

AI voor Docenten

Raamwerk BOUW

Een denkraam voor het vibecoden van leeromgevingen

Versie 2026 · Herziene editie · Voor docenten en onderwijsontwikkelaars in PO, VO, MBO, HBO en WO

Marcel Mutsaarts

AI voor Docenten · aivoordocenten.nl · marcel@aivoordocenten.nl

Voorwoord

Met generatieve AI kunnen docenten zelf digitale leermiddelen maken door in gewone taal te beschrijven wat zij willen. Dat wordt vaak vibecoden genoemd. De docent kan daarmee naast gebruiker en beoordelaar van leermiddelen ook maker worden.

Die mogelijkheid roept al snel een technische vraag op: kan ik dat wel? Voor veel afgebakende toepassingen is bouwen met hulp van AI haalbaar geworden. Maar een werkende app is nog geen goed leermiddel. De vraag die richting moet geven aan het bouwen, is wat leerlingen en studenten ermee leren en waarom deze omgeving daarbij helpt.

Dit raamwerk reikt daarvoor taal en afwegingen aan. Het beschrijft wat een leeromgeving waardevol maakt, welke rol AI daarin kan hebben en hoe je het bouwproces begeleidt en controleert. De bedoeling komt eerst. Daarna volgen het ontwerp, de uitvoering en de waarborgen voor verantwoord gebruik: BOUW.

Een kleine app mag één klein onderdeel goed verzorgen. De eerste uitleg, het overleg met een medeleerling of de beoordeling kan in de klas plaatsvinden. Er is daarom geen vaste hoeveelheid functies of leerprincipes die iedere app moet bevatten. Het gaat om een passende bijdrage aan het onderwijs dat je wilt geven.

De herziening maakt de onderbouwing preciezer. Goede leeractiviteiten vragen om juiste inhoud, passende voorkennis, bruikbare ondersteuning en een omgeving waarin leerlingen de taak kunnen uitvoeren. Soms helpt een eigen poging vóór de uitleg; soms is een uitgewerkt voorbeeld een beter begin. Theorie helpt om zulke keuzes te maken en hun reden zichtbaar te houden.

BOUW past gevestigde kennis over leren en instructie toe op een snel veranderende maakpraktijk. De voorbeelden zijn ontwerpvoorbeelden, geen bewijs dat iedere vergelijkbare app effectief is. Door klein te beginnen, mee te kijken met leerlingen en gericht te verbeteren, wordt duidelijker wat een ontwerp in de eigen context oplevert.

Het raamwerk hoort bij het Raamwerk AI-geletterdheid voor docenten en bij KIES. De drie raamwerken benaderen dezelfde ontwikkeling vanuit verschillende rollen: de onderwijsprofessional, de lerende en de maker van een leeromgeving. Zij delen een didactisch vertrekpunt en aandacht voor verantwoord handelen.

In deze tekst omvat 'leerling' ook student of cursist, en 'docent' ook leraar of onderwijsontwikkelaar. Zo blijft de tekst leesbaar voor gebruikers uit de verschillende onderwijssectoren.

Marcel Mutsaarts · AI voor Docenten · september 2026

Inhoud

Voorwoord	2
1. Inleiding	4
2. Theoretische grondslag	5
2.1 Van gebruiker naar maker	5
2.2 Wat maakt een leeromgeving waardevol?	5
2.3 Ontwerpkaders voor instructie	7
2.4 Motivatie, zelfregulatie en de plaats van AI	8
2.5 De vier D's toegepast op bouwen	9
2.6 Nationale en internationale context	9
2.7 Kritische noot bij raamwerken	9
3. Het denkraam: vier onderdelen	10
B — Bedoeling	10
O — Ontwerp	11
U — Uitvoering	12
W — Waarborgen	13
4. Drie typen apps	14
5. Relatie tot nationale en internationale kaders	16
6. Jaarlijkse actualisering	17
Bijlage A. Praktijkvoorbeelden	18
Bijlage B. Werkblad voor een bouwbeschrijving	19
Literatuur en bronnen	20

1. Inleiding

Generatieve AI verandert niet alleen het gebruik van technologie, maar ook wie die technologie kan maken. Een docent kan een oefening, simulatie of andere digitale leeromgeving laten bouwen vanuit een beschrijving van wat er nodig is. De mogelijkheden lopen uiteen: van een klein hulpmiddel voor één les tot een omgeving met gedeelde gegevens of een leerlinggerichte chatbot.

De kracht van zelfbouw zit in de verbinding met de eigen onderwijspraktijk. Een docent kent de vakinhoud, de leerlingen en hun struikelpunten. Een zelfgebouwde omgeving kan een gerichte oefenkans bieden waar bestaande middelen onvoldoende passen. Dat vraagt om een ontwerp waarin doel, inhoud, activiteiten en ondersteuning samenhangen.

Wie een app voor leerlingen maakt, maakt een leermiddel dat het leren van anderen beïnvloedt. Naast de didactische keuzes verdienen daarom ook inhoudelijke controle, toegankelijkheid, gegevensverwerking en beheer aandacht. Die zorg moet passen bij de functie en het gebruik van de app.

De vierde invalshoek

Het Raamwerk AI-geletterdheid voor docenten onderscheidt onderwijs over AI, onderwijs met AI en onderwijs dat door AI verandert. BOUW voegt daar het perspectief van onderwijs gebouwd met AI aan toe. De vraag is dan welke leeromgeving er moet komen en hoe je vaststelt of het gemaakte resultaat de bedoeling waarmaakt. (Last, Naberink & Mutsaarts, 2026)

Waar BOUW over gaat en waarover niet

BOUW helpt drie vragen te beantwoorden:

- **Wat maakt een app didactisch waardevol?** Onderzoek geeft richting aan de samenhang tussen doelen, voorkennis, inhoud, activiteiten, feedback en gebruik. Het levert geen universeel recept op voor iedere leerling of app.
- **Wanneer heeft AI in de omgeving meerwaarde?** Een chatbot kan variabele hulp of dialoog bieden, maar vraagt inhoudelijke en technische controle. Een vaste oefening, rubric of docent kan voor dezelfde bedoeling ook passend zijn.
- **Hoe begeleid je als docent het bouwproces?** Je formuleert de bedoeling en ontwerpeisen, beoordeelt tussenversies en controleert wat de omgeving werkelijk doet. Een toelichting van de bouw-AI vervangt die controle niet.

BOUW is geen programmeercursus of handleiding voor een specifieke tool. Het vormt samen met het docentenraamwerk en KIES een samenhangend geheel. Het docentenraamwerk richt zich op professioneel handelen met AI, KIES op de AI-vaardigheid van leerlingen en studenten, en BOUW op het ontwerpen en maken van hun leeromgeving. (Mutsaarts, 2026b; Last, Naberink & Mutsaarts, 2026)

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de theoretische grondslag. Hoofdstuk 3 vertaalt die naar de vier BOUW-onderdelen. Hoofdstuk 4 bespreekt herkenbare appvarianten en de bijbehorende afwegingen. Daarna volgen de relatie tot andere kaders en de actualisering. De bijlagen bieden voorbeelden en een werkblad voor een bouwbeschrijving.

2. Theoretische grondslag

2.1 Van gebruiker naar maker

Bij het bouwen van een leeromgeving krijgt de docent naast het eigen handelen ook een product te beoordelen. Dat product blijft bestaan en kan invloed hebben op het leren van anderen.

