

Kenmerken van effectieve leermiddelen

Een beknopt wetenschappelijk literatuuronderzoek naar de toepassing van principes van effectief leren en effectieve didactiek in leermiddelen.

Kim Bellens¹
Paul Kirschner¹
Tim Surma¹
Jonas Dockx²
Daniel Muijs¹
Pieter Verachtert¹

¹ Expertisecentrum voor Effectief Leren (Thomas More Hogeschool)

² Centrum voor Onderwijseffectiviteit en -evaluatie (KU Leuven)

2022

Inleiding

Deze beknopte literatuurstudie vormt een deelresultaat van het project “Wijze lessen voor het ontwikkelen, kiezen en gebruiken van leermiddelen in het leerplichtonderwijs” dat door het Expertisecentrum voor Effectief Leren (ExCEL) van de Thomas More Hogeschool en door het Centrum voor Onderwijseffectiviteit en -Evaluatie (CO&E) van de KU Leuven werd uitgevoerd tussen 1 juli 2022 en 31 december 2022. Het project werd geïnitieerd naar aanleiding van de O&O-oproep “Essentiële kenmerken van kwaliteitsvolle leermiddelen in het Vlaamse onderwijs: identificatie en praktijkgerichte vertaling” van het Departement Onderwijs en Vorming van de Vlaamse Overheid (d.d. 11 februari 2022). Via deze oproep wilde de overheid onder meer zicht krijgen op de wetenschappelijke inzichten rond de kenmerken van kwaliteitsvolle leermiddelen bestemd voor gebruik in het lager en secundair onderwijs.

Omdat het een kortlopende opdracht betrof, werd in overleg met de opdrachtgever besloten om een specifieke en gerichte invulling te geven aan het begrip kwaliteit van leermiddelen. Daarbij omschrijven we een **kwaliteitsvol leermiddel** als een leermiddel dat over kenmerken beschikt waarvan we uit wetenschappelijk onderzoek weten dat ze bij optimaal gebruik het leren op effectieve en efficiënte manier kan bevorderen en ondersteunen. Er zijn uiteraard nog andere kwaliteitskenmerken in een leermiddel denkbaar, zoals de samenhang met eindtermen en leerplandoelen, het gebruiksgemak of de kwaliteit van vormgeving en productie en de prijs (zie daarvoor ook de uitgebreide lijst aan kernindicatoren uit het rapport ‘Naar een Kwaliteitsalliantie’; Departement Onderwijs en Vorming, 2022). Deze hebben we in deze literatuurstudie evenwel buiten beschouwing gelaten. Niet omdat deze kwaliteitskenmerken niet relevant zouden zijn, wel omdat we met de gekozen focus de kern raken van wat een goed **leermiddel** moet realiseren.

Voorliggende literatuurstudie moet uiteraard gelezen worden met in het achterhoofd dat de kwaliteit van een leermiddel moeilijk los kan gezien worden van de leerkracht die het leermiddel inzet. De invloed van een leermiddel op het leren van leerlingen verloopt immers in belangrijke mate via de didactische aanpak waarmee de leerkracht het leermiddel inzet. Dit betekent evenwel niet dat de kenmerken van het leermiddel zelf er helemaal niet toe doen. Een kwaliteitsvol leermiddel is namelijk beter in staat om de leerkracht te ondersteunen in het bevorderen van effectief en efficiënt leren bij leerlingen doordat het bijvoorbeeld oefenkansen aanreikt, een heldere en volledige uitleg verschaft, voorkennis activeert en dergelijke.

De **onderzoeksvraag** die de basis voor deze literatuurstudie vormt, luidt: “Hoe kunnen principes van effectief leren en effectieve didactiek in leermiddelen voor het lager en secundair onderwijs worden toegepast, zodat ze het effectief en efficiënt leren van leerlingen optimaal ondersteunen?”

Bij het beantwoorden van deze onderzoeksvraag werd vertrokken van leer- en instructieprincipes waarvoor robuuste wetenschappelijke evidentie bestaat dat ze een grote kans in zich dragen om te leiden tot meer, dieper en efficiënter leren bij leerlingen (zie o.a., Dunlosky et al., 2013; Pashler et al., 2007; Surma et al., 2019). Meer specifiek werd voor het concretiseren van de ‘principes van effectief leren en effectieve didactiek’ uit de onderzoeksvraag gebruik gemaakt van een set van twaalf leer- en instructiestrategieën die beschreven kan worden als de kern van een kennisbasis over effectieve leer- en instructieprocessen, omdat hun effectiviteit wordt ondersteund door evidentie uit meerdere bronnen en replicaties, variërend van lab-gebaseerde studies met gecontroleerd studiemateriaal tot onderzoek in echte klassettings met authentiek studiemateriaal (Surma et al., 2019). Hieronder worden deze twaalf strategieën gepresenteerd en vergezeld van een aantal relevante sleutelstudies.

Leerlingen leren beter als:

- nieuwe leerstof aansluit bij hun voorkennis binnen dat domein (Brod, 2021b; Simonsmeier et al, 2021)
- uitgewerkte en concrete voorbeelden gebruikt worden (Kalyuga et al., 2001; Van Gog et al., 2019)
- ze voldoende duidelijkheid, structuur en uitdaging aangeboden krijgen (Kirschner et al., 2006; Titsworth et al., 2015)
- ze oefenkansen gespreid in de tijd krijgen in plaats van gebundeld op één moment (Carpenter, 2017; Wiseheart et al., 2019)
- ze oefenkansen met voldoende variatie krijgen aangeboden (Carvalho & Goldstone, 2019; Firth et al., 2021)
- ze oefenkansen krijgen waarbij leerinhouden actief herinnerd moeten worden (Adesope et al., 2017; Sokota & Crede, 2020)
- woord en beeld op een optimale manier gecombineerd worden (Camp et al., 2021; Mayer, 2009)
- ze oefenkansen krijgen om leerstof te herkneden tot een nieuw product zoals een samenvatting of mindmap (Brod, 2021a; Fiorella & Mayer, 2016)
- ze regelmatig kansen krijgen om te checken of ze alles begrepen hebben (Shute, 2008; Wiliam, 2011)
- ze gepaste ondersteuning krijgen bij moeilijke opdrachten (Van de Pol et al., 2010, 2015)
- er voldoende kansen tot feedback zijn (Hattie & Timperley, 2007; Wisniewski et al, 2021)
- er kansen geboden worden om het eigen leren effectief te sturen (Bjork et al., 2013; Muijs et al, 2020)

Er werd voor deze literatuurstudie gezocht naar relevante studies die deze bovenstaande strategieën doelbewust inzetten om de effectiviteit van de gebruikte leermiddelen in kaart te brengen.

Methodologie

Voor deze beknopte literatuurstudie werd de werkwijze van een *rapid evidence assessment* (REA) gevolgd, waarbij de concrete onderzoeksstappen onder meer gebaseerd zijn op de aanbevelingen van de *Cochrane Rapid Reviews Methods Group* (Garritty et al., 2021) en het *Center for Evidence-Based Management* (Barends, Rousseau & Briner, 2017). Een REA volgt in belangrijke mate de logica van een traditionele *systematische review*, maar wordt sneller uitgevoerd dankzij pragmatische keuzes op vlak van o.m. de breedte van de zoekopdracht, de controle op de wetenschappelijke kwaliteit van de gevonden studies en de diepte van de data-analyse.

Zoekcriteria

De initiële zoekopdracht werd uitgevoerd in *Web of Science* op 31 augustus 2022. De zoekopdracht bestond uit een combinatie van drie groepen zoektermen, met name termen met betrekking tot leermiddelen (N = 14), termen met betrekking tot effectieve didactiek (N = 17) en termen met betrekking tot het cognitief leren van leerlingen (N = 4). Deze keuze volgt uiteraard rechtstreeks uit het doel van de literatuurstudie om zicht te geven op de meest recente wetenschappelijke evidentie rond hoe principes van effectieve didactiek best in leermiddelen worden toegepast.

De zoektermen die betrekking hadden op effectieve didactiek werden door de onderzoekers afgeleid uit het overzicht van bouwstenen voor effectieve didactiek dat Surma et al. (2019) maakten op basis van robuuste wetenschappelijke inzichten rond leren en lesgeven. Deze inzichten zijn vooral afkomstig uit onderzoek naar lerareneffectiviteit en cognitief- en of onderwijspsychologisch onderzoek. Het gaat onder meer om het belang van het optimaliseren van cognitieve belasting bij leerlingen, het voorzien van leertaken die leerlingen aan het denken zetten (*desirable difficulties*), het optimaal combineren van verbale en visuele informatie, het aanhaken bij bestaande voorkennis en het gebruik van voldoende en gepaste ondersteuning (bv. modelleren, uitgewerkte voorbeelden, enz.).

Tot slot werd de zoekopdracht beperkt tot publicaties in tijdschriften uit de *Social Sciences Citation Index* (SSCI) en tot publicaties die verschenen vanaf 1 januari 2010. Door enkel binnen de SSCI te zoeken werd de kans gemaximaliseerd dat de zoekopdracht vooral studies met een sterke methodologische kwaliteit zou opleveren (enkel artikelen gepubliceerd in peer-reviewed wetenschappelijke tijdschriften), terwijl de beperking van het tijdsframe het mogelijk maakte om op een efficiënte manier vooral de meest recente wetenschappelijke inzichten te verzamelen. Figuur 1 geeft de uiteindelijke initiële zoekopdracht weer.

```
ALL=("learning material*" OR "learner material*" OR "teach* material*" OR "study material*" OR "instruction* material*" OR "didactical material*" OR "textbook*" OR "text book*" OR "workbook*" OR "multimedia learning material*" OR "instructional gam*" OR "instructional video*" OR "scripted curriculum" OR "curricular material*")

AND ALL=("cognitive load" OR "desirable difficulties" OR "retrieval practice" OR "selftesting" OR "knowledge prompt*" OR "interleaving" OR "vari* prac*" OR "vari* context" OR "blocking" OR "feedback fading" OR "fading of scaffolding" OR "cognitive theory of multimedia learning" OR "generative learning activ*" OR "prior knowledge activation" OR "advance organi?er" OR "worked example*" OR "dual coding")

AND ALL=(achievement OR attainment OR performance OR "learning eff*")

AND PY=(2010-2022)

AND EDN==( "WOS.SSCI")
```

Figuur 1. Initiële zoekopdracht in *Web of Science*

Om in de analyse opgenomen te worden dienden studies aan volgende inclusiecriteria te voldoen:

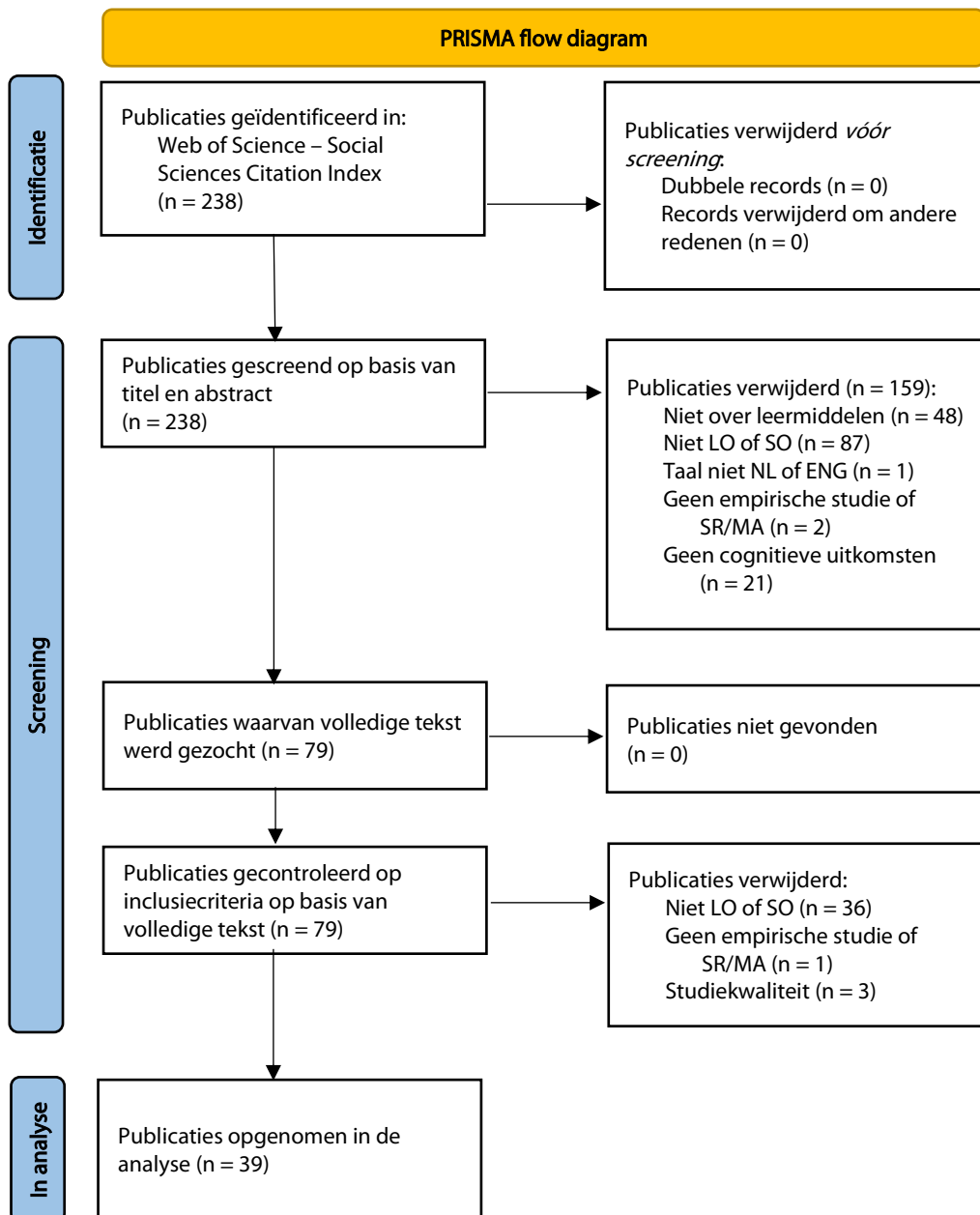
- De studie handelt primair over leermiddelen.
- De studie omvat een empirische dataverzameling of brengt op een systematische manier empirische onderzoeksliteratuur samen in een review of meta-analyse.
- De studie bestudeert het effect van een interventie (of interventies) waarbij één of meer aspecten van een leermiddel gemanipuleerd worden op vlak van één of meer van de bovenvermelde didactische principes en technieken.
- De studie bestudeert het effect van de interventie(s) op cognitieve leeruitkomsten bij leerlingen (bv. via toetscores, leerwinst, rapportcores, enz.).
- De studie betreft (minstens gedeeltelijk) onderzoek bij leerlingen in het lager en/of secundair onderwijs.
- De studie werd gepubliceerd in het Engels of in het Nederlands.
- De volledige tekst van de studie was beschikbaar voor de onderzoekers.

