inzet van intelligente techno logie

raad
wijs
onder

inzet van intelligente techno logie

een verkenning

	Woord vooraf	**5**
	In het kort	**6**
1	**Aanleiding**	
	Intelligente technologie in opmars	**11**
1.1	Steeds meer toepassingen intelligente technologie vinden weg naar samenleving	12
1.2	Ook onderwijs verandert door inzet intelligente technologie	13
1.3	Besef groeit dat inzet intelligente technologie doordenking en sturing vergt	13
1.4	Verkenningsvraag: Welke veranderingen kan het gebruik van intelligente technologie met zich meebrengen voor het onderwijs?	16
1.5	Totstandkoming verkenning	17
1.6	Opbouw verkenning	17
2	**Conclusie**	
	Opmars intelligente technologie vergt actieve betrokkenheid van onderwijsveld	**19**
2.1	Intelligente technologie kan onderwijs ondersteunen en verrijken	20
2.2	Intelligente technologie kan onderwijs eenzijdig maken en professionele autonomie aantasten	24
2.3	Invloed intelligente technologie hangt af van manier waarop deze wordt ingezet	26
2.4	Leraar of docent en intelligente technologie vullen elkaar aan	28
2.5	Inzet intelligente technologie vergt actieve rol van leraren en docenten	31
2.6	Ook leerlingen/studenten, schoolleiders/opleidingsdirecteuren, bestuurders en overheid hebben actieve rol	32
3	**Bevinding een**	
	Inzet intelligente technologie brengt veranderingen in het creëren van een leergemeenschap	**37**
3.1	Leerlingen en studenten bij de leergemeenschap betrekken	38
3.2	Gezamenlijke activiteiten organiseren	40
3.3	Leercultuur creëren	42
3.4	Interpersoonlijke relaties met leerlingen en studenten ontwikkelen	44
3.5	Welzijn en gezondheid van leerlingen en studenten borgen	45
4	**Bevinding twee**	
	Inzet intelligente technologie verandert het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten	**49**
4.1	Leerstof presenteren, bespreken en (onder begeleiding) laten toepassen	50
4.2	Toetsen en feedback geven	54
4.3	Leerdoelen, werkvormen en leermiddelen bepalen	56
4.4	Rekening houden met verschillen in onderwijsbehoeften onder leerlingen en studenten	58
4.5	Zelfstandig leren van leerlingen en studenten bevorderen	61
	Geraadpleegd	**64**
	Literatuur	**66**

Woord vooraf

Intelligente technologie is niet zomaar een technologie, maar een die de samenleving fundamenteel zal veranderen. Dat stelt de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid in het recente rapport *Opgave AI. De nieuwe systeemtechnologie*. Intelligente technologie brengt ook fundamentele veranderingen met zich mee voor het onderwijs. En dat is precies waar deze verkenning van de Onderwijsraad over gaat.

Het is niet de eerste keer dat de Onderwijsraad aandacht besteedt aan ontwikkelingen van technologie in relatie tot onderwijs. In 2017 bracht de Onderwijsraad *Doordacht digitaal* uit. In dit advies zette de raad de kansen en risico's van digitalisering voor het onderwijs op een rij en gaf de overheid de aanbeveling onderwijsinstellingen meer te ondersteunen bij het realiseren van technische randvoorwaarden die te maken hebben met verbindingen tussen digitale systemen, *cybersecurity, privacy* en gegevensbescherming.

Nu, vijf jaar later, richt de Onderwijsraad zich met de verkenning *Inzet van intelligente technologie* specifiek op wat de opmars van intelligente technologie doet met onderwijzen en leren door leraren en docenten, leerlingen en studenten. De raad verkent met welk doel intelligente technologie kan worden ingezet in het onderwijs en welke pedagogiek en didactiek kunnen worden gehanteerd. Ook kijkt de raad naar wat het betekent voor de sociale omgang in het onderwijs, en voor het welzijn en de gezondheid van leerlingen, studenten en onderwijsgevenden. Deze verkenning duikt diep in de mogelijke impact van intelligente technologie op onderwijsleerprocessen, van de basisschool tot de hogeschool en universiteit, met concrete voorbeelden van hoe intelligente technologie nu en in de nabije toekomst het geven van onderwijs en het leren en ontwikkelen van leerlingen en studenten verandert.

De verkenning laat zien dat intelligente technologie leraren en docenten kan helpen bij de complexiteit van hun vak. Bijvoorbeeld door bepaalde onderwijstaken over te nemen, te vergemakkelijken of te versnellen. Daarbij waarschuwt de raad ervoor niet alles wat met deze technologie kan, ook zonder meer te gebruiken in het onderwijs. Want intelligente technologie kan het onderwijs alleen ten goede komen als de inzet ervan pedagogisch en didactisch onderbouwd is en er oog is voor de normatief-ethische aspecten ervan. Onderwijsprofessionals moeten dan ook alle ruimte en ondersteuning krijgen om te bepalen waarom, hoe en wanneer ze deze technologie inzetten in hun onderwijs.

Met deze verkenning laat de Onderwijsraad zien dat intelligente technologie in het onderwijs niet zozeer gaat over apparaten, applicaties of interfaces, maar over veranderingen in de manier van onderwijs geven en organiseren. Intelligente technologie heeft toegevoegde waarde voor onderwijs als deze slim en verantwoord wordt ingezet. En dat kan alleen met aandacht en actieve betrokkenheid van leraren, docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders en de overheid.

Edith Hooge
voorzitter

Mirjam van Leeuwen
secretaris-directeur

In het kort

Intelligente technologie maakt een opmars in de maatschappij en ook in het onderwijs. Het onderwijs gaat daarmee fundamenteel veranderen. Intelligente technologie kan het geven van onderwijs ondersteunen en verrijken. Maar heeft als risico dat de autonomie van leerlingen en leraren wordt aangetast en het onderwijs eenzijdig wordt. Om de kansen van de intelligente technologie te benutten en de risico's te beheersen, is actieve betrokkenheid van het onderwijsveld nodig.

Intelligente technologie in opmars
De samenleving is de afgelopen decennia gedigitaliseerd. Een recente ontwikkeling is de opmars van intelligente technologie. In het onderwijs gaat het bijvoorbeeld om adaptieve leermaterialen, automatische nakijkprogramma's, *dashboards* die onderwijs- en leerprocessen weergeven en interpreteren, en simulaties die begeleiding bieden bij het (leren) uitvoeren van beroepshandelingen. Intelligente technologie biedt steeds meer mogelijkheden om activiteiten te ondersteunen, over te nemen of anders in te vullen. Meer dan de digitalisering tot nu toe leidt intelligente technologie tot fundamentele onderwijsveranderingen.

De inzet van intelligente technologie vraagt doordenking van de rol die deze kan spelen in het onderwijs, en de rollen die leraren, docenten en anderen hebben. De Onderwijsraad brengt daarom op verzoek van de ministers van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) een verkenning uit met als hoofdvraag: welke veranderingen brengt het gebruik van intelligente technologie met zich mee voor het onderwijs?

Intelligente technologie kan onderwijs ondersteunen en verrijken, maar ook verschralen en onpersoonlijker maken
Uit de verkenning blijkt dat de inzet van intelligente technologie volop kansen biedt om onderwijs te ondersteunen en te verrijken. De technologie kan er bijvoorbeeld aan bijdragen dat leerlingen en studenten zelfstandiger leren, beter presteren, inclusiever onderwijs volgen en meer gemotiveerd zijn. De inzet van technologie heeft echter ook als risico dat de autonomie van leerlingen en studenten, en van leraren en docenten wordt aangetast en het onderwijs eenzijdig wordt. Denk aan verschraling van het onderwijs, een gebrek aan persoonlijk contact, ontmoediging van eigen initiatief en onwenselijke vormen van standaardisering, monitoring, differentiatie en profilering.

Intelligente technologie vergt actieve betrokkenheid van onderwijsveld
Welke invloed de intelligente technologie heeft op onderwijzen en leren, is afhankelijk van de wijze waarop deze wordt ingezet. Zowel leraren en docenten als schoolleiders, bestuurders en de overheid hebben een actieve rol.

Leraren en docenten
Voor leraren en docenten betekent de opmars van intelligente technologie dat er meer mogelijkheden zijn een deel van de processen die zij voorheen zelf uitvoerden, over te laten aan de technologie. Onderwijs geven wordt daarmee wel complexer, omdat intelligente technologie in feite een extra actor is in het onderwijsproces. Actieve betrokkenheid van leraren en docenten blijft nodig, ook wanneer intelligente technologie processen deels overneemt en wanneer leerlingen en studenten met deze technologie zelfstandiger of meer naar eigen behoeften en voorkeuren leren. Onderwijs geven vergt immers kwaliteiten die computers missen, zoals een brede opmerkzaamheid, pedagogische sensitiviteit en didactisch inspelen op specifieke en onverwachte situaties.

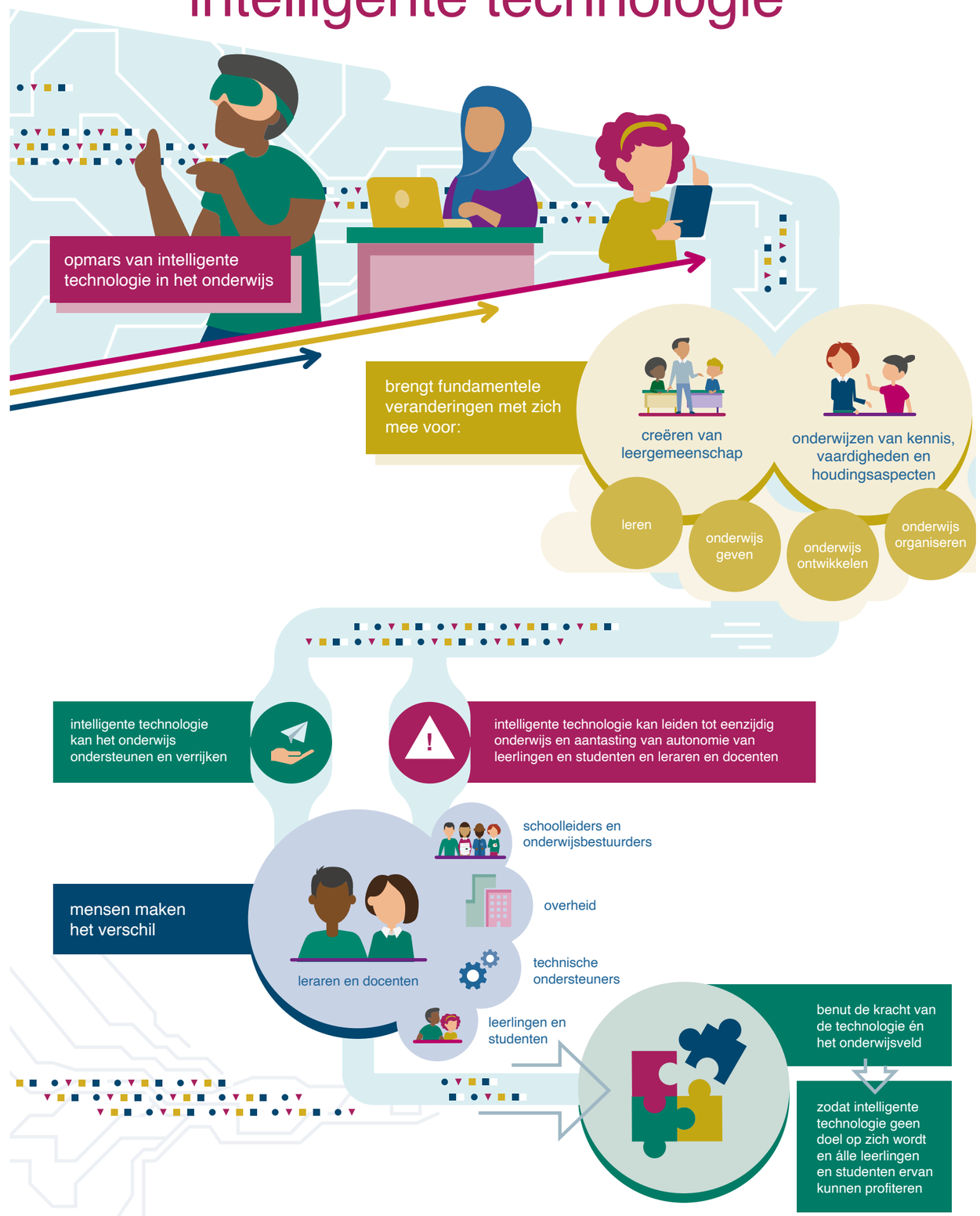
De didactische en pedagogische deskundigheid van leraren en docenten is essentieel bij uiteenlopende aspecten van onderwijs geven, waaronder presenteren, bespreken en (onder begeleiding) laten toepassen van de leerstof, toetsen en feedback geven, leerdoelen en onderwijsmethoden bepalen, rekening houden met verschillen in onderwijsbehoeften, en de zelfstandigheid bevorderen. Ook is de deskundigheid van leraren en docenten essentieel om leerlingen en studenten te betrekken, gezamenlijke activiteiten te organiseren, een interpersoonlijke relatie met leerlingen en studenten te realiseren en hun welzijn en gezondheid te borgen. Intelligente technologie kan weliswaar een aanzienlijke rol spelen bij al deze onderwijsprocessen, maar deze blijft onderschikt aan die van de leraren en docenten. De uitdaging is zowel de kracht van de technologie als die van de leraren en docenten te benutten.

Leraren en docenten hebben ook rollen bij de voorbereiding, evaluatie, het ontwerp en de verbetering en innovatie van onderwijs. Dit wordt nóg belangrijker, omdat de komst van intelligente technologie erom vraagt allerlei technologische, pedagogische, didactische en organisatorische kwesties te doordenken. Dat doen leraren en docenten samen met anderen, zoals ict-specialisten en onderwijskundigen.

Schoolleiders en bestuurders
Schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders vormen een organisatorische spil voor de inzet van intelligente technologie. Zij moeten borgen dat leerlingen, studenten, leraren en docenten digitaal geletterd zijn en intelligente technologie zinvol en verantwoord inzetten. Ze voorkomen daarmee dat sommige groepen leerlingen en studenten meer profiteren van de technologie dan andere. Zij ontzorgen leraren en docenten door technische ondersteuners in te schakelen. En zij creëren ruimte voor onderwijsontwikkeling, professionele ontwikkeling en samenwerking met andere onderwijsinstellingen en aanbieders van leermiddelen rondom intelligente technologie. Dit alles op basis van een visie over wat de onderwijsinstelling wil bereiken met leerlingen en studenten en hoe intelligente technologie hieraan kan bijdragen. Belangrijk uitgangspunt daarbij is dat de technologie geen besparing oplevert in de zin dat er minder leraren en docenten nodig zijn.

Overheid
De overheid heeft de taak kaders te scheppen die privacy en dataveiligheid waarborgen bij de inzet van intelligente technologie. Verder heeft ze de taak algemene leerdoelen te formuleren over de digitale geletterdheid van leerlingen. Daar hoort ook het omgaan met intelligente technologie bij. De overheid heeft daarnaast een verantwoordelijkheid om de markt voor intelligente onderwijstechnologie te reguleren en dominantie door enkele aanbieders te voorkomen. Ten slotte kan de overheid stimuleren dat er samen met de beroepsgroep toepassingen van intelligente technologie worden ontwikkeld. Zo wordt de inzet van technologie geen doel op zich, maar blijft het een middel om het leren van leerlingen en studenten te bevorderen.

inzet van intelligente technologie



1

aan leiding

Intelligente technologie in opmars
Intelligente technologie maakt een opmars in de samenleving en ook in het onderwijs. De inzet van intelligente technologie vraagt doordenking en sturing. De Onderwijsraad gaat na welke veranderingen intelligente technologie met zich mee kan brengen voor het onderwijs.

De samenleving is de afgelopen decennia gedigitaliseerd. Een recente ontwikkeling is dat de digitale technologie met behulp van data en algoritmes in staat is intelligente gedragingen van mensen na te bootsen. Deze technologie kan bijvoorbeeld patronen ontdekken, voorspellingen doen, adviseren, beslissingen nemen en acties uitvoeren, en leren op basis van nieuwe data. Dit gebeurt al langer in onderzoekslaboratoria, maar dringt nu door tot de samenleving. Door de brede toepassingsmogelijkheden heeft intelligente technologie een ingrijpende invloed, ook op het onderwijs. In de samenleving en het onderwijs groeit het besef dat de inzet van intelligente technologie doordenking en sturing vraagt, waarbij publieke waarden als rechtvaardigheid, menselijkheid en autonomie het uitgangspunt vormen. Er is echter nog weinig beleidsaandacht geweest voor de veranderingen die technologie teweeg kan brengen in het leren en het geven, ontwikkelen en organiseren van onderwijs.

Met deze verkenning maakt de Onderwijsraad inzichtelijk welke gevolgen de inzet van intelligente technologie heeft voor het onderwijs. De verkenning is uitgevoerd op verzoek van de ministers van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) en is zeker ook relevant voor andere actoren in het onderwijsveld, onder wie (professionele netwerken van) leraren, docenten, leerlingen, studenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders, ict-(onderwijs)coördinatoren, onderwijskundig adviseurs, data-analisten, lerarenopleiders, nascholers, onderzoekers en aanbieders van digitale onderwijsmaterialen. De verkenning kan al deze actoren helpen scherper zicht te krijgen op hoe zij de kansen van de technologie voor het onderwijs kunnen benutten en tegelijkertijd de risico's beheersen.

1.1 Steeds meer toepassingen intelligente technologie vinden weg naar samenleving

De samenleving is de afgelopen decennia gedigitaliseerd. Analoge producten en diensten worden nu (ook) digitaal aangeboden. Communicatie vindt voor een groot deel plaats via digitale media. Een meer recent fenomeen is dat de digitale technologie intelligente gedragingen van mensen kan nabootsen, zoals analyseren, voorspellen, afstemmen, adviseren en leren. Denk aan de *playlist* in YouTube die kijk- en luistertips geeft, *chatbots* van webwinkels die vragen beantwoorden, en de slimme energiemeter die het energieverbruik in huis volgt. Toepassingen van deze intelligente technologie vinden steeds meer hun weg naar de samenleving. Naast allerlei gebruiksvoordelen spelen ook commerciële belangen een rol. Intelligente technologie is een lucratieve markt. In 2020 werd het totaal aan investeringen in intelligente technologie door bedrijven, wereldwijd geschat op bijna 40 miljard euro.[1]

Wat is intelligente technologie?
De raad hanteert de definitie van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) van artificiële intelligentie (synoniem aan 'intelligente technologie') als "systemen die intelligent gedrag vertonen door hun omgeving te analyseren en – met enige graad van autonomie – actie te ondernemen om specifieke doelen te bereiken".[2]

Kenmerkend voor intelligente technologie is dat deze gebruik maakt van grote hoeveelheden digitale data en van algoritmes die bewerkingen uitvoeren op deze data. De algoritmes kunnen zich hierbij vaak ook aanpassen op basis van de data, waardoor de technologie een lerend vermogen heeft. De brede toepassingsmogelijkheden van intelligente technologie maken dat deze de samenleving ingrijpend beïnvloedt.[3] Naast de dienstverlening en de communicatie verandert ook de manier waarop we samenleven. Geen van de invloeden staat op zichzelf. Veel is afhankelijk van de keuzes die de samenleving maakt bij het inzetten van de technologie.[4]

1 Zhang e.a., 2021; zie ook Holmes, Bialik & Fadel, 2020.
2 WRR, 2021.
3 Ibid.
4 Ibid.

1.2 Ook onderwijs verandert door inzet intelligente technologie

Intelligente technologie heeft ook zijn intrede gedaan in de onderwijspraktijk. Toepassingen zijn bijvoorbeeld adaptieve oefenprogramma's, automatische nakijkprogramma's, *dashboards* die onderwijs- en leerprocessen weergeven en interpreteren, programma's die het (leren) uitvoeren van beroepshandelingen ondersteunen in simulatieomgevingen, vertaalprogramma's, programma's die taal-spraakproblemen diagnosticeren aan de hand van gesproken of geschreven tekst, en slimme camera's en richtmicrofoons die (combinaties van fysiek en) afstandsonderwijs faciliteren. Op dit moment worden vooral adaptieve oefenprogramma's ingezet, met name in het primair onderwijs, om leerlingen onderdelen van rekenen en taal te laten oefenen. Andere toepassingen, zoals automatische nakijkprogramma's, vinden echter ook steeds meer ingang, in zowel het primair en secundair onderwijs als het middelbaar beroeps- en hoger onderwijs.[5]

De opmars van intelligente technologie in het onderwijs hangt samen met de toename van het aantal digitale apparaten, de kennis van de benutting van data, en de soorten onderwijstoepassingen van intelligente technologie.[6] Ook de covid-19-pandemie heeft het proces versneld.[7] Ten slotte spelen marktpartijen een prominente rol. In 2020 is de jaarlijkse groei van intelligente technologie in het onderwijs de 1 miljard euro gepasseerd. Naar verwachting gaat het in 2027 om meer dan 20 miljard.[8] In Nederland leveren commerciële bedrijven adaptieve oefenprogramma's voor taal en rekenen aan de grote meerderheid van de scholen in het primair onderwijs, waarbij één aanbieder bijna de helft van de scholen voorziet.[9]

Commerciële aanbieders voorzagen altijd al in leermiddelen, maar de opmars van intelligente technologie brengt een verschuiving teweeg in de verhouding tussen private en publieke voorzieningen.[10] Of dit verder doorzet, hangt af van keuzes die het onderwijsveld maakt.[11] Vrij zeker is dat de inzet van intelligente technologie leidt tot veranderingen in de manier waarop leerlingen en studenten leren, leraren en docenten onderwijs geven en leraren en docenten met andere actoren het onderwijs ontwikkelen en organiseren. Een belangrijk gegeven en echte *gamechanger* is dat de intelligente technologie tot op zekere hoogte autonoom kan opereren en daarmee een actor wordt in het onderwijsproces. Dit leidt tot verschuivingen in de rolverdeling tussen leerlingen/studenten, leraren/docenten en de technologie. Waar zulke fundamentele onderwijsveranderingen bij de digitalisering tot dusver zijn uitgebleven[12], zullen ze bij intelligente technologie waarschijnlijk wél optreden.[13]

1.3 Besef groeit dat inzet intelligente technologie doordenking en sturing vergt

In de samenleving en het onderwijs groeit het besef dat de inzet van intelligente technologie doordenking en sturing vraagt om kansen te benutten en risico's, die de technologie ook met zich meebrengt, te beheersen. Vraagstukken als dataveiligheid, privacy en de machtsconcentratie bij commerciële technologiebedrijven hebben de afgelopen jaren veel aandacht gekregen in het onderwijsbeleid. Nog recenter is de aandacht voor de invloed van intelligente technologie op andere publieke waarden, zoals rechtvaardigheid, menselijkheid, autonomie en de gezondheid van gebruikers van de technologie. Er is echter nog weinig beleidsaandacht geweest voor concrete veranderingen bij onderwijsprocessen: bij het geven, ontwikkelen en organiseren van onderwijs en bij het leren van leerlingen en studenten. Deze processen zijn cruciaal voor de onderwijskwaliteit en publieke waarden in het verlengde hiervan.

Het besef dat het nodig is de invloed van intelligente technologie te doordenken en het gebruik ervan te sturen, blijkt bijvoorbeeld uit recente beleids(advies)documenten van de Onderwijsraad (2017), het ministerie van OCW (2019), Kennisnet (2020), de Europese Unie (2020), Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2021), de Vlaamse Onderwijsraad (2022) en het Rathenau Instituut (2022). Ze worden hierna kort toegelicht

5 Walker & Baten, 2022.
6 Molenaar, 2021.
7 Baker, 2021.
8 Bhutani & Wadhwani, 2018.
9 Kennisnet, 2022.
10 Onderwijsraad, 2022.
11 Rathenau Instituut, 2022.
12 Fransen & Bos, 2022; Reich, 2020.
13 Holmes e.a., 2020.

in tekstkaders. De rapporten verschillen enigszins in focus. Waar het ene zich richt op intelligente technologie, gaat het andere over alle vormen van digitale technologie. En waar het ene document focust op het onderwijs, handelt het volgende ook over andere sectoren van de samenleving. Terwijl alle rapporten aandacht hebben voor machtsconcentratie bij technologiebedrijven, dataveiligheid en privacy, benoemen sommige ook andere publieke waarden, zoals rechtvaardigheid, onderwijskwaliteit en de gezondheid van gebruikers van de technologie. Geen van de rapporten gaat echter systematisch in op de afzonderlijke onderwijsprocessen, de veranderingen die intelligente technologie daarin teweeg kan brengen en de rol van degenen die deze veranderingen vormgeven, onder wie leraren, docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, ict-(onderwijs-) coördinatoren, aanbieders van digitale leermiddelen en beleidsambtenaren. Dat is precies waar deze verkenning van de Onderwijsraad over gaat.

***Doordacht digitaal* (Onderwijsraad, 2017)**
In *Doordacht digitaal* adviseerde de Onderwijsraad het onderwijsveld digitalisering doordacht te laten plaatsvinden. Dit om optimaal te profiteren van de kansen die digitalisering biedt en tegelijkertijd de risico's te beheersen die de digitalisering ook met zich meebrengt. Kansen liggen volgens dit advies in mogelijkheden om beter onderwijs te verzorgen en leerlingen en studenten beter voor te bereiden op een samenleving die steeds meer gebruik maakt van digitale technologie. Risico's zijn schadelijke fysieke en mentale gevolgen bij overmatig gebruik van digitale technologie, waaronder concentratieverlies, oogklachten en lichamelijke klachten die samenhangen met een langdurige zithouding. Ook kan een veilig en productief pedagogisch en didactisch klimaat onder druk komen te staan door eenzijdige en onverantwoorde inzet van digitale technologie. De raad kon op basis van onderzoek niet aangeven welk effect de inzet van digitale leermiddelen uiteindelijk heeft op de onderwijsopbrengsten, omdat deze leermiddelen uiteenlopen, het effect op opbrengsten beperkt is onderzocht en afhangt van de implementatie.

Om het advies van doordachte digitalisering te concretiseren deed de raad de overheid drie aanbevelingen. (1) Ondersteun onderwijsinstellingen meer bij het realiseren van technische randvoorwaarden (verbindingen tussen digitale systemen, *cybersecurity*, *privacy* en gegevensbescherming). (2) Versterk het eigenaarschap over de digitalisering in het onderwijsveld, bijvoorbeeld door meer samen te werken met uitgeverijen en distributeurs, open leermiddelen te gebruiken en de digitale deskundigheid in het onderwijsveld te vergroten. (3) Stimuleer onderwijsinstellingen om hun visie op digitalisering te ontwikkelen aan de hand van kleinschalige, interactieve pilots. Succesvolle pilots worden dan gaandeweg opgeschaald, met aandacht voor implementatievoorwaarden zoals voldoende tijd en begeleiding.[14]

***Digitaliseringsagenda Primair en voortgezet onderwijs* (ministerie van OCW, 2019)**
De digitaliseringsagenda van het primair en voortgezet onderwijs is een initiatief van het ministerie van OCW, het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, de PO-Raad, de VO-raad en Kennisnet. De digitaliseringsagenda noemt vijf speerpunten voor digitalisering in het primair en voortgezet onderwijs. (1) Leraren, schoolleiders en bestuurders innoveren door samen en met anderen te leren. (2) Leerlingen en leraren zijn digitaal geletterd. (3) Digitale leermiddelen werken voor de gebruiker. (4) De digitale infrastructuur is veilig, betrouwbaar en toekomstvast. (5) De ethiek van digitalisering in het onderwijs krijgt structureel aandacht.[15]

***Waarden wegen: Een ethisch perspectief op digitalisering in het onderwijs* (Kennisnet, 2020)**
In 2020 publiceerde Kennisnet *Waarden wegen: Een ethisch perspectief op digitalisering in het onderwijs*. Kennisnet pleitte daarin voor een nadrukkelijker perspectief op waarden en liet zien hoe ethiek daarbij helpt. Onderdeel van de publicatie is het Ethiekkompas, een stappenplan voor een ethisch gesprek over digitalisering in het onderwijs.[16]

***Actieplan voor digitaal onderwijs 2021-2027* (Europese Unie, 2020)**
In 2020 publiceerde de Europese Unie (EU) het *Actieplan digitaal onderwijs 2021-2027*.[17] Dit beoogt een intensievere en meer strategische samenwerking tussen nationale overheden en ondersteunende organisaties rond vraagstukken van digitaal onderwijs, zoals het gebruik van "data-intensieve technologieën, zoals kunstmatige of artificiële intelligentie (AI)". Naar aanleiding van de pandemie constateerde de EU naast kansen ook risico's van digitalisering, waaronder ongelijkheden tussen degenen die wel en geen toegang hebben tot digitale technologieën. Om kansen ten aanzien van digitalisering te benutten en risico's te beheersen, formuleerde de EU twee prioriteiten: (1) een efficiënt digitaal onderwijsecosysteem en (2) verbeterde digitale competenties en vaardigheden met het oog op de digitale transformatie.[18]

***Opgave AI. De nieuwe systeemtechnologie* (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 2021)**
De WRR stelt dat de opkomst van AI een disruptieve impact heeft, die te vergelijken is met die van de stoommachine, elektriciteit, de verbrandingsmotor en de computer. De WRR adviseert een actieve rol om deze ontwikkeling in goede banen te leiden. De overheidstaken liggen volgens de WRR in (1) demystificatie (wegnemen van onrealistische beelden), (2) contextualisering (een goede omgeving creëren om AI te laten functioneren), (3) engagement (maatschappelijke partijen betrekken bij de technologie), (4) regulering (kaders opstellen) en (5) positionering (strategisch nadenken over Nederland ten opzichte van partijen elders).[19]

***Onderwijs aan het roer van het digitaal onderwijs- en leerproces* (Vlaamse Onderwijsraad, 2022)**
De Vlaamse Onderwijsraad benadrukt dat de overheid de verantwoordelijkheid heeft een machtsconcentratie van technologiebedrijven te voorkomen.[20]

***Naar hoogwaardig digitaal onderwijs* (Rathenau Instituut, 2022)**
In *Naar hoogwaardig digitaal onderwijs* inventariseert het Rathenau Instituut kansen en risico's van digitalisering voor de onderwijssector aan de hand van een algemeen waardenkader. Intelligente technologie krijgt aandacht in de vorm van adaptieve leersystemen en studiedata, Ook andere vormen van digitale technologie in het onderwijs, zoals online videotechnologie, komen aan bod. Het waardenkader gaat uit van drie hoofdwaarden: rechtvaardigheid, menselijkheid en autonomie. Andere waarden, zoals privacy, sociale veiligheid en professionele autonomie, zijn hiervan afgeleid. Het Rathenau Instituut heeft dit waardenkader opgesteld samen met Kennisnet en SURF[21] en legt verder een verband met de onderwijsopbrengsten kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming.

Het rapport concludeert bijvoorbeeld dat digitalisering kansen biedt de sociale veiligheid te vergroten, omdat verzamelde informatie over pestgedrag gemakkelijker onder leraren gedeeld kan worden, waardoor die er beter op kunnen letten. Tegelijkertijd kan de sociale veiligheid volgens het rapport ook afnemen, omdat leerlingen het gevoel hebben dat de school hen constant in de gaten houdt. Wat betreft de onderwijsopbrengsten stelt het rapport vast dat onderzoek naar de effecten van digitale leermiddelen zich voornamelijk richt op opbrengsten binnen het kwalificatiedomein. Dit onderzoek laat geen duidelijke effecten zien van de inzet van digitale leermiddelen op onderwijsopbrengsten. *Naar hoogwaardig digitaal onderwijs* bevat ook adviezen aan het onderwijsveld, waaronder de aanbeveling samen te werken op verschillende niveaus van het onderwijssysteem om de zeggenschap van onderwijsinstellingen over het onderwijs te behouden en niet te verliezen aan technologiebedrijven.[22]

Zowel de publieke waarden als de met technologie vormgegeven praktijken zijn dynamisch. Het is zaak te preciseren hoe actoren zich tot die praktijken hebben te verhouden. De opmars van intelligente technologie is daarbij een gegeven, net als de stoommachine en de computer dat waren.[23] Voor het onderwijs betekent dit dat we voor verschillende processen, waaronder het geven, ontwikkelen en organiseren van onderwijs en ook voor het leren, moeten nagaan welke veranderingen intelligente technologie teweeg kan brengen en hoe de verschillende actoren dit in goede banen kunnen leiden.