Instructieontwerp helpt de beoogde leeropbrengst te verbinden aan de inhoud, de activiteiten en de ondersteuning. De bouwbeschrijving maakt die keuzes uitvoerbaar en controleerbaar. (Merrill, 2002; Van Merriënboer et al., 2002)

Het TPACK-model verbindt vakinhoud, didactiek en technologie. Ook bij bouwen met AI blijft die samenhang nodig. De uitvoering kan gedeeltelijk worden gedelegeerd, maar de docent moet kunnen beoordelen hoe technische keuzes de leerervaring beïnvloeden. Bouwen zonder zelf alle code te schrijven vraagt dus nog steeds begrip van mogelijkheden, beperkingen en controle. (Mishra & Koehler, 2006)

2.2 Wat maakt een leeromgeving waardevol?

De leerwaarde ontstaat door de samenhang tussen wat leerlingen moeten leren, wat zij meebrengen, wat zij doen, welke inhoud en ondersteuning beschikbaar zijn en hoe de omgeving wordt gebruikt. Alleen de hoeveelheid uitleg, interactie of functies zegt daar weinig over.

How People Learn onderscheidt vier verbonden perspectieven: de lerende, de kennis, de beoordeling en de leergemeenschap. *How People Learn II* verdiept onder meer de rol van context, motivatie en digitale technologie. De National Research Council (NRC) en de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) bieden daarmee een bredere grondslag dan een tegenstelling tussen 'kijken' en 'doen'. (NRC, 2000; NASEM, 2018)

Voor BOUW zijn deze perspectieven en de aanvullende literatuur geordend in zeven ontwerpgebieden. Dit is een praktische synthese, geen nieuwe gevalideerde taxonomie. De gebieden helpen een keuze te onderzoeken; het zijn geen zeven extra stappen of verplichte functies.

Ontwerpgebied	Centrale ontwerp vraag
Doelen en passend bewijs	Wat moet veranderen en waaraan herken je dat?
Beginsituatie en context	Welke kennis, mogelijkheden en omstandigheden brengt de leerling mee?
Kennisopbouw en ondersteuning	Welke inhoud, voorbeelden en begeleiding zijn nodig?
Verwerken, oefenen en toepassen	Welke denk- en leeractiviteiten helpen naar het doel?
Feedback en bijsturing	Welke informatie en vervolgstap helpen de leerling verder?
Motivatie, zelfregulatie en samenleren	Wat ondersteunt deelname, sturing en leren met anderen?
Bruikbaarheid, inbedding en evaluatie	Is de activiteit toegankelijk en uitvoerbaar, en werkt zij in de praktijk?

Een app kan een deel van deze functies verzorgen. Uitleg, begeleiding en beoordeling kunnen ook elders in de les of opleiding plaatsvinden. De kwaliteit zit in het geheel waarin de app wordt gebruikt.

2.2 Wat maakt een leeromgeving waardevol? Vervolg

Doel, beginsituatie en passend bewijs

Stem leerdoel, activiteit en beoordeling op elkaar af. Wie een oorzakelijke verklaring wil leren geven, moet die verklaring oefenen en laten zien hoe zij wordt onderbouwd. Begrippen herkennen kan een deelvaardigheid oefenen, maar dekt dat doel niet. Benoem welke voorkennis en welke hulpmiddelen nodig zijn; ontbrekende kennis, een misvatting en een bedieningsprobleem vragen verschillende ondersteuning. (NRC, 2000; Biggs, 1996)

Maak onderscheid tussen presteren tijdens het oefenen, onthouden op een later moment en toepassen in een nieuwe situatie. Het doel bepaalt welke zelfstandigheid telt en welke hulpmiddelen daarbij passen. Het bewijs daarvan mag ook buiten de app worden verzameld. (NASEM, 2018; Pan & Rickard, 2018)

Verwerken en zelf betekenis opbouwen

Het ICAP-raamwerk helpt kijken naar de denkactiviteit achter zichtbaar gedrag. Een leerling kan iets afleiden, uitleggen, vergelijken of samen met een ander een verklaring verbeteren. Alleen typen kan echter ook overschrijven zijn, terwijl lezen aanleiding kan geven tot intensief nadenken. ICAP is geen regel dat ieder open antwoord beter is dan iedere gesloten vraag. Zorg voor voldoende kennis om betekenisvol te kunnen redeneren. (Chi & Wylie, 2014)

Ophalen en gespreid oefenen

Wanneer eerder geleerde kennis beschikbaar moet blijven, zijn ophaaloefening en gespreide herhaling goed onderbouwde mogelijkheden. Zowel open als gesloten vragen kunnen nuttig zijn. Zorg voor passende correctie en kies de vraagvorm vanuit wat leerlingen moeten kunnen ophalen of toepassen. (Yang et al., 2021; Dunlosky et al., 2013)

Verdeel oefenkansen over de tijd. Het passende interval hangt mede af van de inhoud en de gewenste bewaartermijn; er is geen universeel ideaal herhaalschema. Een reeks direct opeenvolgende goede antwoorden bewijst geen duurzame beheersing. Herhaling kan ook door de docent of via een bestaande leeromgeving worden georganiseerd. (Cepeda et al., 2006)

Onderscheiden en toepassen

Laat leerlingen voorbeelden en tegenvoorbeelden vergelijken wanneer zij begrippen of aanpakken verwarren. Gemengd oefenen kan helpen de passende aanpak te leren kiezen, maar de opbrengst verschilt per materiaal en taak. Willekeurig ongerelateerde onderwerpen mengen is geen onderbouwde toepassing van interleaving. (Brunmair & Richter, 2019)

Transfer vraagt oefening waarin iets wezenlijks verandert, zoals de context, representatie of te kiezen aanpak. Leerlingen moeten herkennen welk principe relevant blijft. Veel oefenen levert die toepassing niet vanzelf op; andere namen of getallen bewijzen geen brede transfer. (Pan & Rickard, 2018)

Een ontwerpkeuze beargumenteren

Verbind een concreet leerprobleem aan een activiteit, het verwachte leermechanisme en de voorwaarden waaronder die activiteit past. Maak daarna een controleerbare ontwerpkeuze. Een bron ondersteunt de redenering achter de keuze; de toepassing op een nieuwe app blijft een ontwerpafweging die in het gebruik moet worden onderzocht.

2.3 Ontwerpkaders voor instructie

Samenhangende taken en correcte inhoud

Merrills First Principles of Instruction verbinden betekenisvolle problemen aan activering van voorkennis, demonstratie, toepassing en integratie. Dat biedt een ontwerptaal waarin uitleg en handelen elkaar ondersteunen. Het is geen verplicht recept dat iedere kleine app volledig moet uitvoeren. (Merrill, 2002)

Bij complexe vaardigheden moeten onderdelen ook samenkomen in hele taken. Het 4C/ID-model verbindt hele leertaken, ondersteunende informatie, informatie op het juiste moment en gerichte deeltaakoefening. Een reeks losse begripsvragen kan een beroepsprestatie voorbereiden, maar vervangt het oefenen en beoordelen van die hele prestatie niet. (Van Merriënboer et al., 2002)

Voorkennis en passende begeleiding

Beginners profiteren bij complexe taken vaak van expliciete uitleg en uitgewerkte voorbeelden. Bouw vervolgens oefening in waarin zij meer zelf uitvoeren. Verminder steun wanneer de beheersing toeneemt en dezelfde uitleg overbodig wordt. Herstel steun bij nieuwe moeilijkheden. Cognitieve belasting hangt mede af van de kennis die al beschikbaar is. (Sweller et al., 2019)

