtspunt/de aandachtspunten, beschrijft de Inschrijver waarom dat niet nodig is (zie paragraaf 5.2.1. in het Beschrijvend document).

Perceel 1:

Aandachtspunten Inschrijving

De Jury geeft de onderzoekers mee dat het noodzakelijk is de redenering omtrent het positieve verband tussen de interventie, wiskundige attitude en *problem solving* te verdiepen en te versterken. Tevens kan er sterker beredeneerd worden hoe met een beperkte tijdsinvestering achterstanden weggewerkt kunnen worden en zelfvertrouwen kan worden vergroot. Tot slot raad de Jury aan dat er goed nagedacht moet worden over hoe er

wordt omgegaan met de mogelijkheid van thuis oefenen. De Jury raadt de onderzoekers aan rekening te houden met bovenstaande punten in de onderzoeksopzet.

Aandachtspunten Opdracht

De Jury acht de herontwikkeling van de Interventie voor de vmbo-context een risico voor het traject. Het wordt de Jury onvoldoende duidelijk of de ontwikkelactiviteiten alleen betrekking hebben op de operationele invulling van Interventie. In dat geval zou er gebruik gemaakt kunnen worden van de algemene kennis vanuit cognitieve psychologie (spaced retrieval practice) en motivatiepsychologie waar de Interventie in verankerd is. Mochten er grotere aanpassingen worden gedaan in de herontwikkeling, dient de Interventieaanbieder goed na te gaan hoe de beschikbare evidentie over de kansrijkheid van de interventie vanuit po en mbo nog van toepassing is voor het vmbo. De Jury raadt de onderzoekers aan rekeningen te houden met deze punten tijdens de onderhandeling en uitvoer van de Opdracht.

BC 1. Geef een beschrijving van de Interventie en verwachte impact van de Interventie

a. Helderheid en volledigheid van de Interventie

- Doel van de interventie en aansluiting bij kerndoelen:

Veel vmbo- en mbo-leerlingen missen niet alleen rekenkennis, maar ook reken-zelfvertrouwen. Volgens de Inspectie van het Onderwijs (2024) is het niveau van geautomatiseerde kennis (o.a. over tafels, breuken, metriek stelsel, etc) vaak te laag; 78% van de leerlingen mist volgens docenten de nodige voorkennis, en 67% is onvoldoende gemotiveerd (Meelissen & Punter, 2016). Deze basiskennis is essentieel voor verdere wiskundige ontwikkeling; een tekort ondermijnt het vertrouwen en leidt vaak tot rekenangst (Gerrits & Noteboom, 2018; Kennisrotonde, 2018). MemoryLab biedt een adaptieve interventie die rekenkennis automatiseert en het zelfvertrouwen versterkt.

Ondanks inspanningen in het voortgezet onderwijs (vo), lukt het veel leerlingen niet om het benodigde rekenniveau voor een succesvolle overstap naar het vervolgonderwijs te bereiken of vast te houden (Ruijsenaars et al., 2021). Al in de onderbouw van het vo is de beheersing van fundamentele rekenvaardigheden vaak onvoldoende; soms is zelfs sprake van een daling in niveau (Inspectie van het Onderwijs, 2024). Een gebrek aan geautomatiseerde basiskennis leidt tot ineffectieve rekenstrategieën, waardoor het lastig wordt om nieuwe of complexe leerstof te verwerken (Van Groenestijn et al., 2012). Daarnaast is zelfvertrouwen een bepalende factor in rekenprestaties. Leerlingen die vertrouwen hebben in hun kunnen, presteren beter (Çiftçi & Yıldız, 2019; Lee & Stankov, 2018); omgekeerd leidt onzekerheid tot slechtere resultaten (Yates, 2002; Hannula et al., 2016; Kennisrotonde, 2018).

De interventie van MemoryLab richt zich op het dichten van kennislacunes via een adaptieve leeromgeving waarin leerlingen oefenen met *spaced retrieval practice*. Het algoritme past zich aan de individuele voortgang aan en presenteert rekenfeiten in de optimale zone van ontwikkeling (Vygotsky, 1978). Door 80–90% succesvolle antwoorden ervaren leerlingen herhaaldelijk succes (Van Rijn et al., 2009), wat hun motivatie en zelfvertrouwen versterkt (Usher & Pajares, 2008). Dankzij herhaald oefenen worden rekenfeiten duurzaam opgeslagen in het langetermijngeheugen (Van Rijn et al., 2009), terwijl zelfstandig werken, ondersteund door feedback over voortgang, het gevoel van eigenaarschap en zelfsturing vergroot (Van der Velde, 2023). Specifiek in het domein van rekenen heeft eerder onderzoek aangetoond dat adaptieve aanbieder van rekenopgaven een positief effect op de leerresultaten geeft (bijv. Rummer et al., 2017; Klinkenberg, Straatemeier, & van der Maas, 2011).

Het bereiken van zelfvertrouwen in het rekenen kan worden gekoppeld aan het Kerndoel 16A vo van de SLO (SLO, 2025), waarin wordt verwezen naar het ontwikkelen van een “wiskundige attitude”:

Kerndoel	Omschrijving	Bijdrage interventie aan kerndoel
Kerndoel 16A vo	De school stimuleert de ontwikkeling van een wiskundige attitude bij leerlingen.	Het ontwikkelen van plezier, zelfvertrouwen en doorzettingsvermogen in de wiskunde, het reflecteren op het eigen rekenproces.

De beheersing van basiskennis sluit direct aan bij kerndoelen 10A, 15A en 17A voor rekenen-wiskunde in het voortgezet onderwijs (SLO, 2025). De interventie richt zich op adaptieve oefeningen waarmee leerlingen gepersonaliseerd kunnen oefenen en hun basiskennis versterken. Hoewel deze kennis deels al in het primair onderwijs wordt aangeleerd, is herhaling in het voortgezet onderwijs essentieel om de basis te verstevigen, of lacunes te verhelpen. Daarnaast draagt de versterking van kennis en zelfvertrouwen ook bij aan bredere kerndoelen die toepassing van wiskundige vaardigheden vergen.

Kerndoel	Omschrijving	Bijdrage interventie aan kerndoel
Kerndoel 10A vo	De leerling redeneert en rekent met getallen en grootheden.	Het memoriseren/automatiseren van elementaire kennis, waaronder getalrelaties, splitsingen van getallen tot 20, de tafels van vermenigvuldiging, gehele en decimale getallen, breuken, verhoudingen en procenten.
Kerndoel 15A vo	De leerling gebruikt wiskundetaal en wiskundige representaties.	Het memoriseren/automatiseren van wiskundige symbolen, notaties en begrippen.
Kerndoel 17A vo	De leerling herkent en gebruikt wiskunde in alledaagse, maatschappelijke en beroepsmatige situaties.	Het memoriseren/automatiseren van het gebruik van getallen en andere wiskundige concepten in concrete, voor de leerling relevante dagelijkse en beroepsmatige situaties, bijv. omtrent geld, tijd, grootheden en het metriek stelsel.

- De doelgroep:

De interventie is gericht op eersteklassers in het vmbo, van wie een groot deel het vereiste reken- en wiskundeniveau nog niet heeft bereikt (Inspectie van het Onderwijs, 2024). Veel leerlingen behalen referentieniveau 1F of 2F niet, terwijl deze niveaus cruciaal zijn voor schoolsucces en zelfstandig functioneren in de maatschappij. In 2021-2022 had bijvoorbeeld 72% van de vmbo-basis/kaderleerlingen aan het einde van leerjaar 2 nog niet niveau 1F behaald.