Procedure

De initiële zoekopdracht in *Web of Science* leverde 238 publicaties op, waarbij er geen dubbele records geïdentificeerd werden. Omdat er in dit stadium ook geen publicaties om een andere reden verwijderd werden, werden alle 238 publicaties opgenomen in een eerste screeningronde waarbij op basis van titel en abstract bepaald werd of de publicatie al dan niet beantwoordde aan de inclusiecriteria. Publicaties werden verwijderd wanneer zij aan minstens één inclusie criterium met zekerheid niet voldeden. In alle andere gevallen werden publicaties weerhouden, d.w.z. ook wanneer er na screening van titel en abstract geen of te weinig informatie beschikbaar was om een duidelijk oordeel over één of meerdere criteria te vellen.

In de eerste screeningronde werden 48 publicaties verwijderd omdat ze niet primair over leermiddelen handelden, 87 publicaties omdat ze niet minstens gedeeltelijk gegevens verzameld hadden bij leerlingen uit het lager of secundair onderwijs, 1 publicatie omdat het een studie in het Duits betrof, 2 publicaties omdat ze geen empirische basis hadden en 21 publicaties omdat geen uitkomstvariabelen met betrekking tot cognitief leren hanteerden. Op deze manier werden in totaal 159 publicaties verwijderd, waarna nog 79 publicaties overbleven. Het ging daarbij exclusief om artikels in wetenschappelijke tijdschriften. De onderzoekers slaagden erin om voor alle weerhouden studies toegang te krijgen tot de volledige tekst.

In een tweede screeningronde werd op basis van de volledige tekst van studies nagegaan of deze beantwoordden aan de inclusiecriteria voor opname in het literatuuroverzicht. Deze selectie werd uitgevoerd door de onderzoeker die ook de eerste selectieronde uitvoerde. Van 36 studies werd vastgesteld dat ze niet handelden over leerlingen uit het lager of secundair onderwijs en 1 studie bleek conceptueel van aard en niet gebaseerd op empirische gegevens. Tijdens de data-extractie (zie verder) bleek tot slot dat drie studies een dergelijk ondermaatse methodologische kwaliteit hadden dat ze alsnog uit de analyse geweerd werden. Dit maakt dat uiteindelijk 39 individuele studies in het literatuuroverzicht werden opgenomen. Een exhaustieve lijst van de weerhouden studies staat verderop in dit rapport.



Figuur 2. PRISMA diagram van het zoek- en selectieproces

De data-extractie die de basis vormde voor de inhoudelijke analyse werd uitgevoerd door drie van de onderzoekers die meewerkten aan voorliggend literatuuroverzicht. Zij verdeelden de 39 weerhouden publicaties onder elkaar, waarna zij voor elke publicatie volgende gegevens verzamelden:

- Type studie (individuele studie; systematische review en/of meta-analyse)
- Onderwijsniveau (lager onderwijs [6-12j]; secundair onderwijs [13-18j]; beide)
- Specifieke doelgroep waarop de studie eventueel betrekking heeft (bv. leerstoornis, anderstalige leerlingen ...)
- Type leermiddelen dat in de studie wordt bestudeerd (papier; digitaal; beide)
- Bouwstenen voor effectieve didactiek die in de studie aan bod komen (cognitive load optimization; dual coding - combinatie woord en beeld; feedback fading - fading of

scaffolding; generative learning; interleaving - blocking - variability of practice; prior knowledge activation - advance organizer; retrieval practice - self testing; andere)

- Instrumenten die gebruikt worden om leeruitkomsten te meten (gestandaardiseerde toets; rapportcores; door onderzoekers ontwikkelde toets; andere)
- Hoofdconclusies van de studie
- Inschatting van de methodologische kwaliteit van de studie [duidelijk ondermaats; twijfelachtig; goed)

Algemene kenmerken van de weerhouden studies

Alvorens thematisch in te zoomen op de inzichten uit de 39 publicaties die in het kader van deze beknopte literatuurstudie weerhouden werden, geven we graag eerst een algemeen overzicht van enkele kenmerken van deze publicaties.

Allereerst was het aantal reviewstudies en meta-analyses dat de finale selectie haalde beperkt: slechts drie publicaties betroffen een systematisch literatuuroverzicht, al dan niet met inbegrip van een meta-analytische component. Het gaat om de studies van Alpizar et al. (2020), Chen en Kalyuga (2020) en Rey et al. (2019). De overige 36 publicaties waren individuele studies. Omdat een goed uitgevoerde systematische literatuurstudie een grondig overzicht biedt van het beschikbare onderzoek dat rond een bepaald onderzoeksonderwerp is uitgevoerd, biedt dit type studie betere kansen dan individuele studies om, waar kan, betrouwbare algemeen geldende uitspraken te doen. Daarom wordt bij het bespreken van de resultaten binnen een onderzoeksthema steeds voorrang gegeven aan de bespreking van de inzichten uit een systematische literatuurstudie, wanneer deze beschikbaar is.

Ten tweede handelden het merendeel van de weerhouden studies over leerlingen uit het secundair onderwijs. Zo hebben 25 studies enkel betrekking op leerlingen uit het secundair onderwijs en hebben vier studies betrekking op zowel leerlingen uit het secundair als het lager onderwijs. Tien studies waren uitsluitend gericht op leerlingen uit het lager onderwijs. Het lijkt er dus op dat er meer recent wetenschappelijk onderzoek beschikbaar is voor oudere dan voor jongere leerlingen. Deze indruk wordt versterkt door de vaststelling dat onze initiële zoekopdracht niet minder dan 123 studies opleverde waarin onderzoek werd gedaan naar het incorporeren van leerprincipes in leermaterialen voor het hoger onderwijs (zie Figuur 2). Ook binnen de finale selectie van publicaties zijn er een drietal studies waarin een beperkt aandeel studenten uit het hoger onderwijs deel uitmaken van de steekproef.

Ten derde werd in op één na alle studies geen focus gelegd op een specifieke doelgroep. Enkel in de studie van Negi en Mitra (2022) werd een specifieke doelgroep vooropgesteld, met name jongens in een technische school in India in een programma voor autotechniek waarbij de leerlingpopulatie een lage socio-economische status had en weinig vaardig was in het Engels. Het gegeven dat er in het overgrote merendeel van de studies geen specifieke doelgroep vooropgesteld werd, zorgt ervoor dat resultaten met een grotere zekerheid kunnen gegeneraliseerd worden naar een bredere populatie van leerlingen.

Tot slot waren in het merendeel van de studies digitale leermiddelen voorwerp van onderzoek. Meer specifiek werden in niet minder dan 26 studies enkel digitale leermiddelen onderzocht, terwijl slechts zes studies zich exclusief richtten op het bestuderen van toepassingen van leerprincipes in papieren leermiddelen. In de overige zeven studies waren zowel papieren als digitale leermiddelen betrokken. Uit deze focus op digitale leermiddelen kunnen we concluderen dat het onderzoeksveld hier de tendens in het onderwijs naar meer digitalisering (denk aan de opgang van blended onderwijs, onderwijs op afstand, hybride onderwijs, ...) tracht te volgen en de effecten ervan onderzoekt en tracht te verklaren.

In wat volgt, worden de resultaten van de literatuurstudie beschreven. Deze beschrijving wordt onderverdeeld in drie secties. In een eerste sectie, waarin de meeste studies een plaats hebben gekregen, worden de resultaten van studies samengevat die zich expliciet op één kenmerk of op een set van kenmerken van leermiddelen richten. Daarbij worden studies gegroepeerd volgens kenmerk en/of achterliggend principe (bv. studies naar het effect van het toevoegen van

uitgewerkte voorbeelden aan leermiddelen, studies naar het effect van afleidende afbeeldingen en tekst, enz.). In een tweede sectie wordt onderzoek samengebracht dat zich richt op de vraag of het hanteren van een specifieke soort leermiddelen (bv. virtuele realiteit, specifieke computerprogramma's, enz.) tot meer en efficiënter leren leidt dan het niet gebruiken van deze leermiddelen. In een derde en laatste sectie worden nog enkele studies besproken die het effect bestuderen van verschillende manieren om hetzelfde leermiddel in te zetten (bv. als onderdeel van directe instructie vs. als onderdeel van onderzoeken en ontdekkend leren).

Onderzoek naar kenmerken van leermiddelen

Het grootste deel van de 39 studies richtte zich op de vraag of specifieke kenmerken van leermiddelen een rol spelen in het beïnvloeden van leerlinguitkomsten. Daarbij richtten studies zich meestal expliciet op één specifiek kenmerk. Twee uitzonderingen hierop vormen de studies van Kulgemeyer (2020) en Reinhold et al. (2020) die het effect van de gecombineerde manipulatie van verschillende kenmerken van leermiddelen onderzochten. We bespreken beide studies hier eerst, alvorens in te gaan op de specifieke kenmerken die in de beschouwde studies onderzocht werden.

Kulgemeyer (2020) presenteert in zijn studie een kader met 14 kenmerken van effectieve instructievideo's, gegroepeerd in zeven factoren, in het domein wetenschappen (zie Figuur 3).

Factor	Kenmerk	Beschrijving
Structuur	1. Regel-voorbeeld, voorbeeld-regel	Als het leerdoel feitenkennis betreft, dan biedt de video eerst de regel en daarna voorbeelden. Als het leerdoel een routine of procedurele kennis betreft, dan biedt de video eerst voorbeelden en daarna de regel.
	2. Samenvatten	De video vat de uitleg samen.
Aanpassen	3. Aanpassen aan voorkennis, misconcepties en interesse.	De video geeft een uitleg op maat van een welomschreven doelpubliek en hun potentiële voorkennis, misconcepties of interesses. Daartoe beschikt de video over verschillende aanpassingsmogelijkheden.
Aanpassingswijzen	4. Voorbeelden	De video gebruikt voorbeelden om een principe te illustreren.
	5. Analogieën en modellen	De video gebruikt analogieën en modellen die nieuwe informatie verbinden met aanwezige voorkennis.
	6. Voorstellingswijzen en demonstraties	De video gebruikt voorstellingswijzen en demonstraties.
	7. Taalniveau	De video gebruikt een vertrouwd taalniveau.
Minimale uitleg	8. Gepaste wiskundige voorstelling	De video gebruikt een vertrouwde wiskundige voorstelling.
	9. Vermijden van uitweidingen	De video richt zich op het kernidee, vermijdt uitweidingen en houdt de cognitieve belasting laag. In het bijzonder vermijdt de video het gebruik van teveel aanpassingswijzen of samenvattingen.
Relevantie aanduiden	10. Sterke coherentie	De video verbindt zinnen met verbindwoorden, in het bijzonder 'omdat'.
	11. Relevantie aanduiden	De video licht expliciet toe waarom de in de video behandelde leerstof voor de leerling relevant is.
Leertaken opvolgen	12. Directe aanspreken	De leerling wordt in de video direct aangesproken, bv. door het gebruik van de tweede persoon enkelvoud i.p.v. passieve werkwoordsvormen.
	13. Leertaken opvolgen	De video omschrijft leertaken die de leerling kan uitvoeren om na het bekijken van de video actief met de leerstof aan de slag te gaan.
Nieuwe, complexe principes	14. Nieuwe complexe principes	De video richt zich op een nieuw wetenschappelijk principe dat te complex is voor leerlingen om zelf te begrijpen, bv. omdat er veel misconcepties bestaan.

Figuur 3. Kader voor effectieve instructievideo's (Kulgemeyer, 2020)

Elk van deze kenmerken werd afgeleid uit bestaande leer- en instructietheorieën en daaraan verbonden empirisch onderzoek. Vervolgens werden twee versies van een instructievideo rond een wetenschappelijk onderwerp ontworpen, waarbij de experimentele versie voldeed aan alle 14 kenmerken van effectieve instructievideo's en de controleversie niet. Vervolgens werd de

effectiviteit van de experimentele video onderzocht door 176 leerlingen uit een secundaire school in Duitsland op een willekeurige wijze toe te wijzen aan één van twee condities: 90 leerlingen kregen de experimentele versie van de video te zien, terwijl 86 leerlingen de controleversie te zien kregen. Uit de resultaten op twee kennistests nadien bleek dat leerlingen die de experimentele video te zien kregen beter scoorden op een test van hun declaratieve kennis, maar niet op een test van hun conceptuele kennis. De studie van Kulgemeyer (2020) laat evenwel niet toe te bepalen of alle 14 geïmplementeerde kenmerken van de instructievideo afzonderlijk een positieve bijdrage aan het gevonden effect leverden.

In een grootschalige studie bij ruim 1000 Duitse zesdeklassers (lager onderwijs) vergeleken **Reinhold et al. (2020)** drie didactische methoden voor het aanleren van een reeks leerinhouden rond breuken. In een eerste experimentele conditie werd een papieren leermiddel gebruikt dat door de onderzoekers werd ontwikkeld op basis van een nieuw eveneens door hen ontworpen curriculum. In een tweede experimentele conditie werd een iPad-versie van hetzelfde leermiddel gebruikt, waarbij het mogelijk was om oefeningen met een aangepaste moeilijkheidsgraad te voorzien, leerlingen individuele feedback te geven en leerlingen via touchscreen met het leermiddel te laten interageren. Tot slot werd in de controleconditie les gegeven met het traditionele papieren leermiddel dat gewoonlijk in de deelnemende scholen voor het aanleren van de betreffende leerinhouden gebruikt werd. De drie methoden werden toegepast in twee aparte steekproeven van respectievelijk 745 sterk presterende en 260 zwak presterende leerlingen. Uit de resultaten bleek dat voor de minst sterke groep de combinatie van het digitale leermiddel en het nieuwe curriculum tot de beste leerresultaten leidde. Voor de sterke leerlingen bleek er evenwel geen prestatieverschil gevonden te worden tussen de condities met het papieren en het digitale leermiddel op basis van het nieuwe curriculum.

Het gebruik van uitgewerkte voorbeelden

De studies van **Barbieri et al. (2021)** en van **Begolli et al. (2021)** zijn sterk verwant met elkaar. In beide studies stond de vraag centraal in welke mate het *werken met uitgewerkte voorbeelden in leermiddelen* effectief is. Beide studies werden uitgevoerd in het secundair onderwijs binnen het domein wiskunde. Waar de studie van Barbieri et al. (2021) inzoomde op het domein van algebra, nam de studie van Begolli et al. (2021) kansen en kansberekening als specifieke vakinhoud onder de loep. In Barbieri et al. (2021) werd het experiment uitgevoerd in vier klassen (N = 75 leerlingen) met twee leraren. In Begolli et al. (2021) namen 10 klassen (N = 220 leerlingen) met 5 leraren deel.