Eerst een probleem verkennen en daarna instructie krijgen kan conceptueel leren ondersteunen wanneer beide delen zorgvuldig op elkaar aansluiten. Dat is iets anders dan leerlingen zonder richting laten vastlopen. Ook onderzoekend leren vraagt vaak begeleiding. De volgorde van uitleg en proberen volgt uit de taak, de voorkennis en het beoogde leren. (Sinha & Kapur, 2021; Lazonder & Harmsen, 2016)

Representatie en multimedia

Controleer de juistheid en samenhang van de vakinhoud. Gebruik beelden, woorden, geluid of beweging waar die een inhoudelijke functie hebben. Zet samenhangende tekst en beeld dicht bij elkaar, benadruk relevante kenmerken en maak complexe uitleg hanteerbaar in delen. Een animatie moet de bedoelde verandering begrijpelijk weergeven; beweging alleen is geen leerargument. (Noetel et al., 2022)

Beperk onnodig zoekwerk en afleidende informatie. Dat betekent niet dat elke toelichting, ondertitel of visuele steun moet verdwijnen zodra een leerling verder komt. Wat functioneel is, verschilt per inhoud en gebruiker. Eén handeling per scherm kan overzicht geven, maar is geen didactische wet.

Toegankelijkheid en bruikbaar gebruik

Universal Design for Learning biedt ontwerp vragen over betrokkenheid, representatie en handelen of uitdrukken. Verschillende toegangswegen kunnen deelname ondersteunen; zij zijn geen bewijs voor vaste leerstijlen. Niet iedere optie hoeft in iedere app aanwezig te zijn. (CAST, 2024)

Controleer concreet onder meer toetsenbordbediening, labels, contrast, begrijpelijke foutmeldingen en een alternatief voor handelingen die alleen met slepen werken. WCAG biedt hiervoor toetsbare criteria. Een toegankelijkheidsinstructie in de bouwprompt is nog geen gerealiseerde of geteste eigenschap. (W3C, 2024)

De introductie door de docent, de beschikbare hulp en de plaats van de app in de les bepalen mede of het ontwerp werkt. Kijk daarom naar het gebruik in de onderwijspraktijk, naast de losse schermen. (NASEM, 2018; Stringer et al., 2019)

2.4 Motivatie, zelfregulatie en de plaats van AI

Motivatie en zelfregulatie

Maak het doel begrijpelijk, de uitdaging hanteerbaar en vooruitgang inhoudelijk herkenbaar. Onderzoek vanuit de zelfdeterminatietheorie verbindt onder meer interesse en persoonlijk ervaren waarde aan gunstige leeruitkomsten. Dat bewijst niet dat één keuzevakje, puntensysteem of andere appfunctie motivatie veroorzaakt. (Howard et al., 2021)

Bied keuze waar die helpt. Onbeperkte keuze kan ook belasting geven. Onderzoek bij spelvormen of ze de bedoelde activiteit ondersteunen of bijvoorbeeld gokken en snelheid uitlokken. Help leerlingen waar nodig plannen, hun begrip controleren en hun aanpak aanpassen. Onderzoek naar zelfregulatietraining bij universiteitsstudenten ondersteunt samenhangende begeleiding; een dashboard of losse reflectievraag realiseert die begeleiding niet vanzelf. (Theobald, 2021)

Feedback en samenleren

Feedback moet helpen bepalen wat de volgende stap is en gelegenheid geven die stap te zetten. Soms is een korte bevestiging genoeg; een misvatting kan om een aanwijzing of uitleg vragen. Inhoud, timing en gebruik bepalen mede de opbrengst. Een score, compliment of lange toelichting heeft niet automatisch leerwaarde. (Wisniewski et al., 2020)

Een leerling, docent, modelantwoord of medeleerling kan een deel van die ondersteuning verzorgen. Samenleren vraagt een inhoudelijke wisselwerking: elkaars redenering onderzoeken, bewijs vergelijken of een antwoord herzien. Een groepsindeling of chatvenster zorgt daar niet vanzelf voor. (Laurillard, 2007; Chi & Wylie, 2014)

AI als onderdeel van de leeromgeving

AI kan variabele dialoog, voorbeelden of feedback bieden. Geef haar een rol die bij de bedoeling past, met gecontroleerde inhoud, goede voorbeeldantwoorden, mogelijke misvattingen en passende soorten hulp. Bepaal wat er gebeurt bij twijfel, fouten of uitval. 'Stel altijd een wedervraag' is geen passende algemene tutorregel.

Vergelijk complete ontwerpen. In één onderzoek naar wiskunde in het voortgezet onderwijs verbeterde een algemene AI-assistent de oefenprestatie, terwijl prestaties op de aansluitende toets zonder AI achteruitgingen tegenover de controlegroep. Een specifiek ontworpen tutor beperkte die schade, maar gaf daar geen aantoonbaar betere zelfstandige toetsresultaten dan de controlegroep. (Bastani et al., 2025)

Een ander experiment vond bij twee universitaire natuurkundelessen betere onmiddellijke leerresultaten met een zorgvuldig ontworpen AI-tutor dan in de onderzochte actieve klassikale lessen. Die tutor gebruikte voorbereide inhoud en een gestuurde taakvolgorde. (Kestin et al., 2025)

Deze studies geven geen algemeen oordeel over iedere chatbot en bewijzen geen langdurige transfer. Ze onderstrepen waarom inhoud, ondersteuning, vergelijking en meetmoment ertoe doen. Open antwoorden, dialoog en gerichte feedback zijn bovendien ook zonder generatieve AI mogelijk. De vraag is welke uitvoering voor deze taak betrouwbaar en bruikbaar is.

2.5 De vier D's toegepast op bouwen

Het AI Fluency Framework onderscheidt vier verbonden competenties voor samenwerking met AI. BOUW vertaalt ze naar het maken van leermiddelen en verbindt daarmee de maker, de docent en de lerende. (Dakan, Feller & Anthropic, 2025; Mutsaarts, 2026b; Last, Naberink & Mutsaarts, 2026)

Vier D's	Bij de bouwende docent
Delegation	Kiezen welke uitvoering je aan AI overlaat en welke besluiten, controles en verantwoordelijkheden bij mensen liggen.
Description	Bedoeling, inhoud, leerlingroute en eisen helder beschrijven, met voorbeelden waar nodig.
Discernment	Gedemonstreerd gedrag controleren. Onderscheid maken tussen een overtuigende toelichting en een goed werkend leermiddel.
Diligence	Zorgvuldig handelen rond kwaliteit, gegevens, toegankelijkheid en beheer, met een passende taakverdeling binnen de school.

De vier competenties ondersteunen het hele bouwproces. Ze hoeven niet aan vier afzonderlijke schermen of een vaste reeks gesprekvragen te worden gekoppeld.

2.6 Nationale en internationale context

BOUW sluit aan bij bestaande inzichten over vakinhoud, didactiek en technologie, bij instructieontwerp en bij verantwoord omgaan met AI. Het vervangt die kaders niet. TPACK beschrijft de samenhang in de kennis van docenten; de vier D's helpen de samenwerking met AI te doordenken. BOUW maakt het product en het maakproces tot onderwerp van die afwegingen. (Dakan, Feller & Anthropic, 2025; Mishra & Koehler, 2006)

Onderwijswaarden geven richting aan technische keuzes. Kennisnets Ethiekkompas biedt een manier om zulke waarden gezamenlijk te onderzoeken. Bij de bouw van een app gaat het bijvoorbeeld om toegang tot leren, de rol van de docent en het gebruik van leerlinggegevens. De concrete afspraken moeten passen binnen het onderwijs en de organisatie van de school. (Kennisnet, z.d.)

