

Paden naar innovatief bèta-onderwijs

Citation for published version (APA):

Nieveen, N., van der Veen, J., & Ventura-Medina, E. (2024). *Paden naar innovatief bèta-onderwijs*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 07/03/2024

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Prof.dr. Nienke Nieveen
Prof.dr. Jan van der Veen
Prof.dr.ir. Esther Ventura-Medina
7 maart 2024



INTREEREDE

Paden naar innovatief bèta-onderwijs

TU/e

EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND SCIENCE EDUCATION

INTREEREDE
PROF.DR. NIENKE NIEVEEN
PROF.DR. JAN VAN DER VEEN
PROF.DR.IR. ESTHER VENTURA-MEDINA

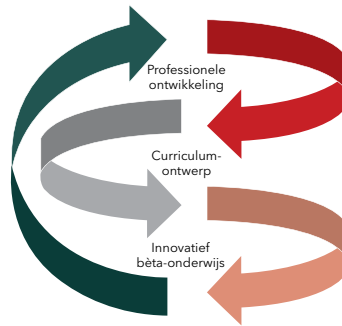
Paden naar innovatief bèta-onderwijs

7 maart 2024

Technische Universiteit Eindhoven

Inleiding

Langs verschillende routes zijn wij drieën hier terechtgekomen. Onze benoemingen vonden relatief kort na elkaar plaats. Dat bood ons een unieke kans om onze inaugurele redes aan elkaar te verbinden en samen uit te spreken. Het bleek een mooie gelegenheid om onze ideeën en plannen over innovaties, curriculumontwerp en professionele ontwikkeling in bèta- en techniekonderwijs met elkaar te bespreken. We delen een passie voor onderwijs en zijn voortdurend op zoek hoe we als Eindhoven School of Education een bijdrage kunnen leveren aan het onderwijs van de toekomst.



In deze oratie richten we ons op de rol die docenten kunnen spelen in het ontwerpen en innoveren van bèta-onderwijs. We besteden daarbij specifiek aandacht aan de professionele ontwikkeling die daarbij nodig is. Vanuit elk van de drie perspectieven identificeren we kansen voor onderwijsonderzoek gekoppeld aan deze innovaties. De volgende vragen komen in de oratie aan de orde:

1. Waarom is er zoveel aandacht voor interdisciplinariteit in het voortgezet en hoger onderwijs?
2. Hoe ziet vakoverstijgend bèta-onderwijs er in de praktijk uit?
3. Wat zijn curriculumuitdagingen bij innovatief bèta-onderwijs?
4. Wat zijn mogelijkheden en uitdagingen voor digitale technologie ter ondersteuning van het bèta-onderwijs?
5. Kan professionele ontwikkeling van docenten helpen bij het vernieuwen van het bèta-onderwijs?
6. Hoe wordt curriculumontwerp van bèta-onderwijs een aantrekkelijke loopbaanoptie voor docenten?

Dit is ons gedeelde perspectief op de toekomst van bèta-onderwijs. We nodigen u uit om deel te nemen aan de realisatie ervan.

Jan, waarom is er zoveel aandacht voor interdisciplinariteit in het voortgezet en hoger onderwijs?

Interdisciplinariteit

Willen we complexe problemen in de samenleving¹ goed begrijpen en er iets aan doen, dan zijn interdisciplinair onderzoek en onderwijs met bijdragen vanuit meerdere vakgebieden² nodig. Om bijvoorbeeld het effect van klimaatverandering op onze atmosfeer te begrijpen, heb je kennis nodig uit de vakgebieden natuurkunde, scheikunde, aardrijkskunde en biologie. Terwijl je met het begrijpen van klimaateffecten bezig bent, gebruik je modellen en algoritmes uit de informatica, kunstmatige intelligentie en wiskunde. Je hebt satellieten nodig met gevoelige sensoren die verschillende klimaateffecten meten en ook in de gaten houden of gemaakte klimaatafspraken worden nagekomen³. Bij het werken aan oplossingen zijn technologische innovaties alleen niet voldoende. We moeten ook begrijpen hoe en waarom mensen handelen en hoe besluitvorming werkt. Om effect te hebben, moeten we immers internationaal samen optrekken en goede afspraken zijn daarbij noodzakelijk.