14 Onderwijsraad, 2017a.
15 Ministerie van OCW, 2019.
16 Pijpers, Bomas, Dondorp & Lighart, 2020.
17 Europese Unie, 2020.

18 In Europees verband wordt intensief nagedacht over intelligente technologie in het algemeen en voor het onderwijs. De Europese Commissie heeft in 2022 het initiatief genomen tot een bredere 'gestructureerde dialoog' met de lidstaten over digitaal onderwijs en vaardigheden, met het oog op aanbevelingen aan de EU-lidstaten over het beleid op dit terrein. Zie ministerie van Buitenlandse Zaken, 2022. In het verlengde van het *Actieplan digitaal onderwijs 2021-2027* ontwikkelt momenteel een expertgroep in opdracht van de Europese Commissie ethische richtlijnen rondom het gebruik van data en kunstmatige intelligentie in het onderwijs.
19 WRR, 2021.
20 Vlaamse Onderwijsraad, 2022.
21 Bok, Huis in 't Veld, Dondorp & Pijpers, 2022.
22 Rathenau Instituut, 2022.
23 Vergelijk het *working paper* van Ernst Hirsch Ballin voor de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid over mensenrechten als ijkpunten van artificiële intelligentie. Mensenrechten worden daarin "dus niet 'nagelopen' in hun specifieke formuleringen in verdragen en grondwetten, om aan de hand daarvan te beoordelen in hoeverre op artificiële intelligentie gebaseerde praktijken door de beugel kunnen. Het gaat ons er veeleer om te preciseren hoe menselijke bestuurlijke intelligentie zich tot die praktijken kan verhouden" (p. 7). Hirsch Ballin, 2021.

1.4 Verkenningsvraag: Welke veranderingen kan het gebruik van intelligente technologie met zich meebrengen voor het onderwijs?

De Onderwijsraad brengt op verzoek van de ministers van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) een verkenning uit met als hoofdvraag:

Welke veranderingen kan het gebruik van intelligente technologie met zich meebrengen voor het onderwijs?

De raad onderscheidt twee deelvragen.
1 Welke veranderingen brengt de inzet van intelligente technologie mee voor het geven van onderwijs (waaronder het creëren van een leergemeenschap en het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten)?
2 Wat betekenen deze veranderingen voor de rollen van leraren en docenten en andere actoren die betrokken zijn bij het leren en het geven, ontwikkelen en organiseren van onderwijs?

De raad neemt in deze verkenning alle sectoren van publiek onderwijs in beschouwing: primair en voortgezet onderwijs, middelbaar beroeps- en hoger onderwijs. De verkenning is relevant voor iedereen die in deze sectoren betrokken is bij de inzet van intelligente technologie, onder wie de ministers van OCW, (professionele netwerken van) leraren, docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, ict-(onderwijs-)coördinatoren, onderwijskundig adviseurs, data-analisten, lerarenopleiders, nascholers, onderzoekers en aanbieders van digitale onderwijsmaterialen. Door vanuit het proces van onderwijs geven na te gaan welke concrete veranderingen intelligente technologie teweeg brengt, wordt duidelijk wat mensen betrokken bij het onderwijs te doen staat om kansen die de intelligente technologie biedt, te benutten en risico's te beheersen.

In het advies *Doordacht digitaal* uit 2017 focuste de Onderwijsraad breed op alle vormen van digitale technologie in het onderwijs en deed aanbevelingen voor de richting van de digitalisering. In deze verkenning inventariseert de raad mogelijke veranderingen rondom één type digitale technologie, namelijk intelligente technologie. Deze keuze is ingegeven door de verwachte grote invloed van deze technologie op onderwijsprocessen. De raad gaat hierbij uit van zowel de huidige mogelijkheden van intelligente technologie als de vermoedelijke ontwikkelingen ervan binnen een tijdsbestek van vijf tot tien jaar.

De raad onderscheidt twee processen van onderwijs geven en daarbinnen een aantal aspecten.[24]

1. Een inclusieve en gezonde leergemeenschap creëren:
- leerlingen en studenten bij de onderwijsgemeenschap betrekken;
- gezamenlijke activiteiten organiseren;
- een gezamenlijke leercultuur tot stand brengen;
- interpersoonlijke relaties ontwikkelen van leraren en docenten met hun leerlingen en studenten; en
- het welzijn en de gezondheid van leerlingen en studenten borgen.

2. Onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten:
- de leerstof presenteren, bespreken en (onder begeleiding) laten toepassen;
- toetsen en feedback geven;
- leerdoelen en werkvormen bepalen;
- rekening houden met verschillen in onderwijsbehoeften van leerlingen en studenten; en
- zelfstandig leren van leerlingen en studenten bevorderen.

24 De indeling is losjes gebaseerd op een indeling die voortkomt uit decennialang onderzoek naar het geven van onderwijs door leraren en docenten. Zie Van der Lans, Van de Grift & Van Veen, 2018; Kyriakides & Creemers, 2008. Voor deze verkenning heeft de raad de indeling van Van der Lans, e.a. (2018), die bestaat uit zes hoofdprocessen, verder geclusterd en uitgebreid met processen die meer nadruk leggen op de pedagogische onderwijsdimensie. Toegevoegd is bijvoorbeeld het deelproces 'interpersoonlijke relaties ontwikkelen van leraren en docenten met hun leerlingen en studenten'. Ook is in de indeling nadrukkelijker het idee van brede opbrengsten verwerkt: zowel kennis, vaardigheden als houdingsaspecten. Zie ook Onderwijsraad, 2016a.

De raad richt zich in eerste instantie op het proces van onderwijs geven, en belicht vervolgens andere onderwijsprocessen, waaronder leren, onderwijs ontwikkelen en onderwijs organiseren.[25] Bij deze andere processen zijn naast leraren en docenten ook andere actoren betrokken, onder wie leerlingen, schoolleiders/opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, ict-(onderwijs)coördinatoren, onderwijskundigen, aanbieders van digitale leermiddelen en de rijksoverheid.

Een reden om het onderwijs geven als startpunt van de analyse te nemen, is dat dit proces cruciaal is voor het leren van leerlingen en studenten. Ook legt de raad hiermee de nadruk op de rol van leraren en docenten. Zij vormen een spil bij het onderwijs geven en hebben ook rollen in de andere onderwijsprocessen. Hun activiteiten worden ingrijpend beïnvloed door de inzet van intelligente technologie.

1.5 Totstandkoming verkenning

De raad heeft bij de voorbereiding van dit advies gebruikgemaakt van de deskundigheid van twee externe commissieleden: mevrouw dr. Inge Molenaar, onderzoeker op het gebied van intelligente technologie en onderwijs aan de Radboud Universiteit, en mevrouw dr. Nynke Bos, onderzoeker op het gebied van *blended* onderwijs aan de Hogeschool Inholland. Ter voorbereiding van dit advies is literatuuronderzoek gedaan en zijn gesprekken gevoerd met leraren en docenten, ict-(onderwijs)coördinatoren, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, aanbieders van intelligente technologie voor het onderwijs en onderzoekers op dit terrein. Daarnaast zijn diverse werkbezoeken afgelegd. De raad heeft verder gebruik gemaakt van schriftelijke reacties op de online-oproep 'Denkt u mee?'. Tot slot is gebruik gemaakt van de input van de JongerenOnderwijsraad.[26] Overzichten van geraadpleegde personen en literatuur staan achter in het rapport.

1.6 Opbouw verkenning

In hoofdstuk 2 maakt de raad een balans op van de belangrijkste kansen en risico's die intelligente technologie met zich meebrengt. Ook wordt ingegaan op de rollen die leraren, docenten en andere actoren in het onderwijs hebben bij het benutten van kansen en beheersen van risico's rondom de inzet van intelligente technologie. De twee 'bevindingshoofdstukken' 3 en 4 gaan per deelproces van het onderwijs geven dieper in op veranderingen die intelligente technologie teweeg kan brengen.

25 Vergelijk: Vrielink, Nijhuis-Boer, Horne, Hans & Hillegersberg, 2018; Onderwijsraad, 2018b, 2019, 2021a.
26 Zie ook: https://www.onderwijsraad.nl/over-ons/jongerenonderwijsraad

2

conclusie

Opmars intelligente technologie vergt actieve betrokkenheid van onderwijsveld
Intelligente technologie kan het geven van onderwijs ondersteunen en verrijken. Het benutten van deze kansen en het beheersen van de risico's die de technologie ook meebrengt, vergen actieve betrokkenheid van leraren, docenten en andere actoren.

De opmars van intelligente technologie kan het onderwijs ingrijpend veranderen. De technologie biedt kansen, omdat deze het onderwijs kan ondersteunen en verrijken. Scholen kunnen beter rekening houden met verschillen tussen leerlingen en studenten in hun onderwijsbehoeften. Of het leren wordt levensechter, interactiever, socialer en zelfstandiger. Intelligente technologie brengt echter ook risico's met zich mee. Het gebruik kan resulteren in een verschraling van het onderwijs, een gebrek aan persoonlijk contact, ontmoediging van eigen initiatief en onwenselijke vormen van standaardisering, monitoring, differentiatie en profilering. Veel hangt af van hoe de technologie wordt ingezet en van de keuzes die betrokkenen maken op verschillende niveaus van het onderwijssysteem. Het is cruciaal dat leraren, docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders en de overheid actief betrokken zijn bij die keuzes.

De opmars van intelligente technologie biedt leraren en docenten steeds meer mogelijkheden een deel van de processen die zij voorheen zelf uitvoerden, over te laten aan de technologie. Onderwijs geven wordt zo wel complexer, omdat leraren en docenten niet alleen zicht moeten houden op hun eigen rol en die van leerlingen en studenten, maar ook op de rol van de intelligente technologie, die in feite een actor is geworden in het onderwijsproces.

De actieve betrokkenheid van leraren en docenten blijft nodig, óók wanneer intelligente technologie processen gedeeltelijk overneemt en óók wanneer leerlingen en studenten met deze technologie zelfstandiger of meer naar eigen behoeften en voorkeuren leren. Onderwijs geven vraagt immers vaardigheden waarover de technologie niet beschikt en leraren en docenten wel, zoals een brede opmerkzaamheid, pedagogische sensitiviteit en didactisch inspelen op specifieke en onverwachte situaties. Leraren en docenten hebben naast onderwijs geven ook rollen bij de voorbereiding, evaluatie, het ontwerp, de verbetering en innovatie van onderwijs. Deze worden belangrijker, omdat de komst van intelligente technologie vraagt om doordenking van allerlei technologische, pedagogische, didactische en organisatorische kwesties. Deze reflectie vindt plaats op lokaal, regionaal, nationaal en ook internationaal niveau en doen leraren en docenten niet alleen, maar samen met anderen.

Schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders moeten bewaken dat álle leerlingen en studenten profiteren van de inzet van intelligente technologie en er geen groepen benadeeld worden, omdat die bijvoorbeeld minder digitaal geletterdheid zijn of omdat hun leraren en docenten onvoldoende zijn toegerust om de technologie in te bedden in het onderwijs. De overheid heeft daarnaast de taak kaders te scheppen die privacy en dataveiligheid waarborgen wanneer intelligente technologie wordt ingezet. Verder heeft de overheid een verantwoordelijkheid om de markt voor intelligente onderwijstechnologie te reguleren en dominantie van enkele aanbieders tegen te gaan. Tot slot kan de overheid stimuleren dat er samen met de beroepsgroep van leraren en docenten op verschillende niveaus (onderwijs met) toepassingen van intelligente technologie worden ontwikkeld. De inzet van technologie wordt zo geen doel op zich, maar blijft een middel om het leren van leerlingen en studenten te bevorderen.

2.1 Intelligente technologie kan onderwijs ondersteunen en verrijken

Intelligente technologie brengt veranderingen met zich mee – al in de nabije toekomst. Sommige bieden kansen, andere zijn juist risicovol. Veel hangt af van de keuzes van de betrokkenen en de rollen die zij oppakken.

Intelligente technologie verzamelt automatisch data over processen en voert meer of minder autonoom analyses uit op deze data. De technologie detecteert en interpreteert processen en kan ook overgaan tot handelen.[27] Door deze eigenschappen kan intelligente technologie het onderwijs ondersteunen én verrijken. Het voorbeeld van een adaptief oefenprogramma voor rekenen kan dit inzichtelijk maken (zie tekstkader hierna).

27 Tabuenca e.a., 2021.

Rekenvaardigheden verwerven met een adaptief oefenprogramma
De leerlingen van OBS De Venen zijn enthousiast over een adaptief oefenprogramma waarmee ze op school werken. Zij vinden het leuker om digitaal te oefenen dan met een werkboek en een schrift. Als ze in het adaptieve programma bezig zijn, weten ze meteen of ze de opdracht goed of fout hebben gemaakt en werken ze verder op hun eigen niveau. Er is wel onrust bij de leerlingen over het niveau dat ze behalen. Bij te veel 'minnen' moeten ze veel opgaven maken om weer op hun eerdere niveau te komen. Ze balen er bovendien van dat hun niveau daalt als ze lang niet in het programma hebben gewerkt. Uitleg krijgen de leerlingen het liefst van de juf of meester; de korte tekst bij de opdrachten in het adaptieve programma is daarvoor zeker niet genoeg. Ook willen ze afwisseling en vaker samenwerken.

Volgens de leraren is het adaptieve programma al een beetje een klassenassistent. Ze hoeven het werk van de leerlingen niet meer na te kijken na schooltijd. Het programma geeft bovendien veel inzicht in het leerproces van leerlingen. Leerlingen zijn ook meer gemotiveerd, doordat ze zelf proberen hun streefniveau te halen.

De leraren zien ook negatieve kanten. Als een leraar of klasgenootje een leerling heeft geholpen bij het invullen van een opdracht, klopt de inschatting van het niveau niet meer. Bovendien maken leerlingen typfouten, waardoor hun antwoorden fout gerekend worden. Dit gebeurt vooral als ze in groep 4 net beginnen met het programma. De leraren houden hier rekening mee. "Tot aan de kerst hechten we weinig waarde aan de data."

De leraren van OBS De Venen volgden trainingen om het leermiddel zo goed mogelijk in te zetten. Didactische keuzes over de inzet maken ze in teamverband. Zo besloten ze dat er een goede afwisseling moet zijn tussen klassikaal en individueel werken, óók als het adaptieve programma wordt ingezet. Naast het zelfstandig leren zijn er momenten van 'kleppen dicht', waarop alle laptopschermen dicht gaan en de leerlingen aan dezelfde opdracht werken (zie ook tekstkader paragraaf 4.4).

Het adaptieve oefenprogramma *detecteert* bijvoorbeeld of leerlingen/studenten een rekenopgave goed of fout maken en hoeveel tijd zij nodig hebben om de opgave te maken. Het programma *interpreteert* wat hun voortgang is, met welke onderwerpen ze moeite hebben en of ze de stof begrijpen of eventuele misconcepties hebben. En het programma *handelt* in de zin dat het leerlingen en studenten een nieuwe opgave voorlegt op basis van de interpretaties. De technologie kan ook de instructie herhalen of feedback geven aan de leerling/student, bijvoorbeeld of een antwoord correct is, wat het werktempo is en of de leerling/student een denkstap in de opgave heeft overgeslagen.[28] Op al deze manieren kan de technologie leerlingen en studenten *ondersteunen*.

Het adaptieve oefenprogramma ondersteunt ook de leraren en docenten, door onderdelen van het onderwijzen van hen over te nemen. Het kan dan zowel gaan om detecteren, interpreteren als handelen. Voor het detecteren en interpreteren zijn digitale dashboards ontworpen, die een overzicht geven van leerprocessen van individuele en groepen leerlingen en studenten. De dashboards kunnen ook elementen bevatten van interpretatie. Ze signaleren dan bijvoorbeeld wanneer een leerling/student dreigt vast te lopen. Interpretatie gaat over in handelen wanneer het dashboard ook de leraar/docent adviezen geeft, bijvoorbeeld om extra uitleg aan de groep te geven en daarbij bepaalde rekenprincipes centraal te stellen. Of het adviseert om een leerling/student persoonlijk uitleg te geven.

Adaptieve oefenprogramma's *verrijken* het onderwijs, omdat leerlingen en studenten meer, directer of meer toegespitste feedback kunnen krijgen in vergelijking met de situatie waarin de leraar/docent de intelligente technologie nog niet inzette. Zulke feedback is niet vanzelfsprekend in het onderwijs, omdat leraren en docenten hun aandacht moeten verdelen over een groep leerlingen/studenten.

Of de feedback het onderwijs daadwerkelijk verrijkt, hangt ook af van andere factoren, zoals de kwaliteit van het onderwijs voordat de intelligente technologie in gebruik werd genomen, en de inhoud van de feedback die de technologie geeft en de timing.

28 Deze laatste vorm van adaptiviteit stelt meer eisen aan de technologie. De meest complexe adaptieve systemen handelen op het niveau van de taak (bijvoorbeeld de specifieke rekenopgave en de moeilijkheidsgraad daarvan), de stappen binnen die taak (feedback op de denkprocessen van de leerling/student) en het curriculum (de reeks taken die een leerling/student krijgt en de leerdoelen en methoden die hierbij centraal staan). Zie VanLehn, 2011.

De verrijking kan ook indirect plaatsvinden, doordat de technologie leerlingen en studenten of leraren en docenten vrijspeelt voor andere activiteiten of hen in staat stelt die beter voor te bereiden. De adaptieve middelen stellen leerlingen en studenten bijvoorbeeld in de gelegenheid zich individueel basale vaardigheden eigen te maken en zich zo beter voor te bereiden op opdrachten met meer complexe vaardigheden, die ze samen met andere leerlingen en studenten uitvoeren. Omdat leraren en docenten het onderwijzen van de basale vaardigheden deels overlaten aan de technologie, hebben zij meer tijd om de complexere opdrachten te ontwikkelen en leerlingen en studenten persoonlijk aandacht te geven.[29]

In vergelijking met de eerste toepassingen van intelligente technologie in het onderwijs (zie tekstkader hieronder) zijn de huidige adaptieve oefenprogramma's in het primair onderwijs meer toegesneden op de onderwijspraktijk. Dat zit hem vooral in de beschikbaarheid van dashboard-overzichten van leerprocessen. Leraren krijgen zo beter de gelegenheid aanvullend onderwijs te geven en kunnen daarbij gebruikmaken van de interpretaties en adviezen die de technologie geeft. Leerlingen worden met de dashboard-overzichten geholpen zelf sturing te geven aan hun leerproces (zie paragraaf 4.5). Deze kenmerken hebben vermoedelijk bijgedragen aan de populariteit van de adaptieve oefenprogramma's. Inmiddels wordt deze technologie op meer dan de helft van de basisscholen ingezet. Naast rekenvaardigheden worden er ook taalvaardigheden mee onderwezen, zoals Nederlandse grammatica.

Intelligente tutoren: de eerste toepassingen van intelligente technologie in het onderwijs
De eerste toepassingen van intelligente technologie in het onderwijs gaan terug naar begin jaren 1980, toen een groep onderzoekers vanuit de disciplines van artificiële intelligentie, cognitieve en onderwijswetenschappen het boek *Intelligente Tutoring Systems* uitbrachten.[30] Tutoring verwijst naar de werkvorm waarbij een leraar of docent instructie geeft aan één leerling/student. Bij intelligente tutorsystemen neemt de technologie die taak over. Tutoring kan heel effectief zijn, maar niet voor alle kennis, vaardigheden en houdingsaspecten die worden nagestreefd in het onderwijs.[31] Intelligente tutorsystemen zijn vooral gebonden aan cognitieve leerdoelen op relatief goed omschreven gebieden (zoals programmeren, wiskunde, grammaticaregels) en aan antwoorden die 'niet te ver buiten het script' vallen.[32] Inmiddels zijn er ook adaptieve leermaterialen die leraren of docenten niet vervangen maar hen aanvullen. Deze worden eveneens ingezet bij klassikaal lesgeven, individueel zelfstandig leren van leerlingen en studenten, en zelfstandig leren in groepjes.[33]

Ook in het voortgezet, middelbaar beroeps- en hoger onderwijs worden adaptieve oefenprogramma's ingezet, al is dat vooralsnog op kleinere schaal.[34] Deze onderwijssectoren zijn een minder aantrekkelijke markt voor commerciële aanbieders, omdat de curricula meer uiteenlopen en elk curriculum een specifiek ontwerp vergt. Bovendien zijn adaptieve oefenprogramma's op dit moment vooral geschikt voor basale vaardigheden en duidelijk omschreven kennisgebieden, die in het primair onderwijs meer dan in de andere onderwijssectoren centraal staan. Naarmate de intelligente technologie geavanceerder wordt, kan deze situatie veranderen.

Adaptieve oefenprogramma's zijn zeker niet de enige vorm van intelligente technologie in het onderwijs. Andere toepassingen werken volgens dezelfde principes van detecteren-interpreteren-handelen en ondersteunen-verrijken. Een voorbeeld zijn de intelligente nakijkprogramma's in het hoger onderwijs om studenten academische teksten in het Engels te leren schrijven (zie tekstkader hierna). Deze programma's *detecteren* kenmerken van de teksten die studenten aanleveren. Ze *interpreteren* de teksten door na te gaan of de grammatica, structuur en genre-kenmerken kloppen. Ze *handelen* door leerlingen feedback te geven over deze tekstkenmerken en door tekstwijzigingen voor te stellen. De nakijkprogramma's ondersteunen studenten bij het schrijven en docenten bij het nakijken en beoordelen. En ze spelen de docenten vrij om te letten op andere aspecten van de tekst die de technologie niet kan detecteren, maar die wel belangrijk zijn, zoals een overtuigende redenering en kritisch gebruik van bronnen.

29 Francesc, Subosa & Valverde, 2019.
30 Sleeman & Brown, 1982.
31 Molenaar, 2021.
32 Graesser, Hu & Sottilare, 2018; VanLehn, 2011.
33 Molenaar, 2022.
34 Adaptieve programma's worden bijvoorbeeld gebruikt bij het universitaire statistiekonderwijs. Zie Tacoma, 2020.

Meer tijd voor verdieping met geautomatiseerde tekstfeedback
Studenten en docenten van de Rijksuniversiteit Groningen gebruiken in een cursus Academisch schrijven in het Engels een *tool* voor geautomatiseerde feedback. Docenten hebben een lijst samengesteld van 22 veelgemaakte fouten, die in de automatische feedback worden meegenomen. De docenten bepalen per opdracht welk soort feedback het systeem geeft, door aan te klikken welke criteria beoordeeld mogen worden. Studenten *uploaden* hun essays of onderzoeksverslagen, waarop de tool vervolgens geautomatiseerde feedback geeft in de vorm van opmerkingen bij hun tekst. Bijvoorbeeld over het gebruik van referentieformats, het aantal woorden, of afkortingen goed toegelicht worden, en het gebruik van persoonlijk voornaamwoorden. Ook haalt de technologie veelvoorkomende fouten uit de tekst. Op basis van de feedback verbeteren de studenten hun eerste versie, voordat zij de tekst bij hun docent inleveren. De automatische feedback richt zich op lagere orde vaardigheden, waardoor de docent meer ruimte heeft om met studenten aan hogere orde vaardigheden te werken. Soms markeert het programma iets onterecht als incorrect. Het focust dan bijvoorbeeld op het verkeerde zinsdeel, of beoordeelt een woord als *although* aan het begin van een zin als fout. Studenten kunnen bij het commentaar aangeven dat zij ergens niet mee eens zijn. Docenten krijgen hier ook altijd een melding van. Ze gebruiken deze informatie om samen met andere docenten en de aanbieder van de technologie na te gaan hoe de tool en de inzet ervan verder kunnen worden geoptimaliseerd.

De technologie ontwikkelt zich verder. Er worden vorderingen gemaakt met toepassingen die samenwerkend leren ondersteunen en toepassingen waarin sociale of metacognitieve processen worden gevolgd op basis van uiteenlopende data, zoals het aantal toets-aanslagen, chatberichten, pauzegedrag en navigatie in een digitale leeromgeving. Er zijn ook tools met interactieve functies voor planning, evalueren en monitoring (zie paragraaf 3.2 en 4.5). Intelligente technologie kan inmiddels ook een rol spelen bij minder duidelijk omschreven kennisgebieden en bij het oefenen van vaardigheden in complexere situaties. Ontwerpers kunnen ook bouwen op andere digitale technologie die voor het onderwijs is ontwikkeld, zoals interactieve digitale simulaties in het natuurkundeonderwijs en *virtual reality* leeromgevingen met een levensecht karakter en spelelementen (zie paragraaf 4.1). Aan deze omgevingen wordt dan bijvoorbeeld adaptieve feedback toegevoegd, wat het onderwijs verder kan verrijken.

Intelligente technologie hoeft niet specifiek ontwikkeld te zijn voor het onderwijs. Zo kunnen bestaande vertaalprogramma's en slimme richtmicrofoons worden ingezet voor onderwijsdoeleinden. Voor leerlingen met spraak-taalstoornissen zijn er bijvoorbeeld intelligente spraakcomputers. Vaak moeten deze toepassingen wel doorontwikkeld worden om ze geschikt te maken voor specifieke onderwijssituaties.

De bevindingshoofdstukken 3 en 4 laten zien dat intelligente technologie aanzienlijke kansen biedt, niet alleen om het onderwijs beter, maar bijvoorbeeld ook rechtvaardiger en menselijker te maken, met meer autonomie voor leerlingen, studenten, leraren en docenten. De kansen zullen in de nabije toekomst nog toenemen door het groeiend aantal toepassingen, de verbeterde kwaliteit en bredere beschikbaarheid. Wat dat uiteindelijk betekent voor het onderwijs, hangt echter af van hoe betrokkenen de technologie inzetten.[35]

Ten aanzien van de waarden van onderwijskwaliteit, rechtvaardigheid, menselijkheid en autonomie brengt de technologie ook aanzienlijke risico's met zich mee.[36] De volgende paragraaf licht deze toe.

35 Facer & Selwyn, 2021.
36 Zie ook Rathenau Instituut, 2022.

2.2 Intelligente technologie kan onderwijs eenzijdig maken en professionele autonomie aantasten

Hoewel intelligente technologie in principe breed toepasbaar is in het onderwijs, verschilt het tempo waarmee deze beschikbaar komt. Sommige toepassingen verkeren nog in de laboratoriumfase. Andere worden al op grote schaal ingezet. De nu beschikbare tools voor het onderwijs dekken slechts een aantal leerdoelen en didactische methoden en zijn in veel opzichten nog beperkt. Bijvoorbeeld doordat de data en algoritmes soms een vertekend beeld van de werkelijkheid bieden, of omdat een digitaal oefenprogramma lang niet op alle antwoorden van leerlingen feedback kan geven. Het risico bestaat dat de technologie leidend wordt en de professionele autonomie van leraren en docenten en andere onderwijsprofessionals aantast. De eenzijdigheid van de technologie wordt dan onvoldoende gecompenseerd en gebreken worden niet gecorrigeerd. Het onderwijs wordt smaller en schraler of pakt nadelig uit voor een deel van de leerlingen.

De huidige toepassingen richten zich vooral op individueel leren, cognitieve processen en eenduidig omschreven kennis (en vaardigheden).[37] Leerlingen gebruiken deze kennis doorgaans in eenvoudige contexten, waarbij vooral een beroep wordt gedaan op lagere orde denkvaardigheden (onthouden, begrijpen en toepassen) en minder op hogere (analyseren, evalueren of construeren).[38] De programma's gaan veelal uit van behavioristische principes als beloning en herhaling, waarbij de opgaven worden aangepast aan het prestatieniveau van de leerling of student. Afgestemde feedback die betrekking heeft op stappen in het leerproces, of aanpassingen van het leertraject dat leerlingen/studenten doorlopen, zijn veel zeldzamer.[39] De meeste toepassingen zijn gericht op de gemiddelde student en leerling of veel voorkomende onderwijssituaties. Er is nog relatief weinig intelligente technologie die ondersteuning biedt voor leerlingen en studenten met specifieke beperkingen, leerproblemen, hoogbegaafde leerlingen en studenten, onderwijs in de Nederlandse taal (ten opzichte van het Engels), en onderwijs dat uitgaat van meer complexe werkvormen, waarbij leerlingen/studenten bijvoorbeeld gezamenlijk kennis ontdekken of construeren rond levensechte vraagstukken.[40]

Deze beperkingen hoeven geen probleem te zijn, zolang leraren en docenten of instellingen de technologie zelf kiezen, aanpassen en aanvullen. Dit veronderstelt dat zij zich bewust zijn van de beperkingen, en zelf kunnen bepalen hoe en wanneer ze intelligente technologie inzetten. Dat is niet vanzelfsprekend. Didactische en pedagogische afwegingen kunnen het onderspit delven tegenover andere afwegingen. De technologie wordt dan als leidend gezien, waardoor bijvoorbeeld oefenen met een adaptief oefenprogramma steeds de voorkeur krijgt boven de leerstof bespreken met leerlingen en studenten. Dit leidt tot verschraling van het onderwijs, omdat interactie tussen leerlingen/studenten en leraren/docenten rondom de leerstof cruciaal is (zie paragrafen 3.2 en 4.1).

De professionele autonomie kan verder onder druk komen te staan wanneer intelligente technologie leraren en docenten het zicht op het onderwijs ontneemt. Dit gebeurt wanneer interpretaties of acties van de technologie onvoldoende te volgen zijn. 'Uitlegbaarheid' kan als eis in het technologisch ontwerp worden meegenomen, maar is niet eenvoudig achteraf toe te voegen. Door de complexiteit van de technologie en de manier waarop deze tot stand komt, is het sowieso vaak lastig een bestaand ontwerp aan te passen. Leraren en docenten kunnen daardoor de technologie als gegeven gaan beschouwen. Ze laten dan bijvoorbeeld een adaptief programma beslissingen nemen die ze niet helemaal kunnen overzien. Het programma, dat bepalend wordt voor de vorm die het onderwijs krijgt, kan gebreken bevatten, die niet meer worden gecorrigeerd. De technologie staat dan onderwijsontwikkeling in de weg.[41]

Zelfs als intelligente technologie eenzijdig en gebrekkig is, kan die om legio redenen op grote schaal worden ingezet. Vanwege een hoge werkdruk, de behoefte aan kortetermijnoplossingen, het enthousiasme voor onderwijsinnovaties, het prevaleren van gebruikersgemak boven duurzame onderwijsontwikkeling of een dominante marktpositie van aanbieders van intelligente technologie.

37 Dawson e.a., 2018; Molenaar, 2021; Rathenau Instituut, 2022.
38 Krathwohl, 2002.
39 Aleven, McLaughlin, Glenn & Koedinger, 2016.
40 Bos, 2022.
41 Rosé, McLaughlin, Liu & Koedinger, 2019.

Commerciële aanbieders gaan in hun verdienmodel vaak uit van standaardisatie en beperkte mogelijkheden om hun product aan te passen of te combineren met andere producten.[42] Dat maakt onderwijsinstellingen afhankelijk van deze aanbieders.[43] Wanneer eenzijdige technologie eenmaal grootschalig is geïmplementeerd, zullen betrokkenen het niet snel terzijde schuiven. Los van de contractuele verplichtingen tegenover aanbieders hebben onderwijsinstellingen zelf veel tijd, geld en moeite geïnvesteerd in de aanschaf van de technologie en er nieuwe routines mee ontwikkeld. Het kan dan eenvoudiger zijn van de eigen onderwijsvisie af te wijken.