In beide studies werd in de experimentele conditie een herwerkt tekstboek gebruikt waarin drie soorten uitgewerkte voorbeelden aangeboden werden, met name: (1) correct uitgewerkte voorbeelden, (2) foutief uitgewerkte voorbeelden en (3) deels uitgewerkte voorbeelden waarbij leerlingen werden aangemoedigd om het voorbeeld verder aan te vullen. In de controlegroep werd gewerkt met de originele versie van het tekstboek, zonder uitgewerkte voorbeelden.

Zowel Barbieri et al. (2021) als Begolli et al. (2021) concludeerden op basis van hun resultaten dat het aanbieden van uitgewerkte voorbeelden in leermiddelen effectiever is dan het werken met het reguliere tekstboek. Zo vertoonden de leerlingen in Barbieri et al. (2021) een grotere vooruitgang in hun oplossingsvaardigheden en de mate waarin ze konden anticiperen op fouten. Uit de studie van Begolli et al. (2021) bleek niet alleen dat leerlingen in de experimentele conditie meer leerwinst boekten, maar ook dat het toevoegen van uitgewerkte voorbeelden het meeste extra leerwinst opleverde voor leerlingen met lagere resultaten op de pretest.

Evidentie voor deze laatst vermelde conclusie werd ook gevonden in de studie van **Booth et al. (2015)**. Daarin werd onderzocht in welke mate het toevoegen van uitgewerkte voorbeelden aan tekstboeken wiskunde effectiever blijkt dan het aanbieden van onderwijs aan de hand van reguliere tekstboeken in secundair onderwijs. Ook hier toonden de resultaten aan dat de leerlingen die tekstboeken met uitgewerkte voorbeelden kregen aangeboden, beter presteerden dan diegene die een regulier tekstboek kregen aangeboden. Bijkomend werd, in lijn met Begolli et al. (2021), evidentie gevonden voor het gegeven dat leerlingen met weinig voorkennis een grotere leerwinst boekten dan leerlingen met veel voorkennis in de experimentele conditie.

Tot slot onderzochten ook **Chen et al. (2020)** de toevoeging van uitgewerkte voorbeelden aan leermiddelen voor het vak wiskunde. Zij onderzochten het effect van de mate van complexiteit van de leertaak (gemeten door de onderzoekers als de vereiste interactiviteit met de leerinhoud) en de mate van voorkennis op de effectiviteit van twee verschillende lesvolgordes, met name het eerst aanbieden van uitgewerkte voorbeelden met vervolgens het oplossen van probleemstellingen versus het eerst oplossen van probleemstellingen en vervolgens het aanbieden van opgeloste, uitgewerkte voorbeelden. Een 2x2 design verdeelde de steekproef in 4 groepen op basis van:

- lesvolgorde: aanbieden van uitgewerkte voorbeelden gevolgd door oplossen van probleemstellingen versus oplossen van probleemstellingen gevolgd door uitgewerkte voorbeelden
- mate van complexiteit van de leertaak: laag versus hoog

Leerlingen (N = 52) uit het vijfde leerjaar van het lager onderwijs en leerlingen (N = 96) uit het tweede leerjaar van het secundair onderwijs namen deel, met een spreiding in de mate van voorkennis tussen leerlingen. De resultaten toonden aan dat de lesvolgorde waarbij eerst uitgewerkte voorbeelden werden aangeboden, gevolgd door het oplossen van probleemstellingen effectiever was voor leermaterialen waarin complexe leertaken werden aangeboden. En dit voornamelijk voor beginnende lerenden. Voor meer gevorderde lerenden werd geen verschil in effectiviteit m.b.t. lessequens gevonden.

Bovenvermelde studies sluiten aan bij een rijke traditie van onderzoek naar de manier waarop voorbeelden het leren van leerlingen kunnen ondersteunen. Zo maakten Robert K. Atkinson en collega's (2000)*¹ een uitgebreide reviewstudie over kenmerken waaraan in instructie gebruikte voorbeelden zouden moeten voldoen en naar de manier waarop uitgewerkte voorbeelden best ingezet worden om het leren van leerlingen te bevorderen. Uit hun overzichtsstudie concludeerden zij onder meer dat het juiste gebruik van voorbeelden vooral (maar niet uitsluitend!) een positieve rol speelt in het leren van beginnende lerenden, d.w.z. lerenden met weinig voorkennis of vaardigheid. Op de juiste manier aan de slag gaan met voorbeelden stimuleert namelijk bij uitstek de vorming van cognitieve schema's bij het verwerven van nieuwe kennis of vaardigheden. Ook vindt men dat uitgewerkte voorbeelden voor een verlaging van de cognitieve belasting zorgen waardoor er 'ruimte' vrijkomt in het werkgeheugen om de leerstof effectiever te verwerken. Ook bovenvermelde studies komen tot de conclusie dat het gebruik van uitgewerkte voorbeelden het leren van leerlingen kan ondersteunen, en dit voornamelijk bij leerlingen met weinig voorkennis.

¹ Doorheen de rapportage wordt regelmatig een vergelijking gemaakt met resultaten uit (voornamelijk oudere) studies die geen deel uitmaken van de 39 studies die in deze literatuurstudie weerhouden werden (zie Methodologie). De referenties naar deze bijkomende studies staan gemarkeerd met een asterisk. Deze studies werden uiteraard niet opgenomen in de referentielijst met weerhouden studies achteraan dit rapport, maar staan wel in de voorafgaande lijst met overige referenties.

De leerling aan het roer?

In een recente meta-analyse van **Rey et al. (2019)** werden 56 studies samengebracht die het effect op leren bestudeerden van het in verschillende opeenvolgende delen opdelen van multimedia-instructie (d.i. segmentering). Daarbij namen de onderzoekers zowel studies op waarbij het presentatietempo en de -volgorde door het leermiddel zelf bepaald werden, als studies waarbij de leerling de controle in handen had. Hoewel slechts 7 van de 56 studies betrekking hadden op het lager of secundair onderwijs, bespreken we hier toch kort de belangrijkste conclusies van deze overzichtsstudie.

In het algemeen blijkt het segmenteren van multimedia-instructie in betekenisvolle en coherente gehelen de leerprestaties van leerlingen te versterken, zowel op vlak van retentie als op vlak van transfer. Bovendien zorgt segmentering gemiddeld genomen voor een significante daling in de algemene cognitieve belasting van leerlingen en verhoogt het de leertijd, al moet dit laatste resultaat met de nodige omzichtigheid worden behandeld omwille van vermoedelijke publicatiebias.

Verdere analyses toonden aan dat bovenstaande effecten in elk geval gelden voor systeem-gestuurde segmentering. Voor segmentering waarbij het tempo en de volgorde door de leerling worden bepaald, werd enkel een significant positief effect gevonden voor transfer, en dus niet voor de andere afhankelijke variabelen (retentie, cognitieve belasting en leertijd). De auteurs formuleren de hypothese dat het segmenteringseffect vooral lijkt veroorzaakt te worden door het segmenteren van de instructie in betekenisvolle en coherente gehelen *door de instructional designer* en door het bieden van meer tijd om leerstof te verwerken, en dus niet zozeer door de controle van het presentatietempo door de leerling op zich. Vermoedelijk is het bij systemen gestuurd door de leerling cruciaal dat deze het tempo actief en correct aanpast aan de eigen leernoden.

Het effect van segmentering op retentie blijkt sterker voor leerlingen met meer voorkennis (zie ook bv. Spanjers et al., 2011*). Een mogelijke verklaring hiervoor zoeken de auteurs in de veronderstelling dat leerlingen met meer voorkennis al over meer relevante cognitieve schema's beschikken, waardoor het opbouwen van nieuwe schema's naar aanleiding van de instructie beter verloopt en minder van de beschikbare cognitieve capaciteit vraagt. Het effect op transfer blijkt niet gemedieerd door voorkennis.

Tot slot blijkt uit de studie van Rey et al. (2019) dat het segmenteringseffect niet zwakker of sterker is wanneer leerlingen de optie hebben om delen van de instructie te herhalen of de volgorde van de instructiedelen te wijzigen.

Naast deze reviewstudie zijn er ook twee primaire studies die onderzochten in welke mate het in leermiddelen opnemen van een component van zelfsturing door leerlingen effectief is.

Ben Romdhane en Khacharem (2021) onderzochten het effect van het zelf kunnen reguleren van instructievideo's op het herinneren en transfereren van leerinhouden. Leerlingen (N = 60) uit het secundair onderwijs werden op een willekeurige wijze in drie groepen ingedeeld: (1) een controlegroep die een instructievideo werd aangeboden (zonder mogelijkheden om de video te pauzeren), (2) een experimentele groep die een instructievideo kregen aangeboden die systeemgereguleerd was, waarbij op vooraf bepaalde tijden de video werd gepauzeerd en opnieuw verder afgespeeld werd en (3) een experimentele groep waarbij leerlingen zelf konden beslissen wanneer de video op pauze werd gezet en/of verder werd afgespeeld (zelfgereguleerd).

De resultaten toonden dat leerlingen in beide experimentele groepen significant beter scoorden op het herinneren en transfereren van de leerinhoud. Er werden geen verschillen gevonden tussen de systeemgereguleerde groep en de zelfgereguleerde groep.

Shangguan et al. (2020) manipuleerden het design van een kort animatiefilmpje over het ontstaan van bliksem om na te gaan of deze manipulaties een effect hadden op het leren van twee groepen van respectievelijk 50 en 173 leerlingen uit de tweede graad van het secundair onderwijs in een Chinese secundaire school. In één van twee deelstudies werd een 2x2 design gebruikt, waarbij het animatiefilmpje niet alleen werd gemanipuleerd op vlak van emotioneel ontwerp (positief vs. neutraal), maar ook op vlak van besturing (wel vs. niet in staat zijn om animatie verder te spoelen, terug te spoelen en opnieuw te bekijken). Uit de resultaten bleek dat geen enkele experimentele manipulatie van de kenmerken van het animatiefilmpje een meetbaar effect had op het leren van de betrokken leerlingen.

Structuur en ondersteuning

Chen et al. (2022) ontwierpen een online les van 40 minuten waarin drie microlezingen (vijf minuten per stuk) voor het vak wiskunde en twee microlezingen voor het vak geschiedenis verwerkt zaten. Na afloop van elke microlezing werd een korte kennistest voorgelegd aan de 81 deelnemende leerlingen uit het eerste jaar van het secundair onderwijs. Verder waren er herhaalde metingen van cognitieve belasting (zelfrapportage) en aandacht (elektro-encefalogram - EEG). Het afwisselend programmeren van de microlezingen wiskunde en geschiedenis bleek op zich niet tot betere uitkomsten te leiden dan het in blok programmeren van de microlezingen voor hetzelfde vak.

In een studie bij 121 Zuid-Koreaanse leerlingen uit het vijfde leerjaar van het lager onderwijs ging **Song (2016)** na of het manipuleren van de volgorde van leerinhouden in een online lessenreeks een effect had op de door leerlingen geboekte leerwinst en ervaren cognitieve belasting. Het gebruikte lesmateriaal bestond uit twee online lessen waarin telkens de vertaling van 9 Engelse woorden en 3 grammaticale regels (10 minuten) moesten ingestudeerd worden. De studie gebruikte een 2x2 design, waarbij condities verschilden op vlak van de volgorde waarin de te leren woordenschat en grammatica in de lessen gepresenteerd werden (concurrent vs. sequentieel) en op vlak van de voorkennis van de leerlingen (weinig vs. veel). Uit de resultaten bleek dat de volgorde van aanbieden van de leerinhouden geen effect had op de leerprestaties en de ervaren cognitieve belasting. Wel bleken leerlingen met veel voorkennis het beter te doen in de sequentiële conditie dan in de concurrente conditie, terwijl voor leerlingen met weinig voorkennis het omgekeerde het geval was. De auteurs stippen in hun studie aan dat dit resultaat in tegenspraak is met eerder onderzoek waaruit bleek dat beginnende lerenden meer baat hebben bij het bestuderen van losse en eenvoudige leerstofelementen, terwijl gevorderde lerenden meer baat hebben bij het bestuderen van meer complexe, geïntegreerde leerstofgehelen, waarin verschillende losse elementen door elkaar en in interactie met elkaar verwerkt zijn.

In **van der Meij (2017)** werd de effectiviteit van het toevoegen van reviewvideo's aan een videotraining onderzocht. De videotraining was gericht op het aanleren van enkele tekstverwerkingsvaardigheden in MS Word en bestond uit 9 korte instructievideo's. Bij elke instructievideo werd een korte reviewvideo gemaakt die de belangrijkste instructiestappen nog eens samenvatte met oog op het bestendigen van de leerinhoud. Leerlingen (N = 73) uit het zesde leerjaar lager onderwijs en eerste leerjaar secundair onderwijs, gespreid over drie klassen, in Duitsland namen deel aan het effectiviteitsonderzoek. De studie had een pretest – interventie –

posttest design met twee groepen: een controlegroep die videotraining kreeg en een experimentele groep die naast videotraining ook toegang kreeg tot de reviewvideo's. Resultaten toonden allereerst dat reviewvideo's maar voor 30% bekeken werden. Desondanks scoorden de leerlingen uit de experimentele groep significant hoger dan de leerlingen uit de controlegroep op de vaardigheidstoetsen afgenomen in de loop en na afloop van de training. Geen significante verschillen werden gevonden m.b.t. betrokkenheid en mate van self-efficacy. Ook **van der Meij en van der Meij (2016)** stellen in een erg gelijkend onderzoek vast dat het toevoegen van reviewvideo's aan een videotraining tot betere leerprestaties leidt.

In een studie bij 74 leerlingen uit het eerste leerjaar van een lagere school in Taiwan (**Liang, 2015**) werd onderzocht of leerlingen tot meer leesbegrip en fonologische kennis komen wanneer het herhaald bekijken en (mee)lezen van een geanimeerd digitaal boek gecombineerd wordt met retrieval practice. Concreet werd aan de leerlingen in een eerste experimentele conditie gevraagd om tussen de eerste en tweede leesbeurt van het digitale boek zoveel mogelijk op te schrijven van wat ze zich nog van de inhoud van het verhaal herinnerden. In een tweede experimentele conditie werden leerlingen hierbij ondersteund door een woordwolk met de belangrijkste sleutelwoorden uit het verhaal. In de controleconditie kregen leerlingen enkel twee leesbeurten van het digitale verhaal. Uit de resultaten bleek dat zowel het toevoegen van retrieval practice als het gebruik van de woordwolk (bovenop retrieval practice) leidde tot significant meer leerwinst bij de betrokken leerlingen.