Wat betekent dit voor ons middelbaar en hoger onderwijs? Laten we met het hoger onderwijs beginnen. De interdisciplinaire complexiteit van veel problemen is te groot om door een individuele student te worden begrepen. Voor opleidingen is het dan ook belangrijk om keuzes te maken, zodat het helder is wat wordt beoogd met interdisciplinair onderwijs^{4, 5, 6}. Sommige opleidingen kiezen leerdoelen die te maken hebben met het samenwerken met experts uit andere vakgebieden: ze leren begrijpen hoe die experts werken en wat je aan elkaar kunt hebben. Studenten in deze studies ontwikkelen persoonlijke en professionele competenties zoals het werken in gemengde teams met begrip en respect voor elkaars expertise. Andere opleidingen kiezen vanaf de start voor een interdisci-

¹ UN Sustainable Development Goals: <https://sdgs.un.org/goals>.

² Graham (2018a)

³ Nasa (2024). De afspraken die in 1987 in Montreal zijn gemaakt over het **herstel van de ozonlaag** betroffen ChloorFluorKoolstofverbindingen (CFK's). Naleving van de internationale afspraken wordt ondersteund met satellietwaarnemingen, een aanpak die nu ook bij broeikasgassen relevant is.

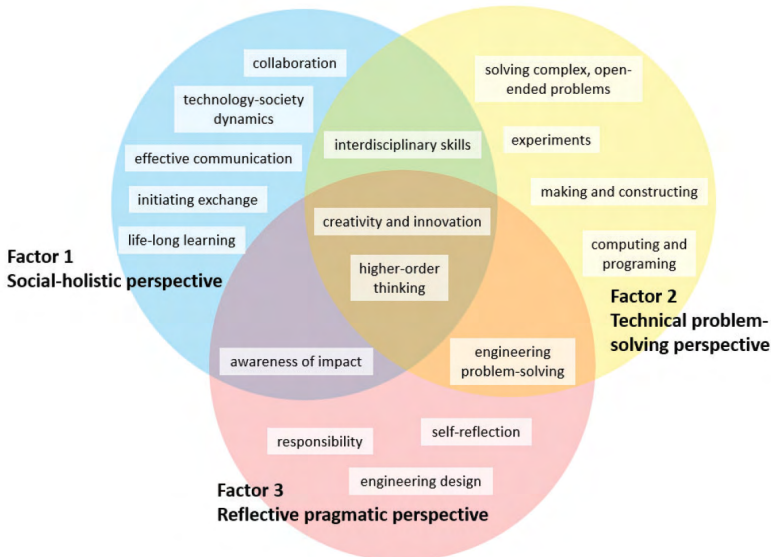
⁴ Van den Beemt et al. (2023)

⁵ Twente Toolbox for Interdisciplinary Education: <https://interdisciplinary-education.utwente.nl/>

⁶ Klein (2017)

plinaire aanpak met leerdoelen uit meerdere disciplines die kunnen helpen bij het werken aan meer integrale oplossingen. Systemdenken kan beide groepen studenten helpen om de complexiteit te begrijpen⁷.

In figuur 1 staan de belangrijkste interdisciplinaire vaardigheden voor studenten genoemd, gebaseerd op interviews met universitaire docenten⁸. Creatief denken en hogere-orde denkvaardigheden worden door allen hoog gewaardeerd, terwijl de andere opties verschillend worden gewaardeerd afhankelijk van de eigen interpretatie van interdisciplinariteit. Aangezien de meeste universitaire docenten zijn opgeleid als specialist, is het voor hen een uitdaging om interdisciplinair onderwijs te verzorgen. Ze voelen zich ongemakkelijk als onderwerpen buiten hun eigen expertise liggen. Het helpt als je dan met een multidisciplinair docententeam werkt. Ook kan het inhuren van interdisciplinaire professionals helpen bij het verzorgen van interdisciplinair onderwijs. Het is ook het vermelden waard dat we veel van de aanpak van onze studententeams bij InnovationSpace kunnen leren⁹. In deze teams draagt elke student bij aan het groepswerk op basis van de eigen discipline.



Figuur 1. Leerdoelen voor interdisciplinair onderwijs. Profilerende en overlappende elementen die naar voren komen uit interviews met universitaire docenten (Ming et al., 2024).

⁷ Habbal et al. (2024)

⁸ Ming et al. (2024)

⁹ TU/e Innovation Space, <https://www.tue.nl/en/education/tue-innovation-space>

Tegelijk leren zij ook weer nieuwe dingen door mee te doen aan de gemeenschappelijke uitdaging die het team zichzelf heeft gesteld¹⁰.