De interventie is bedoeld voor scholen en leerlingen met aantoonbaar lage rekenniveaus, vastgesteld via toetsresultaten of schoolanalyses. Het gaat om leerlingen die moeite hebben met het behalen van de wettelijk vastgestelde referentieniveaus

1F en 2F, met name op het gebied van basisvaardigheden zoals meten, rekenen met geld, breuken, procenten en getalbegrip. De interventie is met name geschikt als er behoefte is aan een individuele, op feitenkennis gerichte aanpak, waarbij versterking van het zelfvertrouwen in rekenvaardigheid een grote bijdrage kan leveren aan het verbeteren van de rekenkennis. De selectie van scholen of leerlingen voor deze interventie kan op basis van eerdere instap- of doorstroomtoetsen, of op basis van signalering door docenten of onderwijskundige medewerkers.

- *Opzet en uitvoering van de interventie:*

De interventie, uitgevoerd met het adaptieve leersysteem MemoryLab, richt zich op het verbeteren van rekenvaardigheden én zelfvertrouwen. Het project bestaat uit vijf fasen.

Fase 1: Voorbereiding: In samenwerking met onderzoekers wordt een Theory of Change opgesteld, waarin wordt uitgewerkt hoe de interventie tot de gewenste verandering leidt. Tegelijk wordt de onderzoeksopzet en een passende controleconditie ontwikkeld. Ook start in deze fase de werving van scholen en de voorbereiding van instructies en meetinstrumenten.

Fase 2: Implementatie: In deze fase ontwikkelen we leerwegspecifieke materialen voor zowel de MemoryLab-lessen als de controleconditie. We zorgen dat deelnemende scholen via Kennisnet eenvoudig toegang krijgen tot het platform, zodat leerlingen zowel op school als thuis kunnen oefenen.

Fase 3: Interventie: Alle leerlingen starten met een voormeting naar zelfvertrouwen, motivatie en rekenvaardigheid (aan de hand van een toets over 10 basisdomeinen). Daarna worden klassen willekeurig toegewezen aan één van twee condities:

- **MemoryLab-groep:** leerlingen oefenen wekelijks adaptief met de rekenstof via het MemoryLab-platform. Het systeem biedt herhaling en feedback, past zich aan op het beheersingsniveau, en ondersteunt zo kennisopbouw én zelfvertrouwen.
- **Controlegroep:** leerlingen behandelen dezelfde onderwerpen met papieren opdrachtenboekjes, zonder adaptatie of directe feedback. De tijdsinvestering is vergelijkbaar met die van de MemoryLab-groep.

De interventie zelf duurt 12 weken. Elke week oefenen leerlingen met één rekenonderwerp. In de MemoryLab-groep betekent dit dat leerlingen het onderwerp tot volledige beheersing oefenen; in de Controlegroep dat leerlingen de bijpassende schriftelijke opdrachten maken. De oefening vindt altijd plaats in het klaslokaal als onderdeel van de wiskundeles en neemt per week ongeveer 15 minuten in beslag. (Eventueel kan dit deel ook als huiswerk worden opgegeven.) Aan het einde van de interventieperiode vinden opnieuw metingen plaats, zowel op het gebied van zelfvertrouwen als rekenvaardigheid. Dit maakt het mogelijk om directe effecten van de interventie in kaart te brengen.

Fase 4: Lange-termijn effect: In het tweede leerjaar voeren we een vervolgmeting uit om de langetermijneffecten op motivatie, zelfvertrouwen en kennisniveau in kaart te brengen. Hierbij zal expliciet gekeken worden naar objectieve en subjectieve effecten op rekenmotivatie en zelfvertrouwen.

Fase 5: Kennisverspreiding: Gedurende en na het project delen we de resultaten via conferenties (zoals de Nationale Onderwijstentoonstelling), workshops op scholen, en toegankelijke artikelen (o.a. in Didactief en via NRO-kanalen).

- *Randvoorwaarden voor scholen en ondersteuning door de aanbieder:*

Voor gebruik tijdens de lessen hebben leerlingen een computer of laptop met internetverbinding nodig. Toegang tot de digitale leeromgeving verloopt via het Learning Management Systeem (LMS) van de school, gekoppeld via de Kennisnet Entree Federatie. Met deelnemende scholen wordt een verwerkingsovereenkomst afgesloten, bij voorkeur gebaseerd op het SURF-model (Juridisch Normenkader Cloudservices), of een alternatief indien gewenst. MemoryLab verzorgt de volledige technische infrastructuur, inclusief hosting van de leer- en toetsomgeving en veilige verwerking van leergegevens. Daarnaast wordt ondersteuning geboden bij de introductie voor docenten, en is een vast aanspreekpunt beschikbaar voor praktische vragen. Hiermee wordt een soepele en laagdrempelige implementatie gegarandeerd.

- *Publiekssamenvatting:*

Veel leerlingen starten het vmbo met onvoldoende rekenvaardigheid. Dit belemmert niet alleen hun schoolloopbaan, maar tast ook hun zelfvertrouwen aan. En dat is precies wat ze nodig hebben om te durven leren: wie meer vertrouwen heeft in eigen kunnen, blijft gemotiveerd, durft fouten te maken en leert beter. Deze interventie pakt beide problemen tegelijk aan. In de digitale leeromgeving van MemoryLab oefenen leerlingen op hun eigen tempo met belangrijke rekenonderwerpen, zoals tafels, procenten en het metriek stelsel. Het systeem past zich automatisch aan op wat een leerling al beheerst en biedt precies die herhaling die nodig is. Daardoor leren leerlingen efficiënter én met meer succeservaring. Scholen krijgen hiermee een bewezen effectieve aanpak die aansluit bij de nieuwe kerndoelen in het rekenen. In het onderzoek vergelijken we deze aanpak met een traditionele vorm van oefenen met papieren opdrachten. Door gericht te werken aan rekenbasis én zelfvertrouwen, helpt MemoryLab vmbo-leerlingen sterker en zekerder door te stromen naar het vervolgonderwijs en naar een toekomst waarin ze vol vertrouwen hun kansen kunnen grijpen.

b. Kansrijkheid van de Interventie

- *Wetenschappelijke en vakdidactische theorieën en hoe deze hebben geleid tot de vormgeving van de interventie:*

De interventie is gebaseerd op inzichten uit de cognitieve psychologie, met name het principe van **retrieval practice**, het actief ophalen van kennis uit het geheugen, en **spaced practice**, het gespreid herhalen van leerstof over de tijd. Onderzoek toont aan dat deze combinatie, bekend als *spaced retrieval practice*, de retentie van kennis op lange termijn aanzienlijk verbetert ten opzichte van passieve herhaling (Roediger & Karpicke, 2006; Cepeda et al., 2008; Karpicke & Blunt, 2011). In MemoryLab zijn deze principes direct vertaald naar de vormgeving van de oefenomgeving. Leerlingen oefenen rekenfeiten in korte quizvormen die retrieval uitlokken, met directe feedback. Het systeem herhaalt eerdere opgaven op slim gekozen momenten: precies wanneer het rekenfeit vergeten dreigt te worden, wat de langetermijnopslag versterkt (van Rijn et al., 2009). Omdat rekenfeiten variëren in moeilijkheid en leerlingen verschillen in voorkennis en leertempo, is de leeromgeving adaptief ingericht. Een algoritme stemt het oefenmoment en het herhaalschema per leerling af op diens individuele prestaties (Desmarais & Baker, 2012). Zo krijgt elke leerling een gepersonaliseerd leerpad met optimale timing voor herhaling én voldoende succeservaringen: de bewezen effectieve bouwstenen voor duurzame kennisopbouw én het versterken van zelfvertrouwen.