"Ik haat het programma!"
Een leerkracht vertelt over Kris. "Hij was een stille, serieuze leerling uit groep 7 die de stof graag goed beheerste en hoge resultaten haalde. Soms kon hij blokkeren. Dat gebeurde toen hij met een adaptief programma rekenopgaven maakte. Ik zag dat hij zich ellendig voelde en ging naar hem toe. Met tranen in de ogen vertelde Kris dat hij door een fout was teruggeworpen in zijn score. Zijn laptop gaf -21 te zien. Dat werkt zo: het programma toont plus- en minpunten. Hoe meer opgaven achter elkaar goed, des te groter het getoonde minaantal bij een fout antwoord. Had hij meerdere fouten, dan was het minaantal minder groot. Kris zei: 'Ik kan beter alleen opgaven maken die ik makkelijk vind, juf, dan krijg ik niet zo'n slecht gevoel.' Ik vroeg hem te laten zien hoe hij tot het foutieve antwoord was gekomen. Hij pakte zijn uitrekenschrift en liet dit stap voor stap zien. We zagen dat hij twee getallen verkeerd opgeteld had, maar de rest van de stappen juist had doorlopen. Ik probeerde hem zelfvertrouwen te geven en te laten zien dat fouten maken mag, ook al rekent het programma je daar zwaar op af. Onlangs besprak ik met hem wat hij al kon en wat hij nu wilde doen. Hij opende zijn laptop en liet de niveaudoelen van het programma zien, variërend van niveau 1, het laagste, tot niveau 5, het hoogste. Hij keek me aan. 'Ik heb daar een niveau 3 staan, maar dat doel beheers ik wel.' Hij besefte niet hoe trots ik op hem was, toen ik hoorde dat hij een eigen keuze maakte, los van het programma."[44]

In een ongunstige situatie oefenen onderwijsinstellingen vanwege de investeringen die zij hebben gedaan druk uit op leraren/docenten om de technologie te blijven gebruiken, ook al is die suboptimaal of zelfs onverantwoord. De professionele ruimte van de leraren en docenten wordt verder ingeperkt wanneer de technologie hen belangrijke onderwijskeuzes uit handen neemt of anderen in staat stelt hen te monitoren en te beoordelen op onderwijsprestaties (zie paragraaf 3.4). Bij zowel leraren/docenten als leerlingen/studenten geeft dit al snel een gevoel gecontroleerd te worden; het creëert een onveilig onderwijsklimaat. In China is zulke intensieve monitoring in het onderwijs inmiddels aan de orde van de dag. Naast gangbare voortgangsdata worden hiervoor ook bewegingsdata, fysiologische data, biometrische data of analysetechnieken als gezichtsherkenning ingezet.[45]

De intelligente technologie kan dus zowel de pluriformiteit en kwaliteit van het onderwijs, als de autonomie en het welzijn en de gezondheid van de leerlingen, studenten, leraren en docenten onder druk zetten. In het huidige Nederlandse onderwijs is hiervan nog geen sprake. Intelligente technologie wordt vooralsnog beperkt ingezet. Ook bestaat er Europese wet- en regelgeving die het gebruik en delen van data aan banden legt of aan voorwaarden verbindt.[46] Toch bestaan er bij een verdere opmars van intelligente technologie risico's voor de onderwijskwaliteit en andere publieke waarden.

Op dit moment is er al sprake van een 'digitale kloof', waarbij de ene leerling/student meer profiteert van digitale leermiddelen dan de andere (zie tekstkader hierna). De inzet van intelligente technologie kan de digitale kloof verder vergroten. Een onderzoek naar adaptieve oefenprogramma's wees bijvoorbeeld uit dat leerlingen die al relatief goed presteerden, meer van deze programma's profiteerden dan anderen (zie paragraaf 2.3). Ook profileren sommige algoritmes leerlingen en studenten onwenselijk, bijvoorbeeld door hen systematisch op een te laag niveau in te schatten op basis van eerdere prestaties. Meer in het algemeen

42 Er is een risico dat commerciële technologiebedrijven onderwijsdata doorverkopen (Williamson, 2022). In Nederland wordt dit risico sterk beperkt door wetgeving. Zie noot 45. Daarnaast hebben meer dan driehonderd leveranciers voor het primair en voortgezet onderwijs en het middelbaar beroepsonderwijs een privacy-convenant ondertekend. Hierin staat nog concreter dan in de AVG-afspraken welke data van leerlingen de leveranciers mogen gebruiken en voor welke doelen. Doorverkoop van data en gebruik voor marketingdoeleinden mogen nadrukkelijk niet.
43 Kerssens & Dijck, 2021.
44 De Visser, 2022.
45 Andrejevic & Selwyn, 2020; Williamson, 2018, 2019.
46 Zie: https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/onderwerpen/avg-europese-privacywetgeving; https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/expert-group-ai; https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai. In mondiaal verband is er ook een dialoog over restricties en voorwaarden voor het gebruik en delen van data. Zie bijvoorbeeld UNESCO, 2019.

kunnen algoritmes onbedoeld leerlingen en studenten discrimineren op basis van voor het onderwijs irrelevante achtergrondkenmerken (zie paragraaf 4.4).

De covid-19-pandemie heeft benadrukt dat fysiek onderwijs cruciaal is en dat daarop niet kan worden bezuinigd. Voor de toekomst moet worden gewaakt voor een situatie waarin onderwijs dat voornamelijk door leraren en docenten wordt gegeven, alleen toegankelijk is voor een deel van de leerlingen en studenten, terwijl de andere leerlingen en studenten het moeten doen met eenzijdig onderwijs waarin leraren/docenten grotendeels zijn vervangen door intelligente technologie. In feite is dat ook een vorm van een digitale kloof.

De digitale kloof
De digitale kloof is al veelvuldig onderzocht voor het gebruik van digitale leermiddelen in het algemeen[47] en in het onderwijs[48]. De term verwijst naar het verschil tussen degenen die van digitale leermiddelen profiteren en degenen voor wie dit in mindere mate geldt of voor wie de technologie zelfs nadelig is.

In het onderwijs blijkt dat toegang tot digitale apparaten en leermiddelen niet voldoende is om de kloof te dichten. Leerlingen en studenten moeten ook digitaal geletterd zijn om de technologie te benutten en er verantwoord mee om te gaan. Bovendien pakt de technologie bij sommige groepen leerlingen gunstiger uit dan bij andere. Deze sluit bijvoorbeeld beter aan bij hun manier van leren of heeft meer impact voor hun situatie. Tot slot ontstaan er verschillen onder leerlingen en studenten, doordat de ene leraar of docent, school, opleiding of instelling beter is toegerust dan de andere om de technologie te gebruiken. Al deze verschillen hangen samen met achtergrondfactoren zoals sociaaleconomische status, migratieachtergrond en sekse.[49] Zo liepen tijdens de covid-19-pandemie leerlingen en studenten met lager opgeleide ouders meer achterstanden op dan degenen met hoger opgeleide ouders. Dit komt mogelijk doordat zij minder profiteerden van het vervangende online onderwijs.[50]

Overigens speelde intelligente technologie tijdens de pandemie in sommige opzichten een positieve rol. Zo profiteerden tijdens de *lockdown* leerlingen in het primair onderwijs met een relatief lage rekenvaardigheid meer van adaptieve oefenprogramma's voor rekenen dan anderen. Dat gold dan weer niet op scholen met relatief veel leerlingen met lager opgeleide ouders en ouders die behoren tot een culturele minderheid.[51] De effecten van de technologie zijn wat dit betreft complex. Deze hangen af van hoe de technologie wordt ingezet en allerlei contextuele factoren.

2.3 Invloed intelligente technologie hangt af van manier waarop deze wordt ingezet

Intelligente technologie wordt vaak ontworpen met het oog op specifieke functies in het onderwijs, bijvoorbeeld om kinderen rekensommen te laten oefenen. Uiteindelijk bepalen echter de gebruikers – bijvoorbeeld leraren, docenten, leerlingen, studenten – waarvoor ze een tool inzetten. Een adaptief oefenprogramma wordt bijvoorbeeld meer of minder intensief ingezet, individueel of in groepsverband, tijdens de les of thuis, wel of niet in combinatie met andere onderwijsmaterialen (boeken, schriften, wisbordjes), ter aanvulling van de leraar/docent of ter vervanging. Voor al deze toepassingen verschilt de invloed van de technologie.

De context bepaalt welke keuzes worden gemaakt. Het maakt uit of intelligente technologie wordt gebruikt om spelling eigen te maken of om te leren rekenen (zie tekstkader hierna). Leerlingen en studenten die vaardig zijn in zelfstandig leren, kunnen bijvoorbeeld meer profiteren van de technologie dan degenen die daar minder bedreven in zijn.[52] En sommige adaptieve oefenprogramma's sluiten bijvoorbeeld beter aan bij leraren en docenten die de nadruk leggen op directe instructie en het automatiseren van vaardigheden, dan bij leraren en docenten die focussen op ontdekkend leren en toepassing van vaardigheden in levensechte situaties.

47 Lythreatis, Singh & El-Kassar, 2021.
48 Datoo, 2021.
49 Van de Werfhorst, Kessenich & Geven, 2022; Hohlfeld, Ritzhaupt, Barron & Kemker, 2008.
50 Engzell, Frey & Verhagen, 2021. Deze studie betreft leerlingen in Nederland.
51 Meeter, 2021.
52 Molenaar, 2022.

Verschillende effecten bij eenzelfde (soort) intelligente technologie
Experimenteel onderzoek naar effecten van intelligente technologie in het onderwijs is nog schaars. Enkele jaren terug is het effect onderzocht van een veelgebruikt adaptief programma voor het verwerven van reken- en spellingvaardigheden in groep 5 en 6 van Nederlandse basisscholen.[53] Er deden 90 scholen mee aan het deelonderzoek naar rekenen en 69 aan dat naar spelling. In beide gevallen oefenden leerlingen vijf maanden met rekenen. De controlegroep maakte in die periode opgaven uit het boek. In de experimentele groep gebruikten leerlingen het adaptieve programma.

De leerlingen in de experimentele groep maakten opgaven uit het reguliere curriculum op eigen tablets, waarop het programma was geïnstalleerd. Direct nadat ze een opgave hadden gemaakt, ontvingen leerlingen goed/fout feedback. Elke leerling kon de eigen voortgang volgen: correct gemaakte opgaven werden met groene blokjes weergegeven, de incorrecte met rode blokjes, gecorrigeerde opgaven met oranje en nieuwe opgaven met blauwe blokjes. Naast vaste opgaven konden leerlingen plus-opgaven maken, toegesneden op hun individuele niveau. Het vaardigheidsniveau werd telkens bepaald op basis van antwoorden in voorgaande opgaven. De leraren bepaalden of leerlingen aan de vaste opgaven, de plus-opgaven of aan beide werkten. Doorgaans werkten leerlingen eerst aan de opgaven behorend bij de les en bogen ze zich vervolgens over de plus-opgaven. Via het dashboard konden leraren de vorderingen van de individuele leerlingen en de klas volgen en opgaven voor hen selecteren. Daarnaast konden leraren kiezen voor de quiz-functie, een timer aanzetten of instructievideo's laten zien.

Na vijf maanden bleek de experimentele groep bij rekenen gemiddeld iets (maar niet veel) beter te presteren dan de controlegroep. Voor spelling konden deze verschillen niet worden vastgesteld. Vooral de leerlingen die bij aanvang al relatief goed presteerden op rekenopgaven, profiteerden van het adaptieve rekenprogramma.

De verschillen in uitkomsten van de deelstudies zijn volgens de onderzoekers te verklaren doordat het rekenprogramma aantrekkelijker was dan dat voor spelling. Dat leerlingen die bij aanvang al goed presteerden, het rekenprogramma beter benutten, komt waarschijnlijk doordat zij meer opgaven maakten en zelfstandiger konden werken. Dat gemiddeld grote effecten van het adaptieve programma uitbleven, is te verklaren doordat scholen, leraren en leerlingen het verschillend gebruikten. Waar het programma voor sommigen voordelen had, gold dat voor anderen weer niet. Hoewel de onderzoeksprocedure globaal was vastgelegd, bleek er ruimte voor verschillend gebruik van de technologie.[54]

Dat er verschillende effecten worden gevonden bij eenzelfde (soort) digitale instrumenten, is niet uniek voor intelligente technologie. Het geldt voor digitale technologie in het algemeen. Onderzoek waarin leerlingen/studenten die digitale technologie gebruiken, worden vergeleken met leerlingen/studenten die dat niet doen, laat gemiddeld genomen geen spectaculaire effecten zien.[55] Studies met negatieve en positieve effecten middelen elkaar grotendeels uit. Dat er gemiddeld over alle studies vaak wel kleine of matige positieve effecten worden aangetoond, betekent evenmin automatisch dat deze voortvloeien uit de digitale technologie. Er kan ook sprake zijn van vertekening, waarbij vooral studies met positieve effecten worden gepubliceerd. Of een bias, ingegeven door enthousiasme over de inzet van nieuwe technologie.[56]

Een andere verklaring voor de positieve onderzoeksresultaten is dat de groepen die worden vergeleken, niet alleen verschillen in het medium (leerlingen en studenten gebruiken wel of geen digitale technologie) maar ook in de onderwijsmethode (de ene groep krijgt bijvoorbeeld meer gelegenheid om in eigen tempo te werken dan de andere). Al in 1983 formuleerde Richard Clark in een overzichtsstudie naar de effecten van digitale technologie op het leren de *methods not media*-hypothese. Niet de digitale technologie maar de onderwijsmethode zorgt voor effecten op het leren, aldus Clark.[57] Deze hypothese is tot op heden niet weerlegd.[58] Mogelijk gebeurt dat alsnog als intelligente technologie zich verder ontwikkelt.[59] Maar er zal altijd een grote variatie bestaan in onderwijsresultaten die worden behaald met behulp van intelligente

53 Faber, Luyten & Visscher, 2017; Faber & Visscher, 2018.
54 Deze samenvattende beschrijving van het onderzoek is grotendeels overgenomen uit Janssen, Louws, Saab, Lockhorst & Kester, 2019.
55 Bernard, Borokhovski, Schmid & Tamim, 2018; zie ook Facer & Selwyn, 2021.
56 Adair, Sharpe & Huynh, 1989.
57 Clark, 1983, 1994.
58 Meyer, Omdahl & Makransky, 2019.
59 Bernard e.a., 2018.

technologie, omdat leraren en docenten en leerlingen en studenten de intelligente technologie nu eenmaal op uiteenlopende manieren inzetten.[60]

Sommigen wijzen erop dat intelligente technologie nog meer dan andere digitale technologie werkt als een ‘versterker’. Ingebed in een goed onderwijsontwerp maakt de technologie het onderwijs nog beter, maar toegepast in een slecht ontwerp gaat het onderwijs erop achteruit.[61] Dit onderstreept dat mensen die betrokken zijn bij de inzet van de technologie, een actieve rol hebben.[62] Vooral leraren en docenten spelen hier een cruciale rol.[63]

2.4 Leraar of docent en intelligente technologie vullen elkaar aan

Van de term intelligente technologie gaat de suggestie uit dat die zich automatisch aanpast aan de specifieke onderwijssituatie. Dat lukt maar beperkt, omdat er in het onderwijs veel onvoorziene omstandigheden zijn. Een oefenprogramma concludeert bijvoorbeeld dat een leerling of student een relatief laag leertempo heeft en stemt het niveau van de opgaven daarop af, terwijl deze leerling of student anderen steeds helpt bij het maken van opdrachten en daarom minder snel vordert met het eigen werk.

Onderwijs geven is en blijft mensenwerk. Leraren en docenten bouwen een band op met hun leerlingen en studenten. In die setting bespreken ze de leerstof met elkaar. Ze merken op hoe de leerlingen en studenten op de leerstof reageren en hoe het meer algemeen met hen gaat. Ze beoordelen complexe situaties en spelen flexibel in op onvoorziene gebeurtenissen. Intelligente technologie kan dit pedagogische en (vak)didactische handelen niet overnemen, maar de leraar/docent daarin wel tegemoet komen. De technologie brengt bijvoorbeeld systematisch, voor alle leerlingen en studenten en voor ieder afzonderlijk, aspecten van het leren in kaart, zoals hun voortgang. De technologie analyseert systematisch data om op basis daarvan, voor een aantal leerlingen/studenten tegelijk, onmiddellijk en op eventueel verschillende locaties, acties in gang zetten. De uitdaging is zowel de kracht van de leraren en docenten als die van de technologie te benutten.[64]

Een complementaire benadering van intelligentie, waarbij zowel de kracht van de technologie als die van de mens wordt benut, is niet uniek voor het onderwijs. Deze wordt bijvoorbeeld ook toegepast in de medische wereld.[65] De kracht van de mens ligt in sociale interactie, problemen oplossen en complexe situaties inschatten.[66] De intelligente technologie kan met name een bijdrage leveren door snel data te verzamelen, deze te analyseren en op basis daarvan direct te handelen. Bij onderwijs, zorg en alle sociale voorzieningen in de samenleving is het cruciaal dat de mens de technologie blijft monitoren en zelf taken blijft uitvoeren die de technologie niet kan doen. De mens blijft daarmee altijd in beeld.[67]

Als algoritmes zich al aanpassen aan situaties doordat ze leren op basis van nieuwe data, zijn ze nog steeds gebonden aan een beperkt aantal parameters en datasets.[68] Daarom blijft het nodig dat leraren en docenten erop toezien hoe intelligente technologie het onderwijs afstemt op de leerlingen/studenten en dat de leraren en docenten die afstemming in veel opzichten zelf voor hun rekening nemen. Of ze besteden deze uit aan leerlingen en studenten voor zover die in staat zijn hun eigen leerproces zelfstandig vorm te geven. Het is vooral aan leraren en docenten dit soort afwegingen te maken, op basis van hun pedagogische en didactische deskundigheid.

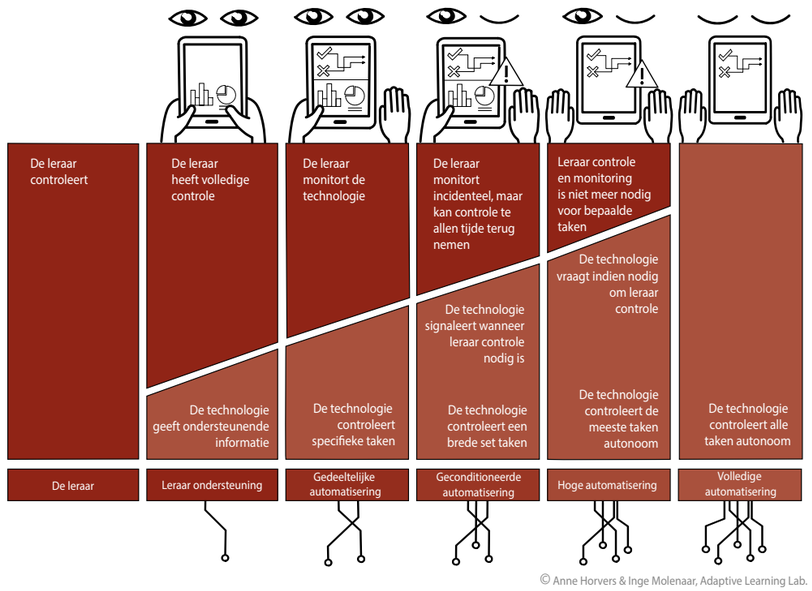
In deze verkenning expliciteert de Onderwijsraad zijn opvattingen over de rolverdeling tussen leraren/docenten en intelligente technologie aan de hand van een model (zie figuur). Het schetst automatisering van onderwijs door intelligente technologie en maakt daarbij onderscheid tussen het automatiseren van een brede set onderwijstaken en van specifieke onderwijstaken.[69] Het spectrum loopt van gedeeltelijke naar volledige automatisering,

60 Facer & Selwyn, 2021.
61 Ibid.
62 Ibid.
63 Keuning & Van Geel, 2021.
64 Akata e.a., 2020; Siemon, Becker, Eckardt & Robra-Bissantz, 2019.
65 Topol, 2019.
66 Dellermann, Ebel, Söllner & Leimeister, 2019.
67 Cornelissen, Van Eerdt, Schraffenberger & Haselager, 2022.
68 Rosé e.a., 2019.
69 Vertaalde versie van model uit Molenaar, 2021.

waarbij leraren en docenten meer of minder zicht houden op het leren en geven van onderwijs (‘monitoren’) en acties uitvoeren (‘controleren’).

Welk niveau van automatisering is wenselijk? Volgens de raad heeft het onderwijs een brede opdracht: naast kennis en vaardigheden streeft het ook houdingsaspecten na.[70] Aan de opbrengsten, het leren en onderwijs geven zitten sociale dimensies, die op gespannen voet staan met verregaande automatisering. Zo is de bereidheid van leerlingen en studenten zich pedagogisch en didactisch te laten begeleiden, sterk afhankelijk van de interpersoonlijke relatie met hun leraren en docenten.[71] Een constructieve relatie kan alleen ontstaan wanneer leerlingen/studenten en leraren/docenten elkaar regelmatig zien en spreken. Dit contact is ook nodig omdat het onderwijs complex is en er specifieke en onverwachte situaties zijn waarop leraren en docenten het best kunnen inspelen. Automatisering is dus alleen bij specifieke taken of een set van taken mogelijk, maar nooit volledig en nooit voor het onderwijs geven als geheel.

Toch acht de raad *gedeeltelijke* automatisering van onderwijs in bepaalde gevallen wel wenselijk. De technologie kan bijvoorbeeld het feedback geven op opgaven overnemen, zodat alle leerlingen/studenten vaker en directer feedback krijgen. Het is dan wel zaak dat leraren en docenten blijven monitoren welke feedback de technologie biedt en hoe leerlingen en studenten daarop reageren. Zo nodig moeten zij de controle terugnemen, om bijvoorbeeld de feedback aan te passen of in gesprek te gaan met leerlingen en studenten die vastlopen. In het model gaat het dan om ‘gedeeltelijke automatisering’ (bij specifieke taken). ‘Geconditioneerde automatisering’ (bij een bredere set van taken) lijkt alleen wenselijk in uitzonderingssituaties waarin er weinig contact mogelijk is tussen leerlingen/studenten en leraren/docenten. Denk aan de lockdowns tijdens de coronapandemie, die fysiek onderwijs geven onmogelijk maakten. En denk aan leerlingen die vanwege ziekte niet aanwezig zijn. In deze situaties worden andere waardenafwegingen gemaakt en zou geconditioneerde automatisering een oplossing kunnen bieden.



© Anne Horvers & Inge Molenaar, Adaptive Learning Lab.

Leraren en docenten hebben volgens de Onderwijsraad dus altijd de taak de rol van leerlingen/studenten en de technologie te monitoren. Dezelfde technologie kan dit weer ondersteunen met dashboards.[72] Die geven bijvoorbeeld van alle leerlingen/studenten van de leergemeenschap overzichtelijk op een scherm weer welke opgaven zij hebben gemaakt, hoeveel opgaven goed gingen en hoeveel tijd dat kostte. De informatie wordt aan de leraren/docenten getoond op bijvoorbeeld een computerscherm of een *augmented*

70 Onderwijsraad, 2016a.
71 Wubbels, Brekelmans, Den Brok & Van Tartwijk, 2013.
72 Knoop-van Campen, Wise & Molenaar, 2021; Van Leeuwen, Knoop-van Campen, Molenaar & Rummel, 2021.

reality-bril (zie paragraaf 4.1). Leraren en docenten gebruiken de dashboard-informatie in aanvulling op eigen observaties, die meer holistisch zijn en bijvoorbeeld aangeven dat leerlingen en studenten enthousiast zijn of juist bedrukt. Of dat ze iets grondig begrijpen of alleen oppervlakkig.

Daarbij is het nodig dat de interpretaties en eventuele acties van de technologie 'uitlegbaar' zijn via een dashboard. Nu zijn de analyses die intelligente technologie op data uitvoert inherent complex en vaak niet volledig navolgbaar voor mensen. De analyses kunnen wel uitlegbaar worden gemaakt, zodat leraren en docenten bijvoorbeeld globaal weten dat het computerprogramma bepaalde feedback geeft, omdat het een bepaalde misconceptie bij de leerling veronderstelt.[73] Of dat het een categorie van opgaven selecteert die van een hoger moeilijkheidsniveau zijn. Dit soort informatie is cruciaal voor leraren en docenten om het leerproces van leerlingen en studenten te blijven volgen en zo nodig bij te springen. De huidige toepassingen van intelligente technologie zijn vaak nog niet uitlegbaar. Leraren en docenten voelen zich daarom vaak buitengesloten door de technologie.[74] Om de intelligente technologie uitlegbaar te maken, is het zaak leraren en docenten te betrekken bij het ontwerpen. Dan kunnen ze aangeven welke tussenstappen zij inzichtelijk vinden en welke niet (zie ook paragraaf 2.5).[75]

De mogelijkheden om data te verzamelen over leerlingen en studenten en analyses hierop uit te voeren, nemen toe. Dat geldt inmiddels ook voor fysiologische data (via biosensoren) en data over gezichtsuitdrukkingen. Die zijn vervolgens te gebruiken voor interpretaties over sociaal-emotionele processen en wellicht ook het begripsniveau van leerlingen.[76] Aan deze analyses kleven ethische bezwaren, vooral ten aanzien van de privacy van leerlingen en studenten.[77] De Europese Unie heeft daarom in haar privacyregelgeving vastgelegd dat zulke data niet voor praktijktoepassingen in aanmerking komen.[78] De Onderwijsraad vindt dit terecht en acht dit soort analyses bovendien onnodig. Met hun pedagogische en didactische sensitiviteit kunnen leraren en docenten immers afgaan op eigen observaties. En via het persoonlijke contact kunnen ze doorgronden waarom leerlingen en studenten in een bepaalde stemming verkeren en in hoeverre ze werkelijk inzicht in de stof hebben.

Ook in het handelen vullen leraren/docenten en de intelligente technologie elkaar aan. De technologie biedt bijvoorbeeld tegelijkertijd elk van de leerlingen en studenten directe feedback wanneer zij relatief basale kennis en vaardigheden toepassen. Leraren en docenten geven hierbij zo nodig aanvullend onderwijs. Zij onderwijzen in elk geval de meer complexere kennis en vaardigheden, waarmee de technologie in veel gevallen geen raad weet. Leraren en docenten springen ook in wanneer leerlingen en studenten vastlopen. Op basis van hun didactische en pedagogische deskundigheid gaan leraren en docenten dan na wat er aan de hand is. Uit hun brede repertoire aan handelingsmogelijkheden kiezen ze acties om leerlingen en studenten weer op de rails te krijgen. Dit soort interacties is aan de orde van dag en onderdeel van het formatief handelen van leraren en docenten (zie paragraaf 4.1).

De didactische en pedagogische deskundigheid van leraren en docenten is ook essentieel bij toetsen, leerdoelen en onderwijsmethoden bepalen, rekening houden met verschillen in onderwijsbehoeften, en zelfstandigheid bevorderen. En om leerlingen en studenten te betrekken, gezamenlijke activiteiten te organiseren, een interpersoonlijke relatie met leerlingen tot stand te brengen en hun welzijn te borgen. Tot slot is hun didactische en pedagogische deskundigheid van belang bij het ontwikkelen en vernieuwen van onderwijs. Intelligente technologie kan weliswaar een aanzienlijke rol spelen bij al deze onderwijsprocessen, maar deze rol blijft onderschikt aan die van de leraren en docenten (zie hoofdstukken 3 en 4). Zij zijn immers eindverantwoordelijk voor het creëren van een leergemeenschap en het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten over de volle breedte van het curriculum.[79]

73 Rosé e.a., 2019.
74 Baker, 2016; Holstein, McLaren & Aleven, 2019.
75 Rosé e.a., 2019.
76 Andrejevic & Selwyn, 2020; Williamson, 2018, 2019.
77 Rathenau Instituut, 2022.
78 Jasserand e.a., 2021; Richardson, 2021. Ook voor de onlangs voorgestelde AI-wetgeving is dit een relevant uitgangspunt.
79 Onderwijsraad, 2016a.

2.5 Inzet intelligente technologie vergt actieve rol van leraren en docenten

Om kansen van intelligente technologie te benutten en de risico's te beheersen hebben leraren en docenten actieve rollen. De Onderwijsraad ziet die bij: onderwijs geven en ontwikkelen; in de eigen professionele ontwikkeling investeren; technologietoepassingen ontwerpen en ontwikkelen; en bijdragen aan onderwijsbeleid.

Onderwijs geven met ondersteuning door intelligente technologie

Omdat intelligente technologie tot op zekere hoogte autonoom kan handelen, is deze te beschouwen als een actor in het onderwijsproces. Wanneer deze 'toetreedt' tot de leergemeenschap, wordt het onderwijs geven voor de leraren en docenten in sommige opzichten eenvoudiger, omdat ze ondersteuning krijgen. In andere opzichten wordt het complexer, omdat leraren en docenten nu zicht moeten houden op de rol van leerlingen en studenten, die van zichzelf én die van de intelligente technologie. Ook wanneer leraren en docenten processen overlaten aan de technologie, blijven ze een actieve rol houden bij de uitvoering (inspringen en aanvullen) en de monitoring. Ze hebben sowieso een cruciale rol in het onderwijzen van complexe kennis en vaardigheden, houdingsaspecten en het vormen van een leergemeenschap waarbij álle leerlingen en studenten worden gestimuleerd te leren en waarbij rekening wordt gehouden met hun welzijn en gezondheid (zie paragraaf 2.4).

Onderwijstoepassingen van intelligente technologie ontwikkelen

Met de komst van intelligente technologie zullen leraren en docenten meer bezig zijn met het ontwikkelen van onderwijs. Hoe verlopen leerprocessen? Waar is het zinvol intelligente technologie in te zetten? Hoe interacteren leerlingen en studenten met de intelligente technologie? Waar is het nodig als professional in te springen en de technologie aan te vullen of in perspectief te plaatsen? Is het wenselijk de leerdoelen en onderwijsmethoden aan te passen? Welke toerusting hebben leerlingen en studenten nodig om effectief gebruik te maken van de technologie? Welke instellingen of aanpassingen van de technologie zijn nodig? Deze vragen beantwoorden leraren en docenten niet allemaal tijdens het geven van onderwijs. Ze vergen ook doordenking vooraf en na afloop. Bij de beantwoording kunnen data een rol spelen. Tegelijkertijd is het belangrijk dat leraren en docenten kritisch omgaan met de data. Leraren en docenten ontwikkelen het onderwijs rondom intelligente technologie niet alleen, maar ook met anderen. Samenwerking is ook belangrijk bij de ontwikkeling van (nieuwe) toepassingen van intelligente technologie (zie paragraaf 2.6).

Investeren in eigen professionele ontwikkeling

Om de kansen van de intelligente technologie te benutten en de risico's te beheersen is het cruciaal dat leraren en docenten professionele ruimte krijgen, op het niveau van de instelling, de school/opleiding én de individuele docent en leraar. Deze ruimte wordt deels bepaald door structurele factoren zoals formele taken, inspraakmogelijkheden en vrijheidsgraden die leermiddelen bieden.[80] Maar de ruimte is ook afhankelijk van de cultuur die onderwijsprofessionals met elkaar tot stand brengen.[81] Bij opleidingen en scholen waar leraren en docenten bijvoorbeeld veel samenwerken en zich richten op het verbeteren van onderwijs, zullen zij meer ruimte ervaren dan bij opleidingen en scholen waar onderwijsgevenden er meer alleen voor staan en elke innovatie als een bedreiging wordt gezien. De professionele ruimte is tot slot afhankelijk van de competenties die leraren en docenten ontwikkelen. Bij intelligente technologie gaat het in de eerste plaats om het begrijpen van de mogelijkheden en beperkingen van data en analysemethoden. Daarnaast hebben leraren en docenten ontwerpvaardigheden nodig. Er kunnen immers alleen relevante data met de technologie worden verzameld als het onderwijs zinvol is ontworpen en rekening houdt met de omstandigheden waarin leerlingen of studenten leren.[82] Individuele scholing en ontwikkeling helpen leraren en docenten de benodigde competenties te vergroten, maar samen leren en ontwikkelen, bijvoorbeeld als team, zijn minstens zo belangrijk. Een reflectieve en onderzoekende benadering kan daarbij hun professionele ontwikkeling ten goede komen.[83]

80 Krause, Béneker, Van Tartwijk, Uhlenwinkel & Bolhuis, 2017.
81 Onderwijsraad, 2016c.
82 Mandinach & Schildkamp, 2021.
83 Onderwijsraad, 2016c.