Ook in het middelbaar onderwijs wordt gekeken hoe vakoverstijgende onderwerpen een plek kunnen krijgen. Je moet immers een zeker beeld ontwikkelen van hoe zaken met elkaar samenhangen om de wereld om je heen te begrijpen. Het schoolcurriculum is echter vooral gebaseerd op losstaande vakken zoals we die al lang kennen. Er is geen eenvoudige manier om vakoverstijgend onderwijs te organiseren in deze context van vakken die ieder voor zich al heel veel leerdoelen kennen¹¹. Projectweken en afsluitende projecten, denk aan profielwerkstukken, kunnen wel zo'n vakoverstijgend karakter hebben. Ook zijn er scholen die bèta-vakken in de onderbouw combineren. In de bovenbouw van ongeveer de helft van alle scholen kunnen leerlingen Natuur, Leven en Technologie (NLT) kiezen. NLT wordt nu ook voor de onderbouw ontwikkeld¹². Hierdoor komen leerlingen op jongere leeftijd met meer bèta- en techniekonderwerpen in aanraking. Een ander nieuw schoolvak is Onderzoek & Ontwerpen, te kiezen op Technasium scholen¹³ en een aantal andere scholen. Leerlingen richten zich op het ontwerpen en maken soms ook een prototype van hun ontwerp. Waar nodig vindt hierbij enig onderzoek plaats. Beide schoolvakken bieden kansen voor het opdoen van interdisciplinaire vaardigheden naast begrip van de klassieke schoolvakken. Leerlingen die deze vakken volgen, blijken ook andere studiekeuzes te maken¹⁴, bijvoorbeeld richting industrieel ontwerpen en werktuigbouwkunde. In een NRO-project met scholen in de regio en Brainport¹⁵ wordt samen interdisciplinair onderwijs rond het thema duurzaamheid ontwikkeld¹⁶. Het is zowel op scholen als op universiteiten van belang een goede balans te zoeken tussen onderwijs waarin nieuwe begrippen en vaardigheden worden geïntroduceerd én projecten waarin leerlingen de begrippen en methodes leren toepassen¹⁷.

¹⁰ Bravo et al. (2024)

¹¹ Pieters (2022)

¹² <https://www.verenigingnlt.nl/docenten/onderbouw/>

¹³ <https://www.technasium.nl/>

¹⁴ Blume-Bos et al. (2020)

¹⁵ Brainport Eindhoven

¹⁶ van der Veen et al. (2023a)

¹⁷ De Jong et al. (2023)

Esther, Hoe ziet vakoverstijgend bèta-onderwijs er in de praktijk uit?

Innovatief bèta-onderwijs in de praktijk

Onze samenleving heeft te maken met bijzondere uitdagingen. Om in die context te werken, zullen onze alumni meer moeten hebben dan een goede basis in de techniek en de vaardigheid om complexe opgaven samen met anderen op te lossen^{18, 19}.

De komst van Industry 4.0 betekent dat intelligente systemen worden ingepast in industriële processen, denk daarbij aan Internet of Things, Big Data en Kunstmatige Intelligentie. Recent plaatste Industry 5.0²⁰ de mens in het middelpunt van de technologische veranderingen. Dit vraagt opnieuw aanpassingen in de vaardigheden die onze studenten zich eigen moeten maken²¹. Deze constante vraag naar nieuwe vaardigheden heeft invloed op meerdere onderwijsniveaus en bij diverse belanghebbenden. Het gaat daarbij om internationale en nationale beleidsmakers in overheden en beroepsorganisaties, de leiding van onderwijsinstellingen, opleidingsdirecteuren, docenten en alle andere collega's in het onderwijs. Hoe zien we deze ontwikkelingen en veranderingen uiteindelijk terug in de onderwijspraktijk?

Om meer zicht te krijgen op deze veranderingen in de onderwijspraktijk is het nodig om onderscheid te maken tussen wat er wordt geleerd (vakinhoud) en hoe het doceren en leren plaatsvindt (didactiek). Dat onderwijs kan online plaatsvinden, op de campus, of een combinatie daarvan ('blended learning'). Hierbij is er een duidelijke samenhang tussen bepaalde vakinhoud en hoe dat te leren.

¹⁸ Fajaryati, Budiyono, Akhyar & Wiranto (2020)

¹⁹ Patrick & McShane (2023, October)

²⁰ *Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>

²¹ Deming & Noray (2018)

STUDENTGERICHTE AANPAKKEN IN HET ONDERWIJS

Wat het hoger onderwijs betreft, veel van de vereiste vakinhoud van ingenieursopleidingen wordt bepaald door landelijke en internationale beroepsorganisaties. Dit wordt vastgelegd in raamwerken die ook bij accreditaties worden gehanteerd. Ze vermelden de kennis die een afgestudeerde ingenieur nodig heeft op basis van behoeftes van de industrie of de samenleving^{22, 23}.