De experimentele studie van **Cromley et al. (2013)** ging tot slot na welke instructiemethode een leermiddel best hanteert om leerlingen *diagrammen beter te laten begrijpen*. Er namen 153 leerlingen, verdeeld over 17 klassen, uit het secundair onderwijs deel aan de interventies. Elke klas werd toegewezen aan één van de drie interventies binnen het onderwijzen van diagrammen in biologie-onderwijs:

- het zelf uitleggen van diagrammen en verklaringen bieden voor stellingen (in eigen woorden verklaren);
- het vervolledigen van een diagram met visuele elementen;
- het vervolledigen van een diagram met tekstuele elementen (m.n. woorden).

Leerlingen moesten tijdens de les per twee een werkboek invullen met hulp van de leerkracht waarin oefeningen stonden die bij één van de drie interventies aansloot. Nadien vond een klasdiscussie plaats. Pre- en posttesten werden afgenomen om de kennis te testen van het geleerde diagram, om de kennis te testen van biologie, de inferentie naar diagrammen in hetzelfde subject (m.n. biologie) te meten en de inferentie naar diagrammen in een ander subject (m.n. aardrijkskunde) te meten. De drie soorten interventies waren allen effectief om kennis m.b.t. hetzelfde diagram te verhogen, alsook inferenties naar andere diagrammen binnen biologie te maken. Het zelf uitleggen van het diagram vertoont de grootste leerwinst m.b.t. het maken van inferenties binnen biologie; terwijl het vervolledigen van het diagram met grafische elementen de grootste leerwinst toont m.b.t. kennis over hetzelfde diagram. Transfer van het geleerde naar het begrijpen van diagrammen binnen aardrijkskunde werd enkel gevonden voor de conditie waarin leerlingen het diagram vervolledigden met tekstuele elementen. Voor deze laatste conditie werd geen leerwinst vastgesteld voor kennis van biologie. Tot slot blijkt dat het zelf uitleggen van het diagram en het vervolledigen van het diagram met tekstuele informatie meer inspanning vraagt en een grotere inferentie toont dan het vervolledigen van het diagram met grafische elementen.

Het zal niet vreemd overkomen als wij stellen dat het aanbrenge van structuur en leerlingen de kans geven om de inhoud cognitief actief te verwerken tot beter leren leidt. Dit vinden wij ook hierin terug.

Het effect van verleidelijke details

Vier studies uit ons literatuuroverzicht bestudeerden het effect van zogenaamde verleidelijke details (*seductive details*). Dit zijn aantrekkelijke afbeeldingen of stukjes tekst die aan een leermiddel worden toegevoegd vanuit esthetische, motivationele en/of andere overwegingen, maar die eigenlijk niets bijdragen aan de inhoud en het begrijpen van het leermiddel. Eigenlijk zijn ze afleidend voor wat er eigenlijk geleerd moet worden. De eerste twee studies handelen over het effect van dergelijke verleidelijke details op het leren, en de beide andere studies richten zich op specifieke kenmerken van verleidelijke details.

Aan de studie van **Wang en Adesope (2016)** namen 258 leerlingen uit het secundair onderwijs deel. In de controlegroep kregen leerlingen het reguliere leermateriaal aangeboden, met name een boekje met uitleg over het ontstaan van de aarde. In de experimentele groep werd een gemanipuleerde versie van hetzelfde boekje gebruikt, waarbij er een zestal afleidende passages werden toegevoegd die wetenswaardige maar verder irrelevante informatie bevatten. De resultaten tonen aan dat de tekstuele verleidelijke details een nadelig effect hadden op de mate waarin leerlingen zich de leerinhoud kunnen herinneren en konden antwoorden op toepassingsvragen.

In een studie bij 100 leerlingen uit de hoogste jaren van het secundair onderwijs onderzochten **Park et al. (2011)** het effect van de aanwezigheid van visuele verleidelijke details (wel vs. niet) en van de modaliteit van tekstuele informatie (gesproken vs. geschreven) in een digitale leeromgeving rond ATP-synthese (zie ook Park et al., 2016). De betrokken studenten kregen ongeveer een uur de tijd om aan eigen tempo een uitgestippeld leerpad doorheen deze digitale leeromgeving af te leggen. Uit de resultaten bleek dat de combinatie van het weglaten van visuele verleidelijke details en het gebruik van een vertelstem leidde tot de laagste gerapporteerde cognitieve belasting en de hoogste leerprestaties. In het geval de digitale omgeving toch visuele verleidelijke details bevatte, maakte de modaliteit van de tekstuele informatie geen verschil m.b.t. de leerlinguitkomsten.

Deze resultaten bevestigen het inzicht uit eerder onderzoek dat het toevoegen van aantrekkelijke, maar overbodige afbeeldingen aan een te leren tekst zorgt voor overbodige cognitieve belasting en verminderde leerwinst bij de lerende (Rey, 2012*). Aan de hand van twee experimentele studies in Duitsland, met respectievelijk 108 en 162 leerlingen uit de laatste jaren van het secundair onderwijs, gingen **Schneider et al. (2018)** na of de affectieve lading van afbeeldingen (positief vs. negatief) en de sterkte van het inhoudelijk verband tussen de afbeelding en de tekst (sterk vs. zwak) dit negatieve effect van verleidelijke details modereert. Ze gebruikten daarvoor een digitale versie van een tekst (onderwerp: Zuid-Korea) met 6 tot 8 afbeeldingen, waarvan de eigenschappen gemanipuleerd werden volgens deze twee dimensies (2 x 2 design). Er was ook een controlegroep voorzien die de tekst zonder afbeeldingen voorgelegd kreeg. Uit de resultaten bleek dat emotioneel positief geladen afbeeldingen (bv. lachende menselijke gezichten, dieren en aantrekkelijk voedsel) en afbeeldingen die een sterke inhoudelijke link hebben met de inhoud van het leermateriaal zorgen voor betere leerprestaties en lagere gepercipieerde moeilijkheidsgraad van de leerstof dan emotioneel negatief geladen afbeeldingen en afbeeldingen die inhoudelijk slechts zwak samenhangen met de inhoud van de tekst. Emotioneel negatief geladen afbeeldingen zorgen dan weer voor meer taakirrelevante.

Wang et al. (2021) gingen in een recente studie dan weer na of het negatieve effect van afleidende afbeeldingen en tekst op leerlinguitkomsten sterker wordt naarmate de afbeeldingen talrijker zijn en de tekst langer is. In een tweetal deelstudies bestond het leermateriaal uit een online set van vijf pagina's met een tekst over respectievelijk de structuur van atomen en de slikbeweging tijdens

het eten van voedsel. In de eerste deelstudie werd het aantal afleidende afbeeldingen gemanipuleerd, waarbij in de controleconditie leerlingen enkel tekst kregen aangeboden en in de beide experimentele condities elke slide respectievelijk één of drie afleidende afbeeldingen toonde. In de tweede deelstudie werd de lengte van afleidende tekst gemanipuleerd, waarbij in de controleconditie leerlingen opnieuw enkel de hoofdtekst kregen terwijl in de experimentele condities op elke slide een afleidende tekst van respectievelijk 70 of 220 woorden voorzien werd. Uit de resultaten bleek dat het variëren van het aantal afleidende afbeeldingen enkel een effect had op de door de leerlingen gerapporteerde interesse in het lesonderwerp, maar niet op leerresultaten of cognitieve belasting. Het toevoegen van langere afleidende teksten zorgde voor een langere leestijd, maar opvallend genoeg ook voor een hogere gerapporteerde cognitieve belasting, een sterker gevoel iets geleerd te hebben en (iets) betere leerprestaties.

De studies van Schneider et al. (2018) en Wang et al. (2021) sluiten zo aan bij eerder empirisch onderzoek naar mediators van het effect van verleidelijke details op het leren van leerlingen (Rey, 2012*; Sundararajan & Adesope, 2020*). Zo blijken verleidelijke details onder meer een grotere afleidende kracht te hebben wanneer er tijdsdruk in het spel is (tijdens het leren of tijdens de toets nadien) en wanneer ze de vorm van illustraties hebben (i.t.t. een tekstuele vorm).

Aandacht richten via hints en signalen

Een volgende reeks studies behelst onderzoek naar het effect van het toevoegen van hints en signalen aan (digitale) leermiddelen. Het gaat hierbij om het integreren van kleine tekeningen, symbolen of tekstonderdelen die de aandacht van leerlingen moeten richten naar belangrijke onderdelen van de leerinhoud die in het leermiddel verwerkt zit.

In de meta-analyse van **Alpizar et al. (2020)** werd het effect van het toepassen van het signaleringsprincipe in multimediale leeromgevingen onderzocht. Het signaleringsprincipe (Mayer, 2009) houdt in dat tijdens het onderwijzen van leerlingen, belangrijke zaken worden benadrukt. Op die manier wordt de aandacht van de leerlingen naar de cruciale aspecten van de leerinhoud getrokken. Het doel van de studie was om na te gaan wat het effect van signaleren binnen een multimediale leeromgeving was op de leeruitkomsten van leerlingen en welke factoren deze relatie modereren. Daarbij werden verschillende soorten van signaleren onderzocht: (1) het gebruik van kleurcontrasten in tekst of afbeeldingen; (2) het aanpassen van de visuele representatie (bv. inzoomen), (3) het gebruiken van geometrische signalen (vb. pijlen of het omcirkelen van leerstof); (4) de aanwezigheid van pedagogische actoren (bv. animatiefiguren of avatars); (5) het markeren van tekst of (6) een combinatie van verschillende signalen. De meeste in de meta-analyse betrokken studies handelden over studenten uit het hoger onderwijs, maar hier belichten we enkel de resultaten gebaseerd op vijf studies met leerlingen uit (de eerste graad van) het secundair onderwijs. Daaruit bleek dat het toepassen van het signaleringsprincipe in multimediale leeromgevingen een matig positief effect ($d = 0,44$) heeft op het leren van leerlingen in het eerste jaar van het secundair onderwijs ($N = 506$). Voor leerlingen uit het tweede jaar secundair onderwijs werd geen effect gerapporteerd, vermoedelijk door de (te) kleine steekproef ($N = 99$).

Ook **Albus et al. (2021)** onderzochten, in een individuele studie weliswaar, de effectiviteit van het toepassen van het signaleringsprincipe, zij het in een leeromgeving die gebruik maakt van virtuele realiteit (VR). De auteurs voerden een experiment uit waarbij 107 leerlingen uit het (tweede tot en met vierde leerjaar van het) secundair onderwijs onderwezen werden binnen een VR-leeromgeving. Leerlingen in de experimentele groep kregen de VR-leeromgeving aangeboden

met ingebouwde tekstuele aanwijzingen om de aandacht van leerlingen op de belangrijkste aspecten in de leerinhoud te richten. De leerlingen uit de controlegroep kregen dezelfde VR-leeromgeving aangeboden, maar dan zonder de aanwijzingen. Uit de resultaten van hun analyses concludeerden de auteurs dat het aanbieden van aanwijzingen in een VR-leeromgeving leidde tot hogere leeruitkomsten bij leerlingen, waarbij er een effect werd gevonden op de kennistoets, maar niet op de toets die peilde naar conceptueel begrip.

Hawlitschek en Joeckel (2017) onderzochten bij 150 Duitse leerlingen in het secundair onderwijs of het toevoegen van een algemene op leren gerichte hint (*prompt*) aan een educatief spel voor het vak geschiedenis een positief effect heeft op de leerresultaten, intrinsieke motivatie en cognitieve belasting bij de betrokken leerlingen. De gebruikte hint benadrukte het educatieve karakter van het spel, kondigde aan dat er na het spelen enkele vragen zouden gesteld worden en moedigde leerlingen aan om tijdens het spelen zoveel mogelijk te leren. Een deel van de vragen na afloop van het spel peilde naar kennis over feiten die letterlijk in het spel vermeld werden (kennisvragen), terwijl een ander deel van de vragen leerlingen vroeg om elementen uit het spel te interpreteren en te linken aan de historische context van het spel (transfervragen). Uit de resultaten bleek dat het toevoegen van de hint er niet voor zorgde dat leerlingen meer intrinsiek gemotiveerd waren of beter scoorden op de kennisvragen achteraf. Vermoedelijk was de hint veel te algemeen en te weinig richtinggevend om een leereffect te kunnen realiseren. Leerlingen in de conditie met hint bleken gemiddeld wel een hogere cognitieve belasting te rapporteren en significant lager te scoren op de transfervragen dan de leerlingen uit de controleconditie.

Het gebruik van een digitale leeromgeving op een mobiele telefoon of tablet in een relevante fysieke leeromgeving, waarbij leerlingen voortdurend hun aandacht moeten wisselen tussen de digitale en de fysieke leeromgeving, kan zorgen voor een teveel aan cognitieve belasting en daarmee het leren hinderen. In een studie bij 74 leerlingen uit het vijfde leerjaar van een lagere school in Taiwan onderzochten **Liu et al. (2013)** onder meer of het toevoegen van pijlvormige aanwijzingen aan een mobiele digitale leeromgeving rond de morfologie van planten leidt tot een reductie van irrelevante cognitieve belasting en zo tot meer leerwinst. De pijlvormige cues werden zo geplaatst dat ze delen van de gebruikte tekst verbonden met de relevante onderdelen van de bijbehorende afbeelding of foto. Uit de resultaten blijkt dat leerlingen in de experimentele condities (d.w.z. met aanwijzingen) inderdaad beter en efficiënter leren. Het toevoegen van pijlen zorgt dus niet alleen voor significant meer leerwinst, maar ook voor meer leerwinst per eenheid van geïnvesteerde leertijd.

Het verschil tussen luisteren en lezen

Onder de in onze literatuurstudie weerhouden publicaties vonden we drie studies die nagaan of verbale informatie in een digitaal leermiddel best gesproken (d.w.z. auditief) dan wel gedrukt (d.w.z. visueel) wordt geïntegreerd.

In de studie van **Negi en Mitra (2022)** werd het effect van het gebruik van ondertitels in instructievideo's onderzocht. Leerlingen (N = 51) uit één secundaire school in India werden onderverdeeld in drie condities: een controleconditie waarin leerlingen een instructievideo kregen aangeboden zonder ondertitels, een eerste experimentele conditie waarin leerlingen ondertitels kregen aangeboden in hun thuistaal (m.n. het Marathi) en een tweede experimentele conditie waarin leerlingen ondertitels kregen aangeboden in het Engels. In de drie groepen werd dezelfde video over de werking van het internet aangeboden, weliswaar gemanipuleerd in functie van de experimentele conditie. Er was een voor- en nameting met elk 14 unieke meerkeuzevragen. Uit

deze studie bleek dat de inclusie van ondertiteling in instructievideo's leidde tot betere prestaties op een kennistoets over de werking van het internet. Het effect was sterker wanneer de ondertiteling in de moedertaal van de leerlingen was in vergelijking met de ondertiteling in het Engels.