- *De werkzame mechanismen en waarom verwacht mag worden dat ze bijdragen aan de gestelde doelen:*

De interventie is ontworpen met twee onderling verweven doelen: (1) het efficiënt verwerven en consolideren door middel van het automatiseren van feitelijke rekenkennis, en (2) het versterken van het zelfvertrouwen in rekenvaardigheid. Beide doelen zijn gebaseerd op theoretisch en empirisch onderbouwde mechanismen uit de cognitieve psychologie en motivatiepsychologie.

Feitelijke kennis: Het verwerven van declaratieve kennis verloopt effectiever wanneer leerlingen niet passief studeren, maar informatie actief ophalen uit het geheugen. Dit principe, bekend als *retrieval practice*, is uitgebreid empirisch onderbouwd (Roediger & Karpicke, 2006; Karpicke & Blunt, 2011). Wanneer deze retrievaloefeningen gespreid over de tijd plaatsvinden, spreekt men van *spaced retrieval practice*, wat leidt tot een robuustere en langduriger opslag in het langetermijngeheugen dan *massed practice* die op één moment plaatsvindt (Cepeda et al., 2008).

In de interventie wordt retrieval practice gerealiseerd via korte quizachtige opdrachten waarin leerlingen rekenfeiten (zoals tafels, breuken of maten) moeten ophalen uit het geheugen. Cruciaal daarbij is het tijdstip waarop herhaling plaatsvindt. De onderliggende aanname, gestoeld op het *spacing effect*, is dat informatie het best beklijft wanneer die wordt opgehaald vlak voordat die vergeten dreigt te worden (Ebbinghaus, 1885; van Rijn et al., 2009).

Om dit adaptief mogelijk te maken, wordt gebruikgemaakt van *knowledge tracing*: een techniek waarbij de accuratesse en reactietijd van eerdere antwoorden per item worden gebruikt om het verwachte activatieniveau van dat item in het geheugen van de leerling te modelleren (van Rijn et al., 2009). Op basis hiervan wordt voorspeld wanneer herhaling optimaal is. Als de verwachte activatie onder een drempel zakt, wordt het item opnieuw aangeboden. De combinatie van adaptieve timing en inhoud resulteert in een gepersonaliseerd en efficiënt leertraject, afgestemd op de individuele vergeetcurve van elke leerling (Desmarais & Baker, 2012).

Zelfvertrouwen: Naast kennisverwerving richt de interventie zich op het verhogen van zelfvertrouwen in rekenen, omdat zelfvertrouwen en leerprestaties wederzijds op elkaar inwerken (Hannula et al., 2016; Lee & Stankov, 2018). Laag zelfvertrouwen gaat gepaard met vermijdingsgedrag en verhoogde rekenangst (Yates, 2002), terwijl succeservaringen bijdragen aan positieve leerattitudes (Usher & Pajares, 2008).

De adaptieve aard van het systeem draagt hier direct aan bij. Doordat het platform zich aanpast aan het kennisniveau van de leerling, ontstaan realistische uitdagingen die niet te moeilijk zijn, maar ook niet triviaal: een optimale positionering binnen de *zone of proximal development* (Vygotsky, 1978). Hierdoor worden herhaalde succeservaringen mogelijk gemaakt, wat het gevoel van competentie en controle vergroot (twee kerncomponenten binnen motivatie- en zelfdeterminatietheorieën; Deci & Ryan, 2000; Holm & Wells, 2023).

De interventie maakt deze voortgang ook expliciet zichtbaar: wanneer leerlingen voldoende beheersing van de rekenfeiten binnen een les bereiken, ontvangen zij een 'lessenkroontje' als visuele beloning. Deze symbolische erkenning ondersteunt niet alleen het zelfbeeld van leerlingen als competente leiders, maar versterkt ook hun motivatie om door te zetten. Door te oefenen op hun eigen niveau, in hun eigen tempo, en met zichtbare groei, wordt niet alleen de rekenkennis versterkt, maar ook het vertrouwen in het eigen kunnen.

Eerdere studies naar adaptieve leersystemen zoals Math Garden en andere intelligent tutoring systems tonen aan dat deze aanpak effectief is in het vergroten van zowel kennis als motivatie (Klinkenberg, Straatemeier, & van der Maas, 2011; Jansen et al., 2013; Rummer et al., 2017). De verwachte werkzaamheid van de huidige interventie is gestoeld op dezelfde principes, maar specifiek toegepast op leerlingen in het vmbo, een doelgroep waarin rekenvaardigheid en zelfvertrouwen vaak onder druk staan (Inspectie van het Onderwijs, 2024; Kennisrotonde, 2018).

Door evidence-based mechanismen op het gebied van geheugenmodellering, adaptief leren en motivatiebevordering te integreren, biedt deze interventie een plausibele en theoretisch onderbouwde route naar structurele verbetering van rekenprestaties en leerattitudes.

- *Beschikbare evidentie voor de kansrijkheid van de interventie:*

Er is reeds empirische evidentie voor de werkzaamheid van MemoryLab binnen verschillende onderwijstypen en rekencontexten. In een grootschalige pilotstudie in het primair onderwijs (n > 500) bleek dat leerlingen vermenigvuldigingen sneller en accurater automatiseerden na gebruik van adaptieve herhaling binnen MemoryLab (Iancu et al., 2024). Leerlingen werkten zelfstandig en in eigen tempo, wat resulteerde in een versterkte rekenbasis.

Ook in het mbo is de interventie succesvol toegepast. In een pilotstudie met 140 studenten (in samenwerking met Noorderpoort en Alfa-college) werd MemoryLab gedurende meerdere weken geïntegreerd in reguliere rekenlessen (MemoryLab, 2025). Studenten oefenden met rekenonderwerpen zoals breuken, decimalen, procenten en eenheden. De meeste deelnemers rapporteerden een verbeterd inzicht in eigen kunnen, ervaren voortgang en een toegenomen zelfvertrouwen. Daarnaast werd de gebruiksvriendelijkheid, directe feedback en mogelijkheid tot oefenen in eigen tempo positief gewaardeerd. Deze elementen droegen bij aan verhoogde motivatie en een afname van rekenangst, factoren die leerprestaties positief beïnvloeden.

Naast veldonderzoek wijst ook experimenteel laboratoriumonderzoek op een directe relatie tussen rekenkennis en zelfvertrouwen. Iancu (2022) liet zien dat hogere niveaus van rekenangst samengaan met snellere vervalcurves van rekenfeiten, wat duidt op een wederzijdse beïnvloeding van affectieve en cognitieve factoren.

Gezien de consistent positieve resultaten in zowel primair als middelbaar beroepsonderwijs, en de robuuste theoretische basis van de onderliggende mechanismen, is het aannemelijk dat de interventie ook binnen het vmbo effectief zal zijn in het verbeteren van rekenvaardigheid en zelfvertrouwen.

c. Verwachte impact van de interventie en de evaluatie daarvan

- *Hoe de opbrengsten van de interventie op een valide en betrouwbare manier gemeten kunnen worden:*

De verwachte impact van de interventie betreft zowel cognitieve als motivationele opbrengsten. De interventie beoogt (1) een betere beheersing van rekenbasisvaardigheden en (2) een toename in zelfvertrouwen en motivatie bij het rekenen. Om deze effecten op valide en betrouwbare wijze in kaart te brengen, wordt een mix van toetsen, vragenlijsten en digitale gebruikersdata ingezet.