Klassieke hoor- en werkcolleges worden nog steeds veel toegepast in het hoger bèta- en techniekonderwijs. Willen we echter een goede integratie van basiskennis en de nodige professionele vaardigheden, dan zullen we ons ook op andere onderwijsvormen moeten richten. Bij deze werkvormen staat de student centraal in het leerproces²⁴, met accenten op samenwerkend en ontdekkend leren²⁵. Dit is veelal gekoppeld aan een context uit de praktijk, meer van abstract naar tastbaar²⁶, en gericht op het koppelen van theorie en praktijk²⁷. Onderwijsvormen gebaseerd op ontdekkend leren versterken het tegelijk leren van vakinhoud en professionele vaardigheden²⁸. Een voorbeeld is het probleemgestuurd onderwijs²⁹ dat in de jaren zestig begonnen is bij medische studies³⁰. Gevolgd door diverse varianten, zoals projectonderwijs³¹, scenariogestuurd³² onderwijs en challenge-based learning³³. Implementaties hiervan zijn te vinden in bèta- en techniekopleidingen in het hoger onderwijs, zowel binnen een bepaalde discipline als ook in interdisciplinair opgezette vakken en opleidingen. Soms worden daar externe belanghebbenden bij betrokken, zie voorbeelden van scenariogestuurd onderwijs en projectonderwijs aan de UCL (Londen) of de universiteit van Linköping (Zweden). Interdisciplinaire voorbeelden van projectonderwijs en challenge-based learning zijn bijvoorbeeld te vinden bij de universiteit van Aalborg, de Tecnológico de Monterrey (Mexico), de Universiteit Twente en de TU Eindhoven (zie figuur 2).

²² Ho, Kortian, Huda & Lee (2023)

²³ Bolton, Glassey & Ventura-Medina (2023)

²⁴ Land, Hannafin & Oliver (2012)

²⁵ Kolb (2014)

²⁶ Lave & Wenger (1991)

²⁷ Gray & Holyoak (2021)

²⁸ Hmelo-Silver (2004)

²⁹ Mabley, Ventura-Medina & Anderson (2020)

³⁰ Graaff & Kolmos (2007)

³¹ Noordin, Nasir, Ali, & Nordin (2011)

³² Errington (2008)

³³ Gallagher & Savage (2023); Doulougeri, van den Beemt, Vermunt, Bots & Bombaerts (2022)



Figuur 2. TU/e studententeams die zich richten op duurzaamheid: CASA, CORE, Enactus, Falcon, FruitPunch, InMotion, Solar Team, SOLID, TU/ecomotive, University Racing Eindhoven, VIRTUe, Team Energy. Photo by Bart van Overbeeke Photography.

VIRTUEEL LEREN

Virtuele leeromgevingen (VLE's) worden steeds meer gebruikt om gemengde vormen van virtueel en live onderwijs te ondersteunen. Systemen zoals Canvas, Blackboard, Moodle en MS Teams bieden buiten de reguliere onderwijsbijeenkomsten toegang tot digitale bronnen (bijvoorbeeld bestanden of beeldmateriaal), leeractiviteiten (bijv. quizzen of bepaalde lessen) en online mogelijkheden tot interactie tussen studenten onderling en met docenten (bijv. discussiefora, wiki's of videobijeenkomsten)³⁴. VLE's kunnen zo maatwerk en flexibiliteit bieden, zowel voor het individueel leren als voor groepswork. Ze bieden daarmee een alternatief voor of een aanvulling op de fysieke onderwijspraktijk. Een goede verbinding tussen VLE's en het fysieke onderwijs kan studentgericht onderwijs versterken (bijv. flipped classroom³⁵).

³⁴ Anthony, Kamaludin, Romli, Raffei et al. (2022)

³⁵ Karabulut-Ilgü, Jaramillo Cherez & Jahren (2018)

Zowel in het voortgezet als het hoger bèta-onderwijs zien we een toenemend aantal augmented en virtual reality-toepassingen³⁶. Bijvoorbeeld als ondersteuning voor praktijkgericht en ontdekkend leren (Figuur 3), bij simulaties (zoals rollenspellen en virtuele discussies) waarbij interacties tussen mensen op verschillende cognitieve niveaus³⁷ nodig zijn en bij scenario's waarin vaardigheden en kennis worden ontwikkeld tijdens het werken aan complexe vakoverstijgende problemen³⁸.



Figuur 3. Augmented Reality onderwijs met een model van het hart in de opleiding Medical Science and Technology (MST, BioMedical Engineering). De studenten zijn aan de slag in TU/e Innovation Space. Door het gebruik van augmented reality apps kunnen de studenten tegelijk ook de omgeving en elkaar zien terwijl ze op hun XR-bril instructies zien. In het vak 'Heart & Blood' bestuderen zij de werking van het kloppende hart met behulp van een 3D-hologram. Het hart kan van alle kanten worden bekeken en aangeraakt als een zogenaamde HoloLens headset wordt gedragen. Foto: Bart van Overbeeke Photography.