Hoofdstuk 5 laat de belangrijkste verbindingen zien. BOUW bewijst geen naleving van professionele of wettelijke eisen.

2.7 Kritische noot bij raamwerken

Een raamwerk ordent een praktijk die niet altijd ordelijk verloopt. De zeven ontwerpgebieden zijn een synthese voor BOUW, geen gevalideerde score of uitputtend model. Een app hoeft niet iedere onderwijsfunctie te bevatten. Een toegepast principe kan een verbetering zijn zonder de effectiviteit van de hele omgeving te bewijzen.

De herziening steunt op gerichte broncontrole tot september 2026, geen uitputtende systematische review. Theorieën beschrijven samenhang; meta-analyses beschrijven gemiddelde uitkomsten en verschillen; experimenten geven bewijs in hun specifieke situatie. De toepassing op een app blijft een beredeneerde vertaling.

Een gebruiksproof kan problemen zichtbaar maken. Een uitspraak over leerwinst vraagt een passende vergelijking en aandacht voor het startniveau, het meetmoment en andere onderwijsactiviteiten. BOUW blijft daarom een denkraam dat wordt geactualiseerd, geen keurmerk.

3. Het denkraam: vier onderdelen

BOUW verbindt Bedoeling, Ontwerp, Uitvoering en Waarborgen. De onderdelen versterken elkaar; eerdere keuzes kunnen steeds worden herzien.

B — Bedoeling

Kerngedachte

De bedoeling verbindt een inhoudelijk leerprobleem met de leerlingen en hun onderwijscontext. Zij geeft richting aan activiteiten, ondersteuning en techniek. Een kleine app mag één onderdeel verzorgen; zij hoeft geen volledig leertraject te bevatten.

Kernthema's

- **Het leerprobleem eerst.** Beschrijf wat leerlingen lastig vinden en beter moeten leren, of welke leerkans je wilt benutten.
- **De beginsituatie telt mee.** Welke voorkennis, misvattingen, taalvaardigheid en hulpmiddelen zijn relevant? Ontbrekende kennis vraagt iets anders dan verkeerd toepassen. Gebruik kennis van de groep of een korte starttaak; vermijd onnodige leerlingprofielen. Benoem of leerlingen thuis, in de les of samen werken.
- **Doel, activiteit en bewijs horen bij elkaar.** Kies een inhoudelijke prestatie met een herkenbaar kwaliteitscriterium. Verklaren vraagt bijvoorbeeld oefening in verklaren, niet alleen termen herkennen. Bedenk waaraan je verbetering ziet. Dat mag een uitleg, werkstuk of observatie in de klas zijn; een toetsfunctie is geen voorwaarde.
- **Bepaal welke zelfstandigheid past.** Onderscheid een taak met hulp afronden, kennis later beschikbaar hebben en toepassen in een andere situatie. Benoem welke hulp bij het leerdoel hoort. Soms moet de leerling zonder de app verder kunnen; soms is werken mét een hulpmiddel het doel. Gebruiksdur en tevredenheid bewijzen geen leren.
- **Geef de app een functie en grens.** Vergelijk de digitale uitvoering met een bruikbaar alternatief. Meer oefenkansen, gerichte feedback of visualisatie kunnen waardevol zijn; de activiteit hoeft analoog niet onmogelijk te zijn. Leg vast wat de app verzorgt en wat elders in het onderwijs gebeurt.

Indicatoren

Vragen die je jezelf stelt	Wat een sterke bedoeling laat zien
Welke leeractiviteit helpt deze leerlingen naar welk doel?	Een activiteit die past bij doel, inhoud en beginsituatie.
Waaraan herken ik wat de leerling heeft geleerd?	Een taak met kwaliteitscriterium, hulpmiddelen en meetcontext.
Wat voegt deze app toe aan het onderwijs?	Een concrete bijdrage en een duidelijke afbakening.

Verbinding met onderzoek

B verbindt perspectieven op de lerende, kennis, beoordeling en context met constructive alignment. Onderzoek ondersteunt deze samenhang; de vertaling naar eigen leerlingen blijft een professionele ontwerpafweging. (NRC, 2000; NASEM, 2018; Biggs, 1996)

O — Ontwerp

Kerngedachte

Het ontwerp maakt concreet wat de leerling ziet, bedenkt en doet. Een goede leerlingroute verbindt geschikte inhoud, passende ondersteuning en bruikbare reacties met het doel. De belangrijkste keuzes krijgen een begrijpelijke onderbouwing.

Kernthema's

- **Begin bij juiste inhoud en één leerlingroute.** Controleer de vakinhoud en beschrijf een volledig gebruiksmoment. Wat moet de leerling begrijpen of uitvoeren? Wat gebeurt bij een goed antwoord, een fout, twijfel of een hulpvraag? Een functie krijgt betekenis door de leeractiviteit.
- **Stem uitleg en steun af op de beginsituatie.** Bij weinig voorkennis kan een uitgewerkt voorbeeld passen. Bij andere taken kan een verkenning gevolgd door instructie zinvol zijn. 'Altijd eerst zelf proberen' is geen algemene regel. Pas steun aan de beheersing aan, maar behoud functionele hulpmiddelen en toegankelijkheidsvoorzieningen.
- **Kies leeractiviteiten met een reden.** Ophalen, spreiden, vergelijken, uitleggen en toepassen helpen onder verschillende voorwaarden. Open antwoorden zijn niet automatisch beter dan gesloten vragen; kijken en lezen kunnen leren ondersteunen. Noteer wat de leerling doet, waarom dat helpt en wanneer het past. Kies alleen principes die het ontwerpprobleem verhelderen.
- **Geef feedback een vervolg.** Soms volstaat bevestiging; bij een misvatting kan een hint, vergelijking of uitleg nodig zijn. Een wedervraag helpt niet altijd. Bied gelegenheid tot herzien, opnieuw proberen of een volgende taak. Feedback kan ook van een docent, medeleerling, modelantwoord of rubric komen.
- **Maak de omgeving gericht en toegankelijk.** Breng samenhangende informatie bij elkaar, verdeel complexe informatie waar nodig in stappen en voorkom afleiding. Controleer taal, leesbaarheid en bediening. Maak de positie en volgende stap zichtbaar. Beperk functies tot wat de leerroute ondersteunt; laat ruimte voor begeleiding buiten de app.

Indicatoren

Vragen die je jezelf stelt	Wat een sterk ontwerp laat zien
Kan ik één volledige leerervaring beschrijven?	Een samenhangende route met inhoud, activiteit, reactie en vervolg.
Past de ondersteuning bij deze leerlingen?	Een beredeneerde keuze voor uitleg, voorbeelden, hulp en zelfstandigheid.
Waarom helpt deze ontwerpkeuze naar verwachting?	Een concreet leermechanisme, een toepassingsvoorwaarde en een controleerbare ontwerpeis.
Kan de leerling de bedoelde activiteit uitvoeren?	Begrijpelijke informatie en bruikbare bediening, ook bij fouten of een hulpvraag.

Verbinding met onderzoek

O verbindt instructieontwerp en cognitieve belasting met onderzoek naar multimedia en feedback. Deze bronnen geven voorwaardelijke ontwerpkenis; geen enkele functie garandeert op zichzelf leerwinst. (Merrill, 2002; Sweller et al., 2019; Noetel et al., 2022; Wisniewski et al., 2020)

U — Uitvoering

Kerngedachte

De uitvoering maakt het ontwerp werkend. De docent formuleert en controleert. De bewering van een bouwhulp dat iets werkt, veilig is of leren bevordert, vervangt geen controle.