Kennisopbouw wordt gemeten via een gestandaardiseerde rekentoets die vóór en na de interventie wordt afgenomen. De toets bevat opgaven over essentiële basisvaardigheden (zoals breuken, procenten, getallenkennis en het metriek stelsel), afgestemd op het referentieniveau 1F/2F. **Zelfvertrouwen, motivatie** en ervaren competentie worden gemeten via gevalideerde zelfrapportage-instrumenten, zoals de *Sources of Mathematics Self-Efficacy Scale* (Usher & Pajares, 2008) en vragenlijsten gebaseerd op Prast et al. (2013). Deze worden in overleg met onderzoekers aangepast aan de doelgroep en de interventiecontext.

Daarnaast registreert het MemoryLab-platform automatisch gedetailleerde gebruikersdata, waaronder oefenduur, antwoordnauwkeurigheid en reactietijd per item. Deze logdata maken het mogelijk om individuele leertrajecten te reconstrueren en geven aanvullend inzicht in inzet, voortgang en leerstrategieën (vgl. Sense et al., 2021; Van der Velde et al., 2021). Bij de controlegroep worden schriftelijke opdrachten ingezet. De voltooiing daarvan wordt door de docent systematisch geregistreerd.

- *Schaalbaarheid en uitvoerbaarheid van de interventie:*

MemoryLab is in eerdere projecten bewezen uitvoerbaar gebleken binnen zowel het primair als middelbaar beroepsonderwijs. In eerder onderzoek in het po en mbo (Iancu et al., 2024; MemoryLab, 2025) oefenden leerlingen effectief met rekenstof in de reguliere lescontext. Zowel leerlingen als docenten waardeerden het systeem vanwege de gebruiksvriendelijkheid, het adaptieve karakter en de beperkte belasting op de lespraktijk.

Ook buiten het rekendomein is de schaalbaarheid van MemoryLab aangetoond. In grootschalige observationele studies op vo-scholen in Nederland en Zwitserland is het systeem gebruikt in samenwerking met educatieve uitgevers als Noordhoff en Klett und Balmer (Van der Velde, 2021a; 2021b). Daarnaast wordt MemoryLab momenteel succesvol ingezet binnen een NOLAI-co-creatieproject op de Montessori Scholengemeenschap Amsterdam, waar jaarlijks meer dan 1500 unieke leerlingen het systeem gebruiken voor het leren van topografie en vocabulaire. Deze brede inzet toont aan dat MemoryLab technisch robuust is en eenvoudig te integreren is in bestaande digitale leeromgevingen (via Kennisnet en LMS-koppelingen). Door de bestaande ervaring met implementatie op diverse typen scholen en vakgebieden is een soepele opschaling naar meerdere vmbo-locaties binnen dit project haalbaar en realistisch.

d. Onderzoekbaarheid van de interventie:

- *Hoe de interventie bijdraagt aan het opbouwen van nieuwe kennis en het creëren van meerwaarde voor scholen:*

Er is breed draagvlak voor de constatering dat het huidige reken- en wiskundeonderwijs tekortschiet in het realiseren van basale rekenvaardigheden, ondanks aanzienlijke inspanningen (Inspectie van het Onderwijs, 2024). Tegelijkertijd groeit de belangstelling voor technologische oplossingen die gepersonaliseerd leren mogelijk maken. De daadwerkelijke effectiviteit van zulke middelen in de dagelijkse onderwijspraktijk is echter vaak onvoldoende onderzocht. Er is een gebrek aan kennis over of, hoe en onder welke voorwaarden adaptieve leermiddelen bijdragen aan betere leerresultaten én meer vertrouwen bij leerlingen.

Deze interventie draagt bij aan het opbouwen van die kennis. Door de werking van een adaptieve leeromgeving systematisch te onderzoeken, inclusief de rol van succeservaringen, oefengedrag en individuele verschillen, biedt dit project nieuw inzicht in de mechanismen waarmee zulke leermiddelen rekenvaardigheid én zelfvertrouwen versterken. Daarmee levert het niet alleen kennis op voor de verdere ontwikkeling van adaptieve tools, maar ook praktische handvatten voor scholen en aanbieders om gefundeerde keuzes te maken over de inzet ervan.

Daarnaast sluit de interventie aan bij een bredere beweging in het rekenonderwijs, waarin naast kennisverwerving ook aandacht ontstaat voor *persoonsvorming* van leerlingen (SLO, 2025). Rekenkennis en zelfvertrouwen worden in beleid en praktijk vaak als gescheiden doelen behandeld, terwijl onderzoek laat zien dat zij nauw samenhangen. Deze interventie benadert beide in samenhang en draagt zo bij aan nieuwe inzichten over hoe die combinatie benut kan worden om tot betere leeruitkomsten te komen. Voor scholen betekent dit niet alleen een concreet toepasbare leeromgeving, maar ook inzicht in hoe het versterken van zelfvertrouwen bijdraagt aan structurele leerwinst.

- *Is de Interventie duurzaam van meerwaarde?*

De interventie is ontworpen voor eenvoudige inzet binnen het reguliere onderwijs, zonder afhankelijkheid van externe professionals. MemoryLab sluit aan bij bestaande lesdoelen, zoals de SLO-kerndoelen en referentieniveaus 1F/2F, en laat zich makkelijk integreren in rekenlessen of ondersteunende leertrajecten. De leeromgeving is flexibel: lesinhoud kan worden aangepast of uitgebreid, zolang het gaat om feitenkennis.

Door koppelingen met bestaande ICT-systemen (zoals Kennisnet en gangbare LMS'en) is implementatie organisatorisch laagdrempelig. MemoryLab vereist geen herontwerp van lessen, maar functioneert als aanvulling op bestaande methodes. Leerlingen oefenen zelfstandig, ontvangen direct feedback, en bouwen systematisch kennis op. Docenten krijgen via dashboards inzicht in individuele voortgang.

Dankzij de inhoudelijke aansluiting, technische compatibiliteit en minimale belasting voor docenten kunnen scholen MemoryLab duurzaam inzetten als versterking van hun rekenonderwijs, zowel op klasniveau als voor gerichte ondersteuning van individuele leerlingen.