Ook online zien we virtuele klaslokalen terug in zogenaamde MOOCs (Massive Open Online Learning Courses), in projectonderwijs en bij probleemgestuurd

³⁶ di Lanzo, Valentine, Sohel, Yapp, Muparadzi et al. (2020)

³⁷ Chernikova, Heitzmann, Stadler, Holzberger, Seidel et al. (2020)

³⁸ Mio, Ventura-Medina & João (2019)

onderwijs (bijv. the Open Network Learning³⁹) en bij afstandsonderwijs gebaseerd op het Community of Inquiry (Col) model⁴⁰ (bijv. aan de Athabasca University).

Sociale media en specifieke digitale toepassingen, losstaand van de VLE's, worden eveneens in het onderwijs gebruikt en zijn derhalve ook een onderdeel van de virtuele onderwijspraktijk. Dit laat ook zien hoe verweven het formele en informele leren zijn, evenals het fysieke en virtuele onderwijs⁴¹.

Los van de mogelijke voordelen van virtuele leeromgevingen en digitale toepassingen is er nog veel te leren over deze nieuwe onderwijspraktijk in vergelijking met de klassieke onderwijssetting⁴². Zoals hoe we de virtuele en fysieke wereld kunnen verbinden om flexibiliteit, aanpasbaarheid en inclusiviteit daadwerkelijk te realiseren. Ook hoe deze nieuwe ruimtes de docenten en studenten belemmeren of juist stimuleren bij groepswork.

Zowel in voortgezet als hoger onderwijs zien we in de praktijk een breed scala aan aanpakken (oud en nieuw) waarbij veel gebruik wordt gemaakt van groepswork en van authentieke situaties als manier om de toepassing van kennis te laten zien. Zo worden niet alleen kennis en vaardigheden ontwikkeld, het is ook een manier om diversiteit en inclusie te vergroten.

Om de nieuwe generatie studenten goed onderwijs te bieden, zullen we verschillende werkvormen moeten toepassen. Daarbij moeten we goed opletten hoe we een aantal aspecten van die werkvormen invullen:

- de rolverdeling tussen docenten en studenten,
- de balans tussen individuele opdrachten en groepswork,
- de mate van openheid in de groepsopdrachten,
- vakspecifieke en inhoudelijke diepgang combineren met systeembenadering,
- inter- en transdisciplinaire versus vakspecifieke accenten.

Bij deze aspecten is het belangrijk de mate van ondersteuning te bieden die past bij het vak en de plek van dat vak in het curriculum. Innovaties moeten uiteraard passen in de filosofie van het hele studieprogramma.⁴³ Hoe je van dat geheel een samenhangend studieprogramma maakt? Daarvoor is een zorgvuldige curriculum-aanpak nodig.

³⁹ <https://www.opennetworkedlearning.se/>; Creelman, Kvarnström, Pareigis, Uhlin & Åbjörnsson (2021)

⁴⁰ Swan, Garrison, & Richardson (2009)

⁴¹ Tess (2013)

⁴² Thomas (2010)

⁴³ Biggs & Tang (2014)

Daarmee komen we bij een vervolgvraag voor Nienke, wat zijn curriculumuitdagingen bij innovatief bèta-onderwijs?

Curriculumuitdagingen bij innovatief bèta-onderwijs

Dit is een belangrijke vraag. Het innoveren van bèta-onderwijs vraagt inderdaad om een zorgvuldige curriculumaanpak binnen de school. Een curriculum vat ik op als een ontwerp of plan voor het leren van leerlingen/studenten⁴⁴. Binnen de school zijn uitdagingen aan de orde op het punt van curriculumconsistentie en curriculumcoherentie. Ik zal beide hier kort introduceren.

CURRICULUMCONSISTENTIE: NAAR CURRICULAIRE HELDERHEID

Voor schoolteams is het belangrijk om helderheid te creëren over de manier waarop het bèta-onderwijs deel uitmaakt van het bredere schooleigen curriculum⁴⁵. Dit omvat onder andere:

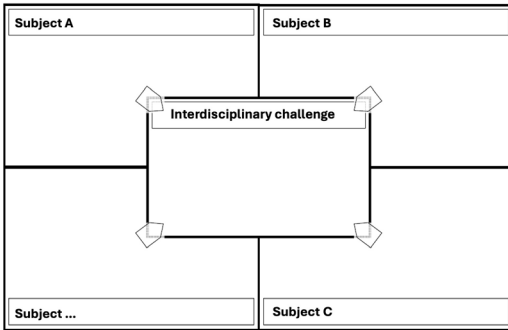
- het zorgdragen voor verbindingen tussen de vakken en de rijke interdisciplinaire vraagstukken waaraan de leerlingen gaan werken (Figuur 4)⁴⁶. Beginnen de leerlingen bijvoorbeeld met monodisciplinaire vakken en integreren ze deze later, of andersom, of een combinatie?
- het bepalen in welke volgorde leerlingen thematische kennis en vaardigheden verwerven over een langere periode. Een spiraalcurriculum⁴⁷ maakt het mogelijk dat leerlingen hun begrip van een thema in de loop van de tijd verdiepen en verbreden. In elke cyclus bouwen leerlingen voort op eerder opgedane kennis en vaardigheden (Figuur 5).