Kernthema's

- **Maak de bouwopdracht concreet.** Beschrijf doelgroep, bedoeling, inhoud, leerlingroute, ondersteuning, bediening en grenzen. Geef voorbeeldopdrachten en verwachte reacties mee. Onderscheid besluiten, voorlopige aannames en ontbrekende keuzes die de uitvoering bepalen. Laat de bouwhulp gericht doorvragen en voorkom ongemerkte uitbreiding.
- **Bouw klein maar volledig.** Maak eerst één volledige leerroute. Breid uit wanneer de kern klopt. Beschrijf bij wijzigingen het concrete probleem en gewenste gedrag, bijvoorbeeld welke aanwijzing een foutmelding moet geven. Dat is toetsbaarder dan 'maak de feedback slimmer'.
- **Houd drie controles uit elkaar.** Bij *inhoud en werking* controleer je juistheid, reacties, berekeningen, opslag en grenzen. Bij *gebruik* onderzoek je of leerlingen begrijpen wat zij moeten doen en hoe zij verder kunnen. Bij *leren* bekijk je kennis of vaardigheid, waar relevant ook behoud of toepassing later. Een technische test bewijst geen leerwinst.
- **Onderzoek normaal én lastig gebruik.** Probeer lege, onjuiste en onverwachte invoer, opnieuw beginnen, herladen en hulpvragen. Controleer schermformaten, toetsenbordbediening en benodigde hulpmiddelen. Test bij gedeelde opslag de toegang tussen gebruikers. Onderzoek bij AI ook overtuigend geformuleerde fouten en wisselende reacties op vergelijkbare vragen. Test technische grenzen zelf.
- **Kijk vroeg mee met leerlingen.** Laat enkele leerlingen de route uitvoeren. Kijk waar zij aarzelen, vastlopen of iets overslaan. Verander het grootste probleem en probeer opnieuw. Zo'n gebruiksproof bewijst geen algemeen leereffect. Plezier, voltooiing en oefenscores zeggen iets over gebruik; onderzoek naar leren vraagt een passende taak, meetmoment en vergelijking. Dat mag buiten de app plaatsvinden.

Indicatoren

Vragen die je jezelf stelt	Wat een sterk bouwproces laat zien
Is duidelijk wat de eerste versie moet kunnen?	Een bouwbeschrijving met voorbeelden en herkenbare aannames.
Heb ik het afgesproken gedrag daadwerkelijk gezien?	Controles van inhoud en werking bij normaal en lastig gebruik.
Begrijpen leerlingen de route?	Waarnemingen tijdens gebruik en gerichte verbeteringen.
Wat weet ik over het leren, en wat nog niet?	Een onderscheid tussen gebruikservaringen en bewijs voor de beoogde leeropbrengst.

Verbinding met onderzoek

U sluit aan bij *How People Learn II* en de praktijkrichtlijnen van de EEF. Implementatie en evaluatie bepalen mede wat digitale technologie oplevert; een aantrekkelijke, werkende versie is daarvoor onvoldoende bewijs. (NASEM, 2018; Stringer et al., 2019)

W — Waarborgen

Kerngedachte

Waarborgen betreffen betrouwbaarheid, toegang, gegevens en continuïteit. De benodigde professionele zorg hangt af van doelgroep, functies en gebruikssituatie. Bespreek afspraken vroeg op school en opnieuw bij wijzigingen.

Kernthema's

- **Houd de vakinhoud controleerbaar.** Beleg inhoudscontrole en herstel. Gebruik herkenbare bronnen. Onderscheid bij AI vooraf gecontroleerde inhoud en gegenereerde reacties. Bepaal wat leerlingen en docenten bij twijfel doen, zoals een bron raadplegen of een fout melden.
- **Verwerk alleen benodigde gegevens.** Bepaal welke gegevens nodig zijn, waar ze naartoe gaan, wie toegang heeft en wanneer ze verdwijnen. Vermijd gegevens zonder duidelijk doel. Lokale opslag garandeert geen afwezigheid van gegevensverkeer: externe AI of andere diensten kunnen gegevens ontvangen. Stem verwerking en taakverdeling af op schoolbeleid en toepasselijke regels.
- **Controleer toegang en grenzen.** Test of gebruikers andermans werk kunnen opvragen of wijzigen. Houd geheime sleutels buiten de openbare app en ondersteun bewaar- en verwijderafspraken technisch. Een maatregel begrenst wat binnen zijn bereik valt; zij is geen algemene veiligheidsgarantie. Een instructie aan AI bewijst evenmin dat zij zich eraan houdt.
- **Maak verantwoord gebruik mogelijk.** Geef begrijpelijke uitleg over gegevensverwerking, AI en beperkingen. Bied hulp en een foutmeldmogelijkheid. Controleer leesbaarheid, toetsenbordbediening, labels en alternatieven voor essentiële informatie die alleen via kleur, geluid of slepen beschikbaar is. Een toegankelijkheidszin in een bouwprompt vervangt geen controle met gebruikers en hulpmiddelen.
- **Regel onderhoud en handelen bij problemen.** Benoem een beheerder en een controlemoment voor inhoud, werking en gebruik. Controleer kosten, limieten, afhankelijkheden en herstel bij uitval. Regel bij opgeslagen gegevens export, verwijdering en stoppen. Spreek af wie op signalen van vastlopen handelt; een ongebruikt dashboard biedt weinig ondersteuning.

Indicatoren

Vragen die je jezelf stelt	Wat verantwoorde waarborgen laten zien
Wie controleert inhoud en handelt bij twijfel?	Een aanspreekpunt en een bruikbare route voor hulp en herstel.
Welke gegevens gaan waarheen en wie kan erbij?	Een duidelijk doel, geteste toegang en afspraken over bewaren en verwijderen.
Kunnen leerlingen de omgeving begrijpen en bedienen?	Gecontroleerde toegankelijkheid en duidelijke uitleg over beperkingen.
Wie onderhoudt de app en wat gebeurt bij uitval?	Afspraken over beheer, kosten, herstel en eventueel stoppen.

Verbinding met onderzoek

W verbindt onderwijscontext en implementatie met toegankelijk ontwerp. UDL ondersteunt deelname en toegang; WCAG biedt toetsbare criteria. Deze kaders vervangen geen beoordeling van de app, gegevensverwerking en verantwoordelijkheden. (CAST, 2024; W3C, 2024; Dakan, Feller & Anthropic, 2025; Kennisnet, z.d.)

4. Drie typen apps

De oorspronkelijke drie appvarianten blijven herkenbaar: een app zonder centrale opslag, een app met centrale opslag en een app met AI in de omgeving. Ze vormen geen didactische rangorde. Opslag, uitwisseling en generatieve AI zijn afzonderlijke keuzes die gecombineerd kunnen worden.

De beste variant is de uitvoering die de bedoeling waarmaakt met passende kwaliteit en beheer. Een lokale app kan over weken heen herhaling ondersteunen. Een open schrijfpdracht hoeft niet automatisch beoordeeld te worden. Meer techniek levert niet vanzelf meer leerwaarde op.

Type 1 — De app zonder centrale opslag

Wat het is. Een app die leerlingwerk en voortgang niet centraal bewaart. Denk aan een oefenset, simulatie, bronnenvergelijker, tekenopdracht of flashcard-trainer. Voortgang kan op het apparaat worden bewaard.