Bijdragen aan onderwijsbeleid ten aanzien van intelligente technologie
De komst van intelligente technologie betekent in ieder geval dat leraren en docenten meer dan voorheen te maken krijgen met beslissingen over het delen en vergelijken van informatie. Om verantwoorde beslissingen te nemen is het wenselijk dat leraren en docenten kunnen terugvallen op beleid en kaders die op lokaal, regionaal, landelijk of zelfs internationaal niveau worden gemaakt. Bij voorkeur zijn ze zelf betrokken bij de ontwikkeling van onderwijsbeleid en kaders rondom de inzet van intelligente technologie. Zeker waar het gaat om pedagogische en didactische beslissingen die raken aan de onderwijscultuur of de onderwijskwaliteit. Leraren en docenten kunnen bijvoorbeeld meedenken over de regelgeving rondom de inzet van intelligente technologie bij het surveilleren. Ze kunnen als beroepsgroep de richtlijn formuleren dat ze terughoudend zijn met het delen van data die leerlingen/studenten onderling vergelijken. Of ze kunnen in kaart brengen waar in het curriculum intelligente technologie zinvol en verantwoord in te zetten is en waar dat nog niet het geval is. Tot slot ze kunnen aangeven op welke terreinen verder onderzoek en onderwijsontwikkeling nodig zijn.

2.6 Ook leerlingen/studenten, schoolleiders/opleidings-directeuren, bestuurders en overheid hebben actieve rol

Ook voor andere actoren ziet de Onderwijsraad een actieve rol bij de omgang met intelligente technologie. Dit zijn in het bijzonder de leerlingen en studenten, degenen met wie leraren en docenten samen onderwijs ontwikkelen, schoolleiders/opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders, netwerken van instellingen en onderwijsprofessionals en de overheid.

Leerlingen en studenten
Leerlingen en studenten hebben vooral een rol in leerprocessen. Daarin zullen interacties vaker met of via de intelligente technologie plaatsvinden. Hoewel fysieke interacties met leraren/docenten en medeleerlingen/-studenten zeer belangrijk blijven, leren leerlingen en studenten vaker alleen of als groepje, onafhankelijk van anderen. Ook de plaats en het tijdstip van leren bepalen ze vaker zelf. De technologie ondersteunt hen bij het zelfstandig leren en kan tot op zekere hoogte rekening houden met persoonlijke voorkeuren en behoeften. Dit kan ertoe leiden dat leerlingen en studenten meer verantwoordelijkheden nemen voor hun leerproces en wellicht ook voor het onderwijs (denk aan leerlingen die zelf op zoek gaan naar uitleg, elkaar iets uitleggen of hiervoor een online video uitzoeken). In hoeverre dit gebeurt, hangt af van bijvoorbeeld leeftijd en ervaring. In veel gevallen zullen leraren en docenten een belangrijke rol blijven spelen, zeker bij het geven en ontwikkelen van onderwijs. Leraren en docenten hebben er sowieso op toe te zien dat alle leerlingen en studenten voldoende zijn toegerust om zelfstandig, kritisch en kundig om te gaan met de technologie (zie paragraaf 4.5). Dit om te voorkomen dat slechts een deel van de leerlingen profiteert van de intelligente technologie, en de kansenongelijkheid toeneemt (zie paragraaf 4.4).

Actoren met wie leraren en docenten samen onderwijs ontwikkelen
Leraren en docenten ontwikkelen onderwijs bij voorkeur met anderen, bijvoorbeeld met collega-leraren/-docenten, ict-(onderwijs)coördinatoren, onderwijskundigen, data-analisten, lerarenopleiders, nascholers, onderzoekers, aanbieders van digitale onderwijsmaterialen en eventueel ook schoolleiders/bestuurders. Een multidisciplinaire mix van in elk geval leraren/docenten en technisch specialisten is ook van belang bij het ontwerpen en aanpassen van nieuwe intelligente technologie.[84] Het is niet realistisch te verwachten dat alle leraren/docenten bij dit ontwerpproces betrokken zijn, maar wel belangrijk dat er een vertegenwoordiging bij betrokken is. Als praktijkdeskundigen geven leraren/docenten dan aan welke functionaliteiten ze van de technologie wensen en in hoeverre zij die zelf willen kunnen instellen afhankelijk van de onderwijssituatie. Ook beproeven zij nieuwe of aangepaste technologische ontwerpen in hun praktijk. Tot slot nemen deze leraren en docenten hun collega's dan weer mee in het gesprek over de inzet van de intelligente technologie in het onderwijs.

In de gesprekken over onderwijsontwikkeling en intelligente technologie die leraren en docenten voeren met collega's en andere deskundigen, is gelijkwaardigheid een belangrijk uitgangspunt.[85] Daarnaast is een gemeenschappelijke taal nodig waarin betrokkenen de didactische, pedagogische en technologische wensen en mogelijkheden kunnen bespreken. Conceptuele indelingen als de drieslag tussen detectie-interpretatie-handelen (zie paragraaf 2.1) en de stadia van automatisering bij onderwijs geven (zie paragraaf 2.4) helpen daarbij.[86] Deze kunnen verder worden gespecificeerd en ingekleurd met ervaringen van de betrokkenen zelf.

Een van de speerpunten voor onderwijsontwikkeling is toepassingen van intelligente technologie veelzijdiger maken. Zo kunnen ontwikkelaars zich richten op intelligente ondersteuning voor samenwerkend leren, zelfstandig leren of interactieve simulaties.[87] Een ander speerpunt zijn dashboards die leraren en docenten of leerlingen en studenten zicht bieden op het leren.[88] Idealiter maken dashboards zowel de rol van de leerlingen en studenten, als die van de leraren en docenten en die van de intelligente technologie inzichtelijk. Dit betekent dat interpretaties en acties van de technologie worden 'uitgelegd' (zie ook paragraaf 2.4).[89]

Levensecht onderwijs door systematische onderwijsontwikkeling
Studenten Sport & Bewegen van het Friesland College leren slagaderlijke bloedingen te stoppen met behulp van augmented reality (AR). Strikt genomen bevat deze AR-toepassing nog geen intelligente technologie in de zin dat het systeem 'leert van gebruikersdata'. Maar de opleiding ziet wel mogelijkheden om deze toe te voegen en de leeromgeving, die al rijk is, nog interactiever en levensechter te maken.

In de huidige lessen dragen mbo-studenten een HoloLens-bril die de realiteit verbindt met virtuele objecten. Via de Hololens zien ze virtueel een bloedend slachtoffer, maar blijven daarbij hun eigen omgeving zien (anders dan bij virtual reality, die de studenten volledig onderdompelt in een virtuele wereld). De studenten moeten handelingen bij het virtuele slachtoffer verrichten. Op basis van *handtracking* wordt beoordeeld in hoeverre studenten de handeling beheersen. Bij fouten wijst het programma hen terug naar opgaven. Volgens de docenten levert het werken met AR niet alleen beter, maar ook aantrekkelijker onderwijs op. De studenten zijn gemotiveerder om de taak goed uit voeren.

Het huidige onderwijsontwerp is systematisch en samen met externe partijen ontwikkeld. het Friesland College laat dit soort projecten deel uitmaken van de eigen kwaliteitsagenda en stelt een vrij te besteden budget beschikbaar. De opleiding Sport & Bewegen heeft contact gezocht met het bedrijf van een oud-student dat zich richt op AR-technologie, met het doel het onderwijs realistischer en interessanter te maken. De docenten van de opleiding en medewerkers van het bedrijf hebben gezamenlijk een ontwerp gemaakt. Daarbij stelden ze een aantal vragen. Wat moeten de studenten leren? In welke stappen moet dat gebeuren? Hoe visualiseren we dat optimaal? En wat is er technisch mogelijk? De uitdaging was de lessen zo levensecht mogelijk, maar ook weer niet té confronterend te maken. Uiteindelijk is gekozen voor drie lesonderdelen waarvoor een AR-toepassing is ontworpen. De studenten van de opleiding testten de toepassingen in de praktijk.

Deze manier van werken geeft volgens de docenten een nieuwe impuls aan de kwaliteit van hun onderwijs. Het programma wordt inmiddels doorontwikkeld voor lessen over de behandeling van patiënten met hart- en longproblemen. De toepassingen zijn mogelijk ook bruikbaar bij andere opleidingen van het Friesland College, zoals bij Zorg en Welzijn. Uiteindelijk is het de bedoeling de lessen EHBO op alle onderdelen systematisch te verbeteren. Intelligente technologie kan op termijn helpen de scripts van de simulaties interactiever en minder rigide maken. Dat kan door gebruikersdata terug te koppelen naar het systeem. Dit soort toepassingen bestaat al in onderzoekslaboratoria, bijvoorbeeld een waarbij studenten met een VR-bril de biologische samenstelling van een gesimuleerde kikker bestuderen, en het intelligente systeem spraakfeedback geeft die is afgestemd op de voorkennis van de student.[90]

Schoolleiders/opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders
Schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders dragen zorg voor de onderwijskwaliteit. Ze hebben daarbij de taak na te gaan of álle leerlingen en studenten profiteren van de inzet van intelligente technologie en er geen groepen benadeeld worden. Waar intelligente technologie wordt ingezet, borgen zij dat zowel leerlingen en studenten als leraren en docenten zijn toegerust en ook de digitale infrastructuur op orde is gebracht.

84 Luckin & Cukurova, 2019.
85 Francesc e.a., 2019.
86 Molenaar, 2021.
87 Vergelijk: Aleven e.a., 2016.
88 Molenaar, 2022.
89 Ibid.
90 Ahn e.a., 2018.

Schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders vormen een organisatorische spil bij de inzet van technologie. Hun toegevoegde waarde ligt voor een groot deel in het ontzorgen van leraren en docenten die intelligente technologie inzetten. Bijvoorbeeld door technisch ondersteuners in te schakelen. Ook hebben zij de taak ruimte te creëren voor onderwijsontwikkeling, professionele ontwikkeling en samenwerking rondom het vraagstuk van intelligente technologie.

Het is daarbij belangrijk de onderwijsvisie van de school, opleiding of instelling in het vizier te houden. Als een producent van intelligente technologie een training aanbiedt, kan dat bruikbaar zijn, maar dit is zeker niet genoeg om de technologie verantwoord in te bedden in het eigen onderwijs. Schoolleiders/opleidingsdirecteuren moeten goed voor ogen hebben welke doelen ze willen bereiken met leerlingen en studenten en hoe intelligente technologie hieraan kan bijdragen. Misschien leidt de inzet van intelligente technologie tot aanpassingen in de onderwijsvisie, bijvoorbeeld doordat andere leerdoelen binnen bereik komen (zie paragraaf 4.3). De leiding heeft erop toe te zien dat een eventuele bijstelling van de onderwijsvisie onder invloed van de technologie niet terloops maar doordacht gebeurt. Visieontwikkeling rondom digitalisering gaat hand in hand met toepassing van de technologie op kleine schaal. Wanneer toepassingen succesvol zijn, kunnen ze geleidelijk worden opgeschaald.[91]

Verder mogen schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders er niet van uitgaan dat intelligente technologie een besparing oplevert in de zin dat er minder leraren en docenten nodig zijn. Integendeel: een goed inzet van intelligente technologie in onderwijs vraagt stevige voorbereiding en doordenking van alle facetten van het onderwijs, variërend van het leerklimaat tot de toetsing en feedback.

Netwerken van instellingen, onderwijsprofessionals en aanbieders van leermaterialen
Onderwijsinstellingen die een duidelijke visie hebben op de inzet van intelligente technologie en dit vertalen in hun onderwijsbeleid en -programma, zullen beter in staat zijn de kansen van intelligente technologie te benutten en de risico's in de hand te houden. Intelligente technologie is geavanceerd. Deze vereist kennis van de techniek, pedagogiek en didactiek en een cyclische wijze van ontwikkelen met verschillende professionals, die veel tijd investeren.[92] Dit wordt beter mogelijk wanneer onderwijsinstellingen digitale leermiddelen, onderwijs en onderwijsbeleid ontwikkelen samen met andere onderwijsorganisaties en aanbieders van leermaterialen (zie ook het tekstkader Collaborative Trust Framework in paragraaf 4.4).

Op verschillende niveaus van productontwikkeling moet de visie van het onderwijsveld leidend zijn. Onderwijsprofessionals krijgen daarbij de gelegenheid aan te geven welke wensen zij hebben ten aanzien van de technologie en hoe zij denken dat deze kan helpen om hun onderwijsdoelen bij leerlingen en studenten te realiseren. Een heldere vraagarticulatie kan voorkomen dat voornamelijk de aanbieders bepalen welke technologie voor het onderwijs wordt ontwikkeld en de technologie leidend wordt voor het onderwijs geven.[93] Aanbieders van intelligente technologie die open staan voor een dialoog met de klant en een cyclische wijze van productontwikkeling, kunnen hiermee de productkwaliteit verbeteren en de klanttevredenheid vergroten.[94] Deze werkwijze maakt dan ook deel uit van het curriculum van meer toegepaste opleidingen voor datawetenschappen (zie tekstkader hieronder).

Samenwerking vindt plaats op zowel regionaal, landelijk als internationaal niveau. Mogelijke opbrengsten zijn: standaarden voor het ontwerpen van intelligente technologie voor het onderwijs, richtlijnen voor inbedding van deze technologie in het onderwijs, gezamenlijke onderwijsprogramma's met intelligente technologietoepassingen, uitgangspunten voor een curriculum waarin intelligente technologie is ingebed, en gezamenlijke scholings- of professionaliseringstrajecten.

91 Onderwijsraad, 2017a.
92 Tacoma, 2020.
93 Onderwijsraad, 2017a, 2019; Zie ook: ministerie van OCW, 2019; CLU Leermiddelen Adviescentrum, 2021.
94 Leone, Schiavone, Appio & Chiao, 2021.

Leren ontwikkelen van intelligente technologie in dialoog met de klant
De Jheronimus Academy of Data Science (JADS) is in 2015 opgericht door de Tilburg University en de Technische Universiteit Eindhoven samen met de provincie Noord-Brabant en de gemeente 's-Hertogenbosch. Zij bieden een geïntegreerd *data science* onderwijsprogramma aan met elementen uit opleidingen als statistiek, informatietechnologie en ondernemerschap. Een van de curriculumonderdelen is het MKB Datalab, waarin studenten samen met ondernemers uit de regio toepassingen van intelligente technologie ontwikkelen. Incidenteel wordt ook samengewerkt met overheidsorganisaties. Bij dit en ook andere studieonderdelen leren studenten het technisch ontwerp nauw te laten aansluiten bij de wensen van de klant.

De overheid
De overheid heeft de taak kaders te scheppen die privacy en dataveiligheid waarborgen bij de inzet van intelligente technologie.[95] Daarnaast heeft zij een verantwoordelijkheid de markt voor intelligente onderwijstechnologie te reguleren, zodat deze niet wordt gedomineerd door enkele aanbieders, nieuwe aanbieders ook een kans maken, en uiteenlopende doelgroepen worden bediend.[96]

De overheid heeft verder de taak algemene leerdoelen te formuleren voor de digitale geletterdheid, waartoe ook het omgaan met intelligente technologie behoort (zie paragraaf 4.3). In het verlengde hiervan heeft de overheid te bevorderen dat leraren en docenten voldoende digitaal geletterd zijn om deze doelen te onderwijzen.

Ten slotte heeft de overheid een rol in het stimuleren van samenwerking rondom de ontwikkeling van onderwijstoepassingen van intelligente technologie. Het gaat om samenwerking vanaf het moment dat de vraag naar producten van intelligente technologie wordt geformuleerd, tot de inbedding van deze producten in het onderwijs en de aanpassingen ervan op basis van onderwijservaringen. Dit gebeurt bijvoorbeeld in het Nationaal Onderwijslab AI (zie tekstkader hierna), waarin zowel onderzoekers en aanbieders van technologie als leraren en docenten betrokken zijn. Het is cruciaal dat leraren en docenten actief betrokken zijn bij de ontwikkeling van intelligente technologie. Dit voorkomt dat de technologie een doel op zich wordt en zorgt ervoor dat de technologie een middel blijft om het leren van leerlingen en studenten te bevorderen.

Nationaal Onderwijslab AI
In het Nationaal Onderwijslab AI werken scholen, wetenschappers en aanbieders aan onderwijsinnovaties rondom de gerichte en verantwoordelijke inzet van intelligente technologie in het basis- en voortgezet onderwijs. Het Nationaal Onderwijslab start in oktober 2022 en is gefinancierd door het Nationaal Groeifonds. De publieke financiering is voor tien jaar toegekend.[97]

95 Ministerie van OCW, 2019.
96 Onderwijsraad, 2018a.
97 Bureau Common Ground, 2020.

bevinding 3 een

Inzet intelligente technologie brengt veranderingen in het creëren van een leergemeenschap

Een klas, een school, een cursus en een opleiding zijn sociale gemeenschappen die op leren zijn gericht. Afhankelijk van de manier waarop intelligente technologie wordt ingezet, heeft deze een positieve of negatieve invloed op de vorming van leergemeenschappen. Dit heeft implicaties voor de rollen van leraren, docenten en andere actoren.

Sociale interacties zijn cruciaal om een leergemeenschap te vormen. Alleen wanneer leerlingen/studenten en leraren/docenten regelmatig met elkaar omgaan, raken zij verbonden met het onderwijs en met elkaar. Vanuit deze verbondenheid kunnen betekenisgeving en een stimulerende leergemeenschap ontstaan waarin ook rekening wordt gehouden met het welzijn en de gezondheid van de betrokkenen. Tijdens de covid-19-pandemie is duidelijk geworden hoezeer fysieke ontmoeting daarbij van belang is.

De komst van intelligente technologie verandert wie wordt betrokken bij de leergemeenschap. Inzet van de technologie biedt mogelijkheden om de samenstelling van de leergemeenschap diverser, inclusiever en internationaler te maken. Maar de onderwijsgemeenschap kan ook homogener worden wanneer de technologie wordt gebruikt om leerlingen en studenten te groeperen naar zelfde onderwijsbehoeften, voorkeuren en achtergronden. Onbedoeld kan de technologie ook leiden tot segregatie van leerlingen en studenten die profiteren van de intelligente technologie en degenen die dit niet doen, bijvoorbeeld doordat de laatsten vaardigheden missen om effectief en verantwoord met intelligente technologie om te gaan of doordat hun school of opleiding minder goed is voorbereid op het gebruik van deze technologie. Deze kansenongelijkheid kan doorwerken in het vervolgonderwijs en de samenleving, omdat leerlingen en studenten juist begeleiding en ervaringen met de technologie nodig hebben om digitale vaardigheden op te doen.

Inzet van de technologie beïnvloedt ook de manier waarop leerlingen en studenten en hun leraren en docenten met elkaar omgaan en interpersoonlijke relaties ontwikkelen. Mogelijkheden voor sociale interacties kunnen afnemen, maar ook toenemen. Intelligente technologie kan de invloed en betrokkenheid van leraren en docenten bij de leerlingen en studenten vergroten, maar ook ondermijnen. De technologie kan bijdragen aan een gezamenlijke focus op het leren, maar ook afleiden van het leren of leiden tot onwenselijke vormen van competitie. Welzijn en fysieke gezondheid van leerlingen kunnen onder druk komen te staan. Dit gebeurt bijvoorbeeld wanneer de technologie leidt tot excessief schermgebruik of overmatig zitten.

De komst van intelligente technologie maakt het nog belangrijker dat leraren en docenten de balans bewaken tussen individuele en gezamenlijke werkvormen, tussen meer en minder sociale interacties bij onderwijzen en leren, tussen interacties met technologie en persoonlijke interacties, tussen beeldscherm gemedieerde activiteiten en fysieke activiteiten en tussen zitten en bewegen. Het is daarbij zaak rekening te houden met een disbalans in de beschikbaarheid van de intelligente technologie, die momenteel voornamelijk op individuele werkvormen is gericht. Leraren en docenten kunnen deze disbalans tegengaan door samen met onder meer onderzoekers en private aanbieders technologie te ontwikkelen die gezamenlijke werkvormen in het onderwijs ondersteunt. De overheid kan hierbij een stimulerende rol vervullen. Zij heeft er in ieder geval op toe te zien dat de privacy en dataveiligheid op alle onderwijsinstellingen zijn geborgd.

Hieronder belicht de raad de veranderingen in vijf deelprocessen van het creëren van een leergemeenschap en zoomt in op de verschillende rollen van actoren.

3.1 Leerlingen en studenten bij de leergemeenschap betrekken

Intelligente technologie biedt kansen leerlingen en studenten bij de gemeenschap te betrekken die zonder de technologie niet of niet direct met deze gemeenschap onderwijs kunnen volgen. Denk aan leerlingen met spraak-taalstoornissen die gebruik maken van spraakcomputers (zie tekstkader hierna), en blinde leerlingen en studenten die gebruik maken van braille-displays en spraakherkenning.[98] De technologie ondersteunt hier de communicatie met anderen.[99] Leerlingen en studenten die gevoelig zijn voor prikkels, zijn geholpen met *noise cancelling*-koptelefoons die tijdens de les of in studieruimtes op de campus het omgevingsgeluid uitschakelen.

98 McCarthy, Rosenblum, Johnson, Dittel & Kearns, 2016.
99 Miao, Holmes, Huang & Zhang, 2021.

Slimme hulpmiddelen bij spraak-, taal- of gehoorbeperkingen
Auris biedt onderwijs, zorg en ambulante begeleiding aan kinderen en volwassenen met een beperking op het gebied van spraak, taal en gehoor. Auris geeft haar doelgroep informatie over digitale instrumenten die leerlingen en studenten helpen met hun beperking om te gaan. Leerlingen en studenten die moeite hebben met spreken, of die het Nederlands nog niet goed beheersen, gebruiken bijvoorbeeld spraakcomputers, waardoor zij eerder sociale aansluiting vinden. Implantaten die audiosignalen digitaal verwerken, zorgen dat slechthorende leerlingen en studenten beter kunnen meedoen in de les of het college. Op dit moment is er een digitaal programma in ontwikkeling waarbij een *avatar* in de vorm van een poppetje gesproken taal in gebarentaal omzet. Deze technologische toepassing is in eerste instantie bedoeld voor de communicatie tussen kinderen en hun ouders, maar zou uiteindelijk ook in de klas gebruikt kunnen worden. Een ander digitaal instrument in ontwikkeling laat slechthorenden groepsgesprekken gemakkelijker volgen, door te laten zien wie er aan het woord is.

De intelligente technologie kan ook tegemoet komen aan leerlingen en studenten die om uiteenlopende redenen niet fysiek aanwezig kunnen zijn in de klas, en die via videotechnologie met een leergemeenschap in verbinding staan.[100] Videotechnologie is op zichzelf niet intelligent, maar intelligente technologie kan het gebruik optimaliseren door bijvoorbeeld camera's en microfoons die reageren op de bewegingen van mensen in een ruimte of zelfs op inhoudelijk signalen vanuit onderwijsprocessen. De intelligente technologie maakt het onderwijs op afstand soepeler en levensechter. Dit biedt mogelijkheden voor leerlingen en studenten die ziek zijn, schoolangst hebben of vanwege een pandemie niet bij elkaar kunnen komen.[101] En voor leerlingen en studenten die tijdelijk in het buitenland verblijven, studenten die een opleiding combineren met een baan of intensieve zorgtaken, en degenen die deelnemen aan een uitwisselingsprogramma tussen onderwijsinstellingen[102], bijvoorbeeld tussen mbo-opleidingen in Caribisch en Europees Nederland.[103]

Ook adaptieve leermaterialen kunnen leerlingen en studenten helpen op afstand deel uit te maken van de leergemeenschap. Hoewel frequente directe interactie met de leraren en docenten in veel gevallen de voorkeur verdient (zie paragraaf 2.4 en 4.1), maken deze materialen het in deze uitzonderingsgevallen mogelijk dat leerlingen en studenten zelfstandig leren en samenwerken terwijl ze toch begeleiding (van de technologie) krijgen. Zo blijven zij aangehaakt bij de leergemeenschap. Deze materialen kunnen leraren en docenten in staat stellen op afstand leerlingen en studenten te volgen.

Intelligente technologie kan door al deze mogelijkheden bijdragen aan inclusiever onderwijs voor leerlingen die door langdurige ziekte of een beperking niet of weinig aanwezig kunnen zijn in de les[104], aan flexibeler en toegankelijker onderwijs in het kader van een leven lang leren[105] en aan onderwijs met een internationale en interculturele oriëntatie.[106]

Intelligente technologie zorgt niet vanzelfsprekend voor een heterogeen samengestelde leergemeenschap. De gemeenschap wordt juist homogener wanneer leerlingen en studenten worden gegroepeerd op basis van profielen die de intelligente technologie maakt van hun voortgang en voorkeuren. Op die manier komen leerlingen/studenten die verschillen in onderwijsbehoeften en voorkeuren elkaar minder vaak tegen.

De groepssamenstelling hóeft niet bepaald te worden met behulp van intelligente technologie. Wanneer dit instrument wel wordt gebruikt, kan het juist ook helpen om objectieve beslissingen te nemen. Leraren, docenten en andere onderwijsprofessionals moeten er echter alert op zijn dat het de groepssamenstelling ook onbedoeld kan beïnvloeden.

Leerlingen en studenten die bijvoorbeeld een lage score halen bij opgaven van een adaptief oefenprogramma, krijgen vervolgopgaven van een lager niveau dan degenen die hoog scoren. Een programma dat te snel differentieert, kan leerlingen en studenten

100 Francesc e.a., 2019.
101 Ibid.
102 Onderwijsraad, 2016b.
103 Zie filmbeelden van *Opening Classroom of the Future*, MBO Bonaire, ROC Mondriaan, Cisco en Axians. https://www.youtube.com/watch?v=If7UbbZ_wHY
104 Onderwijsraad, 2020a. Inclusiever onderwijs voor leerlingen en studenten met een beperking vergt dat bij het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten rekening wordt gehouden met specifieke kenmerken van deze leerlingen en studenten. Paragraaf 4.4 laat zien dat intelligente technologie hierin ook een rol kan spelen.
105 Onderwijsraad, 2016d.
106 Onderwijsraad, 2016b.

demotiveren zich in te zetten, waardoor de voorspellingen van het programma bevestigd worden.[107] De lage verwachtingen worden een *self fulfilling prophecy*.[108] De aanvankelijk lage score heeft daarbij niet altijd te maken met het vaardigheidsniveau van de leerling of student in een bepaald leergebied. De score kan ook te maken hebben met toevallige fluctuaties in prestaties, bijvoorbeeld doordat de leerling of student een les gemist heeft waarin de leerstof werd toegelicht. Adaptieve programma's kunnen ook voorbijgaan aan randvoorwaarden, zoals de beschikbaarheid van apparatuur om thuis te oefenen met het programma, digitale vaardigheden om de intelligente technologie te gebruiken en de mate waarin de leraren en docenten in staat zijn het programma in te bedden in het onderwijs.[109]

Door gebreken in de technologie of de omgang ermee kan een digitale kloof ontstaan tussen leerlingen en studenten die profiteren van de technologie, en degenen die dat niet doen. Of juist tussen leerlingen/studenten die toegang hebben tot onderwijs waarin leraren/docenten een belangrijke rol spelen, en degenen die het moeten stellen met onderwijs dat voornamelijk wordt gegeven door intelligente technologie (zie ook paragraaf 2.2). Uiteindelijk kan de kloof weer bepalend zijn voor de samenstelling van de leergemeenschappen. Dit kan de kansenongelijkheid verder versterken, omdat leerlingen en studenten juist digitale vaardigheden opdoen door met de technologie te oefenen en van elkaar te leren.

Een en ander is niet los te zien van achtergrondfactoren als sociaaleconomische status, migratieachtergrond en sekse. Adaptieve programma's die grofmazig het onderwijs afstemmen op voortgangsdata, kunnen onbedoeld leiden tot segregatie van groepen volgens deze achtergrondkenmerken. Dit geldt ook voor adaptieve programma's die het onderwijs afstemmen op de voorkeur van leerlingen en studenten voor een leeraanpak of op hun inhoudelijke interesses. Deze kunnen immers weer samenhangen met de achtergrondfactoren. Denk aan de verschillen tussen jongens en meiden in hun keuze van vakprofielen of in hun studiekeuzes.[110] Adaptieve programma's kunnen dit soort verschillen in het onderwijs verder uitvergroten.

Intelligente technologie die rekening houdt met achtergrondfactoren, draagt niet noodzakelijkerwijs bij aan het dichten van de digitale kloof. Het gebruik van slimme algoritmes om aan de hand van voortgangsdata en achtergrondfactoren studieproblemen en uitval te voorspellen, kan helpen leerlingen en studenten tijdig extra ondersteuning te bieden, maar kan ook onbedoeld leiden tot profilering, stigmatisering en discriminatie van bepaalde groepen. Dat laatste gebeurt met name wanneer data over leerling- of studentprofielen breder worden verspreid en een eigen leven gaan leiden. De overheid heeft er op grond van antidiscriminatiewetgeving op toe te zien dat instellingen die analyses uitvoeren op data van leerlingen en studenten, uitgaan van algoritmes die vrij zijn van vertekening[111] en alle maatregelen hebben genomen om de veiligheid van hun data te borgen.[112]

3.2 Gezamenlijke activiteiten organiseren

Met intelligente technologie doet een nieuwe actor zijn intrede in het onderwijs, die – net als de leerlingen, studenten, leraren en docenten – intelligente gedragingen kan vertonen. Denk aan een programma dat automatisch teksten nakijkt die leerlingen en studenten in opdracht van de leraar hebben gemaakt. Naarmate meer interactie plaatsvindt met de actor intelligente technologie, kan het aantal interacties tussen leerlingen/studenten onderling of tussen leerlingen/studenten en hun docenten/leraren afnemen. Ook kunnen interacties vaker via een medium als een beeldscherm plaatsvinden. Er is dan minder fysiek contact.

Dit hoeft echter niet te gebeuren. Eerdere toepassingen van intelligente technologie waren vooral gericht op vervanging van de leraar of docent en een-op-een-instructie (zie tekstkader paragraaf 2.1). Veel van de huidige toepassingen zijn bedoeld om leraren en docenten die klassikaal lesgeven aan te vullen dan wel te ondersteunen, of onder hun begeleiding leerlingen en studenten zelfstandig laten te werken. Sommige toepassingen richten zich specifiek op samenwerkend leren in groepjes (zie tekstkader verderop).[113] Een toepassing ondersteunt bijvoorbeeld het maken van annotaties bij het bestuderen

107 Molenaar, 2022.
108 Ekowo & Palmer, 2016; vergelijk Eder, 1981.
109 Hohlfeld e.a., 2008.
110 Onderwijsraad, 2020b.
111 Dibbets, Verbeek, Verhaar & Terlouw, 2022.
112 https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/onderwerpen/avg-europese-privacywetgeving; zie ook ministerie van OCW, 2019; Rathenau Instituut, 2022.
113 Molenaar & Knoop-van Campen, 2018.

van teksten, die vervolgens door de technologie onder de leden van de leergemeenschap worden verspreid en van automatische interpretaties worden voorzien (zie tekstkader paragraaf 4.1). Ook dit programma kan de sociale interactie vergroten. Bij klassikale werkvormen kunnen leraren en docenten interactie bevorderen door bijvoorbeeld quizzen af te nemen. De intelligente technologie kan hierbij antwoorden automatisch analyseren en visualiseren.