⁴⁴ Nieveen, Van den Akker, & Voogt (2023)

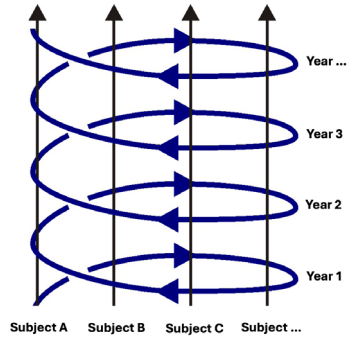
⁴⁵ Skilbeck (1998); Nieveen, Handelzalts & Van Eekelen (2011)

⁴⁶ Bransford, Brown & Cocking (2000); Menken & Keestra (2016); National Research Council (2012); Nypels & Kamp (2022)

⁴⁷ Bruner (1960)

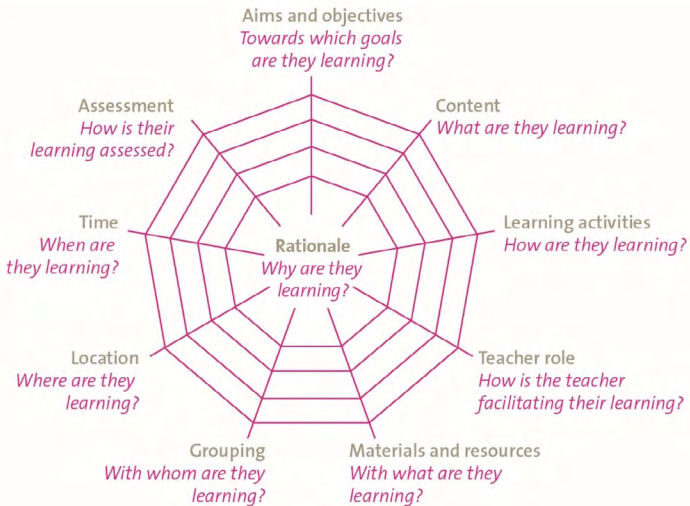


Figuur 4. Horizontale relaties



Figuur 5. Volgorde

- het nemen van beslissingen over alle curriculumonderdelen en de verbanden ertussen, rekening houdend met de onderliggende rationale (de ‘waarom’-vraag)⁴⁸, zoals geïllustreerd met het curriculaire spinnenweb⁴⁹ in Figuur 6. Het spinnenweb, als metafoor, wijst zowel op de flexibiliteit als op de kwetsbaarheid van een curriculum.



Figuur 6. Curriculaire spinnenweb

⁴⁸ Zie ook de antwoorden op de eerste twee vragen van deze oratie door Jan van der Veen en Esther Ventura-Medina

⁴⁹ Van den Akker (2003)

Deze (en andere) beslissingen helpen mee een helder beeld te creëren van innovatief bèta-onderwijs binnen een school. In de praktijk is dit echter gemakkelijker gezegd dan gedaan. Ondersteuning is nodig. Dit brengt mij bij de tweede set uitdagingen, gerelateerd aan curriculumcoherentie.

CURRICULUMCOHERENTIE: NAAR GEZAMENLIJK RICHTINGSGEVOEL

Het zou zeer behulpzaam zijn voor schoolteams als het onderwijssysteem als geheel op zijn minst enige coherentie zou vertonen over wat we gezamenlijk voor ogen hebben met betrekking tot bèta-onderwijs⁵⁰. Daarbij is het van belang mee te nemen dat het onderwijssysteem een gelaagd en ook genest systeem is bestaande uit werkzaamheden in de klas, de school, de regio, het land en internationaal⁵¹. Coherentie kan worden uitgedrukt door de mate waarin binnen en tussen deze lagen 'flow' voorkomt. We kunnen daarbij drie soorten flow onderscheiden⁵²: (1) semiotische flow, zoals het hebben van gedeelde taal; (2) materiële flow, zoals het gebruik van ondersteunende lesmaterialen en hulpmiddelen; en (3) sociale flow, zoals het hebben van gezamenlijke werkbijeenkomsten. In Nederland vraagt de curriculumcoherentie voor het bèta-onderwijs om aandacht en verbetering⁵³.