Didactische mogelijkheden. Ophalen, uitleggen, oefenen met feedback, vergelijken en simuleren zijn mogelijk. Ook gespreide herhaling over langere tijd kan met lokale opslag of een afspraak met de docent. De kwaliteit hangt af van de activiteit, inhoud en begeleiding.

Beperkingen. Lokale voortgang reist niet vanzelf mee naar een ander apparaat en kan verdwijnen als browsergegevens worden gewist. De docent ziet het werk alleen via een afgesproken uitwisseling of doordat een leerling het toont. Een app zonder generatieve AI kan open werk laten maken; inhoudelijke feedback kan uit een rubric, voorbeeld, docent of medeleerling komen.

Wanneer kiezen? Als de leerroute zonder centrale opslag van leerlingwerk of voortgang kan worden uitgevoerd. Dat kan een korte lesactiviteit zijn of een reeks oefeningen op hetzelfde apparaat.

BOUW bij dit type. B en O bepalen het ontwerp. U controleert inhoud, bediening en bewaren of wissen. W blijft relevant: lokale opslag garandeert niet dat de app niets verstuurt. Controleer ook externe diensten en het gebruik op gedeelde apparaten.

Type 2 — De app met centrale opslag

Wat het is. Werk of voortgang wordt buiten het apparaat bewaard, bijvoorbeeld om op meerdere apparaten door te gaan of werk bewust te delen.

Didactische mogelijkheden. Centrale opslag kan feedbackuitwisseling, begeleiding en een doorlopende leerroute makkelijker uitvoerbaar maken. Zij is geen voorwaarde voor duurzaam leren of gespreid oefenen. Een database verzamelt gegevens; het ontwerp bepaalt wat ermee gebeurt.

Wanneer kiezen? Wanneer er een concreet doel is voor centrale opslag of uitwisseling. Benoem welke gegevens daarvoor nodig zijn en wie ze gebruikt. Verzamel geen uitgebreide leerlingprofielen omdat het technisch kan.

BOUW bij dit type. Controleer toegang met verschillende gebruikers, bewaren, wissen en herstel. Leg gegevensdoelen, toegang, beheer en afspraken met de school vast. Geef een docent alleen informatie waarmee die in de onderwijspraktijk iets kan doen.

Type 3 — De app met AI in de omgeving

Wat het is. De omgeving gebruikt generatieve AI terwijl de leerling werkt, bijvoorbeeld voor dialoog, oefenmateriaal of feedback. Dit kan met of zonder centrale opslag van leerlingwerk. AI als bouwhulp is een andere rol dan AI die leerlingen tijdens het leren ondersteunt.

Didactische mogelijkheden. Variabele reacties kunnen oefening en begeleiding ondersteunen wanneer de inhoud, de opdracht en de soorten hulp goed zijn ontworpen. Een modelreactie is geen gegarandeerd juiste diagnose. Ook gegenereerde voorbeelden en nieuwe contexten moeten inhoudelijk geschikt zijn.

Wanneer kiezen? Wanneer die variatie een concrete functie heeft en een passende vergelijking met vaste logica, voorbereid materiaal of menselijke ondersteuning de keuze aannemelijk maakt. Open formuleren of dialoog alleen is geen reden waarom AI noodzakelijk zou zijn.

BOUW bij dit type. B benoemt waarom AI nodig is en welk denken bij de leerling ligt. O bepaalt de inhoud, begeleiding en vervolgstappen. U onderzoekt normale, foutieve en onverwachte reacties, ook bij herhaalde vergelijkbare vragen. W regelt gegevensverkeer, kosten, transparantie, hulp bij fouten en beheer.

Hulp hoeft niet altijd pas na een eigen poging te komen. Kies de volgorde vanuit voorkennis en taak. Beoordeel beheersing met de hulpmiddelen die bij het leerdoel horen. Als zelfstandigheid zonder AI het doel is, moet ook dat kunnen worden onderzocht. (Sweller et al., 2019; Sinha & Kapur, 2021; Bastani et al., 2025; Kestin et al., 2025)

De drie varianten in één oogopslag

Variant	Bruikbaar wanneer	Belangrijkste controle
Zonder centrale opslag	De leerroute lokaal kan werken, eventueel met later herhalen op hetzelfde apparaat.	Inhoud, bediening, lokaal bewaren en werkelijk gegevensverkeer.
Met centrale opslag	Doorgaan op meerdere apparaten of gericht delen een concrete functie heeft.	Gegevensdoel, toegangsrechten, bewaren, verwijderen en beheer.
Met AI in de omgeving	Variabele dialoog, materiaal of feedback de bedoelde activiteit ondersteunt.	Inhoudelijke juistheid, rol, hulp, gegevensverkeer, kosten en uitval.

Deze varianten kunnen overlappen. Het is daarom preciezer om per functie een afweging te maken dan een app één kwaliteitsniveau toe te kennen.

Grenzen en betrouwbaarheid

Gebruik vaste logica waar een regel betrouwbaar moet gelden, bijvoorbeeld bij toegang tot gegevens. Test zowel de logica als eventuele modelreacties. Een instructie aan een chatbot is geen bewijs dat zij zich altijd aan die instructie houdt. Ook technische maatregelen moeten op hun werking en omzeilbaarheid worden gecontroleerd.

Organiseer een bruikbaar vervolg wanneer de AI geen passend antwoord geeft of niet beschikbaar is. Een docent, gecontroleerd voorbeeld of andere ondersteuning kan daarbij nodig zijn.

5. Relatie tot nationale en internationale kaders

BOUW verbindt bestaande kaders aan het ontwerpen en maken van een leeromgeving. Onderstaande selectie laat de verschillende functies zien. De kaders zijn geen verzameling losstaande keurmerken waaraan een app kan worden afgevinkt.

Kader	Verbinding met BOUW	Toepassing bij bouwen
Raamwerk AI-geletterdheid voor docenten	Professioneel handelen met AI en afwegen vanuit onderwijs.	De stap van een middel gebruiken naar het ontwerp en de werking ervan beoordelen. (Last, Naberink & Mutsaarts, 2026)
KIES	AI-vaardigheid van leerlingen en studenten.	Een omgeving maken waarin leerlingen passende keuzes kunnen oefenen. (Mutsaarts, 2026b)
AI Fluency en de vier D's	Taken verdelen, beschrijven, beoordelen en zorgvuldig handelen.	De samenwerking met de bouw-AI organiseren en controleren. (Dakan, Feller & Anthropic, 2025)
TPACK	Samenhang van vakinhoud, didactiek en technologie.	De technische uitwerking laten passen bij inhoud en leeractiviteiten. (Mishra & Koehler, 2006)
How People Learn en How People Learn II	De lerende, kennis, beoordeling, gemeenschap en context.	De app als onderdeel van een bredere leeromgeving ontwerpen. (NRC, 2000; NASEM, 2018)
Constructive alignment	Samenhang tussen doel, activiteit en beoordeling.	Een concrete bedoeling verbinden aan passende taken en passend bewijs. (Biggs, 1996)
Merrill en 4C/ID	Instructie en samenhangende taken ontwerpen.	Uitleg, ondersteuning en oefening organiseren; bij complexe doelen de hele prestatie behouden. (Merrill, 2002; Van Merriënboer et al., 2002)
Multimediaonderzoek	Relevante informatie begrijpelijk representeren.	Beeld, tekst en interactie een inhoudelijke functie geven. (Noetel et al., 2022)
UDL en WCAG	Verschillende toegangsbehoeften en toetsbare toegankelijkheid.	Toegang vanaf het ontwerp meenemen en de werking controleren. (CAST, 2024; W3C, 2024)
Kennisnet Ethiekkompas	Onderwijswaarden gezamenlijk onderzoeken.	De gevolgen van ontwerpkeuzes bespreken, bijvoorbeeld rond gegevens, toegang en begeleiding. (Kennisnet, z.d.)