Referenties

- Carrier, M., & Pashler, H. (1992). The influence of retrieval on retention. *Memory & Cognition*, 20(6), 633–642.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning: A temporal ridge of optimal retention. *Psychological Science*, 19(11), 1095–1102.
- Çiftçi, Ş. K., & Yıldız, P. (2019). The Effect of Self-Confidence on Mathematics Achievement: The Meta-Analysis of Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS). *International Journal of Instruction*, 12(2), 683–694.
- Desmarais, M.C., Baker, R.S.J.d. A review of recent advances in learner and skill modeling in intelligent learning environments. *User Model User-Adap Inter* 22, 9–38 (2012).
- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory* (translated by H. A. Ruger and C. E. Bussenius). New York, Teachers College, 1913. Paperback ed., New York, Dover, 1964.
- Gerrits, P., & Noteboom, A. (2018). Rekenen op je basisvaardigheden. *JSW*, 2, 12–15.
- Hannula, M. S., Di Martino, P., Pantziara, M., Zhang, Q., Morselli, F., Heyd-Metzuyanim, E., Lutovac, S., Kaasila, R., Middleton, J. A., Jansen, A., & Goldin, G. A. (2016). *Attitudes, beliefs, motivation and identity in mathematics education*.
- Holm, L., Wells, M.: Reliable retrieval is intrinsically rewarding: recency, item difficulty, study session memory, and subjective confidence predict satisfaction in word-pair recall. *PLoS ONE* 18(10), e0292866 (2023).
- Iancu, S. D. (2022). *Towards reducing mathematical anxiety through adaptive learning* (Master's thesis). University of Groningen.
- Iancu, S. D., Braam, M., McCabe, N., Wilschut, T. J., van Rijn, H., & van der Velde, M. (2024). An adaptive learning system for stepwise automatization of multiplication facts in primary education. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 46.
- Inspectie van het Onderwijs. (2024). Reken- en wiskundevaardigheden van veel leerlingen in onderbouw voortgezet onderwijs blijven achter. *Onderwijsinspectie*. <https://tinyurl.com/lvhQ24a>
- Inspectie van het Onderwijs. (2024). *Rekenen-wiskunde einde leerjaar 2 voortgezet onderwijs 2021–2022. Inspectie van het Onderwijs*. <https://tinyurl.com/lvhQ24>
- Jansen, B. R. J., Louwerse, J., Straatemeier, M., Van der Ven, S. H. G., Klinkenberg, S., & Van der Maas, H. L. J. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and Individual Differences*, 24, 190–197.
- Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, 331(6018), 772–775.
- Kennisrotonde. (2018). *Wat is er bekend over de oorzaken van rekenzwakte bij studenten binnen het mbo?* (KR. 342). Kennisrotonde.
- Klinkenberg, S., Straatemeier, M., & van der Maas, H. (2011). Computer adaptive practice of maths ability using a new item response model for on the fly ability and difficulty estimation. *Computers & Education*, 57(2), 1813–1824.
- Krug, D., Davis, B., & Glover, J. A. (1990). Massed versus distributed repeated reading: A case of forgetting helping recall? *Journal of Educational Psychology*, 82, 366–371.
- Lee, J., & Stankov, L. (2018). Non-cognitive predictors of academic achievement: Evidence from TIMSS and PISA. *Learning and Individual Differences*, 65, 50–64. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.05.009>
- Meelissen, M. R. M., & Punter, R. A. (2016). *Twintig jaar TIMSS: Ontwikkelingen in leerprestaties in de exacte vakken in het basisonderwijs 1995–2015*. University of Twente.
- MemoryLab. (2025). *MBOin2030: Our role in the cycle of innovation*. MemoryLab. <https://tinyurl.com/MBOML25>
- Prast, E. J., van Hooijdonk, M., van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2013). Wat vinden leerlingen van hun rekenlessen? Rekenen met plezier. *JSW: Jeugd in School en Wereld*, 98(2), 6–9.
- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1(3), 181–210.
- Rummer, R., Schweppe, J., Gerst, K., & Wagner, S. (2017). Is testing a more effective learning strategy than note taking? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 23(3), 293.
- Ruijsenaars, A. J. J. M., van Luit, J. E. H., van Lieshout, E. C. D. M., & Kroesbergen, E. H. (2021). *Handboek dyscalculie en rekenproblemen. Een dynamisch ontwikkelingsperspectief. Lemniscaat*.
- Sense, F., van der Velde, M., & van Rijn, H. (2021). Predicting university students' exam performance using a model-based adaptive fact-learning system. *Journal of Learning Analytics*, 8(3), 155–169.
- SLO. (2025). *Definitieve conceptkerndoelen rekenen en wiskunde herziene versie 2025 inclusief toelichtingsdocument*. SLO.
- Usher, E. L., & Pajares, F. (2008). *Self-efficacy for self-regulated learning: A validation study*. Educational and Psychological Measurement, 68(3), 443–463.
- van der Velde, M. (2023). *Mastering memory: Theoretical and practical building blocks for better adaptive fact learning*. University of Groningen.
- van der Velde, M., Sense, F., Borst, J., & van Rijn, H. (2021). Alleviating the cold start problem in adaptive learning using data-driven difficulty estimates. *Computational Brain & Behavior*, 4(2), 231–249.
- van der Velde, M., Sense, F., Spijkers, R., Meeter, M., & van Rijn, H. (2021). Lockdown learning: Changes in online foreign-language study activity and performance of Dutch secondary school students during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Education*, 6.
- Van Groenestijn, M., van Dijken, G., & Janson, D. (2012). *Protocol Ernstige RekenWiskunde problemen en Dyscalculie VO*. Van Gorcum.
- van Rijn, D., van Maanen, L., & van Woudenberg, M. (2009). Passing the test: Improving learning gains by balancing spacing and testing effects. In A. Hoses, D. Peebles, & R. Cooper (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 108–114). Article 187.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes* (M. Cole, V. Jolm-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvj9vz4>
- Yates, S. M. (2002). The influence of optimism and pessimism on student achievement in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 14(1), 4–15.

BC 2. Plan van Aanpak

a. Praktische uitvoerbaarheid

- *Praktische haalbaarheid van de interventie:*

De interventie is ontworpen met maximale uitvoerbaarheid in gedachten. Ze sluit aan bij bestaande onderwijstijd, lesstructuren en infrastructuur, waardoor de implementatie haalbaar is binnen reguliere schoolpraktijken, zonder extra belasting van personeel of rooster.

Inpassing binnen bestaande onderwijstijd: De oefeningen met MemoryLab worden geïntegreerd in de reguliere rekenlessen of ondersteuningsuren. Doordat het systeem grotendeels zelfstandig werkt en adaptief inspeelt op het niveau van elke leerling, is er geen noodzaak tot extra lestijd, externe begeleiding of herinrichting van het curriculum. De wekelijkse tijdsinvestering voor leerlingen bedraagt circa 15 minuten per sessie, wat eenvoudig te plannen is binnen de bestaande lesstructuur. Docenten behouden hun rol als begeleider en kunnen met minimale inspanning voortgang volgen via het dashboard.

Minimale randvoorwaarden en technische haalbaarheid: De technische randvoorwaarden zijn minimaal. Leerlingen hebben toegang nodig tot een computer of laptop met internetverbinding, voorzieningen die in de meeste scholen aanwezig zijn. MemoryLab maakt gebruik van bestaande ICT-koppelingen via de Kennisnet Entree Federatie en kan eenvoudig geïntegreerd worden met bestaande LMS-omgevingen via OAuth. Leerlingen loggen veilig en automatisch in met hun schoolaccount, zonder aparte accounts of handmatige toegangscodes. De digitale leeromgeving is compatibel met gangbare devices en vereist geen specialistische software.

Draagvlak en deelnamebereidheid onder scholen: De bereidheid tot deelname onder scholen is hoog. In eerdere pilots, waaronder bij de mbo-scholen Noorderpoort en het Alfa-college, gaven docenten aan dat ze de gebruiksvriendelijkheid, effectiviteit en onderbouwing van het systeem zeer waardeerden. In meerdere gevallen wilden docenten MemoryLab ook inzetten op nieuwe scholen bij een functiewijziging, een indicatie van het vertrouwen in de aanpak. Ook binnen het vo is reeds interesse getoond, onder meer via lopende projecten binnen NOLAI. De herkenbare thematiek (tekorten in basisvaardigheden) en de minimale extra belasting vergroten de kans op succesvolle adoptie.