Ondersteuning van intelligente technologie bij deze interactieve werkvormen kan ze aantrekkelijker of haalbaarder maken en een stimulans zijn om ze vaker in te zetten. De intelligente technologie kan zelfs een impuls geven aan de sociale interactie wanneer die dient om het individuele leren van leerlingen en studenten te ondersteunen. Denk aan een intelligent tutorsysteem waarmee leerlingen en studenten zelfstandig en individueel kennis en vaardigheden verwerven. Het programma zorgt dat leerlingen en studenten beter voorbereid deelnemen aan werkvormen waarin ze in groepsverband en onder begeleiding van leraren en docenten de kennis en vaardigheden toepassen. De technologie ondersteunt dan de didactische strategie van de *flipped classroom*, waarbij contactmomenten worden benut om de leerstof toe te passen in plaats van klassikale instructie te krijgen. De leraren en docenten hebben meer tijd om deze gezamenlijke werkvormen voor te bereiden en te ontwerpen. Ze zijn immers minder tijd kwijt aan het onderwijzen van meer basale kennis en vaardigheden, waaronder opdrachten nakijken (zie paragraaf 4.2).[114]

Tot nu toe zijn er meer toepassingen van intelligente technologie die het individueel leren ondersteunen, dan die het samenwerkend leren van groepjes ondersteunen. Dat komt omdat toepassingen in het onderwijs oorspronkelijk werden ontwikkeld om individuele instructie te geven (zie tekstkader paragraaf 2.1) en omdat samenwerkend leren complexer is. Er bestaan wel toepassingen voor de ondersteuning van samenwerkend leren, maar alleen in onderzoekslaboratoria (zie tekstkader hieronder). Individuele werkvormen kunnen op zichzelf zinvol en nuttig zijn. Maar het risico bestaat dat intelligente technologie die individueel leren ondersteunt, vanwege bepaalde gebruiksvoordelen, zoals directe feedback en verminderde nakijktijd voor docenten, op grote schaal wordt toegepast en het samenwerkend leren verdringt. Leerlingen en studenten missen dan bijvoorbeeld mogelijkheden om van anderen te leren, het samenwerken te oefenen en sociale relaties te ontwikkelen.

Leraren en docenten kunnen dominantie van intelligente technologie die individuele werkvormen ondersteunt, tegengaan door daarnaast gezamenlijke werkvormen te kiezen, waarbij ze zelf interactief onderwijs geven aan de leerlingen/studenten, en interactie tussen hen stimuleren. Een andere strategie is om versneld programma's te ontwikkelen en te gebruiken die samenwerkend leren ondersteunen. Dit vergt investeringen in onderzoeksmatige co-creatieprojecten, waarbij onderzoekers samen met leraren en docenten en eventueel ook commerciële aanbieders nieuwe toepassingen ontwerpen en uitproberen in de praktijk (zie ook paragraaf 2.5).[115]

Ondersteuning door intelligente technologie bij samenwerkend leren in groepjes
Toepassingen van digitale technologie om samenwerkend leren te ondersteunen, zijn nu vooral te vinden in onderzoekscontexten. Bovendien zijn ze vooralsnog verkennend en wordt nog weinig gebruik gemaakt van intelligente technologie.[116] Dit komt omdat samenwerkend leren complexer verloopt dan individueel leren. Kunnen leerlingen en studenten hun bijdrage duidelijk maken aan de ander? Zijn bijdragen gericht op het doel, het thema of het vraagstuk dat centraal staat in de samenwerking? Levert ieder een gelijkwaardige bijdrage? Wordt de goede toon gehanteerd? Is de sfeer in de groep goed en wordt ingegrepen als er inhoudelijke of sociale problemen ontstaan in de samenwerking? Technologie die samenwerkend leren ondersteunt, moet rekening houden met dit soort vragen, naast de vragen die ook van toepassing zijn bij het individuele leren.

Een voorbeeld van digitale technologie voor samenwerkend leren is een dashboard voor het begeleiden van een groepsopdracht bij geschiedenis in het voortgezet onderwijs.[117] Deze toepassing is onderzocht in een Nederlandse *casestudy* met een leraar, die een aantal groepjes leerlingen volgde. Hoewel dit voorbeeld strikt genomen geen intelligente technologie betreft in de zin dat het systeem 'leert van gebruikersdata', is toepassing hiervan een logische uitbreiding.

114 Kaw, Clark, Delgado & Abate, 2019.
115 Onderwijsraad, 2017a, 2019.
116 Van Leeuwen & Rummel, 2019.
117 Van Leeuwen, Van Wermeskerken, Erkens & Rummel, 2017.

In de casestudy hebben leerlingen via een computer toegang tot een gezamenlijke online tekstverwerker, een *chattool* en digitale historische bronnen. De leraar kan via een digitaal dashboard de bronnen, de chats van de groepjes en hun teksten in wording inzien. Via de chat kan hij ook in gesprek gaan met de groepjes. Het online dashboard biedt hem bovendien aanvullende informatie over de samenwerking tussen de leerlingen. Zo geeft een taartdiagram de relatieve bijdrage van iedere leerling weer op basis van het aantal toetsaanslagen. De chats van leerlingen worden automatisch gecodeerd op basis van de gebruikte taal, en vertaald in een schematische weergave, zodat de leraar kan zien over welke concepten leerlingen in een groep discussiëren. Het onderzoek bevestigt dat de leraar dankzij de ondersteunende tools beter in staat is problemen rond participatie te identificeren, eerder in te grijpen bij groepjes die niet goed samenwerken en beter uit te leggen waarom hij dat doet.

De dashboards kunnen nog verder worden ontwikkeld door toevoeging van intelligente technologie. Voorbeelden uit ander onderzoek geven aan hoe hiermee data benut kunnen worden over de kennis van leerlingen, de manier waarop zij de taak aanpakken en de manier waarop zij samenwerken. Dashboards kunnen leraren en docenten bijvoorbeeld signalen geven wanneer zich problemen voordoen in de samenwerking, en een interventie van de leraren/docenten wenselijk is.[118] Ook kan intelligente technologie adviseren over het samenstellen van groepjes met eenzelfde werkstijl.[119]

3.3 Leercultuur creëren

Om te leren moeten leerlingen en studenten *bereid zijn* te leren, en hun aandacht focussen op de leerstof. Dat wordt meer vanzelfsprekend wanneer zij met elkaar betekenis geven aan het leren, er waarde aan toekennen en normen ontwikkelen voor een gunstig leerklimaat. Leraren en docenten zijn een belangrijke spil in het creëren van zo'n leercultuur. Door gezamenlijke activiteiten te organiseren (zie paragraaf 3.2), zorgen zij voor gedeelde ervaringen waaruit gedeelde normen en waarden kunnen ontstaan. Vanuit de interpersoonlijke relatie die leraren/docenten met leerlingen/studenten ontwikkelen (zie paragraaf 3.4), maken ze hen bijvoorbeeld bekend met de leerstof, inspireren hen en maken ze gezamenlijke afspraken over hoe met leren en met elkaar wordt omgegaan. Ze brengen afwisseling en pauzes aan in werkvormen en houden factoren die afleiden op afstand. Zo zorgen leraren en docenten dat de leercultuur voor iedereen stimulerend is en niemand wordt buitengesloten.

Lid JongerenOnderwijsraad spreekt uit eigen ervaring
"Vooral na de basisschool is technologie een vorm van afleiding. Kinderen worden snel afgeleid door een berichtje of ze gaan wat anders doen op een laptop. Dan wordt de leraar een politieagent die kijkt of ze geen andere dingen doen, in plaats van iemand die lesgeeft."

De intrede van intelligente technologie in het onderwijsproces kan ten koste gaan van het aantal sociale interacties tussen leerlingen/studenten onderling en met hun leraren/docenten. Maar de interacties kunnen ook toenemen, doordat de technologie bijvoorbeeld op slimme wijze de communicatie tussen deelnemers van de leergemeenschap faciliteert (zie paragraaf 3.2). Bovendien krijgen leraren en docenten meer mogelijkheden een gezamenlijke leercultuur tot stand te brengen doordat de intelligente technologie helpt om sociale processen en leerprocessen van leerlingen en studenten te volgen. De technologie verzamelt bijvoorbeeld gegevens over inlogmomenten, toetsaanslagen, aangeklikte menu-opties en inhoudelijke bijdragen die leerlingen en studenten digitaal aanleveren. Op basis hiervan kan de technologie bijvoorbeeld aangeven wie met wie interacteert, of leerlingen/studenten bezig zijn met leren of zijn afgeleid, wanneer leerlingen en studenten hun aandacht verliezen en wanneer ze opveren, en of zij meeliften of een opdracht zelf hebben gemaakt.[120] Leraren en docenten kunnen deze informatie bijvoorbeeld benutten om groepjes te formeren, in te spelen op interesses, maatregelen te nemen om een les ordelijk te laten verlopen, leerlingen/studenten te betrekken die worden buitengesloten, en ze aan te spreken bij fraude of plagiaat. Wanneer mentoren en studiebegeleiders naast hun eigen observaties ook data van intelligente technologie tot hun beschikking hebben, kunnen zij bijvoorbeeld eerder leerlingen en studenten helpen die vastlopen en hun motivatie dreigen te verliezen.

118 Schwarz e.a., 2018.
119 Berland, Davis, & Smith, 2015; Duque, Góméz-Pérez, Nieto-Reyes & Bravo, 2015.
120 Francesc e.a., 2019.

Het gebruik van de veelheid aan data kent ook keerzijden. Voortgangsdata geven weliswaar een indicatie van de inzet en concentratie van leerlingen en studenten, maar zeggen niet alles over de kwaliteit van de leerprocessen. Wanneer de nadruk al te zeer op deze voortgangsdata ligt, versterkt dit het idee dat leerlingen en studenten steeds aan een gemiddelde voortgangsnorm moeten voldoen. Afwijkingen van deze norm worden dan beschouwd als 'achterstanden' of 'risico's voor studiesucces', die nopen tot extra controlemaatregelen van de leraren/docenten.

Een te grote nadruk op voortgang gaat ook ten koste van het vertrouwen in het leerproces van de leerlingen en studenten, dat nu eenmaal grillig kan verlopen. Daarbij bestaat het risico dat leerlingen en studenten gaan inspelen op de monitoring. Ze focussen dan alleen op activiteiten die bijdragen aan hun score. Dit maakt hen bijvoorbeeld minder bereid medeleerlingen/-studenten te helpen, omdat dit niet bijdraagt aan hun eigen score. Of ze richten zich op de minimum- of gemiddelde norm, wat voor snellere leerlingen/studenten betekent dat ze minder hun best doen. In het ergste geval frauderen leerlingen en studenten om hun scores te manipuleren of plegen ze plagiaat.[121] Leraren en docenten kunnen hier weer surveillancesoftware inzetten, maar het wederzijds vertrouwen is dan al aangetast. En de pedagogische relatie waarbij leerlingen en studenten onder begeleiding van leraren en docenten inhoudelijke betekenis aan de leerstof toekennen, raakt op de achtergrond.

De inzet van intelligente technologie kan het gemakkelijker maken leerlingen en studenten te vergelijken met anderen.[122] Bij samenwerkend leren helpt dat bijvoorbeeld om de bijdragen van groepsleden zichtbaarder te maken. Dit vormt een stimulans om een evenredige bijdrage te leveren of andere leerlingen aan te spreken die de kantjes ervan af lopen. Het openlijk bespreken van de samenwerking aan de hand van objectieve data kan helpen problemen rond de inzet en bijdrage vroegtijdig te bespreken en escalatie te voorkomen. Niettemin blijft het effectief coördineren van de groepsinzet met de huidige intelligente instrumenten voor veel leerlingen en studenten een uitdaging.[123]

Het gebruik van data om leerlingen/studenten te vergelijken kent ook nadelen. Het kan onwenselijke vormen van competitie in de hand werken. Leerlingen/studenten leren dan uitsluitend voor een goede prestatie en niet vanuit een intrinsieke interesse.[124] Ze kunnen ook tegenover elkaar komen te staan, wat sommigen zal ontmoedigen.[125] Sociale vergelijking kan nog nadeliger uitpakken wanneer leraren en docenten, ouders of toekomstige werkgevers meekijken met de leerprestaties van de leerlingen en studenten.[126] Deze vorm van monitoring kan de leergemeenschap onveilig maken. Leerlingen en studenten worden bang fouten te maken, omdat alles wat ze doen wordt vastgelegd.[127]

Lid JongerenOnderwijsraad spreekt uit eigen ervaring
"Wanneer ik online voor school moet werken, wordt mijn tijd getrackt. Dit geeft me veel stress. Ik ga nadenken over mijn tijdsduur en word daar onzeker van."

Leraren en docenten kunnen zelf ook worden gemonitord en vergeleken door of via de intelligente technologie.[128] Dashboard kunnen bijvoorbeeld laten zien hoeveel interactie zij hebben met hun leerlingen en studenten en hoe de interactie samenhangt met leerprestaties. In een gunstige situatie profiteren leraren en docenten van de feedback die de intelligente technologie biedt voor hun eigen handelen. Maar wanneer deze data breder worden gedeeld – onder leraren, docenten, leerlingen, studenten, ouders, schoolleiders, opleidingsdirecteuren of onderwijsbestuurders – wordt de monitoring al snel controlerend en onveilig. De anderen kunnen op basis van dashboardinformatie oordelen vellen over de onderwijskwaliteit, en leraren en docenten aanspreken bij tegenvallende prestaties. Die kunnen zich moeilijk 'verdedigen' tegen wat wordt beschouwd als 'harde data'. Het behalen van een 'voldoende' dashboardscore kan dan een doel op zich worden, waardoor leraren en docenten zich gaan richten op minimumeisen.

Data delen of openlijk vergelijken is een onderwijskeuze. Leraren en docenten kunnen de technologie ook inzetten om hun leerlingen en studenten zichzelf te laten vergelijken met

121 Beetham e.a., 2021.
122 Kirschner, Kreijns, Phielix & Fransen, 2015.
123 Strauß & Rummel, 2021.
124 Zie ook Ryan & Deci, 2000.
125 Lim, Dawson, Joksimovic & Gašević, 2019.
126 Pijpers, 2022.
127 Williamson, 2020.
128 Beetham e.a., 2021.

een absoluut criterium, bijvoorbeeld een prestatieniveau waarop ze kunnen concluderen dat ze de stof beheersen, los van hoe anderen het doen. Of ze kunnen leerlingen/studenten via de technologie een vergelijking laten maken met eerdere prestaties van zichzelf en zo de eigen voortgang laten ervaren. Beide toepassingen kunnen juist heel stimulerend zijn.[129] Leraren en docenten kunnen daarnaast data over het onderwijsgeven in kleiner teamverband bespreken en toelichten. Op deze manier kan de technologie gezamenlijke professionalisering stimuleren.

Beslissingen over het delen en vergelijken van informatie horen gestoeld te zijn op beleid dat hierover op lokaal, regionaal, landelijk en internationaal niveau wordt gemaakt.[130] Leraren en docenten zijn bij voorkeur betrokken bij de ontwikkeling van dit beleid, zeker als het gaat om beslissingen die de leer- en onderwijscultuur beïnvloeden (zie ook paragraaf 2.6).

3.4 Interpersoonlijke relaties met leerlingen en studenten ontwikkelen

Interpersoonlijke relaties vormen de basis van het pedagogisch en vakdidactisch handelen van leraren en docenten. Alleen wanneer zij een band hebben met hun leerlingen en studenten, is het mogelijk het leerproces mede vorm te geven en te begeleiden. Intelligente technologie kan de invloed en betrokkenheid van leraren en docenten bij hun leerlingen en studenten vergroten, maar ook verkleinen.[131]

Leraren en docenten kunnen de intelligente technologie inzetten om meer zicht te krijgen op leerprocessen (zie paragraaf 3.3). De technologie signaleert bijvoorbeeld wanneer leerlingen en studenten vastlopen bij opdrachten of wanneer zij weinig interacties hebben met anderen. Leraren en docenten kunnen deze informatie aangrijpen om een persoonlijk gesprek te voeren en meer betrokken te raken bij leerlingen en studenten. De technologie kan ook helpen om het leerklimaat in de les of het college te beïnvloeden. De technologie attendeert leraren en docenten er bijvoorbeeld op dat het geluidsvolume of het aantal bewegingen toeneemt. Kleine interventies helpen dan de sfeer in de onderwijsgemeenschap goed te houden en invloed op de groep te houden.[132]

De inzet van intelligente technologie kan de interpersoonlijke relatie tussen leerlingen/studenten en leraren/docenten ook onder druk zetten. Dit gebeurt wanneer intelligente programma's professionele beslissingen uit handen nemen van de leraren en docenten. Een nakijkprogramma wordt dan bijvoorbeeld (mede)bepalend voor de keuze van beoordelingscriteria en de beoordeling en waardering van de prestaties. Leerlingen en studenten of hun ouders kunnen meer waarde gaan hechten aan de onderwijsbeslissingen van de technologie dan aan die van de leraren en docenten. Dat wordt problematisch wanneer data die de technologie genereert, slechts een deel van de situatie beslaan en de interpretatie geen rekening houdt met de context waarin ze zijn verkregen.[133] Wanneer anderen de technologie als doorslaggevend voor keuzes gaan zien, tast dit het gezag van de leraren en docenten aan. Dat gebeurt ook als data over het onderwijs geven breed worden gedeeld en leraren of docenten door anderen met elkaar worden vergeleken (zie paragraaf 3.3).

Het beroep van leraren en docenten is inherent complex, persoonlijk en kwetsbaar.[134] Schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders hebben de taak de professionele ruimte van leraren en docenten te beschermen, zodat de laatsten beslissingen kunnen blijven nemen over het geven en ontwikkelen van onderwijs. Dit betekent dat zij leraren en docenten steunen in hun professionele keuzes over de inzet van intelligente technologie en hen stimuleren hun pedagogische en didactische deskundigheid hierover verder uit te bouwen. Daarnaast hebben schoolleiders, opleidingsdirecteuren en onderwijsbestuurders erop toe te zien dat data over het onderwijsgeven allleen met toestemming van de leraren en docenten worden gedeeld. Tot slot hebben ze een taak de waarde van data die de intelligente technologie genereert, in perspectief te plaatsen. Dat kunnen ze behalve naar leraren en docenten ook naar anderen uitdragen, onder wie ouders en leerlingen en studenten. Het uitgangspunt is dat deze data ondersteunend zijn voor het professionele oordeel van de leraren en docenten, niet leidend.

129 Jivet, Scheffel, Drachsler & Specht, 2017.
130 Zie bijvoorbeeld: https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/onderwerpen/avg-europeseprivacywetgeving; zie ook ministerie van OCW, 2019; PO-Raad en VO-raad, 2022.
131 Beetham e.a., 2021; Wubbels e.a., 2013.
132 Wubbels e.a., 2013.
133 Williamson, 2020.
134 Kelchtermans, 2012.

3.5 Welzijn en gezondheid van leerlingen en studenten borgen

Welzijn en een goede fysieke gezondheid van leerlingen en studenten zijn voorwaarden om überhaupt te kunnen deelnemen aan een leergemeenschap. Intelligente technologie beïnvloedt beide positief wanneer deze het onderwijs ondersteunt en verrijkt. Het welzijn en de mentale gezondheid komen echter onder druk te staan als intelligente technologie leerlingen en studenten het gevoel geeft dat ze voortdurend gecontroleerd en vergeleken worden of dat ze te weinig contact met andere leerlingen/studenten of met leraren/docenten hebben. Hoewel de intelligente technologie het contact juist ook kan laten toenemen of verdiepen, hebben leraren en docenten er extra op te letten dat leerlingen en studenten niet eenzaam worden en vervreemd raken. Meer in het algemeen is het zaak de balans te bewaken tussen individuele en sociale werkvormen, interactie met technologie en persoonlijke interactie, door beeldscherm gemedieerde activiteiten en fysieke activiteiten en tussen zitten en bewegen. Dat laatste is ook een zorg. Het gebruik van de intelligente technologie gebeurt veelal via beeldschermen (tablet, laptop, mobiele telefoon, digibord/smartboard), waardoor de schermtijd van leerlingen en studenten toeneemt. Dit heeft gevolgen voor de gezondheid van de ogen en het zitgedrag.

Hieronder beschrijft de raad de welzijns- en gezondheidsrisico's van intelligente technologie en welke maatregelen nodig zijn om deze risico's te beheersen. In het tekstkader wordt eerst de casus van de covid-19-pandemie beschreven, die consequenties had voor zowel het leren van leerlingen en studenten als hun gezondheid en welzijn. De pandemie maakte duidelijk dat regelmatig fysiek onderwijs onmisbaar is.[135]

Onderwijs tijdens de pandemie
De covid-19-pandemie maakte zichtbaar wat de combinatie van weinig contacten (zowel met medeleerlingen/-studenten als met leraren/docenten) en een overdaad aan schermervaringen kan aanrichten. Vooral gedurende de verplichte schoolsluitingen in het voorjaar van 2020 en de winter van 2021 waren fysieke contacten tot een minimum beperkt. De scholen boden online lessen met behulp van videotechnologie. Deze online lessen bleken voor een deel het reguliere fysieke onderwijs te kunnen vervangen. Het lukte doorgaans niet eenzelfde kwaliteit te bereiken, omdat het in vergelijking met fysiek onderwijs veel moeilijker was om alle leerlingen en studenten te betrekken en een leergemeenschap tot stand te brengen. Zowel leerlingen, studenten als leraren en docenten rapporteerden dat ze 'schermmoe' werden.[136] Momenteel worden de gevolgen van pandemie voor de ontwikkeling van leerlingen en studenten in kaart gebracht. Duidelijk is dat in deze periode cognitieve achterstanden zijn opgelopen en leerlingen en studenten problemen ervoeren op het sociaal-emotionele domein.[137] Ze vonden het bijvoorbeeld moeilijk vragen te stellen en hun persoonlijke vaardigheden te ontwikkelen. Besturen constateerden dat het minder goed ging met hun studenten in sociaal, mentaal en fysiek opzicht. Dit leidde onder andere tot meer doorverwijzingen naar tweedelijns zorg. Velen voelden zich eenzaam en vervreemd van het onderwijs. Ouders maakten zich ook zorgen over de schermtijd, die aanzienlijk toenam, mede door het gebruik van de smartphone.[138] Een deel van de ouders vreest voor een blijvende schermverslaving bij hun kinderen. Nu de onderwijsinstellingen weer open zijn, vergen naast het inhalen van cognitieve achterstanden ook sociaal-emotionele vraagstukken aandacht, zoals het wennen aan het fysieke onderwijs, het geconcentreerd kunnen werken met anderen en voldoende beweging.

Een toename van schermtijd brengt risico's met zich mee voor zowel de fysieke als de mentale gezondheid van leerlingen en studenten.[139] In de onderzoeksliteratuur worden uiteenlopende nadelige effecten van langdurig en frequent schermgebruik gerapporteerd. Zo beïnvloedt het blauwe licht van schermen de melatonineproductie, ook

135 In een brief aan de Tweede Kamer van 8 juli 2022 onderstrepen de ministers van OCW het belang van fysiek onderwijs. Ze geven aan dat het afstandsonderwijs fysiek onderwijs alleen bij uitzonderingen en onder voorwaarden kan vervangen. Voor de jongere leerlingen zijn de mogelijkheden hiertoe beperkter, omdat afstandsonderwijs hoge eisen stelt aan het zelfstandig leren. Voor de uitzonderingen en voorwaarden is er geen kader, het is aan de onderwijsinstellingen afwegingen te maken over de inzet van afstandsonderwijs.
136 Adrichem e.a., 2021.
137 https://www.onderwijsinspectie.nl/actueel/nieuws/2021/10/12/gevolgen-van-16-maanden-corona-voor-het-onderwijs, geraadpleegd op 21 juli 2022.
138 https://avs.nl/actueel/nieuws/kinderen-twee-keer-zo-lang-voor-scherm-tijdens-lockdown/, geraadpleegd op 21 juli 2022.
139 Choi & Park, 2020.

wel slaaphormoon genoemd, en dat kan het slaapritme verstoren.[140] Bij jonge kinderen wordt overmatig schermgebruik geassocieerd met een slechtere ontwikkeling van de motoriek, bijziendheid en leerstoornissen. Bij jongvolwassenen kunnen internetverslaving en depressie optreden.[141] Meer algemeen wordt langere schermtijd in verband gebracht met een lager zelfbeeld, vertraagd leren, een verhoogd risico op voortijdige cognitieve achteruitgang en afname van fysieke activiteiten.[142] Doordat bij het gebruik van intelligente technologie de interactie doorgaans via schermen plaatsvindt, kan de schermtijd van leerlingen en studenten zowel binnen, buiten als rondom het onderwijs toenemen.

Schermtijd hoeft echter op zichzelf niet het probleem te zijn. Doorslaggevende factoren zijn namelijk de aard van de schermtijd, de afstand van de leerlingen en studenten tot het beeldscherm en de geboden afwisseling tussen bijvoorbeeld individueel en sociaal, scherm en geen scherm, en zitten en bewegen. Leraren en docenten kunnen risico's in de hand te houden door in het onderwijs bewust afwisseling aan te brengen tussen scherm en geen scherm en tussen zitten en bewegen.[143]

Het is ook zaak de balans te bewaken tussen individuele en gezamenlijke activiteiten en tussen interacties met de technologie en sociale interacties. Een gebrek aan contact kan er namelijk toe leiden dat leerlingen en studenten geïsoleerd raken. Eenzaamheid was tijdens de covid-19-pandemie een belangrijke oorzaak van mentale en ook fysieke gezondheidsproblemen.[144] Leraren en docenten hebben er ook voor te waken dat intelligente technologie geen extra stress met zich meebrengt. Het stressniveau onder oudere leerlingen en studenten is al jaren hoog.[145] De cultuur van veel toetsen zou hier mede debet aan zijn. Wanneer de inzet van intelligente technologie ertoe leidt dat leerlingen en studenten vaker worden vergeleken (zie paragraaf 3.3), continu worden gemonitord (zie paragraaf 3.3) of minder de gelegenheid krijgen voor interpersoonlijk contact met hun leraren en docenten (zie paragraaf 3.4), kan dat de stress verhogen.

140 Gottschalk, 2019.
141 Limone & Toto, 2021.
142 Graafland, 2018; Katapally, Laxer, Qian & Leatherdale, 2018; Neophytou, Manwell & Eikelboom, 2021.
143 Duraiappah, Mochizuki, Sharma, & Singh, 2021.
144 Zie bijvoorbeeld Werner e.a., 2021.
145 Kleinjan e.a., 2020. https://www.unicef.nl/files/Rapport_Geluk%20onder%20druk_DEF_interactief.pdf

4

bevinding twee

Inzet intelligente technologie verandert het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten

Afhankelijk van de manier waarop intelligente technologie wordt ingezet, heeft deze een positieve of negatieve invloed op het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten. Veel hangt af van de rollen die leraren en docenten en andere actoren oppakken.

De opmars van intelligente technologie verandert de manier waarop informatie wordt gepresenteerd en besproken, en de toepassing van de leerstof wordt begeleid. Leraren en docenten zullen deze activiteiten vaker overlaten aan digitale leermiddelen om zo rijke digitale leeromgevingen te creëren. Intelligente technologie kan leeromgevingen verder verrijken door bijvoorbeeld het script van een digitale simulatie of een digitale educatieve game flexibeler en levensechter te maken. Het onderwijs sluit dan nog beter aan bij de beroepspraktijk of de belevingswereld van leerlingen en studenten. Hoewel digitale onderwijsomgevingen volop kansen bieden om te leren, kunnen ze het onderwijs op den duur gaan domineren. Het is daarom belangrijk dat leraren en docenten ook fysieke werkvormen blijven inzetten voor het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten. Directe sociale interactie is bijvoorbeeld onontbeerlijk voor leerlingen en studenten om zich een sociale, geïnteresseerde of kritische benadering eigen te maken.

Intelligente technologie brengt ook veranderingen mee in de wijze van toetsen en feedback geven op de toetsresultaten. De technologie zal aspecten van het nakijken van toetsen automatiseren. Daarnaast zullen toetsen vaker voor formatieve doeleinden worden gebruikt (feedback geven ten behoeve van het leerproces). Afzonderlijke toetsen, afgenomen en beoordeeld door leraren en docenten, blijven echter van belang. De uitdaging is vooral samenhang aan te brengen tussen soorten toetsen.

De mogelijkheden van intelligente technologie geven leraren, docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren en eventueel ook bestuurders aanleiding de leerdoelen en onderwijsmethoden opnieuw te bepalen. Leerdoelen gericht op de omgang met technologie (digitale vaardigheden en mediawijsheid) zullen belangrijker worden. Bepaalde methoden kunnen meer nadruk krijgen, zoals het toepassen van vaardigheden in gesimuleerde, levensechte situaties. Voorwaarde is dan wel dat de intelligente technologie die deze werkvorm ondersteunt, verder wordt ontwikkeld en breder beschikbaar wordt gemaakt. Al mag het niet zo zijn dat louter de beschikbaarheid van technologie bepaalt welke leerdoelen en methoden worden gekozen.

Leraren en docenten kunnen de mogelijkheden van de intelligente technologie benutten om het onderwijs aan te passen aan de behoeften en voorkeuren van individuele leerlingen en studenten om hen zo effectiever en meer gemotiveerd te laten leren. Tegelijkertijd mag maatwerk niet doorschieten. Dat is het geval als alle leerlingen en studenten eigen trajecten volgen en daardoor nauwelijks gezamenlijke activiteiten ondernemen of (samen) onderwijs van leraren en docenten krijgen. Andere risico's zijn onwenselijke standaardisatie, zoals een rigide of beperkt onderwijsaanbod, en vormen van profilering die nadelig uitpakken voor sommige groepen leerlingen en studenten of zelfs stigmatiserend en discriminerend zijn. Het is zaak deze risico's in de hand te houden en daarbij hebben behalve leraren en docenten ook schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, de aanbieders van leermaterialen en de overheid een rol.

Onderwijzen gaat ook over het bevorderen van zelfstandig leren. Intelligente technologie maakt het mogelijk dat leerlingen en studenten vaker alleen of als groepje onafhankelijk van anderen leren. Een zorgvuldig ontwerp van de technologie en aanvullende begeleiding door docenten en leraren kunnen leerlingen en studenten helpen steeds beter zelfstandig te leren. Wanneer deze zorgvuldigheid in ontwerp en begeleiding ontbreken, wordt de technologie al snel directief en kan deze leerlingen en studenten ontmoedigen om zelf sturing te geven aan het leren.

4.1 Leerstof presenteren, bespreken en (onder begeleiding) laten toepassen

Intelligente technologie wordt toegevoegd aan uiteenlopende digitale leeromgevingen, variërend van adaptieve oefenprogramma's tot simulaties en games. Dit kan het leren aanschouwelijker, levensechter, interactiever, socialer of intensiever maken. Ook bij combinaties van onderwijs in een fysieke en virtuele omgeving kan intelligente technologie een positieve rol spelen. Toch is het zaak dat leraren en docenten de balans bewaken met niet-digitaal onderwijs. Op die manier blijven zij in persoonlijk gesprek met leerlingen en studenten over de leerstof. Voor de didactische en pedagogische kwaliteit van het onderwijs is dit gesprek cruciaal.