Bij professioneel gebruik komen daarnaast schoolafspraken en toepasselijke regels kijken. BOUW helpt de relevante vragen zichtbaar maken; het bepaalt niet zelfstandig welke wettelijke verplichtingen in een concrete situatie gelden. Bespreek gegevensverwerking en beheer met de verantwoordelijke mensen binnen de school.

De verbinding met het docentenraamwerk en KIES blijft inhoudelijk van belang. Niet iedere BOUW-app hoeft een chatbot te bevatten of AI-vaardigheid als leerdoel te hebben. De raamwerken helpen verschillende rollen begrijpen zonder ze in iedere toepassing allemaal verplicht te maken.

6. Jaarlijkse actualisering

BOUW is een levend document dat jaarlijks wordt geactualiseerd. Die actualisering betreft nieuwe inzichten over leren met en bouwen van digitale leeromgevingen, relevante technische ontwikkelingen, ervaringen van docenten en veranderingen in de professionele en wettelijke context.

Ook een gebouwde omgeving kan verouderen. Wie met BOUW werkt, plant daarom naast het bouwen een moment om inhoud, werking en beheer opnieuw te bekijken. Bij wezenlijke veranderingen in doelgroep, gegevensverwerking of AI-functies is een eerdere controle nodig.

Wat deze herziening aanscherpt

- **Samenhang als uitgangspunt.** De leerwaarde volgt uit doel, voorkennis, inhoud, activiteit, ondersteuning en context. Zichtbaar actief gedrag is op zichzelf geen bewijs van leren.
- **Voorwaarden bij leerprincipes.** Uitleg, voorbeelden, zelf proberen, herhalen en feedback krijgen een functie die bij de taak en leerling past. Algemene voorkeuren worden niet als onvoorwaardelijke regels gepresenteerd.
- **Een passende grens voor de app.** Begeleiding, nabespreking en beoordeling kunnen in de klas plaatsvinden. Een kleine app hoeft geen compleet leerplatform te worden.
- **Techniek als ontwerpkeuze.** Lokale opslag, centrale opslag en AI vormen geen didactische ladder. Betrouwbaarheid en toegankelijkheid vragen controle van de werking.
- **Navolgbare onderbouwing.** De theoretische grondslag is explicieter geordend, de bronverwijzingen zijn aangevuld en de reikwijdte van onderzoeksclaims is verduidelijkt.

Ervaringen gebruiken om te verbeteren

Beschrijf bij een ervaring wat de bedoeling was, hoe de app werd gebruikt en wat je hebt waargenomen. Maak onderscheid tussen wat leerlingen prettig vonden, waar zij vastliepen en wat zij inhoudelijk beter konden. Zo wordt duidelijker welke verbetering nodig is en welke conclusie de ervaring kan dragen.

Vragen, suggesties en feedback zijn welkom via marcel@aivoordocenten.nl. De praktijkervaringen van docenten helpen volgende versies van BOUW verder aanscherpen.

AI voor Docenten · aivoordocenten.nl · marcel@aivoordocenten.nl

Bijlage A. Praktijkvoorbeelden

De voorbeelden illustreren ontwerpkeuzes. Het zijn geen verslagen van getoetste apps. Ze laten zien hoe verschillende bedoelingen tot verschillende leeromgevingen kunnen leiden.

Historische verklaringen onderbouwen

Bedoeling. Leerlingen kennen de belangrijkste begrippen, maar geven algemene verklaringen zonder bronbewijs. Zij moeten omstandigheden en motieven verbinden aan concrete gegevens uit bronnen. In de klas onderzoekt de docent hoe goed zij hun verklaringen onderbouwen.

Ontwerp. De app toont twee korte, gecontroleerde bronnen met context over herkomst en situatie. Leerlingen markeren passages en schrijven een verklaring. Een medeleerling vergelijkt die met criteria voor context, verband en bewijs. De leerling herziet zo nodig de verklaring.

Onderbouwing. Een verklaring vraagt het verbinden van gegevens en kennis. De vergelijking met inhoudelijke criteria en de herziening geven feedback een functie. Dit sluit aan bij constructief verwerken, dialoog en bruikbare feedback; het vraagt wel voldoende voorkennis en geschikte bronnen. (Laurillard, 2007; Chi & Wylie, 2014; Wisniewski et al., 2020)

Proef en waarborgen. Begin met één bronnenpaar. Kijk of leerlingen bewijs gebruiken of vooral losse zinnen kopiëren. Voeg een uitgewerkt voorbeeld toe als de relatie tussen bewijs en verklaring onduidelijk blijft. Accounts en AI zijn voor deze route niet nodig. Controleer bediening, bronnen en eventueel lokaal bewaren. De beoordeling blijft in de klas.

Woordkennis die beschikbaar blijft

Bedoeling. Leerlingen moeten eerder aangeboden woorden na verloop van tijd kunnen gebruiken. Een oefensessie zonder fouten is daarom niet het einddoel.

Ontwerp en onderbouwing. De app laat woorden ophalen, geeft correctie en laat ze later terugkomen. Als eigen productie het doel is, krijgt die ook een plek. Ophaaloefening en spreiding passen bij het behouden van kennis, maar het interval en de vraagvorm moeten bij inhoud en bewaartermijn passen. (Yang et al., 2021; Cepeda et al., 2006)

Proef. Bekijk of leerlingen woorden later opnieuw kennen en in een passende nieuwe zin gebruiken. Betrek hun startniveau en oefening buiten de app bij de interpretatie. Een herhaalrooster kan ook door de docent worden georganiseerd.

Een onzichtbaar proces begrijpen

Bedoeling. Studenten moeten opeenvolgende veranderingen in een moleculair proces kunnen verklaren. De docent levert gecontroleerde procesinhoud.

Ontwerp en onderbouwing. Studenten krijgen zo nodig eerst een voorbeeld, ordenen of voorspellen daarna een overgang en vergelijken die met een bestuurbare visualisatie. Labels verbinden de afbeelding met de vaktaal. Passende begeleiding en samenhangende representaties ondersteunen het verwerken van complexe inhoud. (Sweller et al., 2019; Noetel et al., 2022; Chi & Wylie, 2014)

Proef. Controleer of studenten het proces ook met een andere afbeelding kunnen verklaren. De docent kan dit buiten de app onderzoeken. Het ordenen van bekende afbeeldingen is daarvoor slechts een aanwijzing.

Bijlage B. Werkblad voor een bouwbeschrijving

Gebruik dit blad om besluiten vast te leggen. Het is geen verplichte vragenlijst. Een kort antwoord kan voldoende zijn; werk een onderdeel verder uit wanneer het nodig is om te bouwen of een keuze te begrijpen.

1 • De bedoeling en de grens

Voor wie en in welke situatie is de app bedoeld? Wat moeten leerlingen beter kunnen, met welke inhoud en welk kwaliteitscriterium? Wat doet de app en wat blijft bij de docent of elders in het onderwijs?