Planmatigheid en voorspelbare uitvoering: De interventie volgt een duidelijke structuur: een voormeting (nulmeting), een interventieperiode van 12 weken, en een nameting. Deze opbouw is overzichtelijk en goed inpasbaar binnen de schoolplanning. Alle fasen kunnen plaatsvinden tijdens bestaande rekenuren, waardoor de uitvoering voorspelbaar en beheersbaar blijft voor de schoolorganisatie. Het projectteam voorziet daarnaast in ondersteuning bij opstart en uitvoering, waaronder instructies, communicatie en technische begeleiding. Dit maakt de implementatie niet alleen haalbaar, maar ook schaalbaar.

Beschikbaarheid van personeel en flexibiliteit: Omdat de interventie geen extra inzet van extern personeel vereist en de rol van de docent vooral begeleidend en signalerend is, past zij binnen de capaciteit van het bestaande onderwijsteam. Scholen behouden de flexibiliteit om MemoryLab klassikaal, in kleine groepen of individueel in te zetten, afhankelijk van hun onderwijsorganisatie en ondersteuningsstructuur.

De interventie is uitvoerbaar binnen de bestaande kaders van het voortgezet onderwijs. Door de beperkte randvoorwaarden, het adaptieve en zelfsturende karakter van de leeromgeving, en de positieve ervaringen van eerdere gebruikers, is de praktische haalbaarheid groot. Het planmatige karakter van de interventie maakt deze bovendien goed inpasbaar en schaalbaar binnen uiteenlopende schoolsituaties.

- *Uniforme uitvoering van de interventie:*

Om te waarborgen dat de interventie op alle deelnemende scholen op een uniforme en controleerbare wijze wordt uitgevoerd, wordt gewerkt met een gedetailleerd en gestandaardiseerd implementatie- en uitvoeringsprotocol. Dit protocol beschrijft stapsgewijs de gehele interventie: van voorbereiding en instructie tot uitvoering, monitoring en evaluatie. Het is gebaseerd op ervaring uit eerdere implementaties in het primair en middelbaar beroepsonderwijs, waaronder de mbo-pilot van MemoryLab (2025).

Gestandaardiseerd uitvoeringsprotocol: Het protocol bevat richtlijnen voor:

- De selectie en voorbereiding van deelnemende klassen;
- De uitvoering van de nulmeting en nameting (inclusief toetsafname en vragenlijsten);
- De inzet van het MemoryLab-platform tijdens de oefenperiode, of de schriftelijke opdrachten voor de controlegroep;
- De taken en rolverdeling van docenten en ondersteunend personeel; en
- De planning en communicatie binnen de school.

Dit protocol wordt vooraf gedeeld met alle betrokken scholen en wordt als leidraad gebruikt bij de lokale implementatie. Eventuele variatie in schoolorganisatie of roostering wordt opgevangen binnen het voorgeschreven tijdspad, zonder af te wijken van de kerncomponenten van de interventie.

Instructiemateriaal en docententraining: Alle deelnemende docenten ontvangen een duidelijke, praktische handleiding waarin de verschillende stappen van de interventie worden toegelicht. Deze handleiding omvat o.a.: Instructie voor gebruik van het platform (inloggen, klassikale inzet, voortgangsmonitoring); Uitleg over de achterliggende principes en doelen van de interventie; Praktische tips voor het begeleiden van leerlingen tijdens de sessies; Standaardprocedures voor afname van toetsen en vragenlijsten.

Daarnaast worden vooraf korte instructiesessies georganiseerd, fysiek of online, waarin docenten vertrouwd worden gemaakt met de leeromgeving en hun rol binnen het project. Deze sessies zijn laagdrempelig, afgestemd op het onderwijspraktijk en vragen weinig voorbereidingstijd. De gebruiksvriendelijkheid en het grotendeels zelfsturende karakter van MemoryLab beperken de benodigde begeleiding tot een minimum.

Uniforme uitvoering en planning: De interventie wordt in alle deelnemende scholen uitgevoerd volgens een vast tijdpad, met uniforme meetmomenten en vaste lesinhoud. Elke deelnemende klas volgt hetzelfde ritme: een voormeting, een oefenperiode van 12 weken met wekelijkse MemoryLab-sessies (of schriftelijke opdrachten in de controlegroep), gevolgd door een nameting. Door de standaardisatie van toetsen, vragenlijsten en oefeninhoud is het mogelijk om resultaten betrouwbaar te vergelijken tussen leerlingen, klassen en scholen.

Technische ondersteuning en kwaliteitsbewaking: Het technische team van MemoryLab ondersteunt scholen bij de koppeling met bestaande ICT-systemen (zoals via Kennisnet en LMS-integraties) en biedt tijdens de interventieperiode ondersteuning bij eventuele technische of praktische problemen. Scholen hebben toegang tot een helpdesk en een vaste contactpersoon voor begeleiding bij implementatievragen. Deze ondersteuning garandeert dat ook minder digitaal ervaren scholen de interventie volgens protocol kunnen uitvoeren.

Reproduceerbaarheid in verschillende schoolcontexten: De interventie is ontworpen als aanvulling op bestaande lespraktijken, niet als vervanging. Daardoor is zij inzetbaar in uiteenlopende onderwijscontexten, ongeacht de gebruikte lesmethode of expertise van individuele docenten. De combinatie van heldere instructies, uniforme uitvoering, technische ondersteuning en beperkte randvoorwaarden maakt de interventie reproduceerbaar op grote schaal, een belangrijke voorwaarde voor betrouwbare effectmeting én duurzame toepassing.

- *Risico-inventarisatie en bijbehorende maatregelen:*

Bij de uitvoering van de interventie kunnen diverse risico's optreden. Op basis van eerdere implementaties en ervaringen is een risicoanalyse uitgevoerd, met bijbehorende maatregelen om deze risico's te beperken. De interventie is zodanig ontworpen dat zij robuust is tegen bekende knelpunten binnen het voortgezet onderwijs.

Lerarentekort en beperkte beschikbare tijd: Het aanhoudende tekort aan bevoegde docenten vormt een structureel risico in het Nederlandse onderwijs, met name in het vmbo. De interventie houdt hier expliciet rekening mee:

- *Beheersmaatregel:* MemoryLab is ontworpen als een grotendeels zelfsturend platform dat minimale begeleiding vraagt van docenten. Het systeem registreert automatisch de voortgang, geeft directe feedback aan leerlingen en vereist geen intensieve instructie.
- *Beheersmaatregel:* Oefensessies kunnen worden uitgevoerd tijdens reguliere rekenlessen, zelfstandig werken of onder begeleiding van onderwijsassistenten. Het protocol is zodanig opgezet dat het de belasting voor docenten minimaliseert.
- *Beheersmaatregel:* Vooraf ontvangen docenten duidelijke instructies en een kant-en-klaar stappenplan. De benodigde tijdsinvestering voor voorbereiding en uitvoering blijft beperkt tot hooguit 15 minuten per week.

Technische problemen of gebrekkige infrastructuur: Zoals bij iedere digitale interventie is het risico aanwezig dat technische storingen of beperkte infrastructuur de uitvoering bemoeilijken.

- *Beheersmaatregel:* MemoryLab verzorgt zelf de hosting, beveiligde dataverwerking en koppeling met schoolaccounts via de Kennisnet Entree Federatie en LMS-integraties. Deze infrastructuur is reeds beproefd en schaalbaar.
- *Beheersmaatregel:* Het technisch team biedt proactieve ondersteuning bij implementatie, en functioneert als helpdesk bij storingen of vragen. Eventuele issues kunnen snel worden opgeschaald en opgelost.
- *Beheersmaatregel:* Omdat MemoryLab platformafhankelijk is, kan het op de meeste devices worden gebruikt (laptops, Chromebooks). Alleen een stabiele internetverbinding is vereist, en die is op de meeste scholen aanwezig.