De afgelopen decennia zijn leerlingen en studenten vaker gaan leren in digitale leeromgevingen. Daarin leren zij in interactie met digitale leermiddelen, alleen of samen met andere leerlingen/studenten of met leraren/docenten. Digitale leeromgevingen kunnen het leren verrijken doordat ze diverse modaliteiten combineren, zoals bewegend beeld, geluid en schrift.[146] Ook kunnen ze zorgen voor een interactieve manier van leren, waarbij leerlingen direct feedback krijgen op hun handelingen. De interactie met de technologie kan via een computerscherm, maar bijvoorbeeld ook via een telefoonscherm, bewegingssensoren of een VR-bril.[147]

Intelligente technologie wordt ingezet binnen uiteenlopende digitale onderwijsomgevingen. Denk aan de adaptieve leermaterialen waarbij leerlingen en studenten voor taal en wiskunde in een digitale omgeving opdrachten maken en hierin feedback of uitleg krijgen afgestemd op hun situatie.[148] Een andere toepassing zijn intelligente annotatieprogramma's. Deze worden steeds vaker gebruikt om uiteenlopende leerstof te laten bestuderen (zie tekstkader hierna).

Intelligente annotatieprogramma's
Op de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) wordt sinds 2015 een intelligent annotatieprogramma gebruikt bij cursusonderdelen variërend van sterrenkunde tot poëzie. De annotaties betreffen vragen, beschrijvende opmerkingen of evaluatief commentaar bij uiteenlopende digitale leermaterialen zoals tekstdocumenten, video's, *podcasts, e-books* en *spreadsheets.* Het programma houdt bij welke annotaties leerlingen en studenten maken, op welk moment ze dat doen, voor welke onderdelen, hoe de annotaties zijn verspreid over het bestudeerde product en welke interacties er tussen leerlingen/studenten plaatsvinden. Op basis van deze data analyseert het programma de intensiteit van het annoteren, de complexiteit van annotaties, de verdeling van aandacht over elementen van de leerstof, en passages waarover discussie of verwarring bestaat. Het programma biedt ook de mogelijkheid de kwaliteit van annotaties in te schatten, suggesties te doen voor onderdelen die nog (beter) bestudeerd kunnen worden of voor overleg met medestudenten. Afhankelijk van de instellingen van het programma krijgen leerlingen en studenten annotaties van elkaar te zien, of ontvangen zij automatische feedback en beoordelingen van hun annotaties.[149] Docenten bij de RUG gebruiken het programma om actieve verwerking van de stof en discussie te stimuleren, te achterhalen naar welke onderdelen interesse uitgaat, of te bepalen welke onderdelen plenaire bespreking vergen. Er ontstaat discussie tussen studenten wanneer ze annotaties maken (deze worden onderling gedeeld) en tijdens de colleges, waarop studenten, mede dankzij het programma, beter zijn voorbereid. Het programma wordt ook ingezet voor feedback, maar niet voor beoordeling, omdat het daarmee controlerend zou worden en de inschattingen van de annotatiekwaliteit niet altijd kloppen.

Intelligente technologie wordt ook gebruikt voor digitale omgevingen die situaties uit de werkelijkheid simuleren, zoals een koolstofkringloop (zie tekstkader hierna). De simulaties zijn niet noodzakelijk beperkt tot een computerscherm. Zo dragen studenten VR-brillen om een gesimuleerde slagaderlijke bloeding te leren stoppen (zie tekstkader paragraaf 2.6). Of ze oefenen met deze brillen in dialoog met fictieve personages veiligheidsprocedures (zie tekstkader hierna) of specifieke sociale vaardigheden.[150] Zulke toepassingen bieden de kans het onderwijs te verbinden met de beroepspraktijk, terwijl het oefenen tegelijkertijd praktisch haalbaar en veilig is.[151] Intelligente technologie biedt dan een meerwaarde doordat deze bijvoorbeeld reageert op spraak of bewegingen van de leerlingen en studenten. Of doordat deze flexibel het script van de virtuele omgeving aanpast aan specifieke acties en kenmerken van leerlingen en studenten, waarna de technologie dan weer specifieke instructies en feedback geeft.

146 Effecten op het leren zijn afhankelijk van de wijze waarop verschillende modaliteiten worden gecombineerd. Zie Mayer, 2019.
147 Lowyck, 2014.
148 Tacoma, 2020.
149 Walker & Baten, 2022.
150 Mast e.a., 2018.
151 Zie: https://www.inholland.nl/nieuws/grensoverschrijdend-gedrag-ervaren-via-vr-technologie/

Intelligente leeromgeving met een simulatie van een koolstofkringloop
Digitale leeromgevingen lenen zich goed voor een vorm van ontdekkend leren waarbij leerlingen en studenten aan de slag gaan met diagrammen die de werkelijkheid modelmatig weergeven, zoals een koolstofkringloop. Door variabelen te verbinden en te verslepen kunnen leerlingen en studenten hun eigen model bouwen. Ze leren zo bijvoorbeeld hoe het element koolstof door het systeem van de aarde circuleert en wat er gebeurt met door mensen uitgestoten koolstofdioxide in de atmosfeer. Het digitale systeem maakt op basis van automatische berekeningen zichtbaar hoe een model reageert op aanpassingen. Intelligente varianten van deze simulatieomgevingen geven leerlingen en studenten adaptieve feedback. Het systeem genereert deze automatisch op basis van een semantische analyse van het model dat de leerling/student uitprobeert en een vergelijking met vele andere modellen die zijn opgenomen in de database.[152]

Handhaven van toezicht en veiligheid oefenen met een VR-bril
De mbo-instelling Landstede in Harderwijk zet virtual reality in om studenten op een veilige en aansprekende manier te laten oefenen met praktijksituaties. Studenten van de opleiding Handhaver Toezicht & Veiligheid leren met een VR-bril op om handelingen en protocollen uit te voeren en een gesprek aan te gaan met mensen op straat. Ze leren in een speciaal ingerichte trainingsruimte (de VRcade) met medestudenten. De studenten gaan in groepjes van drie aan de slag en krijgen om de beurt een VR-bril opgezet, die is verbonden met een computer. De student ziet dan een zebrapad waarop een auto staat geparkeerd. In de auto zit een bestuurder, die hij kan aanspreken. Met spraakherkenning wordt nagegaan wat de student precies zegt en of hij de juiste vragen stelt. Vraagt hij bijvoorbeeld naar het identiteitsbewijs en gebruikt hij daarvoor de juiste termen? Het digitale leermiddel reageert op de uitspraken van de student. De bestuurder van de auto kan rustig blijven, boos worden of zelfs wegrijden. Aan het eind van het gesprek krijgt de student automatisch zijn score te zien én het uiteindelijke humeur van de virtuele bestuurder. Ook krijgt hij feedback van de andere studenten, die via een scherm hebben meegekeken. Het digitale leermiddel geeft nog suggesties om het de volgende keer beter aan te pakken.[153]

Op eenzelfde manier draagt intelligente technologie bij aan educatieve digitale games. Dit zijn digitale leeromgevingen met spelelementen als beloningen, scoreborden, uitdagingen en verhaallijnen. Ze kunnen elementen bevatten van simulatie of sociale interactie met medeleerlingen/-studenten of leraren/docenten, al dan niet gemedieerd door avatars.[154] De games sluiten aan bij de belevingswereld van leerlingen en studenten.[155] Uit onderzoek blijkt dat spelelementen in het onderwijs de motivatie en de leerprestaties van leerlingen en studenten verhogen.[156] Om hen te verleiden intensiever gebruik te maken van digitale oefenprogramma's, worden dan ook vaak spelelementen toegevoegd. Digitale educatieve games lenen zich ook goed voor toepassingen op locaties buiten het onderwijslokaal (zie tekstkader hierna).

Locatiegebaseerde games
Bij locatiegebaseerde games bezoeken leerlingen en studenten alleen of in groepjes diverse locaties, bijvoorbeeld een dierentuin, een historisch stadscentrum of een fictief congres van bedrijven.[157] Op de locaties maken zij uitdagende en leerzame opdrachten, die verbonden zijn door een puntensysteem of een zoektocht. Via sensoren en gps volgt het programma de route van leerlingen en studenten. Het systeem presenteert tijdig opdrachten, attendeert leerlingen en studenten of voorziet hen van feedback.[158] Intelligente technologie speelt verschillende rollen in deze gedeeltelijk digitale omgevingen. De technologie zorgt er bijvoorbeeld voor dat de feedback is afgestemd op de persoon en situatie, en dat visuele objecten in de omgeving automatisch worden herkend. De opdrachten en de routes worden in principe door de leraren/docenten of de leerlingen/studenten zelf gemaakt. Intelligente technologie kan echter, op basis van grote sets van gebruikersdata, nagaan welke opdrachten en routes het meest aantrekkelijk en leerzaam zijn.[159]

152 Kada & Bredeweg, 2018.
153 Kennisnet, 2022.
154 Zhonggen, 2019.
155 Aupers, 2008; Coanda & Aupers, 2021; Khalil, Wong, De Koning, Ebner & Paas, 2018.
156 Faiella, & Ricciardi, 2015; Post, Kester, Admiraal, Lockhorst & Bulder, 2020.
157 Huizenga, Admiraal, Ten Dam & Voogt, 2019; Puja & Parsons, 2011; Reinsperger, Grassinger, Miclaus, Schmiedl, Schmiedl & Blumenstein, 2016.
158 Ribeiro, Silva, Silva & Metrôlho, 2021.
159 Pishtari, Rodríguez-Triana, Prieto, Ruiz-Calleja & Väljataga, 2022.

Intelligente technologie speelt tot slot een rol bij combinaties van een fysieke en een digitale leeromgeving.[160] Denk aan digitale quizzen die leraren en docenten inmiddels op grote schaal afnemen in hun onderwijs. De intelligente technologie maakt het mogelijk verder te gaan dan het inventariseren van goed- en fout-scores bij meerkeuzevragen en bijvoorbeeld ook inhoudelijke analyses uit te voeren op lopende tekst die leerlingen en studenten invoeren. Verder adviseert de technologie leraren en docenten hoe zij kunnen reageren op antwoorden.[161]

Lid JongerenOnderwijsraad noemt kans van intelligente technologie
"Ik hoop dat we met VR kunnen oefenen met gevaarlijke situaties, zoals aanslagen en operaties."

De beschikbaarheid, variëteit en kwaliteit van toepassingen van intelligente technologie zullen toenemen en een groter deel van het onderwijsprogramma beslaan. Dit betekent niet dat de leraren en docenten achterover kunnen leunen. In volledig elektronische leeromgevingen kunnen zij participeren en de interactie en acties van de technologie aanvullen. Bij combinaties van een fysieke en een digitale leeromgeving blijven ze een belangrijke rol spelen bij het uitvoeren, begeleiden of integreren van deze activiteiten. Én ze kunnen natuurlijk onderwijs geven waarin technologie geen of nauwelijks een rol speelt.

Een onderwijsprogramma dat bestaat uit het doorlopen van enkel digitale leeromgevingen is eenzijdig. Die omgevingen zijn namelijk doorgaans gericht op toepassing en verwerving van specifieke kennis en vaardigheden. Het is ook belangrijk dat leerlingen en studenten in een fysieke omgeving direct omgaan met andere leerlingen/studenten en met de leraren/docenten. Directe sociale interactie maakt het beter mogelijk over de volle breedte kennis, vaardigheden en houdingsaspecten te verwerven. De interacties zijn bijvoorbeeld onontbeerlijk om zich houdingsaspecten eigen te maken zoals interesse voor een vak, bereidheid om rekening te houden met elkaar en vraagstukken kritisch te benaderen.[162] De afwisseling tussen digitale en fysieke leeromgeving kan helpen de technologie in perspectief te plaatsen.

Voor leraren/docenten is direct contact met hun leerlingen/studenten belangrijk om zicht te krijgen op leerprocessen en de leerstof met hen te bespreken en toe te passen. Intelligente technologie kan leraren en docenten ondersteunen bij processen van het 'formatief handelen', bijvoorbeeld door informatie over het leerproces te bieden. De technologie kan de leraar hier echter niet vervangen, omdat dit proces omvangrijke vakkennis, een brede opmerkzaamheid en een flexibel handelingsrepertoire vereist, waarover leraren en docenten veel vanzelfsprekender beschikken dan de technologie (zie tekstkader).[163]

Formatief handelen
Formatief handelen betekent dat onderwijsgevenden in dialoog met de leerlingen/studenten het leren bevorderen. Hiertoe bespreken ze in korte cycli de leerstof en gaan met korte toepassingsopdrachten na in hoeverre leerlingen/studenten de stof hebben begrepen of beheersen en wat daaraan eventueel nog in de weg staat. Vanuit die situatie bepalen de onderwijsgevenden vervolgstappen en staan bijvoorbeeld stil bij begripsproblemen of een gebrekkige motivatie. Wanneer dit soort problemen niet spelen, kan de leerstof verder worden besproken, rekening houdend met de leerdoelen en methoden die de leraren/docenten vooraf hebben bepaald en zo nodig bijstellen. Formatief handelen is cruciaal voor het onderwijzen van kennis, vaardigheden en houdingsaspecten. Het vergt een brede opmerkzaamheid en een flexibel handelingsrepertoire dat geworteld is in pedagogische en (vak)didactische deskundigheid en een voortdurende afstemming met leerlingen en studenten.[164] Bij formatief handelen is dus een grote rol weggelegd voor leraren en docenten, maar het kan zijn dat intelligente technologie straks bepaalde processen van het formatief handelen kan overnemen. Zo is het op termijn denkbaar dat een chatbot een zinvolle onderwijsdialoog voert met leerlingen en studenten.[165] Deze zou dan kunnen worden ingezet bij uitzonderingssituaties, zoals afstandsonderwijs. Maar ook dan is het belangrijk dat leerlingen/studenten contact kunnen opnemen met de leraren/docenten wanneer zij vastlopen (zie ook paragraaf 2.4).

160 Bos, 2022.
161 Mcmurtrie, 2018.
162 Zie ook Onderwijsraad, 2016a.
163 Vergelijk: Luo, Lau, Li & Si, 2022.
164 Kneyber, Sluijsmans, DeViD & Wilde López, 2022.
165 Wang, Hwang & Chang, 2021.

Op dit moment kan intelligente technologie het formatief handelen *ondersteunen* via een dashboard dat de leraren en docenten informatie presenteert over leerprocessen en eventueel ook adviezen en suggesties geeft voor het formatief handelen. Een meer geavanceerde variant is een slimme augmented reality-bril, waarmee leraren en docenten naar de klas kijken en daarbij gegevens gepresenteerd krijgen over leerlingen en studenten die ieder bezig zijn in een digitale leeromgeving. Bij deze toepassing komt het erop aan dat de geboden assistentie ook echt functioneel is.[166] Om dit te borgen is het noodzakelijk leraren en docenten te betrekken bij het ontwerpproces (zie tekstkader).

De ontwikkeling van een slimme bril voor het les geven

De intelligente AR-bril is ontwikkeld voor klassen in het primair onderwijs die gebruik maken van een specifiek intelligent oefenprogramma. Wanneer leraren deze bril in de klas dragen, worden gegevens over het leren van leerlingen op de brilglazen geprojecteerd. Deze extra informatie combineren zij met hun eigen observaties. De technologie wijst hen er bijvoorbeeld op welke leerlingen extra hulp of aandacht nodig hebben. Deze recente toepassing van intelligente technologie is tot stand gekomen in een proces van co-creatie. Allereerst werden zorgvuldig behoeften en wensen van leraren in kaart gebracht. Leraren gaven bijvoorbeeld aan graag meer gegevens te hebben over de denkprocessen van leerlingen om tijdens de les beter te kunnen inspelen op de meest prangende behoeften van leerlingen. Daarbij vonden zij het belangrijk dat de technologie niet tussen hen en de leerlingen in zou komen te staan. Vervolgens werd een aantal scenario's ontwikkeld en aan de leraren voorgelegd om nog beter zicht te krijgen op hun wensen en op realistische mogelijkheden voor in de praktijk. Daarna werden prototypes ontwikkeld van een bril die leraren kon helpen nog beter te doen waar zij al goed in zijn: tijdens de les de juiste afwegingen maken. Onderdeel van het ontwikkelproces was het testen in een nagebootste en uiteindelijk in een echte lessituatie. Ook toen de intelligente bril al volop in gebruik was, werd feedback van leraren en leerlingen gebruikt om de toepassing verder te verbeteren.[167]

Intelligente dashboards vergroten niet *altijd* het zicht op leerprocessen. Veel hangt af van de kwaliteit van de data en de algoritmes om deze te analyseren, de manier waarop resultaten van de analyses worden getoond en toegelicht, de actieve rol van leraren/docenten bij het aanvullen van de technologie met eigen observaties, en het besef dat door inzet van intelligente technologie vertekening, discriminatie (zie paragraaf 4.4) of blikvernauwing kan optreden. In het laatste geval gaan leraren en docenten niet langer uit van eigen observaties en wordt de technologie leidend (zie ook paragraaf 2.2).[168]

4.2 Toetsen en feedback geven

Intelligente technologie maakt het steeds beter mogelijk aspecten van toetsen te automatiseren. Deze mogelijkheden worden, behalve door de leraren en docenten, ook door de leerlingen en studenten zelf ingezet voordat ze hun opdrachten inleveren, of om te oefenen voor toetsen. De intelligente technologie kan helpen alle informatie over prestaties systematisch, continu en automatisch te verzamelen.[169] Het toetsen en feedback geven op toetsresultaten vloeien dan over in het begeleid laten toepassen van kennis en vaardigheden. Daarmee verdwijnt het onderscheid tussen summatieve (beoordeling om het prestatieniveau vast te stellen) en formatieve toetsing (evaluatie om feedback te geven).[170] Een belangrijk voordeel is dat leraren en docenten voor bepaalde onderdelen van het onderwijs minder tijd kwijt zijn met toetsen afnemen, nakijken en feedback geven.[171]

Wanneer toetsing een continu, verregaand geautomatiseerd proces wordt, kleven daar ook nadelen aan. Ten eerste voelen leerlingen en studenten zich voortdurend bekeken en beoordeeld. Er is in feite sprake van continue *surveillance*.[172] Ten tweede missen leerlingen en studenten een doel om concreet naartoe te werken. Een derde nadeel is dat de nadruk al snel komt te liggen op kwantitatieve toetsing van basale kennis en vaardigheden. Dat kan ten koste gaan van de aandacht voor (toetsing van) complexe prestaties, waarbij leerlingen en studenten kennis, vaardigheden en houdingsaspecten integraal toepassen. Automatische toetsing en analyse lenen zich voor dit laatste minder goed. Ten vierde zullen de toetsen meer centraal en gestandaardiseerd plaatsvinden. Dat is nodig omdat de

166 Wise & Jung, 2019.
167 Holstein e.a., 2019.
168 Cotos, 2015.
169 González-Calatayud, Prendes-Espinosa & Roig-Vila, 2021; Vincent-Lancrin & Van der Vlies, 2020.
170 Cope, Kalantzis & Searsmith, 2021.
171 Gardner, O'Leary & Yuan, 2021.
172 Williamson, 2021.

technologie geavanceerd is en investeringen vergt die scholen, opleidingen of instellingen alleen gezamenlijk kunnen doen. Hierdoor kunnen leraren en docenten met hun toetsing minder inspelen op het geboden onderwijs en de specifieke context. De Onderwijsraad ziet mogelijkheden om deze nadelen te ondervangen, wanneer leraren en docenten regelmatig toetsen blijven afnemen en zorgen voor een balans tussen summatieve en formatieve, kwantitatieve en kwalitatieve, en centrale en decentrale toetsing.[173]

Voor toetsen waarbij veel op het spel staat, vindt de Onderwijsraad het van belang dat zowel leerlingen/studenten als leraren/docenten of andere toezichthoudende personen fysiek aanwezig zijn. Het gaat om toetsen waarvan de uitslag gevolgen heeft voor de doorstroom of afronding van onderwijstrajecten of voor de toelating tot het vervolgonderwijs. Wanneer er 'echte' surveillanten aanwezig zijn, kunnen die inspringen bij onvoorziene problemen.[174] Daarnaast is controle nodig op een ordelijk verloop van de toetsing en moet fraude worden voorkomen. Er bestaat intelligente software die het surveilleren kan automatiseren (zie tekstkader hierna), maar daaraan kleven belangrijke bezwaren, waaronder schending van privacy, onbetrouwbaarheid van de fraudedetectie, en aantasting van een constructieve pedagogische relatie tussen leerlingen/studenten en hun leraren/docenten.[175] De raad erkent dat er uitzonderingssituaties zijn die tot andere waardenafwegingen kunnen leiden. Tijdens de lockdowns als gevolg van de coronapandemie waren fysiek onderwijs en ook toetsing bijvoorbeeld niet mogelijk. Het was toen wenselijk sommige examens te laten doorgaan met behulp van online surveilleren.[176] Uiteraard is het zaak zeer zorgvuldig met gegevens van de toetsafname om te gaan en deze alleen voor deze toetsing aan te wenden.[177] Daarnaast hoort de intelligente technologie bij online surveilleren in alle gevallen slechts ondersteunend te zijn. Deze kan menselijke surveillanten bij de afname van belangrijke toetsen niet vervangen. Wanneer zich onvoorziene problemen voordoen, moeten zij immers kunnen bijspringen.

Intelligente technologie voor surveilleren

Intelligente technologie kan een rol spelen bij het surveilleren (*proctoring*) aan de hand van data als videobeelden, toetsaanslagen en audio-opnamen. Het surveilleren kan via internet, waarbij leerlingen/studenten en leraren/docenten op afstand van elkaar zijn en bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van de camera van de laptop van de student, en een smartphone als tweede camera. Intelligente technologie volgt dan bijvoorbeeld oog- en gezichtsbewegingen, herkent objecten en gezichten of gaat na welke acties leerlingen en studenten maken op de computer. De software kan daarbij het verloop van de toetsafname registreren, toegang geven tot een toets (authenticatie), opties op de digitale apparaten uitschakelen (zoals de browsefunctie) of een toets stopzetten bij onregelmatigheden.[178] Met het oog op de privacy, de betrouwbaarheid van fraudedetectie en de pedagogische relatie tussen leerlingen/studenten en hun leraren/docenten is inzet van intelligente technologie bij surveilleren op afstand hooguit in uitzonderingssituaties geschikt.[179]

De Onderwijsraad concludeert dat leraren en docenten in elk geval betrokken moeten blijven bij de beoordeling van prestaties bij meer complexe toetsopdrachten. Op basis van hun vakexpertise of algemene menselijke vermogens zijn zij immers beter dan intelligente technologie in staat complexe betekenissen holistisch te duiden.[180] In het onderwijs wordt regelmatig gewerkt met complexe opdrachten. De beoordeling van de resultaten is geen sine cure. Denk aan de beoordeling van een essay, een meesterproef of open opdrachten, waarbij studenten zich richten op een complex maatschappelijk vraagstuk.[181] Het kan zijn dat één deskundige niet volstaat voor een betrouwbaar oordeel, maar meerdere beoordelaars in combinatie wél.[182] Intelligente technologie kan hier dan een ondersteunende rol spelen en bijvoorbeeld helpen bij paarsgewijze vergelijkingen (zie tekstkader hierna).

173 Zie Onderwijsraad, 2018a.
174 Nigam, Pasricha, Singh & Churi, 2021.
175 Haq, Jamal, Butt, Majeed & Ozkaya, 2015; Lee & Fanguy, 2022.
176 Zie ook: Lee & Fanguy, 2022.
177 SURF, 2020.
178 Nigam e.a., 2021.
179 Haq e.a., 2015; Lee & Fanguy, 2022.
180 Kolowich, 2014.
181 Bos, 2022.
182 Zlatkin-Troitschanskaia, Shavelson, Schmidt & Beck, 2019.

Paarsgewijze vergelijkingen bij de beoordeling van complexe opdrachten
Bij paarsgewijs vergelijken gaan beoordelaars niet uit van beoordelingscriteria, maar van producten van leerlingen en studenten. Ze vergelijken deze in paren om zo tot een rangschikking van goede naar slechte producten te komen. Het idee erachter is dat het gemakkelijker is producten te vergelijken, dan een absolute score toe te kennen aan een criterium of heel product. Door alle producten meerdere keren (door verschillende beoordelaars) in verschillende paren te vergelijken, ontstaat een rangschikking. Hieraan kan vervolgens een score toegekend worden. Intelligente technologie kan helpen de score betrouwbaarder te maken, door rekening te houden met de vaardigheid van de leerlingen/studenten én die van de beoordelaars. Op basis hiervan wordt bijvoorbeeld weer de samenstelling van een panel van beoordelaars aangepast of het aantal vergelijkingen dat ze uitvoeren.[183] Intelligente technologie kan ook kenmerken van goede opdrachten identificeren en illustreren met selecties van of uit de opdrachten. Hiermee kunnen criteria worden geformuleerd die voor zowel de beoordelaars als de leerlingen en studenten een feedbackfunctie kunnen hebben.

Intelligente technologie is verder inzetbaar om plagiaat te detecteren.[184] Of om bij schrijfopdrachten na te gaan of de tekst taalkundig correct is en of de structuur voldoet aan genre-kenmerken. Leerlingen en studenten kunnen deze check zelf ook doen (zie ook tekstkader ‘Meer tijd voor verdieping met geautomatiseerde tekst-feedback’ in paragraaf 2.1).

4.3 Leerdoelen, werkvormen en leermiddelen bepalen

De opmars van intelligente technologie beïnvloedt beslissingen over leerdoelen en de werkvormen en leermiddelen die leraren en docenten daarvoor inzetten. Bij de leerdoelen zal *digitale geletterdheid* meer nadruk krijgen. Gegeven de opmars van intelligente technologie in de samenleving en het toenemend gebruik in het onderwijs, krijgt het onderwijs de taak leerlingen en studenten toe te rusten om kundig en verantwoord met deze technologie om te gaan.[185] Dit gebeurt tevens om de kansengelijkheid te borgen. Voorkomen moet worden dat een deel van de leerlingen en studenten vanwege gebrekkige digitale geletterdheid niet kan profiteren van kansen die de intelligente technologie biedt, of dat zij extra geconfronteerd worden met de risico’s ervan. De digitale kloof heeft niet alleen te maken met de capaciteiten van leerlingen en studenten, maar ook met de stimulans die zij van huis uit krijgen om digitale vaardigheden te ontwikkelen, de beschikbare apparatuur thuis en de mate waarin leraren en docenten en de onderwijsinstellingen hun leerlingen en studenten toerusten met digitale middelen en vaardigheden.[186]

De digitale geletterdheid van leerlingen in het primair en voorgezet onderwijs is de afgelopen jaren toegenomen, maar zeker niet optimaal. Bovendien is het niveau relatief lager bij leerlingen die behoren tot een culturele minderheid en van wie de ouders een laag opleidings- en beroepsniveau hebben.[187] Leerlingen toerusten met kennis, vaardigheden en houdingsaspecten die hen digitaal geletterd maken, past binnen de bredere taak van digitale inclusie die de samenleving heeft.[188] Deze toerusting is ook nodig voor studenten in het middelbaar beroeps- en hoger onderwijs.

Digitale geletterdheid als onderwijsdoel is al veelomvattend omschreven (zie tekstkader hierna). Deze omschrijving kan nog worden uitgebreid met kennis van begrippen als zelflerende systemen (of meer technisch concepten als *machine learning* en *deep learning*[189]) en vaardigheden om intelligente simulaties en nakijkprogramma’s te gebruiken. Bij mediawijsheid kan de nadruk worden gelegd op de invloed van slimme algoritmes op de samenleving en het eigen handelen. Bij *computational thinking* of programmeren kan hier technisch verder op worden ingegaan.[190] Deze aanpassingen hebben implicaties voor de benodigde deskundigheid bij leraren en docenten die deze vaardigheden aan leerlingen en studenten onderwijzen.[191]

183 Sunahase, Baba & Kashima, 2017.
184 Chavan, Taufik, Kadave & Chandra, 2021; Francke & Alexander, 2019.
185 Pedro, Subosa, Rivas & Valverde, 2019.
186 Van de Werfhorst, Kessenich & Geven, 2022
187 DUO Onderwijsonderzoek & Advies, 2021a, 2021b.
188 BZK, 2020.
189 WRR, 2021.
190 Vergelijk Ng, Pasricha, Singh & Churi, 2021.
191 Ghebreab & Ghebreab, 2021.

Huidige leerdoelen van digitale geletterdheid
Voor het primair en voortgezet onderwijs zijn leerdoelen voor digitale geletterdheid geformuleerd.[192] In het primair onderwijs gaat het om digitale vaardigheden, computational thinking en mediawijsheid.[193] In het voortgezet onderwijs horen daar nog informatievaardigheden bij.[194] Onder *digitale vaardigheden* vallen kennis van basisbegrippen van ict, infrastructuur, digitale apparaten, platforms en apps; vaardigheden om standaardprogramma’s te gebruiken en ermee te leren, te navigeren, te communiceren of andersoortige handelingen mee uit te voeren; het in acht nemen van de eigen veiligheid en gezondheid en die van anderen; en het creëren en publiceren van media. *Mediawijsheid* betreft kennis en bewustzijn van de medialisering van de samenleving, media en beeldvorming; omgaan met media en sociale netwerken; en reflectie op het eigen mediagebruik. Bij *informatievaardigheden* gaat het om systematisch, effectief en efficiënt digitale informatie zoeken, vinden, beoordelen en delen. *Computational thinking* omvat denkvaardigheden en technologie op het gebied van programmeren, waaronder (her)formuleren of opdelen van problemen waarvoor digitale technologie een oplossing kan bieden; gegevens verzamelen, analyseren en visualiseren; en algoritmes en procedures begrijpen en produceren.

Intelligente technologie oefent ook invloed uit op andere leerdoelen. Doelen kunnen meer nadruk krijgen omdat het beter mogelijk is ze na te streven. Zo kunnen leerdoelen als het stoppen van slagaderlijke bloedingen (zie tekstkader paragraaf 2.6) en het aanspreken van mensen in het kader van toezicht en veiligheid (zie tekstkader Handhaven van toezicht […] VR-bril, paragraaf 4.1), belangrijker worden, omdat intelligente technologie het beter mogelijk maakt deze vaardigheden te oefenen en te toetsen in simulaties. Naarmate de intelligente technologie verder en breder wordt ontwikkeld en breder beschikbaar komt, kunnen in curricula uiteenlopende complexe praktische vaardigheden meer nadruk krijgen.

Het omgekeerde is ook mogelijk, wanneer door de inzet van intelligente technologie doelen overbodig worden of worden verdrongen. Een voorbeeld is het doel om exact formules te onthouden. Dit doel wordt mogelijk minder belangrijk nu er intelligente technologie is die voor leerlingen en studenten formules herkent en voorziet van uitleg.[195] Er zijn ook programma’s die automatisch teksten interpreteren, schrijven en vertalen,[196] De consequenties voor het onderwijs zijn nog onduidelijk. Net als destijds bij de invoering van de rekenmachine in het onderwijs moet worden nagedacht over de plaats die deze intelligente technologie in het onderwijs krijgt en wat dit betekent voor de leerdoelen.

Wat betreft de verdringing van leerdoelen heeft de raad in paragraaf 2.2 uiteengezet dat de huidige technologie eenzijdig is en dat bijvoorbeeld veel van de toepassingen gericht zijn op het automatiseren van relatief eenvoudige basisvaardigheden. Hoewel het oefenen hiermee leerlingen/studenten en hun leraren/docenten kan vrijspelen om aandacht te besteden aan meer complexe vaardigheden (zie paragraaf 3.2), is er ook een risico dat door de oververtegenwoordiging van deze toepassingen meer complexe vaardigheden in de verdrukking komen. Leraren en docenten moeten in elk geval bewaken dat de aandacht in het onderwijs evenwichtig is verdeeld over de leerdoelen. Waar de inzet van intelligente technologie niet volstaat, hebben de leraren en docenten het onderwijs zelf te geven of aan te vullen.