Zoals hierboven al aangehaald, ontwierpen **Chen et al. (2022)** ontwierpen een online les waarin drie microlezingen voor het vak wiskunde en twee microlezingen voor het vak geschiedenis verwerkt zaten. Op basis van hun onderzoeksresultaten stelden de auteurs vast dat wanneer niet alleen het onderwerp van de lezingen werd afgewisseld, maar ook de presentatiewijze van de ingesloten informatie (via ondertitels of gesproken) leerlingen beter presteerden op de kennistests en minder cognitieve belasting rapporteerden dan in de andere condities.

Liu en Chuang (2011) onderzochten ten slotte of het toevoegen van gesproken dan wel geschreven tekst aan interactieve digitale animaties rond chemische processen een significant verschil maakt in de leerwinst die leerlingen boeken wanneer ze deze animatiefilmpjes bekijken. Bovendien gingen de onderzoekers na of de mate van voorkennis waarover leerlingen beschikken hierbij een rol speelt. De studie werd uitgevoerd bij 262 leerlingen uit de eerste twee jaren van een secundaire school in Taiwan. De digitale animaties werden gebruikt als ondersteunend leermiddel in een les waarin leerlingen eerst instructie rond het lesonderwerp kregen en vervolgens de tijd kregen om de digitale animaties te bekijken en te manipuleren. Uit de resultaten van de studie bleek dat leerlingen in de conditie met gesproken tekst gemiddeld een hogere cognitieve belasting rapporteerden maar ook meer leerwinst boekten dan de leerlingen in de conditie met geschreven tekst. De onderzoekers maken in hun publicatie evenwel onvoldoende duidelijk of de tekst in de animaties inhoudelijk identiek was in de beide condities (gesproken vs. geschreven), waardoor er kan getwijfeld worden of het gesproken karakter dan wel de uitgebreidheid van de tekstuele ondersteuning de primaire oorzaak van het prestatieverschil tussen beide groepen is.

Uiteraard zijn ook deze studies niet de eerste die het effect nagaan van de modaliteit van de presentatie van te leren materiaal (bv. afbeelding in combinatie met geschreven, dan wel gesproken tekst) op het leren van leerlingen. Zo bracht Ginns (2005)* enkele tientallen studies rond het modaliteitseffect samen in een meta-analyse en concludeerde daaruit dat het tijdens instructie combineren van afbeeldingen met gesproken tekst tot aanzienlijk effectiever leren leidt dan het combineren van afbeeldingen met geschreven tekst. Dit is vooral het geval in situaties waarin leerlingen zelf geen controle hebben over het tempo van de presentatie van leerstof.

Let wel: niet alle manieren om afbeeldingen en gesproken tekst te combineren zijn effectief, zoals bijvoorbeeld in het geval waarbij geschreven tekst (in beeld) auditief herhaald wordt (d.w.z. opgelezen wordt), hetgeen een redundantie-effect veroorzaakt en dus de cognitieve belasting ongewenst verhoogt.

Andere kenmerken van leermiddelen

In een andere studie van **Schneider et al. (2019)** werd nog een eigenschap van afbeeldingen in leermiddelen onderzocht, m.n. de mate waarin afbeeldingen antropomorf zijn (d.w.z. menselijke vormen of elementen in zich dragen). De studie omvat drie experimentele deelstudies, waarbij telkens een tekst rond de onderdelen van het menselijk bloed en hun functies werd gebruikt als studiemateriaal. De afbeeldingen bij de tekst hadden in elke experimentele conditie een andere graad van antropomorfisme (laag – matig – hoog). Uit de eerste deelstudie, bij 92 leerlingen uit het vijfde en zesde leerjaar, bleek dat leerlingen gemiddeld significant meer leerwinst boekten bij gebruik van een tekst met een hogere graad van antropomorfisme. Dit resultaat werd ook

bekomen in de beide andere deelstudies bij oudere leerlingen (resp. uit het 2^{de} en 3^{de} en uit het 5^{de} en 6^{de} jaar van het secundair onderwijs). Vreemd genoeg bleken in de drie deelstudies leerlingen in de conditie met hoge graad van antropomorfisme ook meer irrelevante cognitieve belasting te ervaren, wat de onderzoekers leidde naar de conclusie dat de cognitieve belastingstheorie op zichzelf onvoldoende verklaring kan bieden voor het positieve effect van antropomorfe afbeeldingen op leerwinst.

Shangguan et al. (2020) manipuleerden het design van een kort animatiefilmpje over het ontstaan van bliksem om na te gaan of deze manipulaties een effect hadden op het leren van twee groepen Chinese leerlingen uit het secundair onderwijs. We vermelden hierboven al de resultaten voor hun eerste deelstudie (zie "De leerling aan het roer?"). In de tweede deelstudie kreeg de experimentele groep een filmpje met een positief emotioneel ontwerp (d.w.z. warme kleuren en antropomorfe afbeeldingen) te zien, terwijl de controlegroep een filmpje met een neutraal emotioneel ontwerp (d.w.z. neutrale kleuren en niet-antropomorfe afbeeldingen) kreeg voorgeschoteld. Ook in deze studie bleek er geen effect gevonden te worden op het leren van de betrokken leerlingen.

Auteurs	Jaar	Interventie			Hoofdconclusie van de studie
		Type leermiddel	Duur	Topic	
Albus, P; Vogt, A; Seufert, T	2021	Digitaal - VR	7 min.	Wetenschappen	Het implementeren van tekstuele aanwijzers (d.i. tekst die aandacht van leerling richt op wat belangrijk is) in een VR leeromgeving leidt tot betere leeruitkomsten.
Alpizar, D; Adesope, OO; Wong, RHM	2020	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Het toepassen van het signaleringsprincipe in multimediale leeromgevingen heeft een matig positief effect op de leeruitkomsten van leerlingen uit het eerste jaar van het secundair onderwijs.
Barbieri, CA; Booth, JL; Begolli, KN; McCann, N	2021	Papier	±2 mnd.	Wiskunde	Het aanbieden van uitgewerkte voorbeelden in een tekstboek zorgt voor een grotere leerwinst dan het reguliere aanbod in een tekstboek.
Begolli, KN; Dai, T; McGinn, KM; Booth, JL	2021	Papier	±4 wkn.	Wiskunde	Het aanbieden van uitgewerkte voorbeelden in een tekstboek zorgt voor een grotere leerwinst dan het reguliere aanbod in een tekstboek. Dit geldt in hoofdzaak voor leerlingen met minder voorkennis.
Ben Romdhane, M; Khacharem, A	2021	Digitaal - Video	1 min.	Lichamelijke opvoeding	Het verdelen van een instructievideo in betekenisvolle delen, met automatische of gebruikergestuurde pauzes tussen de delen, leidt tot meer leerwinst bij leerlingen. De mate waarin de controle over het afspelen bij de leerling ligt maakt geen verschil.
Booth, JL; Oyer, MH; Pare-Blagoev, EJ; Elliot, AJ; Barbieri, C; Augustine, A; Koedinger, KR	2015	Papier	3-4 wkn.	Wiskunde	Leerlingen die tekstboeken met uitgewerkte voorbeelden krijgen aangeboden, behalen hogere prestaties dan diegene die een lesinhouden krijgen aangeboden op basis van een regulier tekstboek. Dit effect is sterker voor leerlingen met weinig voorkennis.
Chen, O; Retnowati, E; Kalyuga, S	2020	Papier	30 min.	Wiskunde	Een lessequens waarbij eerst uitgewerkte voorbeelden worden aangeboden en nadien probleemstellingen, blijkt het meest effectief voor leermaterialen waarin complexe leertaken worden aangeboden. Dit geldt voornamelijk voor beginnende lerenden.
Chen, W; Chen, CS; Li, BP; Zhang, JC	2022	Digitaal - Video	40 min.	Wiskunde, geschiedenis	Het afwisselend programmeren van microlezingen wiskunde en geschiedenis leidt in combinatie met het afwisselen van de presentatiewijze van verbale informatie (m.n. ondertitels voor wiskunde en gesproken voor geschiedenis) tot een lagere cognitieve belasting en een hogere leerwinst.
Cromley, JG; Bergey, BW; Fitzhugh, S; Newcombe, N; Wills, TW; Shipley, TF; Tanaka, JC	2022	Papier	6 wkn.	Biologie	Het zelf uitleggen van diagrammen en het aanvullen van diagrammen met woord resp. beeld, zijn allen effectieve interventies om leerlingen diagrammen te leren begrijpen. Het zelf uitleggen van een diagram blijkt het meest effectief.
Hawlicscek, A; Joeckel, S	2017	Digitaal - Game	50-86 min.	Geschiedenis	Het toevoegen van een algemene op leren gerichte prompt aan een educatief spel voor het vak geschiedenis zorgt er niet voor dat leerlingen meer intrinsiek gemotiveerd zijn of beter scoren op kennisvragen na het spelen van het spel.
Kulgemeyer, C	2020	Digitaal - Video	7 min.	Fysica	Instructievideo's die beantwoorden aan de zeven factoren uit het model voor effectieve instructievideo's van de auteurs leveren meer declaratieve kennis (maar niet meer

					conceptuele kennis) op bij leerlingen dan instructievideo's die niet aan deze factoren voldoen.
Liang, TH	2015	Digitaal – eBook	20 min.	Talen	Het voorzien van retrieval practice en de ondersteuning van een woordwolk daarbij tussen twee leesbeurten van een geanimeerd digitaal boek zorgt ervoor dat kinderen zich meer inhoud uit het verhaal herinneren dan wanneer er enkel twee leesbeurten voorzien worden.
Liu, HC; Chuang, HH	2011	Digitaal - Animatie	90 min.	Chemie	Leerlingen boeken meer leerwinst tijdens het bekijken van interactieve digitale animaties wanneer verbale informatie gesproken wordt weergegeven dan wanneer deze informatie schriftelijk wordt weergegeven. Leerlingen ondervinden ook een hogere cognitieve belasting.
Liu, TC; Lin, YC; Paas, F	2013	Digitaal – App mobiel	4-8 min.	Biologie	Het toevoegen van pijlvormige cues aan een mobiele leeromgeving rond de morfologie van planten leidt tot meer en efficiënter leren bij leerlingen.
Negi, S; Mitra, R	2022	Digitaal - Video	12 min.	ICT	Het toevoegen van ondertitels aan een instructievideo zorgt ervoor dat leerlingen na afloop beter presteren op een kennistoets over wat er in de video aan bod is gekomen.
Park, B; Moreno, R; Seufert, T; Brunken, R	2011	Digitale leeromgeving	3-20 min.	Biologie	Het gecombineerd weglaten van afleidende visuele details en het gebruik van een vertelstem (i.p.v. geschreven uitleg) zorgt voor een kleinere cognitieve belasting en tot betere leerresultaten.
Reinhold, F; Hoch, S; Werner, B; Richter-Gebert, J; Reiss, K	2020	Digitaal - iPad	4 wkn.	Wiskunde	Voor leerlingen met weinig voorkennis zorgt de implementatie van een op conceptuele kennis gericht curriculum voor breukenonderwijs in combinatie met het gebruik van een digitaal leermiddel (oefeningen met aangepaste moeilijkheidsgraad, individuele feedback, interactie via touchscreen) voor betere leerprestaties. Voor leerlingen met veel voorkennis zorgt de implementatie van het curriculum voor betere leerprestaties, ongeacht de aard van het leermiddel.
Rey, GD; Beege, M; Nebel, S; Wirzberger, M; Schmitt, TH; Schneider, S	2019	Digitaal	n.v.t.	n.v.t.	Leerlingen leren gemiddeld genomen beter wanneer leerstof in een digitaal leermiddel (bv. video) in kleinere, coherente en betekenisvolle gehelen verdeeld is. Dit geldt vooral voor systeemgestuurde segmentering (i.t.t. leerlinggestuurde segmentering).
Schneider, S; Dyrna, J; Meier, L; Beege, M; Rey, GD	2018	Digitaal – Webpagina's	±15 min.	Aardrijkskunde	Emotioneel positief geladen afbeeldingen en afbeeldingen die een sterke link hebben met de tekstuele inhoud van een leermiddel zorgen voor een lagere intrinsieke cognitieve belasting en betere leerprestaties dan emotioneel negatief geladen afbeeldingen en afbeeldingen die weinig/niet samenhangen met de tekstuele inhoud.
Schneider, S; Hassler, A; Habermeyer, T; Beege, M; Rey, GD	2019	Digitaal – Webpagina's	≤ 20 min.	Biologie	Het gebruik van een tekst met sterk antropomorfe afbeeldingen zorgt voor betere leerresultaten, maar ook voor een grotere irrelevante cognitieve belasting dan het gebruik van een tekst met niet-antropomorfe afbeeldingen.
Shangguan, CY; Wang, Z; Gong, SY; Guo, YW; Xu, S	2020	Digitaal - Animatie	2,5 min.	Natuurkunde	Het uitrusten van animatiefilmpjes met een positief emotioneel ontwerp (d.i. warme kleuren, antropomorfe afbeeldingen) en het mogelijk maken dat gebruikers zelf deze filmpjes kunnen bedienen zorgt slechts in beperkte mate voor betere leerresultaten.

Song, D	2016	Digitaal – Webpagina's	20 min.	Talen	In online vreemde talenonderwijs heeft de volgorde van het aanbieden van leerinhouden woordenschat en grammatica (concurrent of sequentieel) geen effect op de leerprestaties of de ervaren cognitieve belasting.
van der Meij, H	2017	Digitaal – Video	≤45 min.	ICT	Het toevoegen van reviewvideo's aan een videotraining zorgt ervoor dat leerlingen tijdens de training en nadien beter scoren op een vaardigheidstoets.
van der Meij, H; van der Meij, J	2016	Digitaal – Video	(onbekend)	ICT	Het toevoegen van reviewvideo's aan een videotraining zorgt ervoor dat leerlingen tijdens de training en nadien beter scoren op een vaardigheidstoets.
Wang, Z; Adesope, O	2016	Papier	15-20 min.	Aardrijkskunde	Het aanbieden van verleidelijke details heeft een nadelig effect op leerprestaties. Bijkomend wordt door het aanbieden van verleidelijke details, de transfer verhinderd.
Wang, Z; Ardasheva, Y; Carbonneau, K; Liu, QL	2021	Digitaal – webpagina's	(onbekend)	Biologie	Het verlagen van het aantal afleidende afbeeldingen in een digitale tekst heeft een negatief effect op de interesse van leerlingen in het tekstonderwerp, maar geen effect op leerresultaten of cognitieve belasting. Het toevoegen van langere afleidende teksten zorgt voor een langere leestijd, een hogere gerapporteerde intrinsieke cognitieve belasting, een sterker gevoel iets geleerd te hebben en (iets) betere leerprestaties.