2 • Het begin

Welke voorkennis is nodig? Wat is het belangrijkste leerprobleem of de belangrijkste misvatting? Welke inhoud en bronnen worden gebruikt en wie controleert die?

3 • Een volledige leerlingroute

Beschrijf de volgorde van starten, beschikbare informatie, handelen of nadenken, reactie of hulp en vervolg. Bepaal vanuit de beginsituatie wanneer uitleg of een voorbeeld nodig is. Geef een concrete voorbeeldopdracht en benoem wat er gebeurt bij een fout, twijfel en een hulpvraag.

4 • De belangrijkste ontwerpkeuzes

Noteer per belangrijke keuze: wat de leerling doet, waarom dit naar verwachting helpt, wanneer het passend is en welke bron het mechanisme ondersteunt. Maak er een controleerbare eis van.

Bijvoorbeeld: 'Bij de vergelijking zijn beide bronnen tegelijk bereikbaar en blijft de eigen verklaring zichtbaar. Zo kan de leerling bewijs en bewering rechtstreeks naast elkaar leggen.'

5 • De benodigde techniek en waarborgen

Welke bediening, opslag, uitwisseling of AI is nodig? Welke gegevens zijn daarvoor nodig, waar gaan ze heen en wie heeft toegang? Wat gebeurt bij fouten of uitval? Wie controleert inhoud, toegankelijkheid en beheer?

6 • De eerste versie en de proef

Wat moet de kleinste volledige versie kunnen? Hoe controleer je inhoud en werking, hoe kijk je mee met gebruikers en waar wordt het bedoelde leren zichtbaar? Noteer afzonderlijk wat je hebt waargenomen en wat je nog aanneemt.

7 • Open keuzes

Wat ligt vast, wat is een voorlopige aanname en welk besluit bepaalt nog hoe de app gebouwd moet worden? Laat een bouwhelp gericht om dat laatste besluit vragen en voorkom ongemerkte uitbreiding.

Starttekst voor een bouwhelp

'Bouw een eerste werkende versie op basis van onderstaande beschrijving. Gebruik de aangeleverde vakinhoud en neem de afgesproken grenzen over. Maak eerst één volledige leerlingroute. Vraag gericht om een ontbrekende keuze wanneer die de uitvoering bepaalt. Maak aannames herkenbaar en voeg geen functies zonder inhoudelijke reden toe. Laat zien hoe de ontwerpeisen in het gedrag van de app zijn te controleren.'

Literatuur en bronnen

De herziening bouwt voort op de oorspronkelijke BOUW-publicatie (Mutsaarts, 2026a). Theorie, onderzoeksreviews en praktijkrichtlijnen hebben elk een eigen functie in de onderbouwing. De links verwijzen naar de publicatie of officiële bronpagina.

Bastani, H., et al. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *PNAS*, 122(26), e2422633122. Experimenteel onderzoek in één schoolcontext. [Publicatie](#).

Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347–364. Theoretisch ontwerpartikel; abstract en publicatiegegevens geraadpleegd. [Publicatie](#).

Brunmair, M., & Richter, T. (2019). Similarity matters: A meta-analysis of interleaved learning and its moderators. *Psychological Bulletin*, 145(11), 1029–1052. Meta-analyse. [Publicatie](#).

CAST (2024). *Universal Design for Learning Guidelines, version 3.0*. Ontwerprichtlijnen voor toegang tot en deelname aan leren. [Richtlijnen](#).

Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132(3), 354–380. Meta-analyse. [Publicatie](#).

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. Theoretisch kader met empirische illustraties. [Publicatie](#).

Dakan, R., Feller, J., & Anthropic (2025). *The AI Fluency Framework*. Competentiekader voor samenwerking met AI. [Raamwerk](#).

Dunlosky, J., et al. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58. Review van tien leertechnieken. [Publicatie](#).

Howard, J. L., et al. (2021). Student motivation and associated outcomes: A meta-analysis from self-determination theory. *Perspectives on Psychological Science*, 16(6), 1300–1323. Meta-analyse, grotendeels verbanden tussen variabelen. [Publicatie](#).

Kennisnet (z.d.). *Ethiekkompas*. Gespreksinstrument voor het afwegen van onderwijswaarden bij digitalisering. [Instrument](#).

Kestin, G., et al. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*, 15, 17458. Experiment met twee universitaire natuurkundelessen. [Publicatie](#).

Last, B., Naberink, T., & Mutsaarts, M. (2026). *Raamwerk AI-geletterdheid voor docenten*. Versie 2026b. AI voor Docenten. [Raamwerk](#).

Laurillard, D. (2007). Pedagogical forms for mobile learning: Framing research questions. In N. Pachler (red.), *Mobile Learning: Towards a Research Agenda* (pp. 153–175). WLE Centre. Theoretisch ontwerp hoofdstuk. [Hoofdstuk](#).

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. Meta-analyse. [Publicatie](#).

Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43–59. Synthese van instructieontwerp. [Publicatie](#).

Literatuur en bronnen

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. Theoretisch kader; uitgeversabstract geraadpleegd. [Publicatie](#).
- Mutsaerts, M. (2026a). *Raamwerk BOUW. Een denkraam voor het vibecoden van leeromgevingen*. AI voor Docenten. Oorspronkelijke editie waarop deze herziening voortbouwt. [Oorspronkelijk raamwerk](#).
- Mutsaerts, M. (2026b). *Raamwerk KIES. Een denkraam voor de AI vaardigheid van leerlingen en studenten*. AI voor Docenten. [Raamwerk](#).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) (2018). *How People Learn II: Learners, Contexts, and Cultures*. National Academies Press. Vooral hoofdstukken 4, 6 en 8. Onderzoeksynthese. [Publicatie](#).
- National Research Council (NRC) (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. National Academies Press. Vooral hoofdstuk 6, The Design of Learning Environments. Onderzoeksynthese. [Publicatie](#).
- Noetel, M., et al. (2022). Multimedia design for learning: An overview of reviews with meta-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 92(3), 413–454. Meta-meta-analyse. [Publicatie](#).
- Pan, S. C., & Rickard, T. C. (2018). Transfer of test-enhanced learning: Meta-analytic review and synthesis. *Psychological Bulletin*, 144(7), 710–756. Meta-analyse. [Publicatie](#).
- Sinha, T., & Kapur, M. (2021). When problem solving followed by instruction works: Evidence for productive failure. *Review of Educational Research*, 91(5), 761–798. Meta-analyse. [Publicatie](#).
- Stringer, E., Lewin, C., & Coleman, R. (2019). *Using Digital Technology to Improve Learning*. Education Endowment Foundation. Onderzoeksgebaseerde praktijkrichtlijn. [Rapport](#).
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. Theoretische onderzoeksreview. [Publicatie](#).
- Theobald, M. (2021). Self-regulated learning training programs enhance university students' academic performance, self-regulated learning strategies, and motivation: A meta-analysis. *Contemporary Educational Psychology*, 66, 101976. Meta-analyse van trainingen in hoger onderwijs. [Publicatie](#).
- Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39–61. Ontwerpmodel. [Publicatie](#).
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087. Meta-analyse. [Publicatie](#).
- World Wide Web Consortium (W3C) (2024). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. W3C Recommendation van 12 december 2024. Toetsbare toegankelijkheidscriteria. [Richtlijnen](#).
- Yang, C., Luo, L., Vadillo, M. A., Yu, R., & Shanks, D. R. (2021). Testing (quizzing) boosts classroom learning: A systematic and meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 147(4), 399–435. Meta-analyse. [Publicatie](#).