De opmars van intelligente technologie beïnvloedt ook de keuze van leermiddelen. Leraren en docenten (en anderen actoren die bij deze keuze betrokken zijn) krijgen te maken met een ruimer of juist beperkter aanbod. Het wordt ruimer wanneer intelligente leermiddelen naast bestaande leermiddelen beschikbaar komen. Dit kan een hoge vlucht nemen door de mogelijkheid om ‘open leermiddelen’ digitaal te delen.[197] Of door slimme zoeksystemen die persoonlijke suggesties voor leermiddelen geven.[198]

192 Deze leerdoelen zijn geformuleerd door het nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (SLO). De doelen hebben nog geen wettelijke status. Het formele traject voor de bijstelling van de kerndoelen voor het primair onderwijs en onderbouw voortgezet onderwijs is in april 2022 gestart. Zie de brief aan de Tweede Kamer van 4 april 2022.
193 Zie bijvoorbeeld https://www.slo.nl/sectoren/po/digitale-geletterdheid-po/digitale-geletterdheid-po/inhoudslijnen-doelen/
194 Zie https://www.slo.nl/sectoren/vmbo/digitale-geletterdheid-vmbo/digitale-geletterdheid-vo/inhoudslijnen-doelen/
195 Een voorbeeld is *PhotoMath*, een applicatie die leerlingen en studenten kunnen gebruiken door met hun telefoon een foto te nemen van de formule. Zie Walker & Baten, 2022.
196 Een voorbeeld is GPT-3 (*generative pre-trained transformer*), een computersysteem dat is getraind met behulp van maar liefst 570 gigabytes en is ontworpen om automatisch te lezen en schrijven in meer dan 26 talen. Zie Walker & Baten, 2022.
197 Onderwijsraad, 2017a.
198 Gao, Xing, Yin & Dai, 2021.

Het aanbod wordt echter beperkter wanneer de intelligente leermiddelen door bepaalde gebruiksvoordelen, zoals geautomatiseerd nakijken, andere nuttige leermiddelen verdringen, zoals schriftelijk lesmateriaal zonder adaptieve eigenschappen. Bovendien kunnen de aangeboden intelligente leermiddelen zijn afgeschermd met licenties en verregaand zijn gestandaardiseerd. Wanneer aanbieders een dominante marktpositie hebben verworven, kunnen zij zich deze standaardisatie en afscherming permitteren (zie ook paragraaf 2.2). Leraren en docenten en andere onderwijsprofessionals betrokken bij de keuze van leermiddelen, staan dan voor het dilemma of ze zich conformeren aan een technologie die niet volledig strookt met hun onderwijsvisie, of het zonder die technologie doen.

De onderwijsvisie van leraren/docenten en andere actoren binnen de instelling bestaat voor een belangrijk deel uit pedagogische en didactische opvattingen over welke leerdoelen van belang zijn en welke pedagogische en didactische methoden het best helpen om die doelen te bereiken. Deze opvattingen veranderen bijvoorbeeld wanneer leraren en docenten enthousiast raken over de mogelijkheden die intelligente technologie biedt om bepaalde doelen of werkvormen te realiseren. Het is echter bedenkelijk wanneer leraren en docenten zich niet alleen conformeren aan suboptimale leermiddelen, maar ook opvattingen over doelen en werkvormen daarop aanpassen. Zo zijn er zorgen geuit dat met de inzet van intelligente technologie de nadruk eenzijdig op individuele werkvormen en behavioristische principes van beloning en herhaling komt te liggen.[199] Deze eenzijdigheid is bijvoorbeeld problematisch voor onderwijsinstellingen die uitgaan van benaderingen als gezamenlijk of ontdekkend leren.

Wanneer onderwijsinstellingen zich door een eenzijdig aanbod van intelligente technologie gedwongen zien hun onderwijsvisie bij stellen, gaat dat ten koste van de pluriformiteit binnen het onderwijssysteem. Het is daarom belangrijk dat de overheid erop toeziet dat aanbieders geen monopolie op de leermiddelenmarkt verwerven en er ruimte is om diverse onderwijstoepassingen van intelligente technologie te ontwikkelen (zie ook paragraaf 2.6).[200]

De uiteenlopende gebruiksmogelijkheden en consequenties van intelligente technologie onderstrepen hoe belangrijk het is dat onderwijsinstellingen zich bezinnen op de onderwijskwaliteit en de rol die intelligente technologie daarbij speelt. Intelligente technologie is niet neutraal en faciliteert sommige leerdoelen en methoden beter dan andere.[201] In die zin is de dialoog over doelen en methoden verweven met het ontwerpen van de technologie, waarbij instellingen of leraren en docenten bij voorkeur ook betrokken worden.

4.4 Rekening houden met verschillen in onderwijsbehoeften onder leerlingen en studenten

Onderwijs dat rekening houdt met verschillen tussen leerlingen/studenten, kan het leren effectiever en stimulerender maken.[202] De inzet van intelligente technologie kan ervoor zorgen dat het onderwijs meer gedifferentieerd wordt op basis van individuele onderwijsbehoeften.[203]

Omgekeerd kan deze technologie ook leiden tot meer standaardisatie, wanneer enkele commerciële aanbieders dominant worden en vanuit kostenoverwegingen de variatie of instellingsmogelijkheden in hun producten beperkt houden.[204] Het wordt dan lastiger rekening te houden met de onderwijsbehoeften van leerlingen en studenten of een specifieke doelgroep. Verder is het niet vanzelfsprekend dat differentiatie daadwerkelijk tegemoetkomt aan individuele onderwijsbehoeften. Wanneer differentiatie betekent dat leerlingen/studenten verschillende trajecten gaan volgen, kan dit de kansenongelijkheid tussen leerlingen of studenten vergroten.[205]

Het onderwijs is in veel opzichten vormgegeven als een groepsproces. Dit biedt leerlingen/studenten de mogelijkheid gezamenlijke ervaringen op te doen, deze ervaringen uit te wisselen en een leergemeenschap te vormen. De vormgeving van het onderwijs als groepsproces heeft echter ook een economische reden. Leraren en docenten kunnen maar

199 Friesen, 2018.
200 Onderwijsraad, 2017a, 2019.
201 Prinsloo, 2019.
202 Corno, 2008; Tomlinson e.a., 2003.
203 Aleven e.a., 2016.
204 Facer & Selwyn, 2021.
205 Denessen, 2017.

beperkt rekening houden met verschillen, omdat ze hun aandacht moeten verdelen over hun leerlingen/studenten.[206]

Intelligente technologie kan hier uitkomst bieden. Zo brengen adaptieve oefenprogramma's systematisch voor alle leerlingen/studenten en voor ieder afzonderlijk aspecten van het leren in kaart, zoals hun voortgang. Op basis van systematische data-analyse zet intelligente technologie onmiddellijk, voor een aantal leerlingen/studenten op eventueel verschillende locaties, acties in gang die zijn afgestemd op individuele onderwijsbehoeften. De technologie zorgt dat leerlingen en studenten direct na het maken van een opgave feedback krijgen die rekening houdt met hun voortgang of hun begrip van de leerstof. Een intelligent dashboard informeert leraren en docenten tijdens of na de les over het leren en onderwijzen. Zij kunnen die informatie benutten in aanvulling op de eigen, meer holistische observaties en interpretaties, die rekening houden met contextuele factoren. Met hun flexibele handelingsrepertoire kunnen ze inspringen wanneer leerlingen tegen problemen oplopen.[207] Bij het differentiëren spelen leraren en docenten dus een belangrijke rol, ook als er adaptieve leermiddelen worden gebruikt. In de huidige onderwijspraktijk worden adaptieve leermiddelen ingezet bij individuele en klassikale werkvormen (zie het tekstkader hierna).

Klassikaal en individueel aan de slag met een adaptief programma voor rekenen
Het is tien voor half negen. De leerlingen van groep 7 van OBS De Venen lopen hun klaslokaal binnen, pakken de eigen laptop uit de kast en gaan op hun plek zitten. Stipt om half 9 begint juf Margot de les van die dag te bespreken.[208] Vervolgens gaan de leerlingen tien minuten zelfstandig aan de slag met rekenopgaven van het adaptieve programma. Op het digibord loopt de timer van tien minuten terug naar nul.

De leerlingen klappen hun laptops dicht en de rekenles gaat verder met een klassikale instructie. De juf legt nieuwe rekenstof uit met hulp van het digibord, waarop de opdrachten van het adaptieve programma zichtbaar zijn. Elke leerling heeft een wisbord met marker en doekje, om rekensommen te maken. Ze kunnen het antwoord aan de hele klas en de juf laten zien door het omhoog te houden. Soms moeten de leerlingen een som eerst zelf uitrekenen, voordat de juf uitlegt wat de beste aanpak is. De leerlingen uit niveaugroep 1 mogen na de eerste instructie zelfstandig verder op hun laptop. De overige niveaugroepen gaan verder met de klassikale instructie. Na twee opdrachten mag ook niveaugroep 2 zelfstandig aan de slag en na weer twee opdrachten start niveaugroep 3 het adaptieve programma op.

Iedereen werkt nu zelfstandig in het adaptieve programma aan eigen doelen. Deze staan klaar in de digitale omgeving. Na een goed of fout ingevulde opdracht verschijnt een nieuwe opgave, die is aangepast aan het niveau van de leerling. De leerlingen rekenen hun sommen eerst met potlood uit in hun oefenschrift en vullen de antwoorden daarna op hun laptop in. Een van de leerlingen verzucht: "Waarom krijg ik deze opdracht? Deze snap ik helemaal niet!" De leerling naast hem weet het niet. Die werkt aan een andere opgave. De leerling probeert een nieuwe opdracht te krijgen door terug te gaan en zijn vorige opgave anders in te vullen. Maar aan een afgeronde opdracht kan de leerling niets meer veranderen.

Het digibord aan de muur brengt *realtime* in beeld waaraan iedere leerling werkt en welke voortgang ieder maakt. Aan de groene en rode bolletjes kunnen de leerlingen zien hoeveel opdrachten ze goed hebben. Het doel is een blauw bolletje te behalen. Als een leerling zover komt, mag hij aanvullend oefenen met de 'plusknop' totdat iedereen klaar is of de les is afgelopen. Normaal gesproken worden de leerlingen in aparte klassen ingedeeld op basis van hun niveau, met aparte leraren en docenten, maar tijdens de coronaperiode moet juf Margot alles zelf doen. Dat vindt ze zwaar, al die niveaus tegelijk bedienen in een klas van dertig leerlingen. De leerlingen vragen nog veel uitleg aan de juf. Ze kan op het bord zien wie individuele uitleg nodig heeft, maar ze gaat vooral af op de opgestoken vingers. Er zitten steeds wel drie leerlingen met hun vinger omhoog.

206 Onderwijsraad, 2017b.
207 Keuning & Van Geel, 2021.
208 Het voorbeeld betreft een echte situatie, maar de naam van de docent is gefingeerd.

In de toekomst wordt het wellicht mogelijk dat leraren en docenten de technologie voeden met observaties. Beide informatiebronnen kunnen dan door de technologie worden gecombineerd om fijnmaziger de onderwijsbehoeften in kaart te brengen en hier rekening mee te houden.[209] Vergelijkbare complementaire rollen zijn ook mogelijk bij het handelen. De technologie beperkt zich dan tot een advies over hoe de leraar/docent kan reageren op leerlingen/studenten met verschillende onderwijsbehoeften. Het is dan aan de leraar/docent om te bepalen of die het advies opvolgt.[210]

Er zijn ook andere vormen van intelligente technologie die helpen omgaan met verschillen. Programma's voor spraakherkenning kunnen bijvoorbeeld vroegtijdig leesproblemen detecteren bij jongere kinderen.[211] En bij leerlingen en studenten die relatief snel leren kan intelligente techniek suggesties doen voor leerstof vanuit een databank met leermaterialen – dit op basis van eerdere leerepisodes, hun voorkeuren of vergelijkingen met leerlingen/studenten met een zelfde soort leertraject.[212]

Lid JongerenOnderwijsraad noemt kans van intelligente technologie
"Ik hoop dat er een programma komt dat test hoe goed je in een vak bent, en als je ergens niet goed in bent, dat je dan extra uitleg krijgt."

Geholpen of geadviseerd door de technologie kunnen leraren en docenten reageren op specifieke acties of stappen van de leerlingen en studenten. Daarnaast kunnen leraren en docenten de opdrachten of instructie aanpassen. Of het leertraject.[213] In de eerste twee gevallen is er sprake van zogenoemde convergente differentiatie, omdat leerlingen en studenten dezelfde leerdoelen volgen en alleen het tempo wordt aangepast of de stof wordt verrijkt. In het derde geval is er sprake van divergente differentiatie, omdat de leerdoelen voor individuele leerlingen of studenten verschillen. De leertrajecten lopen dan uiteen.[214]

Individuele leertrajecten voor leerlingen organiseren kan gunstig zijn. Denk aan leerlingen die pas gemotiveerd raken wanneer ze eigen interesses kunnen volgen. Het heeft echter ook nadelen.[215] Het wordt moeilijker om het onderwijs als groepsproces vorm te geven. Gezamenlijke activiteiten zijn weliswaar mogelijk maar niet langer rond dezelfde thema's of vraagstukken. Dit gaat ten koste van de kennis, vaardigheden en houdingsaspecten die leerlingen en studenten verwerven. Ze kunnen de waarde daarvan beter onderkennen wanneer ze de leerstof gezamenlijk tot zich nemen. Wanneer alle leerlingen of studenten een eigen leertraject volgen, is dat lastig te organiseren. Bovendien wordt het lastiger voor leraren en docenten om bij te springen, omdat zij zich dan steeds moeten heroriënteren op een ander individueel traject.[216] Onderwijs geven zal dan vaker worden overgelaten aan de technologie, die inherent eenzijdig is en bijvoorbeeld minder flexibel kan reageren op problemen die ontstaan bij of rondom het leren (zie paragrafen 2.2. en 2.4).

Lid JongerenOnderwijsraad noemt risico van intelligente technologie
"Ik ben bang dat de ongelijkheid toeneemt. Doordat kinderen die het niet zo goed snappen, langer opdrachten moeten blijven maken om te oefenen. Terwijl snelle leerlingen meer tijd krijgen voor verdieping en voor andere dingen. Je krijgt dan een selectief groepje dat meer kan. Adaptief is dan juist niet goed."

Ook wanneer leerlingen of studenten hetzelfde leertraject volgen en alleen het tempo verschilt of het aantal verrijkingsopdrachten, kan intelligente technologie negatieve consequenties hebben. Leerlingen en studenten krijgen bijvoorbeeld nog wel samen klassikaal onderwijs, maar werken daarnaast in subgroepen op basis van profielen. Leerlingen/studenten die bijvoorbeeld verschillen in leertempo, interesse of vermogen om zelfstandig te werken gaan dan toch minder met elkaar om of hebben een verschillende status in de groep. Bovendien kunnen de verschillen ook te maken hebben met de beschikbaarheid van apparatuur thuis, digitale vaardigheden van leerlingen/studenten en achtergrondfactoren die hiermee samenhangen zoals sekse, sociaaleconomische status of etniciteit.[217] Differentiatie die geen rekening houdt met deze factoren, vergroot de digitale kloof tussen leerlingen/studenten die profiteren van de intelligente technologie en degenen die dat niet doen (zie ook paragrafen 2.2 en 3.1).[218]

Het huidige Nederlandse onderwijssysteem differentieert ook via schoolsoorten en formele trajecten. De raad constateerde eerder dat dit is doorgeschoten.[219] De differentiatie op basis van intelligente technologie voert niet noodzakelijkerwijs tot nieuwe structurele scheidingen, maar kan wel leiden tot nieuwe vormen van kansenongelijkheid.

Leraren en docenten hebben de taak om doordacht en met mate te differentiëren. Dit met oog op het functioneren van de leergemeenschap, de brede opbrengsten die worden nagestreefd en de kansengelijkheid. Intelligente technologie kan het differentiëren door leraren en docenten ondersteunen maar niet overnemen. Bepaalde kwaliteiten van de leraren en docenten blijven cruciaal, zoals doelgericht zijn, leerlingen en studenten zelf volgen, instructies en opdrachten aanpassen, de lat hoog leggen en een zelfstandige werkwijze bij de leerlingen stimuleren.[220] Om die kwaliteiten te kunnen inzetten, moeten leraren en docenten mogelijkheden hebben om intelligente programma's in te bedden in het onderwijs en ze zo nodig aan te passen. Ook moeten ze erop kunnen rekenen dat zelflerende algoritmes niet discrimineren.

Dit laatste is te voorkomen door representatieve datasets te gebruiken en meer transparante algoritmes te ontwikkelen.[221] Het onderstreept dat anderen ook een rol hebben bij een verantwoorde inzet van intelligente technologie. Idealiter werken aanbieders van de intelligente technologie en professionals die de technologie gebruiken, samen. In de huidige onderwijspraktijk worden landelijk al initiatieven genomen, zoals het Collaborative Trust Framework, dat principes expliciteert voor het ontwerp en in gebruik nemen van digitale technologie voor het onderwijs (zie tekstkader hierna).

Collaborative Trust Framework
Het Collaborative Trust Framework beschrijft principes voor het verantwoord ontwikkelen van digitale technologie voor het onderwijs, waaronder intelligente technologie. Het raamwerk is opgesteld in een samenwerking tussen de Universiteit Leiden, de Hogeschool Rotterdam, Inholland en aanbieder van digitale leermaterialen FeedbackFruits. De ambitie is het raamwerk verder te ontwikkelen en op Europees niveau afspraken te maken tussen aanbieders en gebruikers van digitale leermaterialen.[222] Naast aandacht voor publieke waarden als kansengelijkheid, privacy en dataveiligheid (waarvoor het waardenkader van SURF en Kennisnet als uitgangspunt wordt genomen[223]) is er in het raamwerk ook aandacht voor voorwaarden om duurzaam technologie te kunnen ontwikkelen, zoals continuïteit in (betaalbaar) aanbod en de ontwikkeling van de technologie; deelbaarheid en aanpasbaarheid van de technologie (*open source* software*, interfaces* voor gebruikers om de technologie in te stellen of losse modules te gebruiken); uitlegbaarheid van algoritmes; ruimte voor nieuwe aanbieders op de markt van digitale leermiddelen; en aandacht voor diverse doelgroepen van gebruikers.[224]

4.5 Zelfstandig leren van leerlingen en studenten bevorderen

Zelfstandig leren is een vaardigheid die leerlingen en studenten beter in staat stelt (vervolg)onderwijs te volgen en hen uiteindelijk voorbereidt op hun zelfstandige rollen in de samenleving.[225] Zelfstandig leren is ook nodig om toepassingen van de intelligente technologie te gebruiken. Leerlingen en studenten kunnen bijvoorbeeld zelfstandig op zoek gaan naar instructiemateriaal en eventueel gebruik maken van gepersonaliseerde suggesties die de zoekmachine hen geeft. Leerlingen en studenten die worden toegerust met vaardigheden om zelfstandig te leren met intelligente technologie, kunnen meer van deze technologie profiteren. Dit kan bijdragen aan kansengelijkheid.[226]

209 Molenaar, 2022.
210 Zou, Ma, Ma & Baker, 2019.
211 Molenaar, 2022.
212 Marín, Giraldo, Tabares, Duque & Ovalle, 2016.
213 VanLehn, 2011.
214 Denessen, 2017.
215 Onderwijsraad, 2017b.
216 Denessen, 2017.
217 Williamson, Bayne & Shay, 2020.
218 Ibid.
219 Onderwijsraad, 2021b.
220 Keuning & Van Geel, 2021.
221 OECD, 2021.
222 Zie https://www.scienceguide.nl/2022/03/hoger-onderwijs-en-edtech-slaan-handen-ineen-rond-publieke-waarden/
223 Zie https://www.kennisnet.nl/app/uploads/kennisnet/digitale-geletterdheid/documenten/waardenkader-voor-onderwijs-en-onderzoek_kennisnet_surf.pdf
224 Zie https://trustframework.io/
225 Schunk & Zimmerman, 1997.
226 Goudeau, Sanrey, Stanczak, Manstead & Darnon, 2021.

Lid JongerenOnderwijsraad spreekt uit eigen ervaring
"Technologie helpt mij bij instructie, doordat ik extra filmpjes kan bekijken ter verdieping van de stof."

Wanneer leerlingen en studenten relatief onafhankelijk van leraren en docenten leren met de intelligente technologie, betekent dat niet vanzelfsprekend dat zij zelfstandig leren. De technologie kan immers sturend zijn en hen weinig keuzes laten. Die sturing kan wenselijk zijn voor leerlingen en studenten die beschikken over weinig vaardigheden voor zelfstandig leren of die deze vaardigheden niet kunnen inzetten, omdat zij weinig kennis hebben van een domein. Voor leerlingen en studenten die wél over die vaardigheden beschikken, is het belangrijk dat ze meer zelf het leerproces kunnen inrichten.[227]

Het is dus de uitdaging toepassingen te ontwerpen die rekening houden met de vaardigheden van de leerlingen en studenten in het zelfstandig leren, die vaardigheden te bevorderen met ondersteuning, en deze ondersteuning gaandeweg af te bouwen.[228] Zo kan een dashboard de leerling helpen beter zicht te krijgen op het eigen leren en dit beter te sturen. Pop-ups in een digitale leeromgeving kunnen een leerling laten reflecteren op een actie. De ondersteuning is intelligent voor zover deze gebaseerd is op metacognitieve processen. De technologie kan die bijvoorbeeld meten aan de hand van het pauzegedrag van leerlingen/studenten en de manier waarop zij navigeren in een digitale leeromgeving met in afzonderlijke vensters interactieve functies voor planning, evalueren en monitoring.[229]

In de huidige adaptieve oefenprogramma's ontbreken deze functies nog vaak. Ze zijn sturend en ontnemen leerlingen en studenten in bepaalde opzichten hun zelfstandigheid. Het niveau van opgaven wordt al snel verlaagd als leerlingen en studenten fouten maken. Terwijl langer wachten de leerlingen en studenten meer ruimte laat zelf hun leerproces aan te passen, bijvoorbeeld doordat ze na een reeks fouten meer hun best gaan doen.[230]

Zelfstandig leren vergt naast (metacognitieve) kennis en vaardigheden ook de bereidheid tot reflecteren en kritisch denken.[231] Leerlingen en studenten ontwikkelen deze kwaliteiten door samen met medeleerlingen/-studenten en leraren/docenten betekenis te geven aan hun leerervaringen.[232] Zelfstandig leren is daarbij verbonden met identiteitsvorming en motivatie. Leraren en docenten zijn cruciaal voor de ontwikkeling van het zelfstandig leren, omdat ze de benodigde kwaliteiten kunnen vóórleven en aantrekkelijk kunnen inkleuren voor de vakken die ze geven.[233] Ze kunnen het zelfstandig leren verder ondersteunen door formatief handelen, waarbij ze de regulatie geleidelijk overdragen.[234] Dit in het besef dat zelfstandig leren een complexe vaardigheid is. De begeleiding en beoordeling ervan zijn voor een belangrijk deel mensenwerk.

De rol van leraren/docenten en die van de technologie zijn complementair. De technologie kan leraren en docenten via een dashboard zicht geven op leerprocessen, met interpretaties of adviezen waarmee zij kunnen reageren richting de leerlingen/studenten. Intelligente technologie die zo'n taakverdeling ondersteunt, wordt nog voornamelijk in onderzoekslaboratoria gebruikt. Vanwege het belang van zelfstandig leren is het wenselijk te investeren in ontwerponderzoek op dit terrein.[235]

227 Winne, 2017; Molenaar, 2022.
228 Aleven e.a., 2016.
229 Bannert, Hildebrand & Mengelkamp, 2009.
230 Molenaar, 2022; Winne, 2017.
231 Kilis & Yıldırım, 2018.
232 Hadwin, Järvelä & Miller, 2018.
233 Schunk & Zimmerman, 1997.
234 Hadwin e.a., 2018.
235 Molenaar, 2022.

Geraadpleegd

Ter voorbereiding van deze verkenning heeft de Onderwijsraad gesprekken gevoerd met leraren en docenten, schoolleiders, opleidingsdirecteuren, onderwijsbestuurders, ict-(onderwijs)coördinatoren, aanbieders van intelligente technologie voor het onderwijs en onderzoekers op dit terrein. Er is onder andere gesproken met de volgende personen.

Felix Akkermans	FeedbackFruits
Duuk Baten	SURF
Silvya Balkoca	Hofstad Mavo Havo
Kim Beerden	Universiteit Leiden
Iris Beerthuijzen	OBS De Venen
Hans Beldhuis	Rijksuniversiteit Groningen
Hanna Bijlsma	Basisschool De Cirkel
Erik Bolhuis	Hogeschool Windesheim
Roos Bonnemaijers	Algemene Onderwijsbond
Els Booij	Kennisnet
Youssef El Bouhassani	LeerLevels
Philip Brey	Technische Universiteit Twente
Ashwin Brouwer	Friesland College
Wietse van Bruggen	Kennisnet
Suzanne Budwilowitz	OBS De Venen
Job Christians	Onderwijs Maak Je Samen
Noelle Cicilia	JADS
Emma Claessen	Brainport Scholen Primair Onderwijs
Birgitte Cornelissen	Herbert Vissers College
Hans Cuypers	Technische Universiteit Eindhoven
Dirk van Damme	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
Annick Dezitter	Da Vinci Lammenschans
Marc Dietzenbacher	VISTA college
Sven van Egmond	JADS
Michelle van Epen	OBS De Venen
Eddy Erkelens	op eigen titel
David Esmeijer	Herbert Vissers College
Jelmer Evers	Algemene Onderwijsbond
Petra Farber	OPSPOOR
Lilian Halsema	Technische Universiteit Eindhoven
Elène Honing	OBS De Venen
Eus van Hove	VAVO Lyceum Amersfoort
Tjark Huizinga	Saxion
Roel van Hulten	VO-raad
Hans Hummel	Open Universiteit
Hester IJsseling	Thomas More Hogeschool
Rinse Cornelis Jelluma	OrOnDiBa Consultancy
Eline de Jong	Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid
Niels de Jong	School met de Bijbel, Benthuizen
Annelien Jonkman	Herbert Vissers College
Bart Karstens	Rathenau Instituut
Niels Kerssens	Universiteit Utrecht
Maaike van Kessel	Noorderpoort
Roland Klemke	Open Universiteit
Sharon Klinkenberg	Universiteit van Amsterdam
Heleen Kok	Stedelijk Lyceum Enschede
Ewoud de Kok	FeedbackFruits
Daan Kolkman	JADS
Linda Kool	Rathenau Instituut
Dorine Koopman van den Berg	Hogeschool Saxion
Eric van der Leek	Herbert Vissers College
Anouschka van Leeuwen	Universiteit Utrecht
Liesbeth Leijssen	JADS
Werner Liebregts	JADS
Evelien van Limbeek	Zuyd Hogeschool
Ines Lopez Arteaga	Technische Universiteit Eindhoven
Suzanne Lustenhouwer	Revius Lyceum
Jane Mahoney	Rijksuniversiteit Groningen
Gerda Moesbergen	Hogeschool Saxion

Evert-Jan Oppelaar	Herbert Vissers College
Esther Ottow-Henning	Auris
Remco Pijpers	Kennisnet
Ksenia Podoynitsyna	JADS
Germaine Poot	SURF
Laurens Priem	JADS
Max Roeters	JADS
Marald Rouwen	Hogeschool Saxion
Ellen Rusman	Open Universiteit
Tim Samuel	Herbert Vissers College
Erik Schrijvers	Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid
Robert Schuwer	Fontys Hogeschool
Haroon Sheikh	Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid
Eric Slaats	Fontys Hogeschool
Chris Snijders	Technische Universiteit Eindhoven
Marcus Specht	TU Delft, LDE Centre for Education and Learning
Stijn Temmen	PO-Raad
Bart Tuerlings	OBS De Venen
Peter Verkoeijen	Avans Hogeschool
Boudewijn Verspeek	OBS De Venen
Haitske de Visser-Speelman	Rotterdamse Vereniging voor Katholiek Onderwijs
Albert Vlaardingerbroek	Noorderpoort
Paul Vogt	Hanzehogeschool Groningen
Robert Vonk	Raad voor Volksgezondheid en Samenleving
Joke Voogt	Universiteit van Amsterdam
Jonas Voorzanger	LeerLevels
Lotte Welling	Raad voor Volksgezondheid & Samenleving
Ulrike Wild	Wageningen University & Research
Martijn Willemsen	JADS
Harry van de Wouw	Technische Universiteit Eindhoven

Literatuur

Adair, J.G., Sharpe, D., & Huynh, C.L. (1989). Hawthorne control procedures in educational experiments: a reconsideration of their use and effectiveness. *Review of Educational Research, 59*(2), 215-228.

Adrichem, L., Meijer, J., De Jong, M., Toonen, S., De Boer, M., Woelders, C.S., & Kappe, R. (2021). *Vier muren en een scherm: Studenten over hun welzijn, studievoortgang en betrokkenheid in coronatijd.* Den Haag: Hogeschool Inholland.

Ahn, J.W., Tejwani, R., Sundararajan, S., Sipolins, A., O'Hara, S., Paul, A., ... & Huang, Y. (2018). Intelligent virtual reality tutoring system supporting open educational resource access. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 280-286). Cham: Springer.

Akata, Z., Balliet, D., De Rijke, M., Dignum, F., Dignum, V., Eiben, G., & Welling, M. (2020). A research agenda for hybrid intelligence: augmenting human intellect with collaborative, adaptive, responsible, and explainable artificial intelligence. *Computer, 53*(08), 18-28.

Aleven, V., McLaughlin, E.A., Glenn, R.A., & Koedinger, K.R. (2016). Instruction based on adaptive learning technologies. In R.E. Mayer & P. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 522-560). New York: Routledge.

Andrejevic, M., & Selwyn, N. (2020). Facial recognition technology in schools: critical questions and concerns. *Learning, Media and Technology, 45*(2), 115-128.

Aupers, S. (2008). *In de ban van moderniteit. De sacralisering van het zelf en computertechnologie.* Amsterdam: Het Spinhuis/Maklu.

Baker, R.S. (2016). Stupid tutoring systems, intelligent humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26*(2), 600-614.

Baker, R.S. (2021). Artificial intelligence in education: Bringing it all together. In *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots, 43.*

Bannert, M., Hildebrand, M., & Mengelkamp, C. (2009). Effects of a metacognitive support device in learning environments. *Computers in human behavior, 25*(4), 829-835.

Beetham, H., Collier, A., Czerniewicz, L., Lamb, B., Lin, Y., Ross, J., Scott, A-M., & Wilson, A. (2021). Surveillance Practices, Risks and Responses in the Post Pandemic University. *Digital Culture & Education,* 14(1), 16-37. https://www.digitalcultureandeducation.com/volume-14-1

Berland, M., Davis, D., & Smith, C.P. (2015). AMOEBA: Designing for collaboration in computer science classrooms through live learning analytics. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *10*(4), 425-447.

Bernard, R.M., Borokhovski, E., Schmid, R.F., & Tamim, R.M. (2018). Gauging the effectiveness of educational technology integration in education: What the best-quality meta-analyses tell us. In M.J. Spector, B.B. Lockee & M.D. Childress (Eds.), *Learning, Design, and Technology: An international Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy* (pp. 1-25). Cham: Springer.

Bhutani, A., & Wadhwani P. (2018). Artificial Intelligence (AI) in Education Market Size. Industry Analysis Report, Regional Outlook, Growth Potential Competitive Market Share & Forecast, 2018-2024. https://www.gminsights.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-in-educationmarket

Bok, C., Huis in 't Veld, I., Dondorp, L., & Pijpers, R. (2022). *WaardenWijzer voor digitalisering in het onderwijs.* Utrecht: Kennisnet en SURF. https://www.surf.nl/files/2021-09/waardenwijzer_def.pdf

Bos, N. (2022). *Vloeiend over grenzen heen.* Lectorale rede. Den Haag: Hogeschool Inholland.

Bureau Common Ground (2020). *Verkenning naar het Nederlandse onderwijslab artificiële intelligentie.* https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/09/30/verkenning-naar-het-nederlandse-onderwijslab-artificiele-intelligentie

Chavan, H., Taufik, M., Kadave, R., & Chandra, N. (2021). Plagiarism Detector Using Machine Learning. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management, 4*(4), 152-154.