Onderzoek naar leermiddelen als geheel

In dit deel van het rapport brengen we studies samen die het gebruik van specifieke leermiddelen afzetten tegen het niet-gebruik van deze leermiddelen of tegen het gebruik van een volledig andere soort leermiddel. Daarbij brengen we eerst de resultaten in beeld van studies naar het effect van leermiddelen die gebruik maken van virtuele of aangevulde realiteit. Verder hebben we aandacht voor onderzoek naar het effect van het gebruik van instructievideo's, van diverse types stand-alone software en van het gebruik van online leermiddelen in de context van blended onderwijs.

Leermiddelen die gebruik maken van virtuele (VR) of aangevulde realiteit (AR)

De literatuurstudie leverde vijf studies op die het effect onderzoeken van het onderwijzen van leerlingen door middel van het aanbieden van een VR-leeromgeving. In het merendeel van deze studies (N = 4) wordt een vergelijking gemaakt tussen lesgeven in of aan de hand van een virtuele werkelijkheid enerzijds en het aanbieden van face-to-face onderwijs met traditionele papieren leermiddelen anderzijds. In één studie wordt een VR-leeromgeving vergeleken met een reguliere digitale omgeving.

Allereerst werd in de studie van **Gloy et al. (2022)** onderzocht of leerlingen meer leerwinst boeken wanneer ze leerstof rond de menselijke anatomie aangeboden krijgen in een VR-omgeving. Met dat doel verdeelden de onderzoekers 32 leerlingen afkomstig uit twee secundaire scholen in Duitsland op een willekeurige wijze over een controle- en experimentele groep. De leerlingen in de controlegroep kregen de leerstof op een traditionele manier aangeboden, nl. via face-to-face instructie en aan de hand van een papieren tekstboek. De leerlingen in de experimentele conditie kregen de leerstof aangeboden binnen een VR-omgeving. Leerlingen kregen een VR-bril opgezet waarmee ze zich in een virtuele operatiekamer konden bewegen en een transparant lichaamsmodel konden manipuleren (bv. het organen vastnemen, chirurgische instrumenten gebruiken, organen wegnemen om de dieperliggende organen te kunnen bekijken). Tijdens het manipuleren van het lichaam, konden de leerlingen extra tekstuele info opvragen. Na afloop van de instructiefase werden de leerlingen aan de hand van twee posttests (één onmiddellijk na de instructie en één vier tot zeven weken later) getoetst op hun kennis van de menselijke anatomie. De resultaten toonden aan dat de leerlingen in de experimentele groep gemiddeld genomen beduidend hogere prestaties behaalden op beide posttests. De auteurs van de studie verklaarden de gevonden effecten vanuit de grotere oefenkansen in reële, interactieve situaties die de VR-leeromgeving zou bieden.

Ook in de studie van **Lee en Wong (2014)** werd onderzocht in welke mate het gebruik van een VR-leeromgeving tot betere leeruitkomsten leidt in vergelijking met traditioneel face-to-face onderwijs. Leerlingen afkomstig uit vier secundaire scholen in Maleisië werden over twee condities verdeeld. In de experimentele groep kregen leerlingen (N=210) informatie rond de anatomie van de kikker te verwerken in een VR-leeromgeving. Leerlingen konden door middel van een pincet het lichaam van een kikker virtueel disseceren en onderzoeken. Leerlingen konden visuele tekstinformatie opvragen in de leeromgeving. Daarnaast werd ook een verslag aangeboden waarin leerlingen informatie konden krijgen over hoe ze opdrachten konden voltooien tijdens het onderzoeken van de kikker. De leerlingen in de controlegroep (N=156) kregen dezelfde leerinhouden aangeboden in een face-to-face les met PowerPoint-slides. Voor en na de instructie kregen alle leerlingen dezelfde test met 32 vragen (aanvullen, meerkeuze, tekeningen labelen en

tekenen) voorgeschoteld. Er werd een significant positief effect gevonden van het gebruik van de VR-leeromgeving op de leerprestaties. Bovendien stelden de onderzoekers vast dat het gebruik van de VR-leeromgeving gemiddeld genomen een sterker positief effect had voor leerlingen met zwakke ruimtelijke vaardigheden dan voor leerlingen met sterke ruimtelijke vaardigheden.

In de studie van **Lai et al. (2019)** werd de effectiviteit van het aanbieden van virtuele 3D-voorwerpen onderzocht. Leerlingen uit het lager onderwijs uit één school in Taiwan werden in twee condities verdeeld: zowel de controlegroep (N = 23) als de experimentele groep (N = 23) kregen papieren tekstboek, multimedia materialen en taken aangeboden. De experimentele groep kreeg aanvullend 3D-voorwerpen aangeboden binnen een VR-leeromgeving (bv. een 3D berglandschap waar leerlingen zich virtueel door kunnen verplaatsen). Er was een voor- en nameting die de prestaties in het domein van geografie mat. Beide metingen omvatten een verschillende test van 20 meerkeuzevragen over geografie. De resultaten toonden dat leerlingen betere prestaties leverden in de experimentele groep, wat doet concluderen dat het gebruik van een VR-component in een multimedia leeromgeving effectiever is dan het aanbieden van een multimedia leeromgeving zonder een VR-component.

In de studie van **Haryana et al. (2022)** werd onderzocht in welke mate de cognitieve belasting van leerlingen (geoperationaliseerd als het prestatieniveau) verschilt naargelang het type van lesmateriaal en het type van onderwijssetting. Het experiment kent een 2x2 design, waarbij 4 verschillende condities (N = 107) werden onderzocht op basis van het type van lesmateriaal en het type van onderwijssetting:

- Type lesmateriaal:
 - o traditioneel lesmateriaal: het reguliere tekstboek
 - o niet-traditioneel lesmateriaal: nieuw ontwikkelde leermaterialen voor het aanleren van boekhoudkundige kennis en vaardigheden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van wiskundige principes, waar dit in het reguliere tekstboek afwezig is.
- Type onderwijssetting:
 - o Regulier (audiovisueel) onderwijs in de klas met tekstboek en instructie
 - o Les binnen een VR-leeromgeving

Leerlingen die onderwezen werden in de VR-lessen presteerden significant hoger dan leerlingen die les kregen in een traditionele klassetting. Daarnaast presteerden leerlingen die onderwezen werden met behulp van de niet-traditionele lesmaterialen significant hoger dan de leerlingen die het traditionele lesmateriaal kregen aangeboden. Tot slot scoorden leerlingen die VR-onderwijs kregen met behulp van niet-traditionele materialen significant hoger dan leerlingen die audiovisuele lessen kregen, ondersteund door traditionele materialen. Leeftijd en geslacht modereerden de resultaten niet. Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat het meest effectief is om boekhouden te onderwijzen (1) binnen een VR-omgeving en (2) door middel van leermaterialen waarin wiskundige principes gebruikt worden om boekhoudkundige principes aan te brengen aan leerlingen.

Wang (2020) vergeleek een VR-omgeving met een digitale onderwijscontext, te weten elektronische boeken. Leerlingen uit het lager onderwijs (N = 51) werden in twee groepen verdeeld. Een controlegroep (N = 30) kreeg leermaterialen aangeboden die bestonden uit spellen en elektronische boeken. Een experimentele groep (N = 21) kreeg dezelfde spellen aangeboden, maar bijkomend een VR-omgeving in plaats van de elektronische boeken uit de controleconditie. In een voor- en nameting werden meerkeuzevragen gesteld over basiskennis van een aantal wetenschappelijke concepten en werden open vragen gesteld over het begrip van elektrische stroomkringen. De resultaten toonden geen verschillen tussen de twee condities, wat de auteur

deed besluiten dat het aanbieden van leerstof in spelvorm even effectief kan gebeuren binnen een VR-omgeving als via elektronische boeken.

Bovenstaande studies komen alle (met uitzondering van de studie door Wang, 2020) tot de conclusie dat een VR-leeromgeving tot betere leeruitkomsten leidt dan een reguliere (of digitale) leeromgeving. Echter, de onderliggende werkzame elementen van de VR-omgeving werden in geen van deze studies onderzocht. De studies bleven alle eerder vaag over de aspecten waarin de VR-leeromgeving verschilde van de reguliere (of digitale) omgeving. Clark (1984) leerde ons dat het vaak niet het medium is dat een verschil uitmaakt maar wel het verschil in de gebruikte didactiek (EN: *method*). Zijn conclusie was dat bij een gelijke didactiek er geen verschillen gevonden werden en dat er enkel verschillen gevonden werden als het gebruik van een specifiek medium gepaard ging met een verschillende didactiek. Omdat het in bovenstaande studies niet duidelijk was of en hoe de didactiek verschillend was tussen condities, kan moeilijk geconcludeerd worden dat AR en VR beter zijn dan meer traditionele leermiddelen. Daarnaast ging het in enkele gevallen over het specifiek uittesten van een VR-bril. De vraag kan hierbij gesteld worden in welke mate ook commerciële belangen verweven zitten in het uitvoeren van dergelijk onderzoek en dus ook in de uitkomsten. Hoewel op basis van deze studies kan besloten worden dat het aanbieden van VR effectiever is dan een reguliere klaspraktijk, krijgen we met deze studies geen zicht op of dit werkelijk het geval is en zo ja, wat de mogelijke verklaringen hiervoor zijn.

Animatie- en instructievideo's

Twee studies uit ons literatuuroverzicht buigen zich over de vraag of het toevoegen van video's aan een bestaande (digitale) leeromgeving tot betere uitkomsten bij de betrokken leerlingen leidt.

Park et al. (2016) onderzochten de effectiviteit van het aanbieden van korte, verduidelijkende animatievideo's binnen de context van een digitale leeromgeving rond ATP-synthese (biologie). De gebruikte digitale leeromgeving bestond uit 11 slides met tekst en afbeeldingen die de 94 deelnemende leerlingen aan eigen tempo konden doorlopen. De leerlingen waren afkomstig uit twee Duitse secundaire scholen en werden op een willekeurige wijze toegewezen aan één van twee condities: een controleconditie waarin leerlingen geen animatievideo's aangeboden kregen en een experimentele conditie waarin dat wel zo was. Er werd een animatievideo voorzien na 8 van de 11 slides uit de digitale leeromgeving. Na afloop van de instructie werden zowel de ruimtelijke vaardigheden van leerlingen als hun structurele en proceskennis gemeten. Uit deze studie bleek dat de leerprestaties van leerlingen significant hoger waren voor proceskennis in de conditie waarin leerlingen korte animaties (*mental animation prompts*) te zien kregen in vergelijking met alle andere condities. Er was echter geen significant verschil voor structurele kennis. Daarnaast bleek dat het effect op proceskennis gemodereerd werd door ruimtelijke vaardigheid. Enkel leerlingen met zwakke of matige ruimtelijke vaardigheden hadden baat bij de korte animaties.

Ook **Liao et al. (2019)** onderzochten in welke mate de inclusie van instructievideo's leidde tot betere leerprestaties. De context van hun onderzoek betrof een digitale spelgebaseerde leeromgeving rond de eerste wet van Newton (traagheidswet). De studie maakte gebruik van een 2x2 design, resulterende in vier condities. De eerste factor die gemanipuleerd werd, was het al dan niet aanwezig zijn van een instructievideo. De tweede factor was of het spel alleen of in samenwerking met andere leerlingen werd gespeeld (collaboratief spelen). De 109 bij het onderzoek betrokken leerlingen waren afkomstig uit één Taiwanese school. Via een voor- en nameting met 14 meerkeuzevragen en 6 open vragen werd vóór en na de instructie gepeild naar

het begrip van de aangeboden leerstof. Uit de resultaten bleek dat de inclusie van instructievideo's leidde tot betere leerprestaties in de gebruikte digitale spelgebaseerde leeromgeving. Dit effect bleek nog sterker te zijn wanneer leerlingen samen aan de slag gingen dan wanneer ze alleen speelden en leerden. Collaboratief spelen had op zich evenwel geen positief effect op de leerresultaten.

Stand-alone software

De volgende twee studies hadden als doel de impact te onderzoeken van het gebruik van een stand-alone softwareprogramma als onderdeel van instructie en oefening.

In een onderzoek bij 60 Australische leerlingen uit het vijfde leerjaar onderzochten **Bokosmaty et al. (2017)** de toegevoegde waarde van het gebruik van software die toelaat om driehoeken te manipuleren en zo eigenschappen van driehoeken te illustreren in lessen driehoeksmmeetkunde. Zij stelden vast dat mondelinge instructie in combinatie met het gebruik van de software meer leerwinst bij leerlingen opleverde dan dezelfde instructie in combinatie met traditionele illustraties op papier. Bovendien bleek dat leerlingen die tijdens de lessen zelf driehoeken mochten manipuleren achteraf beter in staat waren om gelijkaardige oefeningen op te lossen dan leerlingen die enkel mochten toekijken hoe hun leerkracht de software gebruikte. Dit prestatievoordeel was er niet voor oefeningen die wat afweken van de in de les gebruikte oefeningen (bv. omdat de driehoeken geroteerd werden of omdat de vraagstelling anders was).

In een studie bij leerlingen uit het derde leerjaar van een lagere school in Taiwan gingen **Hong et al. (2020)** na in hoeverre het gebruik van een computerspel leerwinst realiseerde op vlak van het correct schrijven van Chinese karakters. In het spel dat door de onderzoekers werd ontwikkeld kregen de leerlingen tijdens het oefenen van karakters feedback wanneer ze een verkeerde penstreek maakten of wanneer ze een verkeerde volgorde van penstreken hanteerden. Leerlingen kregen één keer per week tien minuten speeltijd gedurende een periode van zes weken. Uit de resultaten bleek dat het spelen samenhangt met een toename in betrokkenheid en met leerwinst op vlak van het schrijven van Chinese karakters. Het onderzoeksdesign liet evenwel niet toe om deze toename in betrokkenheid en schrijfprestaties oorzakelijk te linken aan het gebruik van het computerprogramma of om te bepalen of het gebruik van dit digitale leermiddel tot betere resultaten leidt dan het gebruik van andere (al dan niet digitale) leermiddelen.

Online leermiddelen in de context van blended onderwijs

In een onderzoek bij 128 Servische leerlingen uit het tweede jaar van het secundair onderwijs (**Dorocki et al., 2022**) bleken leerlingen na zes weken fysicaonderwijs meer leerwinst te boeken en een lagere cognitieve belasting te ervaren in een blended onderwijsconditie dan in de controleconditie met traditioneel face-to-face-onderwijs. In de blended onderwijsconditie werden lezingen en theoretische oefeningen opgezet in een online Moodle-omgeving met een geïntegreerd virtueel laboratorium waarin leerlingen oplossingen konden visualiseren. Leerlingen doorliepen zelfstandig een door de leerkracht voorbereid leerp pad doorheen deze digitale leeromgeving, waarna ze deelnamen aan fysieke labosessies op school. De leerlingen in de controleconditie kregen dezelfde fysieke labosessies op school, maar hun voorbereiding bestond uit face-to-face instructie door hun leerkracht, aangevuld met huiswerk op papier. Omdat de studie nalaat om meer gedetailleerde informatie te geven over de aard van de in de controle-conditie geboden

face-to-face instructie, is het moeilijk om na te gaan of kenmerken van deze instructie een alternatieve verklaring zouden kunnen vormen voor het gevonden verschil in uitkomsten.