Gebrek aan motivatie of betrokkenheid van leerlingen: Een derde risico is dat leerlingen de interventie als extra belasting ervaren, of onvoldoende gemotiveerd zijn om er actief aan deel te nemen.

- *Beheersmaatregel:* De interventie is gebaseerd op adaptieve oefening binnen de zone van naaste ontwikkeling, wat zorgt voor een passende moeilijkheidsgraad. Leerlingen behalen structureel succeservaringen (80–90% juiste antwoorden), wat het zelfvertrouwen vergroot.

- *Beheersmaatregel:* Door visuele beloningen (zoals het behalen van een lessenkroontje) en inzicht in eigen voortgang, krijgen leerlingen grip op hun leerproces. Dit verhoogt motivatie en eigenaarschap.
- *Beheersmaatregel:* Docenten kunnen via het dashboard de voortgang monitoren en eenvoudig bijsturen als leerlingen achterblijven. In eerdere pilots bleek juist deze combinatie van zelfstandigheid en gerichte ondersteuning sterk motiverend te werken.

Verschillen tussen scholen in implementatie: Tot slot bestaat het risico dat scholen de interventie op verschillende manieren uitvoeren, waardoor de vergelijkbaarheid in gevaar komt.

- *Beheersmaatregel:* Zoals beschreven in de sectie “uniforme uitvoering”, wordt een gedetailleerd protocol gevolgd, met vaste meetmomenten, gelijke instructiematerialen en centrale ondersteuning.
- *Beheersmaatregel:* Alle scholen ontvangen dezelfde meetinstrumenten, handleidingen en instructies, en volgen hetzelfde tijdspad. Hierdoor is er controle op de betrouwbaarheid van de metingen die gedaan worden.

Door het ontwerp van de interventie, de technische ondersteuning, en het uitgewerkte uitvoeringsprotocol worden de belangrijkste risico's actief ondervangen. De ervaring uit eerdere implementaties laat zien dat scholen in staat zijn om MemoryLab succesvol in te zetten, ook in contexten met beperkte tijd of middelen.

b. Kwaliteit van het Implementatieteam

- Ervaring van het implementatieteam:

Het implementatieteam achter MemoryLab beschikt over ruime ervaring met het ontwikkelen, uitvoeren en evalueren van digitale leerinterventies in uiteenlopende onderwijstypen. Het team is interdisciplinair samengesteld en combineert expertise op het gebied van cognitieve psychologie, onderwijskunde, kunstmatige intelligentie en learning analytics. Verschillende teamleden zijn gepromoveerd op onderzoek naar adaptief leren, motivatie en rekenonderwijs, en hebben jarenlange ervaring in praktijkgericht onderzoek in samenwerking met scholen.

In eerdere projecten is MemoryLab succesvol geïmplementeerd in het primair onderwijs, voortgezet onderwijs, mbo en hoger onderwijs. Binnen de recente mbo-pilot (n = 140), uitgevoerd in samenwerking met Noorderpoort en het Alfa-college, begeleidde het team de integratie van MemoryLab binnen de rekenlessen. Hierbij ondersteunde het team de betrokken docenten met instructiematerialen, klassikale begeleiding en technische implementatie. Zowel docenten als studenten waardeerden het systeem om zijn gebruiksvriendelijkheid, effectiviteit en overzichtelijke feedback.

Daarnaast heeft het team ervaring met de grootschalige uitrol van MemoryLab binnen de Montessori Scholengemeenschap Amsterdam (MSA), waar het systeem wordt gebruikt door meer dan 1500 leerlingen per jaar. Hierbij lag de nadruk op duurzame implementatie binnen het bestaande curriculum, het trainen van docenten in het gebruik van dashboards, en het begeleiden van teams bij de integratie in hun lespraktijk.

Alle teamleden die de interventie op scholen ondersteunen, zijn inhoudelijk bekend met de werking van het systeem en beschikken over didactische en communicatieve vaardigheden om docenten effectief te begeleiden. Trainingen worden op maat verzorgd in overleg met de school en vinden plaats via fysieke of online sessies, eventueel aangevuld met naslagmateriaal. Dankzij deze ervaring kan het team scholen adequaat ondersteunen in alle fasen van het implementatieproces: van planning en training tot monitoring en nazorg.

BC 3. Doelmatigheid en schaalbaarheid van de interventie (max 2 pagina's, lettergrootte 9)

a. Grootschalige uitvoerbaarheid en kosteneffectiviteit

- *Praktische uitvoerbaarheid op grote schaal:*

De interventie met MemoryLab is in hoge mate schaalbaar en praktisch uitvoerbaar binnen uiteenlopende onderwijssituaties, ook op grotere schaal. De digitale leeromgeving is ontworpen met gebruiksgemak, flexibiliteit en minimale belasting voor scholen als uitgangspunt. Omdat MemoryLab volledig digitaal, adaptief en grotendeels zelfsturend is, kunnen leerlingen zelfstandig oefenen op hun eigen niveau en tempo. De systeemfunctionaliteiten, zoals automatische voortgangsregistratie, real-time feedback, en adaptieve herhaling, maken dat er weinig extra inzet van docenten nodig is. Dit is met name van belang in een tijd waarin de onderwijssector kampt met hoge werkdruk en een structureel lerarentekort.

Het systeem kan eenvoudig worden geïntegreerd in bestaande lesprogramma's, zonder dat er herontwerp van de lespraktijk nodig is. Dankzij bestaande koppelingen met de Kennisnet Entree Federatie en veelgebruikte LMS-systemen kunnen leerlingen via hun schoolaccounts veilig inloggen. Voor scholen betekent dit dat technische implementatie snel en zonder extra belasting kan plaatsvinden. Het ondersteuningsteam van MemoryLab biedt begeleiding bij de eerste installatie, beheer van gebruikersaccounts, en directe hulp bij eventuele technische of praktische problemen.

De aanbieder heeft ruime ervaring met het implementeren van MemoryLab in verschillende contexten, waaronder pilots in het primair onderwijs, voortgezet onderwijs en mbo. In eerdere projecten, waaronder grootschalige implementaties op de Montessori Scholengemeenschap Amsterdam (meer dan 1500 unieke gebruikers per jaar), is gebleken dat het systeem robuust functioneert bij grotere leerlingenaantallen. Het onderwijsteam daar ervoer de implementatie als laagdrempelig en beheersbaar binnen de bestaande roosters en organisatie.

Docenten die eerder met MemoryLab werkten, gaven aan het systeem eenvoudig te kunnen integreren in hun reguliere lespraktijk. De benodigde instructie is minimaal, en door de overzichtelijke dashboards behouden docenten inzicht in de voortgang van hun leerlingen, zonder dat dit extra administratieve last met zich meebrengt. In diverse gevallen hebben docenten het gebruik van MemoryLab zelfs zelfstandig voortgezet bij schoolwisselingen, wat de praktische meerwaarde en gebruiksvriendelijkheid van de interventie bevestigt.

De interventie verloopt via een vooraf opgesteld gestandaardiseerd protocol dat ontworpen is om op grote schaal uitvoerbaar te zijn. Het implementatieteam ontwikkelt instructiematerialen en trainingen voor docenten, de onderdelen zijn in alle klassen hetzelfde en worden via een vast tijdpad uitgevoerd, en er is robuuste ondersteuning vanuit het implementatieteam.