Choi, M., & Park, S. (2020). The mediating effects of academic performance between screen time, executive function difficulty and school adjustment. *Comprehensive Child and Adolescent Nursing, 43*(4), 334-347.

Clark, R.E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research, 53*, 445-449.

Clark, R.E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology, Research and Development, 42*(2), 7-29.

CLU Leermiddelen Adviescentrum (2021). *Wat hebben scholen nodig om te komen tot een keuze voor de best passende leermiddelen bij hun school? Deelrapport 2: De vraagarticulatie.* Gieten: CLU Leermiddelen Adviescentrum.

Coanda, I., & Aupers, S. (2021). Post-human encounters: Humanising the technological Other in video-games. *New Media & Society, 23*(5), 1236-1256.

Cope, B., Kalantzis, M., & Searsmith, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory, 53*(12), 1229-1245.

Cornelissen, N., Van Eerdt, R., Schraffenberger, H., & Haselager, P. (2022). *Reflection machines: Increasing meaningful human control over Decision Support Systems. Ethics and Information Technology.* Nog niet in druk verschenen.

Corno, L.Y.N. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist, 43*(3), 161-173.

Cotos, E. (2015). Automated Writing Analysis for writing pedagogy: From healthy tension to tangible prospects. *Writing & Pedagogy, 7*(2-3), 197-231.

Datoo, A.K. (2021). Digital Divide and Social Inequalities: Sociological Perspectives on Technology and Education. In M.M. Asad, F. Sherwane, R. Bin Hassan & P. Churi (Eds.), *Innovative Education Technologies for 21st Century Teaching and Learning* (pp. 191-198). Boca Raton (Fl.): CRC Press.

Dawson, P., Henderson, M., Ryan, T., Mahoney, P., Boud, D., Phillips, M., & Molloy, E. (2018). Technology and feedback design. In J.M. Spector, B.B. Lockee, & M.D. Childress (Eds.), *Learning, Design, and Technology. An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy* (pp. 1-45). Cham: Springer.

Dellermann, D., Ebel, P., Söllner, M., & Leimeister, J.M. (2019). Hybrid intelligence. *Business & Information Systems Engineering, 61*, 637-643.

Denessen, E. (2017). *Verantwoord omgaan met verschillen. Sociaal-culturele achtergronden en differentiatie in het onderwijs.* Oratie. Leiden: Universiteit Leiden.

Dibbets, A., Verbeek, S., Verhaar, O., & Terlouw, A. (2022). *Gelijk recht doen. Deelrapport Onderwijs bij het parlementair onderzoek naar de mogelijkheden van de wetgever om discriminatie tegen te gaan.* Casusonderzoek Eerste Kamer der Staten-Generaal. Juni 2022.

DUO Onderwijsonderzoek & Advies (2021a). *Rapportage Monitor Digitale Geletterdheid in het PO.* In opdracht van: ECP | Platform voor de InformatieSamenleving. November 2021.

DUO Onderwijsonderzoek & Advies (2021b). *Rapportage Monitor Digitale Geletterdheid in het VO.* In opdracht van: ECP | Platform voor de InformatieSamenleving. November 2021.

Duque, R., Gómez-Pérez, D., Nieto-Reyes, A., & Bravo, C. (2015). Analyzing collaboration and interaction in learning environments to form learner groups. *Computers in Human Behavior*, *47*, 42-49.

Duraiappah, A., Mochizuki, Y,, Sharma, R., & Singh, K. (2021). Screen Time and Learner Well-being: The Debate, the Evidence and Directions for Future Research and Policy. A Research Brief by UNESCO MGIEP. *Education and Information Technologies, 26*(5), 6421-6445.

Eder, D. (1981). Ability grouping as a self-fulfilling prophecy: A micro-analysis of teacher-student interaction. *Sociology of Education*, *54*(3), 151-162.

Ekowo, M., & Palmer, I. (2016). *The Promise and Peril of Predictive Analytics in Higher Education: A Landscape Analysis.* Washington D.C.: New America.

Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M.D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(17), e2022376118.

Europese Unie (2020). *Digitial Education Action Plan 2021-2027: Resetting education and training for the digital age*. https://education.ec.europa.eu/nl/focus-topics/digital-education/action-plan

Faber, J.M., Luyten, H., & Visscher, A.J. (2017). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & education, 106*, 83-96.

Faber, J.M., & Visscher, A.J. (2018). The effects of a digital formative assessment tool on spelling achievement: Results of a randomized experiment. *Computers & Education, 122*, 1-8.

Facer, K., & Selwyn, N. (2021). *Digital technology and the futures of education – towards 'non-stupid' optimism.* Paper commissioned for the United Nations, Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Futures of Education report.

Faiella, F., & Ricciardi, M. (2015). Gamification and learning: a review of issues and research. *Journal of e-Learning and Knowledge Society, 11*(3). https://www.learntechlib.org/p/151920

Francesc, P., Subosa, M., & Valverde, P. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*. Education Sector, United Nations, Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

Francke, E., & Alexander, B. (2019). The potential influence of artificial intelligence on plagiarism a higher education perspective. In *Proceeding European Conference on the Impact of Artificial Intelligence and Robotics* (pp. 131-140). Oxford: EM Normandie Business School.

Fransen, J., & Bos, N. (2022). Twee jaar online lesgeven en nóg geen transitie in de onderwijspraktijk. *ScienceGuide*, 12 januari 2022.

Friesen, N. (2018). *Personalized learning technology and the new behaviorism: Beyond freedom and dignity.* http://www.academia.edu/Documents/in/Learning_Analytics

Gao, M., Xing, J., Yin, C., & Dai, L. (2021). Personalized recommendation method for English teaching resources based on artificial intelligence technology. *Journal of Physics: Conference Series, 1757*(1), 012104.

Gardner, J., O'Leary, M., & Yuan, L. (2021). Artificial intelligence in educational assessment: 'Breakthrough? Or buncombe and ballyhoo? *Journal of Computer Assisted Learning, 37*(5), 1207-1216.

Ghebreab, E., & Ghebreab, I. (2021). *Artificiële intelligentie: Onderwijskwaliteit.* Profielwerkstuk. Rotterdam: Libanon Lyceum.

González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P., & Roig-Vila, R. (2021). Artificial intelligence for student assessment: A systematic review. *Applied Sciences, 11*(12), 5467.

Gottschalk, F. (2019*). Impacts of technology use on children: Exploring literature on the brain, cognition and well-being.* OECD Education Working Paper No. 195.

Goudeau, S., Sanrey, C., Stanczak, A., Manstead, A., & Darnon, C. (2021). Why lockdown and distance learning during the COVID-19 pandemic are likely to increase the social class achievement gap. *Nature Human Behaviour, 5*(10), 1273-1281.

Graafland, J.H. (2018). *New technologies and 21st century children: Recent trends and outcomes.* OECD Education Working Papers No. 179.

Graesser, A.C., Hu, X., & Sottilare, R. (2018). Intelligent tutoring systems. In F. Fischer, C.E. Hmelo-Silver, S.R. Goldman & P. Reimann (Eds.), *International Handbook of the Learning Sciences* (pp. 246-255). New York: Routledge.

Hadwin, A.F., Järvelä, S., & Miller, M. (2018). Self-regulation, co-regulation and shared regulation in collaborative learning environments. In D. Schunk & J. Greene (Eds.). *Handbook of self-regulation of learning and performance*, 2nd edition (pp. 83-106). New York: Routledge.

Haq, A., Jamal, A., Butt, U., Majeed, A., & Ozkaya, A. (2015). Understanding privacy concerns in online courses: A case study of proctortrack. In H. Jahankhani, A. Carlile, B. Akhgar, A. Taal, A.G. Hessami & A. Hosseinian-Far (Eds.), *International Conference on Global Security, Safety, and Sustainability* (pp. 137-150). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23276-8_12

Hirsch Ballin, E. (2021). *Mensenrechten als ijkpunten van artificiële intelligentie.* Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

Hohlfeld, T.N., Ritzhaupt, A.D., Barron, A.E., & Kemker, K. (2008). Examining the digital divide in K-12 public schools: Four-year trends for supporting ICT literacy in Florida. *Computers & Education, 51*(4), 1648-1663.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2020). *Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning.* Boston: Center for Curriculum Design.

Holstein, K., McLaren, B.M., & Aleven, V. (2019). Co-designing a real-time classroom orchestration tool to support teacher-AI complementarity. *Journal of Learning Analytics, 6*(2).

Huizenga, J., Admiraal, W., Ten Dam, G., & Voogt, J. (2019). Mobile game-based learning in secondary education: Students' immersion, game activities, team performance and learning outcomes. *Computers in Human Behavior, 99,* 137-143.

Janssen, C., Louws, M., Saab, N., Lockhorst, D. & Kester, L. (2019) *Technologie voor regulatie van leren: vormgeving, mechanismen en uitkomsten. Een reviewstudie en taxonomie.* Eindrapport NRO project 405-17-718.

Jasserand, C., Fontanillo López, C., Belkadi, L., Czarnocki, J., Özal, M., Sumer, B., & Kindt, E. (2021). New extensive guidelines on the use of facial recognition by the Council of Europe. *EAB Biometric News,* May 2021.

Jivet, I., Scheffel, M., Drachsler, H., & Specht, M. (2017). Awareness is not enough: Pitfalls of learning analytics dashboards in the educational practice. In E. Avoué, H. Drachsler, K. Verbert, J. Broisoion, M. Pérez-Sangustín, *12th European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 82-96). Cham: Springer.

Kada, Y., & Bredeweg, B. (2018). Automating reference-based feedback for learning conceptual knowledge in secondary education. In *30th Benelux Conference on Artificial Intelligence, BNAIC 2018* (pp. 95-96).

Katapally, T.R., Laxer, R.E., Qian, W., & Leatherdale, S.T. (2018). Do school physical activity policies and programs have a role in decreasing multiple screen time behaviours among youth? *Preventive medicine, 110*, 106-113.

Kaw, A., Clark, R., Delgado, E., & Abate, N. (2019). Analyzing the use of adaptive learning in a flipped classroom for preclass learning. *Computer Applications in Engineering Education, 27*(3), 663-678.

Kelchtermans, G. (2012). *De leraar als (on)eigentijdse professional. Reflecties over de "moderne professionaliteit" van leerkrachten.* Notitie in opdracht van de Nederlandse Onderwijsraad. Centrum voor Onderwijsbeleid, -vernieuwing en lerarenopleiding. KU Leuven, oktober 2012.

Kennisnet (2022b). *Virtual Reality gebruiken bij veiligheidsopleidingen mbo.* https://www.kennisnet.nl/artikel/15768/virtual-reality-gebruiken-bij-veiligheidsopleidingen-mbo/

Kerssens, N., & Dijck, J.V. (2021). The platformization of primary education in The Netherlands. *Learning, Media and Technology, 26*(2), 1-14.

Keuning, T., & Van Geel, M. (2021). Differentiated teaching with adaptive learning systems and teacher dashboards: the teacher still matters most. *IEEE transactions on learning technologies, 14*(2), 201-210.

Khalil, M., Wong, J., De Koning, B., Ebner, M., & Paas, F. (2018). Gamification in MOOCs: A Review of the State of the Art. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1629-1638). IEEE.

Kilis, S., & Yıldırım, Z. (2018). Investigation of community of inquiry framework in regard to self-regulation, metacognition and motivation. *Computers & Education, 126*, 53-64.

Kirschner, P.A., Kreijns, K., Phielix, C., & Fransen, J. (2015). Awareness of cognitive and social behaviour in a CSCL environment. *Journal of Computer Assisted Learning, 31*(1), 59-77.

Kleinjan, M., Pieper, I., Stevens, G.W.J.M., Van de Klundert, N., Rombouts, M., Boer, M., & Lammers, J. (2020). *Geluk onder druk? Onderzoek naar het mentaal welbevinden van jongeren in Nederland.* Utrecht: Trimbos Instituut.

Kneyber, R., Sluijsmans, D., DeViD, V. & Wilde López, B. (2022). *Formatief handelen.* Culemborg: Phronese.

Knoop-van Campen, C.A., Wise, A., & Molenaar, I. (2021). The equalizing effect of teacher dashboards on feedback in K-12 classrooms. *Interactive Learning Environments,* 1-17. DOI: 10.1080/10494820.2021.1931346.

Kolowich, S. (2014). Writing instructor, skeptical of automated grading, pits machine vs. machine. *The Chronicle of Higher Education, 28.*

Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice, 41*(4), 212-218.

Krause, U., Béneker, T., Van Tartwijk, J., Uhlenwinkel, A., & Bolhuis, S. (2017). How do the German and Dutch curriculum contexts influence (the use of) geography textbooks? *Review of International Geographical Education Online, 7*(3), 235-263.

Kyriakides, L., & Creemers, B.P.M. (2008). A longitudinal study on the stability over time of school and teacher effects on student outcomes. *Oxford Review of Education, 5,* 521-545.

Van der Lans, R.M., Van de Grift, W.J., & Van Veen, K. (2018). Developing an instrument for teacher feedback: using the rasch model to explore teachers' development of effective teaching strategies and behaviors. *The Journal of Experimental Education, 86*(2), 247-264.

Lee, K., & Fanguy, M. (2022). Online exam proctoring technologies: Educational innovation or deterioration? *British Journal of Educational Technology, 53*(3), 475-490.

Van Leeuwen, A., Knoop-van Campen, C.A., Molenaar, I., & Rummel, N. (2021). How teacher characteristics relate to how teachers use dashboards: Results from two case studies in K-12. *Journal of Learning Analytics, 8*(2), 6-21.

Van Leeuwen, A., & Rummel, N. (2019). Orchestration tools to support the teacher during student collaboration: a review. *Unterrichtswissenschaft, 47*(2), 143-158.

Van Leeuwen, A., Van Wermeskerken, M., Erkens, G., & Rummel, N. (2017). Measuring teacher sense making strategies of learning analytics: A case study. *Learning: research and practice, 3*(1), 42-58.

Leone, D., Schiavone, F., Appio, F.P., & Chiao, B. (2021). How does artificial intelligence enable and enhance value co-creation in industrial markets? An exploratory case study in the healthcare ecosystem. *Journal of Business Research, 129,* 849-859.

Lim, L., Dawson, S., Joksimovic, S., & Gašević, D. (2019). Exploring students' sensemaking of learning analytics dashboards: Does frame of reference make a difference? In C. Brooks, R. Ferguson, U. Hoppe, *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge* (pp. 250-259). New York: ACM.

Limone, P., & Toto, G.A. (2021). Psychological and emotional effects of digital technology on children in Covid-19 pandemic. *Brain Sciences, 11*(9), 1126.

Luckin, R., & Cukurova, M. (2019). Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. *British Journal of Educational Technology, 50*(6), 2824-2838.

Luo, B., Lau, R.Y., Li, C., & Si, Y.W. (2022). A critical review of state-of-the-art chatbot designs and applications. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 12*(1), e1434.

Lythreatis, S., Singh, S.K., & El-Kassar, A.N. (2021). The digital divide: A review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 121359.

Mandinach, E.B., & Schildkamp, K. (2021). Misconceptions about data-based decision making in education: An exploration of the literature. *Studies in Educational Evaluation*, *69*, 100842.

Marín, P.A.R., Giraldo, M., Tabares, V., Duque, N., & Ovalle, D. (2016). Educational resources recommendation system for a heterogeneous student group. *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 5*(3), 21-30.

Mast, M.S., Kleinlogel, E.P., Tur, B., & Bachmann, M. (2018). The future of interpersonal skills development: Immersive virtual reality training with virtual humans. *Human Resource Development Quarterly, 29*(2), 125-141.

Mayer, R.E. (2019). Thirty years of research on online learning. *Applied Cognitive Psychology*, *33*(2), 152-159.

McCarthy, T., Rosenblum, L.P., Johnson, B.G., Dittel, J., & Kearns, D.M. (2016). An artificial intelligence tutor: A supplementary tool for teaching and practicing braille. *Journal of Visual Impairment & Blindness, 110*(5), 309-322.

Mcmurtrie, B. (2018). How artificial intelligence is changing teaching. *The Chronicle of Higher Education*, 1-7.

Meeter, M. (2021). Primary school mathematics during the COVID-19 pandemic: No evidence of learning gaps in adaptive practicing results. *Trends in neuroscience and education, 25*, 100163.

Meyer, O.A., Omdahl, M.K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers & Education, 140*, 103603.

Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers*. UNESCO Publishing.

Ministerie van Buitenlandse Zaken (2020). *Voortgang Digitale Inclusie.* Brief aan de Tweede Kamer, 7 december 2020, 2020-0000676015.

Ministerie van Buitenlandse Zaken (2022). *Staat van de Unie 2022.* Brief aan de Tweede Kamer, 28 april 2022, BZDOC-307413591-5.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2019). *Digitaliseringsagenda Primair en voortgezet onderwijs.* Den Haag: Ministerie van OCW.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2022a). *Curriculum funderend onderwijs.* Brief aan de Tweede Kamer, 4 april 2022, 32 292669.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2022b). *Kaders en uitgangspunten afstandsonderwijs in het reguliere onderwijs (PO, VO, MBO en HO).* Brief aan de Tweede Kamer, 8 juli 2022, 32 769847.

Molenaar, I. (2021). Personalisation of learning: Towards hybrid human-AI learning technologies. In *OECD Digital Education Outlook 2021 Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots, 57.*

Molenaar, I. (2022). The concept of hybrid human-AI regulation: Exemplifying how to support young learners' self-regulated learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*, 100070.

Molenaar, I., & Knoop-van Campen, C.A. (2018). How teachers make dashboard information actionable. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(3), 347-355.

Neophytou, E., Manwell, L.A., & Eikelboom, R. (2021). Effects of excessive screen time on neurodevelopment, learning, memory, mental health, and neurodegeneration: A scoping review. *International Journal of Mental Health and Addiction, 19*(3), 724-744.

Ng, D.T.K., Leung, J.K.L., Chu, S.K.W., & Qiao, M.S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100041.

Nigam, A., Pasricha, R., Singh, T., & Churi, P. (2021). A systematic review on AI-based proctoring systems: Past, present and future. *Education and Information Technologies, 26*(5), 6421-6445.

OECD (2021). *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/589b283f-en

Onderwijsraad (2016a). *De volle breedte van onderwijskwaliteit.* Den Haag.

Onderwijsraad (2016b). *Internationaliseren met ambitie.* Den Haag.

Onderwijsraad (2016c). *Een andere kijk op professionele ruimte in het onderwijs.* Den Haag.

Onderwijsraad (2016d). *Vakmanschap voortdurend in beweging.* Den Haag.

Onderwijsraad (2017a). *Doordacht digitaal.* Den Haag.

Onderwijsraad (2017b). *De leerling centraal?* Den Haag.

Onderwijsraad (2018a). *Toets wijzer.* Den Haag.

Onderwijsraad (2018b). *Curriculumvernieuwing.* Den Haag.

Onderwijsraad (2019). *Samen ten dienste van de school.* Den Haag.

Onderwijsraad (2020a). *Steeds inclusiever.* Den Haag.

Onderwijsraad (2020b). *Een verkenning van sekseverschillen in het onderwijs.* Den Haag.

Onderwijsraad (2021a). *Tijd voor focus.* Den Haag.

Onderwijsraad (2021b). *Later selecteren, beter differentiëren.* Den Haag.

Onderwijsraad (2022). *Publiek karakter voorop.* Den Haag.

Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development.* Paris: UNESCO.

Pijpers, R. (2022). *Krassen op het dashboard: De invloed van adaptieve leersystemen op de professionele ruimte van de leerkracht.* Zoetermeer: Kennisnet.

Pijpers, R., Bomas, E., Dondorp, L., & Lighart, J. (2020). *Waarden wegen. Een ethische perspectief op digitalisering in het onderwijs.* Zoetermeer: Kennisnet.

Pishtari, G., Rodríguez-Triana, M.J., Prieto, L.P., Ruiz-Calleja, A., & Väljataga, T. (2022). What kind of learning designs do practitioners create for mobile learning? Lessons learnt from two in-the-wild case studies. *Journal of Computer Assisted Learning*. https://doi.org/10.1111/jcal.12672

PO-Raad en VO-raad (2022). *Regie op ICT: noodzakelijke voorwaarde voor het beste onderwijs voor alle kinderen. Ongemak en morele verantwoordelijkheid omzetten naar minimale standaarden en ontwikkelingslijnen voor ICT in het funderend onderwijs.* Utrecht: PO-Raad en VO-raad.

Post, L., Kester, L., Admiraal W., Lockhorst, D., & Bulder, E. (2020) *Overzichtstudie Gamification in Digitale Oefenprogramma's.* Eindrapportage. Utrecht: NRO.

Prinsloo, P. (2019). A social cartography of analytics in education as performative politics. *British Journal of Educational Technology, 50*(6), 2810-2823.

Puja, J.C., & Parsons, D. (2011).A location-based mobile game for business education. In *2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 42-44). IEEE.

Rathenau Instituut (2022). *Naar hoogwaardig digitaal onderwijs.* Auteurs: Karstens, B., & Kool, L. m.m.v. Lemmens, A., Doesborgh, S., & Montanus, R. Den Haag.

Reich, J. (2020). *Failure to disrupt: Why technology alone can't transform education.* Cambridge (Ma.): Harvard University Press.

Reinsperger, S., Grassinger, F., Miclaus, I., Schmiedl, G., Schmiedl, B., & Blumenstein, K. (2016). Location-Based Learning Games Made Easy. In *Proceedings of the 9th Forum Media Technology,* (pp. 23-31).

Ribeiro, F.R., Silva, A., Silva, A.P., & Metrôlho, J. (2021). Literature Review of Location-Based Mobile Games in Education: Challenges, Impacts and Opportunities. *Informatics*, 8(3), 43.

Richardson, R. (2021). Facial Recognition in the Public Sector: The Policy Landscape. The German Marshall Fund of the United States. https://www.gmfus.org/news/facial-recognition-public-sector-policy-landscape

Rosé, C.P., McLaughlin, E.A., Liu, R., & Koedinger, K.R. (2019). Explanatory learner models: Why machine learning (alone) is not the answer. *British Journal of Educational Technology, 50*(6), 2943-2958.

Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68.

Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (1997). Social origins of self-regulatory competence. *Educational Psychologist, 32*(4), 195-208.

Schwarz, B.B., Prusak, N., Swidan, O., Livny, A., Gal, K., & Segal, A. (2018). Orchestrating the emergence of conceptual learning: A case study in a geometry class. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *13*(2), 189-211.

Siemon, D., Becker, F., Eckardt, L., & Robra-Bissantz, S. (2019). One for all and all for one: Towards a framework for collaboration support systems. *Education and Information Technologies, 24*(2), 1837-1861.

Sleeman D. & Brown, J.S. (Eds.) (1982). *Intelligent Tutoring Systems.* Orlando (Fl.): Academic Press.

Strauß, S., & Rummel, N. (2021). Promoting regulation of equal participation in online collaboration by combining a group awareness tool and adaptive prompts. But does it even matter? *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 16*(1), 67-104.

Sunahase, T., Baba, Y., & Kashima, H. (2017). Pairwise HITS: Quality estimation from pairwise comparisons in creator-evaluator crowdsourcing process. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 31*(1).

SURF (2020). *Whitepaper Online proctoring. Vragen en antwoorden bij surveilleren op afstand. Update, april 2020.* Utrecht: SURF.

SURF (2022). *Trend adaptief leermateriaal in het hoger onderwijs. Kansen en risico's.* Utrecht: SURF.

Tabuenca, B., Serrano-Iglesias, S., Martin, A.C., Villa-Torrano, C., Dimitriadis, Y., Asensio-Pérez, J.I., ... & Kloos, C.D. (2021). Affordances and core functions of smart learning environments: A systematic literature review. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 14*(2), 129-145.

Tacoma, S. (2020). *Automated intelligent feedback in university statistics education.* Academic dissertation. Utrecht: Freudenthal Institute, Faculty of Science, Utrecht University.

Tolsgaard, M.G., Boscardin, C.K., Park, Y.S., Cuddy, M.M., & Sebok-Syer, S. S. (2020). The role of data science and machine learning in Health Professions Education: practical applications, theoretical contributions, and epistemic beliefs. *Advances in Health Sciences Education, 25*(5), 1057-1086

Tomlinson, C.A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C.M., Moon, T.R., Brimijoin, K., ... & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal for the Education of the Gifted, 27*(2-3), 119-145.

Topol, E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine, 25*(1), 44-56.

Tuomi, I. (2020). *The use of Artificial Intelligence (AI) in education. Concomitant expertise for INI report.* Briefing requested by the CULT Committee, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Directorate-General for Internal Policies, PE 629.222 – May 2020.

UNESCO (2019). *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist, 46*(4), 197-221.

Vincent-Lancrin, S., & Van der Vlies, R. (2020). *Trustworthy artificial intelligence (AI) in education: Promises and challenges.* OECD Education Working Papers. https://doi.org/10.1787/19939019

De Visser, H. (2022). *'Ik haat Snappet, juf!'* Blog 23 maart 2022. Nivoz. https://nivoz.nl/nl/ik-haat-snappet-juf

Vlaamse Onderwijsraad (2022). *Onderwijs aan het roer van het digitaal onderwijs- en leerproces. Advies over de relatie tussen onderwijs, de overheid en de Ed-Tech-markt.* Brussel: Vlaamse Onderwijsraad.

Vrielink, R.O., Nijhuis-Boer, V., Horne, C.V., Hans, E., & Hillegersberg, J.V. (2018). A framework for planning and control of the education organization. In R.J. Howlett, V.L. Uskow, L. Vlacic & L.C. Jain, *Smart Education and e-Learning* (pp. 234-245). Cham: Springer.

Walker, J. & Baten, D. (2022). *Promises of AI in Education: Discussing the impact of AI systems in educational practices.* Utrecht: SURF.

Wang, J., Hwang, G.H., & Chang, C.Y. (2021). Directions of the 100 most cited chatbot-related human behavior research: A review of academic publications. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100023.

Van de Werfhorst, H.G., Kessenich, E., & Geven, S. (2022). The Digital Divide in Online Education. Inequality in Digital Readiness of Students and Schools. *Computers and Education Open,* 100100. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100100

Werner, A.M., Tibubos, A.N., Mülder, L.M., Reichel, J.L., Schäfer, M., Heller, S.L.M., ... & Beutel, M.E. (2021). The impact of lockdown stress and loneliness during the COVID-19 pandemic on mental health among university students in Germany. *Scientific Reports, 11,* 22637. https://doi.org/10.1038/s41598-021-02024-5

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2021). *Opgave AI. De nieuwe systeemtechnologie.* Den Haag: WRR.

Williamson, B. (2018). Brain Data: Scanning, Scraping and Sculpting the Plastic Learning Brain Through Neurotechnology. *Postdigital Science and Education 1*(1): 65-86. doi:10.1007/s42438-018-0008-5.

Williamson, B. (2019). Psychodata: Disassembling the Psychological, Economic, and Statistical Infrastructure of 'Social-Emotional Learning'. *Journal of Education Policy 36*(1): 129-154.

Williamson, B. (2020). Datafication of education: a critical approach to emerging analytics technologies and practices. In H. Beetham, & R. Sharpe, (Eds.), *Rethinking Pedagogy for a Digital Age*, third Edition (pp. 212-226). New York: Routledge.

Williamson, B. (2021). Digital policy sociology: Software and science in data-intensive precision education. *Critical Studies in Education, 62*(3), 354-370.

Williamson, B. (2022). Big EdTech. *Learning, Media and Technology, 47*(2), 157-162.

Williamson, B., Bayne, S., & Shay, S. (2020). The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. *Teaching in Higher Education, 25*(4), 351-365.

Winne, P. (2017). Learning analytics for self-regulated learning. In C. Lang, G. Siemens, A. Wise, & D. Gašević (Eds.), *Handbook of Learning Analytics* (pp. 241-249). SoLAR. DOI: 10.18608/hla17

Wise, A.F., & Jung, Y. (2019). Teaching with analytics: Towards a situated model of instructional decision-making. *Journal of Learning Analytics, 6*(2), 53-69.

Wubbels, T., Brekelmans, M., Den Brok, P., & Van Tartwijk, J. (2013). An interpersonal perspective on classroom management in secondary classrooms in the Netherlands. In C. Evertson & C.S. Weinstein, *Handbook of Classroom Management: Research, Practice and Contemporary Issues* (pp. 1171-1202). New York: Routledge.

Zhang, D., Mishra, S., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ganguli, D., Grosz, B., ... & Perrault, R. (2021). *The AI index 2021 annual report.* arXiv:2103.06312.

Zhonggen, Y. (2019). A meta-analysis of use of serious games in education over a decade. *International Journal of Computer Games Technology, 2019*(1), 1-8.

Zlatkin-Troitschanskaia, O., Shavelson, R.J., Schmidt, S., & Beck, K. (2019). On the complementarity of holistic and analytic approaches to performance assessment scoring. *British Journal of Educational Psychology, 89*(3), 468-484.

Zou, X., Ma, W., Ma, Z., & Baker, R.S. (2019). Towards helping teachers select optimal content for students. In S. Isotani, E. Millán, A. Ogan, P. Hastings, B. McLaren & R. Luchin (Eds.), *International conference on artificial intelligence in education* (pp. 413-417). Cham: Springer.

Colofon

Goed onderwijs voor iedereen: daar draagt de Onderwijsraad aan bij. De raad geeft al meer dan honderd jaar advies over onderwijsbeleid en -wetgeving aan de regering en de Eerste en Tweede Kamer. Gevraagd én uit eigen beweging. Dit mondt uit in gefundeerde verkenningen en adviezen die focussen op oplossingen voor de langere termijn. Ze gaan over alle vormen van onderwijs: van voorschoolse voorzieningen tot aan postuniversitair onderwijs en een leven lang ontwikkelen.

De raad is onafhankelijk en staat tegelijkertijd midden in de samenleving en het onderwijs. De adviezen worden gevoed door kennis en ervaring uit het onderwijsveld en de praktijk van onderwijswetgeving en -beleid. En ze zijn gebaseerd op wetenschappelijke kennis en inzichten. De JongerenOnderwijsraad, met leerlingen en studenten van diverse leeftijden en schooltypen, voedt de raad met ervaringen en ideeën over het Nederlandse onderwijs en denkt mee over onderwerpen.

Samenstelling raad
prof. dr. E.H. (Edith) Hooge (voorzitter)
I. (Iliass) El Hadioui MSc
prof. dr. P.W.A. (Pieter) Huisman
J. (Jasmijn) Kester MEM
R. (René) Kneyber
dr. A. (Esmah) Lahlah
D. (Daisy) Mertens MEd
dr. C.J. (Cor) van Montfort
prof. dr. S.F. (Susan) te Pas
drs. R. (Rob) Schuur (vicevoorzitter)
prof. dr. M.L.L. (Monique) Volman
prof. dr. H.G. (Herman) van de Werfhorst
drs. M.P. (Mirjam) van Leeuwen (secretaris)

Toegevoegde leden voor deze verkenning
dr. N. (Nynke) Bos
dr. I. (Inge) Molenaar

Nr. AD.2200102, september 2022

Uitgave van de Onderwijsraad, Den Haag, 2022
ISBN 978-94-6121-081-4

Bestellingen van publicaties
Onderwijsraad
Prins Willem Alexanderhof 20
2595 BE Den Haag
secretariaat@onderwijsraad.nl
(070) 310 00 00

Ontwerp
thonik

Fotografie
Edwin Walvisch
Istock (pag. 48)

Visualisatie
Things To Make And Do

© Onderwijsraad, Den Haag. Alle rechten voorbehouden. All rights reserved.

Prins Willem Alexanderhof 20
2595 BE Den Haag

www.onderwijsraad.nl
secretariaat@onderwijsraad.nl
tel: +31 70 310 00 00