Auteurs	Jaar	Interventie			Hoofdconclusie van de studie
		Type leermiddel	Duur	Topic	
Bokosmaty, S; Mavilidi, MF; Paas, F	2017	Digitaal - Software	60 min.	Wiskunde	Bovenop directe mondelinge instructie door de leerkracht, zorgt het gebruik van stand-alone software waarin leerlingen zelf driehoeken mogen manipuleren en eigenschappen van driehoeken mogen uittesten voor extra leerwinst.
Dorocki, M; Radulovic, B; Stojanovic, M; Gajic, O	2022	Papier + Digitaal	(onbekend)	Technologie	Over een periode van zes weken boeken leerlingen die blended onderwijs krijgen meer leerwinst dan leerlingen die traditioneel face-to-face onderwijs krijgen. Ze ervaren bovendien een lagere cognitieve belasting. Causaal verband is onduidelijk.
Gloy, K; Weyhe, P; Nerenz, E; Kaluschke, M; Uslar, V; Zachmann, G; Weyhe, D	2022	Papier + Digitaal - VR	(onbekend)	Geneeskunde	In het aanleren van leerinhoud m.b.t. anatomie in het secundair onderwijs, blijkt een virtuele werkelijkheidsomgeving effectiever te zijn dan een reguliere klascontext.
Haryana, MRA; Warsono, S; Achjari, D; Nahartyo, E	2022	Digitaal – webpagina's + VR	(onbekend)	Economie	Het aanleren van boekhouden en boekhoudkundige principes in het secundair onderwijs blijkt meest effectief (1) binnen een virtuele werkelijkheidsomgeving en (2) door middel van leermaterialen waarin wiskundige principes gebruikt worden om boekhoudkundige principes aan te brengen aan leerlingen.
Hong, JC; Hwang, MY; Tai, KH; Lin, PH; Lin, PC	2020	Digitaal - Game	6 x 10 min.	Talen	Het gebruik van een computerspel dat leerlingen laat oefenen op het schrijven van Chinese tekens en hen tijdens het oefenen feedback geeft, hangt samen met een toename in betrokkenheid en schrijfvaardigheid.
Lai, AF; Chen, CH; Lee, GY	2019	Papier + Digitaal – AR	80 min.	Aardrijkskunde	Het aanleren van geografische leerinhouden blijkt effectiever in een virtuele werkelijkheidsomgeving in vergelijking met een reguliere klascontext.
Lee, EAL; Wong, KW	2014	Digitaal – slides + VR	(onbekend)	Biologie	Deze studie gaat het effect na van een virtuele werkelijkheidsomgeving in het aanleren van de anatomie van een kikker in het secundair onderwijs. Er was een significant positief effect van de virtuele werkelijkheidsomgeving op de prestatie-uitkomst. Er was ook een interactie-effect dat toonde dat de virtuele werkelijkheidsomgeving een groter positief effect heeft bij leerlingen met een lage spatiale vaardigheid dan bij leerlingen met een hoge spatiale vaardigheid.
Liao, CW; Chen, CH; Shih, SJ	2019	Digitaal – Game & Video	2 x 45 min.	Fysica	De inclusie van instructievideo's leidt tot betere leerprestaties in een digitale spelgebaseerde leeromgeving, zeker wanneer leerlingen samenwerken tijdens het spelen.
Park, B; Munzer, S; Seufert, T; Brunken, R	2016	Digitale leeromgeving	5 – 25 min.	Biologie	Leerlingen verwerven meer proceskennis wanneer ze korte animaties te zien krijgen Dit geldt evenwel niet voor het verwerven van structurele kennis.
Wang, YH	2020	Digitaal – eBooks, Games + VR	4 wkn.	Technologie	In deze studie wordt geen verschil in leeruitkomsten gevonden binnen het vakdomein elektriciteit voor een leeromgeving waarbij spellen en elektronische boeken worden

					aangeboden versus een leeromgeving waarbij spellen worden aangeboden binnen een virtuele werkelijkheidscontext.
--	--	--	--	--	---

Onderzoek naar het gebruik van leermiddelen

Hennah, Newton en Seery (2022) onderzochten op welke manier onderwijs door middel van het aanbieden van instructievideo's meest effectief is. Daarbij werden interventies opgezet waarvan verondersteld werd dat ze de cognitieve belasting van leerlingen tijdens het leerproces verminderden. Drie klassen in een secundaire school werden geselecteerd om het onderzoek uit te voeren. Elke klas vormde één groep, waarbij elke groep eenzelfde lesinhoud chemie krijgt aangeboden op een verschillende manier, en waarbij nadien in teamverband een taak moet worden voltooid. De drie groepen waren:

- Een controlegroep: leerlingen kregen een reguliere video te zien tijdens de les en moeten vervolgens de taak uitvoeren.
- Videogroep: leerlingen krijgen één video tweemaal te zien (one video two voice overs). De eerste maal wordt in de video de focus gelegd op het uitleggen van de procedures. Nadien krijgen de leerlingen de video nogmaals te zien, met ditmaal uitleg over de concepten. Vervolgens moeten leerlingen de taak uitvoeren.
- Praatgroep: in deze groep moeten de leerlingen voorafgaand thuis de video met procedures bekijken. Vervolgens krijgen de leerlingen in de klas uitleg over de video door de leerkracht. Daarna krijgen de leerlingen de video nogmaals te zien, waarin de concepten worden uitgelegd. Nadien krijgen ze uitleg over hoe ze teamrollen moeten verdelen en groepswork effectief vormgeven. Tot slot moeten de leerlingen de taak uitvoeren.

Het verminderen van de cognitieve belasting werd bewerkstelligt door leerlingen een duidelijke focus mee te geven, de video tweemaal te laten bekijken, kernrollen binnen groepswork uit te leggen en uitleg te geven over hoe groepswork effectief kan georganiseerd worden. De studie concludeert dat leerlingen die tot deze laatste groep behoorden, een lagere cognitieve belasting rapporteerden dan leerlingen in de controlegroep. Daarnaast blijkt dat leerlingen in de laatste groep zichzelf vaardiger inschatten dan leerlingen in de controlegroep.

ONACOM is een Turkse online tool die wetenschapsleerkrachten toelaat om digitale concept maps te maken, deze te verrijken met digitale inhoud en vervolgens te delen met leerlingen en andere leerkrachten die de tool gebruiken. In een studie bij 300 leerlingen uit het eerste jaar secundair onderwijs van 12 scholen onderzochten **Korur et al. (2016)** het effect van twee verschillende didactische methoden die elk ONACOM concept maps gebruikten als advance organizers. De didactische aanpak in de eerste conditie wordt door de onderzoekers omschreven met heel wat kenmerken van directe instructie, waarbij de concept maps door de leerkracht ingezet werden om belangrijke concepten te illustreren en met elkaar in verband te brengen. De aanpak in de tweede conditie vertoonde heel wat kenmerken van onderzoekend en ontdekkend leren, waarbij de concept maps als hulpmiddel in de verschillende fasen van het leerproces aan de leerlingen werden aangereikt. Gemiddeld genomen boekten de betrokken leerlingen in beide condities over een periode van zes weken evenveel leerwinst. Omdat het onderzoek geen controlegroep gebruikte waarin geen ONACOM concept maps gebruikt werden, kan ernstig getwijfeld worden aan de claim van de onderzoekers dat deze concept maps voor een duidelijke leerwinst gezorgd hebben.

Naast bovenvermelde vier studies waarin onderzoek werd verricht naar de effectiviteit van uitgewerkte voorbeelden, omvat deze beknopte literatuurstudie twee studies die de toepassing van andere componenten in leermiddelen onderzochten, met name instructie rond het leren begrijpen van diagrammen en het aanbieden van verleidelijke details.

Conclusie en discussie

Deze studie had als doel om een overzicht te geven van relevante studies die effectieve leer- en instructiestrategieën doelbewust inzetten om de effectiviteit van leermiddelen te testen. Aan de hand van een *Rapid Evidence Assessment* (REA) brachten we in kaart welke strategieën in de specifieke context van leermiddelen in de periode 2010-2022 empirisch werden onderzocht. We concluderen dat er beperkt en gefragmenteerd onderzoek is gedaan naar het effect van cognitieve leer- en instructiestrategieën in de context van volledige leermiddelen, dat het bulk van het onderzoek naar leermiddelen zich situeert binnen de digitale varianten ervan, en dat er meer onderzoek nodig is om kenmerken te isoleren voor het effectief ontwerpen van leermiddelen.

Beperkt en gefragmenteerd onderzoek naar effect van leer- en instructiestrategieën in de context van volledige leermiddelen.

Het onderzoek dat leer- en instructieprincipes binnen de specifieke context van (volledige) leermiddelen in kaart brengt, is beperkt, van lage kwaliteit en gefragmenteerd. De resultaten uit de gevonden studies lijken gemiddeld genomen echter wel in lijn te liggen met wat we weten uit ouder onderzoek naar de toepassing van principes rond effectief leren en effectieve didactiek in traditionele, papieren leermiddelen. Sommige leer- en instructiestrategieën ontbreken echter helemaal. Zo vonden we o.a. binnen de gekozen methodologie van een REA geen onderzoeken die voorkennis als onafhankelijke variabele manipuleerden. De gevonden studies binnen deze studie richtten zich vaak op:

- principes die stammen uit theorieën over multimediaal leerontwerp (zie Mayer, 2009) met bijvoorbeeld onderzoek naar de effecten van het *signaling principle* (signaleringsprincipe, waar belangrijke inhoud geaccentueerd worden), *coherence principle* (coherentieprincipe met daarin aandacht voor verleidelijke details) en *segmenting principle* (segmenteringsprincipe, waarbij lerenden al dan niet zelf het tempo van leren bepalen).
- het gebruik van uitgewerkte voorbeelden en het bieden van structuur en ondersteuning.
- andere kenmerken van handboeken, bijvoorbeeld met betrekking op leren via luisteren versus lezen.

Daarnaast is het opmerkelijk dat voor de sterkst onderbouwde leerstrategieën (bijvoorbeeld gespreid leren en oefentoetsing) amper onderzoek gevonden is in de specifieke context van leermiddelen binnen het leerplichtonderwijs. Dit kan vermoedelijk verklaard worden doordat deze leerstrategieën voornamelijk 'in isolatie' onderzocht worden. Zo worden bijvoorbeeld *interleaving* (gevarieerd oefenen) en *spaced practice* (gespreid leren) onderzocht binnen de context van aparte oefeningenreeksen en niet binnen het geheel van het leermiddel, waardoor ze uit de resultaten van dit literatuuronderzoek zijn gevallen.

Tot slot is het onderzoek ook gefragmenteerd in die zin dat de studies zich vaak situeerden in specifieke regio's als Duitsland, China en Taiwan. De gevonden studies kenmerken zich ook vaak met kleine samples (uitzondering is bv. Reinhold et al., 2020).

Sterke focus op digitale leermiddelen en minder op traditionele handboeken.

Het meeste onderzoek richtte zich op de effecten van digitale leermiddelen. Dit hoeft geenszins te verwonderen gezien de sterke opkomst van digitale leermiddelen in het onderwijs (en feit dat onderzoeksgelden rond instructional design vooral ingezet worden voor onderzoeksonderwerpen met zgn. innovatief karakter). Zo valt het inderdaad op te merken dat de leermiddelen in de gevonden studies vaak nieuw ontworpen leermiddelen waren, en veel minder onderzoek naar de effectiviteit van bestaande leermiddelen betrof. Het valt dus niet uit te sluiten dat publication bias hierin een rol heeft gespeeld.

Een kritische noot is hier misschien nodig. Sinds Clark in 1984 zijn baanbrekend artikel over de effecten van media schreef, weet men dat het vooral de methode (de didactiek) is die een verschil maakt voor het leren van leerlingen en niet het medium. Hoewel wij niet bestrijden dat verschillende principes wellicht van toepassing zijn op 'nieuwe' media, is het ook zo dat de onderliggende grondslagen nauwelijks verschillen met 'oude' media. Het verdelen van een hoofdstuk in duidelijke paragrafen en alinea's is misschien vergelijkbaar met segmentering bij video en de werking van signalering in video of VR leermaterialen is vermoedelijk goed te vergelijken met wat men prompting/cueing (aanwijzing) en zelfs wellicht toegevoegde vragen noemde in schriftelijk leermateriaal.

Meer onderzoek is nodig om tot algemeen geldende ontwerpprincipes voor leermiddelen te komen.

Er lijkt er een manifest gebrek te zijn aan kwaliteitsvol onderzoek naar hoe bovenvermelde leerstrategieën in hedendaagse leermiddelen kunnen (en zouden moeten) geïntegreerd worden. Dit zou nochtans ontwikkelaars en gebruikers van leermiddelen kunnen helpen om ook digitale leermiddelen zo te ontwerpen en kiezen dat ze de didactische praktijk van de leraar en het leren van leerlingen maximaal ondersteunen. Een mogelijke piste bestaat erin om in toekomstig onderzoek betekenisvolle gehelen van leermiddelen te onderscheiden (bijvoorbeeld oefeningenreeksen, aanbrenge nieuwe leerstof, inleidingen in nieuwe thema's, zelf-evaluatie) en daarbij na te gaan welke cognitieve leerstrategieën specifiek van toepassing zijn op die onderdelen. Zo kan bijvoorbeeld bij het optimaal ontwerp van oefeningenreeksen gekeken worden naar de meest robuuste evidentie rond het gevarieerd oefenen (Rohrer et al., 2020), het spreiden van oefeningen (Carpenter, 2019) en oefentoetsing (Roediger & Karpicke, 2006) maar evenzeer naar relevant vakdidactisch onderzoek. Zo deden Rittle-Johnson en collega's onderzoek naar het effect van het gebruik van meerdere correcte voorbeelden in wiskundehandboeken. Studenten die meerdere strategieën vergeleken zagen hetzelfde probleem op twee verschillende, correcte manieren opgelost op elke pagina van het leermiddel. Studenten in de andere conditie bestudeerden één voorbeeld per pagina met vragen waarin hen werd gevraagd die ene strategie uit te leggen. Leerlingen die meerdere juiste strategieën vergeleken bleken een grotere procedurele kennis, en soms meer conceptuele kennis te bezitten dan leerlingen die dezelfde voorbeelden achtereenvolgens bestudeerden (Zie o.a. Rittle-Johnson & Star, 2009).