Deze combinatie van inhoudelijke effectiviteit, minimale implementatiebelasting, technische robuustheid en positieve ervaringen vanuit eerdere projecten maakt het aannemelijk dat deze interventie op grotere schaal uitvoerbaar is voor zowel de aanbieder als de deelnemende scholen.

- *Kosteneffectiviteit en baten van de interventie:*

De interventie met MemoryLab is aantoonbaar kosteneffectief. De structurele kosten per leerling zijn relatief laag, vooral in verhouding tot de verwachte opbrengsten op korte én lange termijn. De digitale leeromgeving vereist geen fysieke materialen, dure licenties of aanvullende personele inzet. Doordat het systeem volledig online en grotendeels zelfsturend functioneert, worden geen extra lessen of begeleidingsuren gevraagd van docenten. De inzet van MemoryLab kan plaatsvinden binnen bestaande lestijd, met minimale voorbereiding en ondersteuning vanuit de docent. Ook de administratieve belasting blijft beperkt, doordat voortgang automatisch wordt geregistreerd en inzichtelijk wordt gemaakt via dashboards.

In tegenstelling tot veel andere interventies vraagt deze aanpak dus geen structurele investering in menskracht of herinrichting van onderwijsprocessen. De enige noodzakelijke randvoorwaarden, toegang tot een computer en internet, zijn in de meeste scholen al aanwezig. De technische implementatie verloopt soepel via bestaande ICT-koppelingen, zoals de Kennisnet Entree Federatie, zonder aanvullende infrastructuur of softwarelicenties.

De opbrengsten zijn daarentegen substantieel. De interventie richt zich niet alleen op het verbeteren van feitelijke rekenkennis, maar versterkt tegelijkertijd het zelfvertrouwen van leerlingen, een belangrijke voorspeller van schoolsucces. Eerdere studies in het primair onderwijs en mbo tonen aan dat leerlingen met MemoryLab sneller en nauwkeuriger rekenfeiten automatiseren, terwijl ze hun eigen voortgang beter leren inschatten en meer motivatie ontwikkelen. Deze factoren dragen bij aan hogere slagingskansen, minder uitval, en betere doorstroom naar vervolgonderwijs.

Ook op de lange termijn zijn de baten evident. Rekenvaardigheid is een kerncompetentie in zowel het dagelijks leven als op de arbeidsmarkt. Leerlingen met een zwakke rekenbasis ondervinden op latere leeftijd vaker problemen met zelfstandig functioneren, financiële zelfredzaamheid of opleidingstrajecten. Door vroegtijdig te investeren in kennisopbouw en zelfvertrouwen bij risicogroepen in het vmbo, levert deze interventie niet alleen opbrengsten voor de individuele leerling, maar ook maatschappelijke winst in termen van verminderde uitval, hogere arbeidsparticipatie en minder kosten voor remediëring.

Gezien de lage uitvoeringskosten, de bewezen efficiëntie van adaptief oefenen en de positieve impact op cognitieve én motivationele uitkomsten, is de kosteneffectiviteit van deze interventie overtuigend. Zoals gespecificeerd in de begroting zijn de kosten per leerling laag, terwijl de opbrengsten doorwerken op meerdere niveaus van het onderwijssysteem.

b. Schaalbaarheid

- *In hoeverre de Interventie bij gebleken succes schaalbaar is naar een bredere (school/leerling-) populatie?*

De interventie met MemoryLab is goed schaalbaar naar een bredere school- en leerlingpopulatie. Het systeem is reeds succesvol ingezet binnen diverse onderwijscontexten, van primair en voortgezet onderwijs tot mbo en hoger onderwijs, en is ontworpen met het oog op brede toepasbaarheid. Dankzij de digitale, adaptieve structuur is MemoryLab in staat om leerlingen met uiteenlopende beginniveaus effectief te ondersteunen. Het algoritme past het oefenaanbod automatisch aan op basis van de individuele prestaties en voorkennis van de leerling, waardoor het systeem zowel zwakkere als sterkere leerlingen op maat kan bedienen.

Daarnaast is de inhoud van MemoryLab flexibel en modulair opgebouwd. De leerinhoud kan eenvoudig worden aangepast aan verschillende referentieniveaus (zoals 1F, 2F en 3F) en leerdoelen (bijv. SLO-kerndoelen, of curriculumvereisten in het mbo of havo). Daardoor is niet alleen opschaling binnen het vmbo mogelijk, maar kan de interventie ook worden aangepast voor bredere doelgroepen: van verschillende leerwegen (basis/kader/gt) tot andere onderwijstypen zoals havo, mbo-niveaus 2–4 en praktijkonderwijs. Ook differentiatie op specifieke rekenonderwerpen is mogelijk, waardoor scholen zelf inhoudelijke accenten kunnen leggen die passen bij hun leerlingpopulatie.

De schaalbaarheid wordt verder ondersteund door de technische infrastructuur. MemoryLab draait in een cloudomgeving met bewezen capaciteit voor duizenden gelijktijdige gebruikers. Dankzij integraties met bestaande ICT-voorzieningen (zoals de Kennisnet Entree Federatie en school-LMS'en) verloopt implementatie gestandaardiseerd en probleemloos, ongeacht de omvang van de school of scholengroep.

Tot slot blijkt uit eerdere ervaringen met implementatie dat ook het draagvlak onder docenten en leerlingen positief is: het systeem wordt als gebruiksvriendelijk, effectief en laagdrempelig ervaren. Dit vergroot de kans op succesvolle en duurzame opschaling in uiteenlopende schoolcontexten. Kortom: de interventie is inhoudelijk, technisch en organisatorisch goed schaalbaar naar een bredere populatie van scholen en leerlingen, zowel binnen als buiten het vmbo.

- *Maak aannemelijk dat de interventie ook zonder financiering vanuit het NWO op grote schaal op scholen kan worden uitgevoerd tegen de kosten en middelen die draagbaar zijn voor scholen:*

De interventie is ook zonder structurele financiering vanuit NWO uitvoerbaar op grote schaal tegen kosten die voor scholen draaglijk zijn. Zoals blijkt uit de bijgevoegde begroting, zijn de doorlopende kosten per leerling laag, zeker in een reguliere onderwijssetting waarin de leeromgeving voor hele cohorten wordt ingezet. In deze subsidieaanvraag is uitgegaan van 40 klassen verdeeld over 10 scholen (gemiddeld 4 klassen per school), maar in de praktijk kiezen scholen vaak voor bredere implementatie, waardoor de kosten per leerling verder dalen dankzij schaalvoordelen.

De huidige inzet van MemoryLab op grote onderwijsinstellingen in het voortgezet en hoger onderwijs (zoals de Montessori Scholengemeenschap Amsterdam en universiteiten) toont aan dat het systeem ook zonder aanvullende projectfinanciering breed en duurzaam inzetbaar is. Scholen zijn bereid om de licentiekosten zelf te dragen, mede omdat het systeem weinig extra tijdsinvestering van docenten vraagt, eenvoudig te integreren is in bestaande lesprogramma's en direct meerwaarde oplevert voor leeropbrengsten.

De gevraagde NWO-financiering wordt voornamelijk ingezet voor tijdelijke kosten die samenhangen met het onderzoeksdeel van het project: de ontwikkeling van meetinstrumenten, analyse van data, wetenschappelijke verantwoording, begeleiding van deelnemende scholen en kennisdeling. Deze eenmalige investeringen zijn niet nodig voor reguliere implementatie. Daarmee is de interventie, los van deze onderzoeksfase, reeds in staat om op eigen kracht structureel te worden gebruikt binnen het reguliere onderwijs.