Zo is het bijvoorbeeld met betrekking tot beleidstaal (als onderdeel van semiotische flow) onduidelijk of wij – als land – het een goed idee vinden dat scholen en leraren interdisciplinair onderwijs verzorgen. De nadruk op gestandaardiseerde centrale examens in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs voor de monodisciplinaire vakken (zoals wiskunde, natuurkunde en scheikunde) leidt ertoe dat leraren en schoolleiders zich vaak gedwongen voelen zich te richten op examenvoorbereiding in plaats van studenten te betrekken bij betekenisvol geïntegreerd bèta-onderwijs. Voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs zijn de kerndoelen juist relatief open geformuleerd. Dit biedt ruimte maar laat ook veel complexe curriculumbeslissingen over aan de schoolteams zonder aanvullende richtinggevendende beelden. Wat we nodig hebben is een gemeenschappelijke rationale, een verhaal dat de systeemplagen overstijgt en de fundamentele vraag⁵⁴ beantwoordt 'welke kennis en vaardigheden zijn het meest waardevol?'. Zo'n ratio-

⁵⁰ Nieveen & Van den Akker (2023)

⁵¹ Thijs & Van den Akker (2009)

⁵² Deleuze & Guattari (2003); Dempsey, Doyle & Looney (2021)

⁵³ Sijbers & Woldhuis (2021); Taminiau, Ottevanger, Pieters, Woldhuis, Sijbers, Spek, Schalk, Rodenboog & Van Graft (2017)

⁵⁴ De basis curriculumvraag geïntroduceerd door Herbert Spencer (1860)

nale, bij voorkeur vertaald in bruikbare ontwerpprincipes, biedt meer structuur en gezamenlijkheid voor curriculumontwerp in alle lagen, met duidelijke richting en evenwicht tussen de functies van het onderwijs⁵⁵.

Daarnaast hebben bèta-leraren een variatie aan inspirerende leerlijnen, bronnen en lesmaterialen⁵⁶ nodig (voorbeelden van materiële flow) die ze kunnen aanpassen aan de behoeften van hun leerlingen en de context van de school. In plaats van zich te wenden tot reguliere educatieve uitgeverij, zoeken scholen die innovatief bèta-onderwijs omarmen alternatieve ondersteuning in de onderwijsinfrastructuur, zoals geboden door Stichting Technasium⁵⁷, de Vereniging NLT⁵⁸ of binnen schooleigen samenwerkingsverbanden⁵⁹.

Tot slot vereist coherentie ook sociale flow binnen en tussen alle lagen van het onderwijssysteem⁶⁰. Dit kan in de vorm van open dialoog en samenwerking tussen leraren, schoolleiders, beleidsmakers en vakdidactici, evenals ouders en het bredere publiek. Het gezamenlijk betekenis verlenen aan bèta-onderwijs is van essentieel belang om schoolteams te ondersteunen bij hun belangrijke werk. Als land staan we aan de start van dergelijke brede samenwerking op het curriculumterrein, we hebben nog veel te leren hoe we dit het beste kunnen aanpakken.

Deze en andere uitdagingen op het gebied van curriculumontwerp van bèta-onderwijs hebben onze aandacht. Daarbij richten we ons nadrukkelijk op de vraag wat scholen nodig hebben om hun schooleigen curriculumwerk in goede banen te leiden en hoe de samenhang met de andere systeemlagen versterkt kan worden. De uitdaging blijft: hoe bieden we scholen en leraren de professionele ruimte om het bèta-curriculum te innoveren, terwijl we een gemeenschappelijk gevoel van richting behouden en de onderwijskwaliteit waarborgen? Het vinden van een juiste balans is een delicate kwestie⁶¹. Daarbij is het ook van belang naar de toekomst te kijken.

⁵⁵ Het raamwerk met drie doeldomeinen kwalificatie, socialisatie en subjectificatie (Biesta, 2020) wordt vaak gebruikt om de grondgedachte te bespreken. De nadruk is afhankelijk van de onderwijsfase en dominante waarden in specifieke contexten.

⁵⁶ Pepin (2018)

⁵⁷ Ongeveer 100 Technasium scholen zijn aangesloten bij de Stichting Technasium (<https://www.technasium.nl/>)

⁵⁸ Ongeveer 220 scholen bieden het keuzevak Natuur Leven en Technologie <https://www.verenigingnlt.nl/>

⁵⁹ Zie bijvoorbeeld het gezamenlijk project van ESoE en scholen in de regio die Challenge-Based Learning introduceren <https://www.nro.nl/onderzoeksprojecten/challenge-based-learning-uitdaging-onderwijs-voor-een-duurzame-toekomst>.