Daarnaast bestaat er, voornamelijk in Angelsaksische en Aziatische context, een aanzienlijk volume aan onderzoek naar de effecten van volledige lesmethoden en -aanpakken (zie bijvoorbeeld Pellegrini et al, 2018). Toekomstig onderzoek kan werkzame elementen uit deze leermiddelen trachten te destilleren, door in kaart brengen welke leer- en instructiestrategieën de meest succesvolle leermiddelen gemeenschappelijk hebben.

Referenties

- Adesope, O. O., Trevisan, D. A., & Sundararajan, N. (2017). Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research, 87*(3), 659-701.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research, 70*(2), 181-214.
- Barends, E., Rousseau, D.M., & Briner, R.B. (Eds). (2017). *CEBMA Guideline for Rapid Evidence Assessments in Management and Organizations* [Version 1.0]. Amsterdam: Center for Evidence Based Management. Geraadpleegd op 29 juni 2022 via <https://cebma.org/wp-content/uploads/CEBMA-REA-Guideline.pdf>.
- Bjork, R. A., Dunlosky, J., & Kornell, N. (2013). Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and illusions. *Annual Review of Psychology, 64*, 417-444.
- Brod, G. (2021a). Generative learning: Which strategies for what age?. *Educational Psychology Review, 33*(4), 1295-1318.
- Brod, G. (2021b). Toward an understanding of when prior knowledge helps or hinders learning. *Science of Learning, 6*, 24. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00103-w>
- Camp, G., Surma, T. and Kirschner, P. A. (2021). Foundations of multimedia learning. In: R. E. Mayer and L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (p. 17-24). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Carpenter, S. K. (2017) Spacing effects on learning and memory. In J. T. Wixted (Ed.), *Cognitive Psychology of Memory, Vol. 2 Learning and Memory* (p. 465–485). Oxford, UK: Elsevier.
- Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2017). The sequence of study changes what information is attended to, encoded, and remembered during category learning. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 43*, 1699–1719. <https://doi.org/10.1037/xlm0000406>
- Departement Onderwijs en Vorming. (2022). *Naar een kwaliteitsalliantie*. Brussel.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., and Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest, 14*, 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review, 28*(4), 717-741.
- Firth, J., Rivers, I., & Boyle, J. (2021). A systematic review of interleaving as a concept learning strategy. *Review of Education, 9*(2), 642-684.
- Garrity, C., Gartlehner, G., Nussbaumer-Streit, B., King, V.J., Hamel, C., Kamel, C., Affengruber, L., & Stevens, A. (2021). Cochrane Rapid Reviews Methods Group offers evidence-informed guidance to conduct rapid reviews. *Journal of Clinical Epidemiology, 130*, 13-22.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and instruction, 15*(4), 313-331.

- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Kalyuga, S., Chandler, P., and Sweller, J. (2001). Learner experience and efficiency of instructional guidance. *Educational Psychology*, 21, 5–23. <https://doi.org/10.1080/01443410124681>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York, NY: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Muijs, D., & Bokhove, C. (2020). *Metacognition and self-regulation: Evidence review*. London: Education Endowment Foundation.
- Pashler, H., Bain, P., Bottge, B., Graesser, A., Koedinger, K., McDaniel, M., and Metcalfe, J. (2007). *Organizing instruction and study to improve student learning* (NCER 2007–2004). Washington, DC: National Center for Education Research, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Rey, G. D. (2012). A review of research and a meta-analysis of the seductive detail effect. *Educational Research Review*, 7(3), 216–237.
- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17, 249–255.
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189.
- Simonsmeier, B. A., Flaig, M., Deiglmayr, A., Schalk, L., & Schneider, M. (2022). Domain-specific prior knowledge and learning: A meta-analysis. *Educational Psychologist*, 57(4), 31–54. <https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1939700>
- Sotola, L. K., & Crede, M. (2021). Regarding class quizzes: A meta-analytic synthesis of studies on the relationship between frequent low-stakes testing and class performance. *Educational Psychology Review*, 33(2), 407–426.
- Spanjers, I. A. E., Wouters, P., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2011). An expertise reversal effect of segmentation in learning from animated worked-out examples. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 46–52.
- Sundararajan, N., & Adesope, O. (2020). Keep it coherent: A meta-analysis of the seductive details effect. *Educational Psychology Review*, 32(3), 707–734.
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. Ten Brink Uitgevers.
- Titsworth, S., Mazer, J. P., Goodboy, A. K., Bolkan, S., & Myers, S. A. (2015). Two meta-analyses exploring the relationship between teacher clarity and student learning. *Communication Education*, 64(4), 385–418.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296.

- Van de Pol, J., Volman, M., Oort, F., & Beishuizen, J. (2015). The effects of scaffolding in the classroom: support contingency and student independent working time in relation to student achievement, task effort and appreciation of support. *Instructional Science*, *43*(5), 615-641.
- Van Gog, T., Rummel, N., and Renkl, A. (2019). Learning how to solve problems by studying examples. In J. Dunlosky and K. A. Rawson (Eds.), *The Cambridge Handbook of Cognition and Education* (p. 183-208). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- William, D. (2011). What is assessment for learning? *Studies in Educational Evaluation*, *37*(1), 3-14.
- Wiseheart, M., Kim, A. S. N., Kapler, I. V., Foot-Seymour, V., and Küpper-Tetzl, C. E. (2019). Enhancing the quality of student learning using distributed practice. . In J. Dunlosky and K. A. Rawson (Eds.), *The Cambridge Handbook of Cognition and Education* (p. 550-584). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>

Referenties naar de voor het literatuuroverzicht weerhouden studies

- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education, 166*, 104154. doi:10.1016/j.compedu.2021.104154
- Alpizar, D., Adesope, O. O., & Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development, 68*(5), 2095-2119. doi:10.1007/s11423-020-09748-7
- Barbieri, C. A., Booth, J. L., Begolli, K. N., & McCann, N. (2021). The effect of worked examples on student learning and error anticipation in algebra. *Instructional Science, 49*(4), 419-439. doi:10.1007/s11251-021-09545-6
- Begolli, K. N., Dai, T., McGinn, K. M., & Booth, J. L. (2021). Could probability be out of proportion? Self-explanation and example-based practice help students with lower proportional reasoning skills learn probability. *Instructional Science, 49*(4), 441-473. doi:10.1007/s11251-021-09550-9
- Ben Romdhane, M., & Khacharem, A. (2021). Controlling the display of videos in a physical education context: Effects on learning outcomes and situational interest. *Physical Education and Sport Pedagogy, 1-13*. doi:10.1080/17408989.2021.2005013
- Bokosmaty, S., Mavilidi, M.-F., & Paas, F. (2017). Making versus observing manipulations of geometric properties of triangles to learn geometry using dynamic geometry software. *Computers & Education, 113*, 313-326. doi:10.1016/j.compedu.2017.06.008
- Booth, J. L., Oyer, M. H., Paré-Blagoev, E. J., Elliot, A. J., Barbieri, C., Augustine, A., & Koedinger, K. R. (2015). Learning algebra by example in real-world classrooms. *Journal of Research on Educational Effectiveness, 8*(4), 530-551. doi:10.1080/19345747.2015.1055636
- Chen, O., Retnowati, E., & Kalyuga, S. (2020). Element interactivity as a factor influencing the effectiveness of worked example-problem solving and problem solving-worked example sequences. *The British Journal of Educational Psychology, 90*(S1), 210-223. doi:10.1111/bjep.12317
- Chen, O., & Kalyuga, S. (2020). Exploring factors influencing the effectiveness of explicit instruction first and problem-solving first approaches. *European Journal of Psychology of Education, 35*(3), 607-624. doi:10.1007/s10212-019-00445-5
- Chen, W., Chen, C., Li, B., & Zhang, J. (2022). Applying interleaving strategy of learning materials and perceptual modality to address secondary students' need to restore cognitive capacity. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(12), 7505. doi:10.3390/ijerph19127505
- Cromley, J. G., Bergey, B. W., Fitzhugh, S., Newcombe, N., Wills, T. W., Shipley, T. F., & Tanaka, J. C. (2013). Effects of three diagram instruction methods on transfer of diagram comprehension skills: The critical role of inference while learning. *Learning and Instruction, 26*, 45-58. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.01.003

- Dorocki, M., Radulović, B., Stojanović, M., & Gajić, O. (2022). Impact of blended learning approach on students' achievement and mental effort. *Canadian Journal of Physics*, *100*(3), 193-199. doi:10.1139/cjp-2019-0602
- Gloy, K., Weyhe, P., Nerenz, E., Kaluschke, M., Uslar, V., Zachmann, G., & Weyhe, D. (2022). Immersive anatomy atlas: Learning factual medical knowledge in a virtual reality environment. *Anatomical Sciences Education*, *15*(2), 360-368. doi:10.1002/ase.2095
- Haryana, M. R. A., Warsono, S., Achjari, D., & Nahartyo, E. (2022). Virtual reality learning media with innovative learning materials to enhance individual learning outcomes based on cognitive load theory. *The International Journal of Management Education*, *20*(3), 100657. doi:10.1016/j.ijme.2022.100657
- Hawlitsek, A., & Joeckel, S. (2017). Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation and cognitive load. *Computers in human behavior*, *72*, 79-86. doi:10.1016/j.chb.2017.01.040
- Hennah, N., Newton, S., & Seery, M. K. (2022). A holistic framework for developing purposeful practical work. *Chemistry Education Research and Practice*, *23*(3), 582-598. doi:10.1039/d1rp00168j
- Hong, J.-C., Hwang, M.-Y., Tai, K.-H., Lin, P.-H., & Lin, P.-C. (2020). Learning progress in a Chinese order of stroke game: The effects of intrinsic cognitive load and gameplay interest mediated by flow experience. *Journal of Educational Computing Research*, *58*(4), 842-862. doi:10.1177/0735633119881471
- Korur, F., Toker, S., & Eryilmaz, A. (2016). Effects of the integrated online advance organizer teaching materials on students' science achievement and attitude. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(4), 628-640. doi:10.1007/s10956-016-9618-4
- Kulgemeyer, C. (2020). A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*, *50*(6), 2441-2462. doi:10.1007/s11165-018-9787-7
- Lai, A.-F., Chen, C.-H., & Lee, G.-Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, *50*(1), 232-247. doi:10.1111/bjet.12716
- Lee, E. A.-L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, *79*, 49-58. doi:10.1016/j.compedu.2014.07.010
- Liang, T.-H. (2015). The effects of keyword cues and 3R strategy on children's e-book reading. *Journal of Computer Assisted Learning*, *31*(2), 176-187. doi:10.1111/jcal.12072
- Liao, C.-W., Chen, C.-H., & Shih, S.-J. (2019). The interactivity of video and collaboration for learning achievement, intrinsic motivation, cognitive load, and behavior patterns in a digital game-based learning environment. *Computers & Education*, *133*, 43-55. doi:10.1016/j.compedu.2019.01.013

- Liu, H.-C., & Chuang, H.-H. (2011). Investigation of the impact of two verbal instruction formats and prior knowledge on student learning in a simulation-based learning environment. *Interactive Learning Environments, 19*(4), 433-446. doi:10.1080/10494820903356940
- Liu, T.-C., Lin, Y.-C., & Paas, F. (2013). Effects of cues and real objects on learning in a mobile device supported environment. *British Journal of Educational Technology, 44*(3), 386-399. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01331.x
- Negi, S., & Mitra, R. (2022). Native language subtitling of educational videos: A multimodal analysis with eye tracking, EEG and self-reports. *British Journal of Educational Technology, 53*(6), 1793-1816. doi:10.1111/bjet.13214
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T., & Brünken, R. (2011). Does cognitive load moderate the seductive details effect? A multimedia study. *Computers in Human Behavior, 27*(1), 5-10. doi:10.1016/j.chb.2010.05.006
- Park, B., Münzer, S., Seufert, T., & Brünken, R. (2016). The role of spatial ability when fostering mental animation in multimedia learning: An ATI-study. *Computers in Human Behavior, 64*, 497-506. doi:10.1016/j.chb.2016.07.022
- Reinhold, F., Hoch, S., Werner, B., Richter-Gebert, J., & Reiss, K. (2020). Learning fractions with and without educational technology: What matters for high-achieving and low-achieving students? *Learning and Instruction, 65*, 101264. doi:10.1016/j.learninstruc.2019.101264
- Rey, G. D., Beege, M., Nebel, S., Wirzberger, M., Schmitt, T. H., & Schneider, S. (2019). A meta-analysis of the segmenting effect. *Educational Psychology Review, 31*(2), 389-419. doi:10.1007/s10648-018-9456-4
- Schneider, S., Dyrna, J., Meier, L., Beege, M., & Rey, G. D. (2018). How affective charge and text-picture connectedness moderate the impact of decorative pictures on multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 110*(2), 233-249. doi:10.1037/edu0000209
- Schneider, S., Häßler, A., Habermeyer, T., Beege, M., & Rey, G. D. (2019). The more human, the higher the performance? Examining the effects of anthropomorphism on learning with media. *Journal of Educational Psychology, 111*(1), 57-72. doi:10.1037/edu0000273
- Shangguan, C., Wang, Z., Gong, S., Guo, Y., & Xu, S. (2019). More attractive or more interactive? The effects of multi-leveled emotional design on middle school students' multimedia learning. *Frontiers in Psychology, 10*, 3065. doi:10.3389/fpsyg.2019.03065
- Song, D. (2016). Expertise reversal effect and sequencing of learning tasks in online English as a second language learning environment. *Interactive Learning Environments, 24*(3), 423-437. doi:10.1080/10494820.2013.862553
- van der Meij, H. (2017). Reviews in instructional video. *Computers & Education, 114*, 164-174. doi:10.1016/j.compedu.2017.07.002
- van der Meij, H., & van der Meij, J. (2016). Demonstration-based training (DBT) in the design of a video tutorial for software training. *Instructional Science, 44*(6), 527-542. doi:10.1007/s11251-016-9394-9

- Wang, Y.-H. (2020). Integrating games, e-books and AR techniques to support project-based science learning. *Educational Technology & Society*, 23(3), 53-67. <https://www.jstor.org/stable/26926426>
- Wang, Z., & Adesope, O. (2016). Exploring the effects of seductive details with the 4-phase model of interest. *Learning and Motivation*, 55, 65-77. doi:10.1016/j.lmot.2016.06.003
- Wang, Z., Ardasheva, Y., Carbonneau, K., & Liu, Q. (2021). Testing the seductive details effect: Does the format or the amount of seductive details matter? *Applied Cognitive Psychology*, 35(3), 761-774. doi:10.1002/acp.3801