⁶⁰ Pieters (2022); Soini, Pyhältö, Haverinen, Sullanmaa, Leskinen, & Pietarinen (2022)

⁶¹ Nieveen & Kuiper (2021); Wetenschappelijke curriculumcommissie (2020)

Dit brengt mij tot de volgende vraag, Esther, welke mogelijkheden en uitdagingen zie jij voor digitale technologie ter ondersteuning van het bèta-onderwijs?

Mogelijkheden en uitdagingen van digitale technologie ter ondersteuning van bèta-onderwijs

Eerder hebben we gekeken naar een aantal klaspraktijken die kansen bieden voor interdisciplinair bèta-onderwijs, inclusief de integratie van digitale omgevingen en tools, die in huidige klaslokalen vaak aanwezig zijn. Tijdens de Covid-pandemie zagen we een snelle toename van het gebruik van digitale technologie en tools. In de toekomst wordt verwacht dat hun aanwezigheid alleen maar zal toenemen, wat gaat resulteren in een klaslokaal dat rijk is aan digitale middelen. De vraag is hoe digitale omgevingen en tools de innovatie van bèta-onderwijs verder kunnen ondersteunen.

Voordat we hier dieper op ingaan, wil ik een onderscheid maken tussen twee Engelse begrippen: 'digitalisation' en 'digitisation'. Met 'digitalisation' verwijst ik naar het automatiseren van processen (bijv. het automatisch beoordelen van quizen). 'Digitisation' verwijst naar de 'volledig digitale vormgeving van data zonder [noodzakelijkerwijs] een fysieke of analoge tegenhanger' (bijvoorbeeld een elektronisch bestand, een muziek-cd) in plaats van analoge vormgegeven formaten (bijvoorbeeld een papieren document, een vinylplaat)⁶². Ik zal me in deze lezing richten op de toepassing van het eerste begrip 'digitalisation' in het kader van leerprocessen en niet zozeer op de 'digitisation' van artefacten (bijvoorbeeld handboek, video).

⁶² Clarke (2019), see also Vrana & Singh (2021)

KANSEN VAN DIGITALISERING EN DIGITALE TECHNOLOGIE VOOR DE KLASPRAKTIJK

Er is al veel technologie beschikbaar waarmee we veel van het leren kunnen digitaliseren. In VLE's (Virtual Learning Environments), zoals Moodle, Canvas en Blackboard, is het gebruik van automatische beoordeling en feedbacklussen een goed voorbeeld⁶³. Meer recentelijk, met de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie gebaseerd op Large Language Models (zoals ChatGPT, Google Bard) en gespecialiseerde chatbots⁶⁴, is het niet moeilijk voor te stellen dat virtuele 'assistenten' of 'companions' met zowel studenten als leraren gaan interacteren en hen gaan ondersteunen bij het onderwijsleerproces. Deze 'assistenten' vormen geen vervanging voor de leraar, maar kunnen een aanvullende sociale actor zijn (zoals een embodied conversational agent)⁶⁵. We zien dit al in computerspellen zoals Second Life en The Sims. Deze 'virtuele metgezellen' zouden individuele leerlingen tegelijkertijd zowel synchroon als asynchroon kunnen ondersteunen, waardoor het mogelijk wordt om nauwgezet in te gaan op de behoeften van studenten en het creëren van op maat gemaakte leerervaringen en -trajecten.

We zien ook een toename van het gebruik van toepassingen die sociale processen ondersteunen door individuele avatars, proximity chats en private spaces aan te bieden⁶⁶ in formele of informele 'virtuele klaslokalen'. Jarenlang hebben we online spaces en tools voor samenwerking gebruikt om teamleren te ondersteunen, bijvoorbeeld via discussiefora, wiki's, en sociale media⁶⁷. Onlangs hebben we een uitbreiding gezien van e-learning-platforms die aangepaste opstellingen bieden voor online leren, waaronder mogelijkheden voor gamification, instructor-led sessions, social learning en 'more in a single environment'⁶⁸. Deze platforms bevatten machine learning en generatieve kunstmatige intelligentie die veel verschillende talen ondersteunen, zowel voor tekst als spraak. Daarmee zouden deze leeromgevingen inclusieve en rechtvaardige leerervaringen kunnen bieden en in leerbehoeften van leerlingen kunnen voorzien.

⁶³ Hahn, Navarro, De La Fuente Valentín & Burgos (2021)

⁶⁴ Slepankova (2021); Kasneci, Seßler, Küchemann, Bannert, Dementieva et al. (2023); De Putter (2023).

⁶⁵ Muhle (2016)

⁶⁶ Latulipe & De Jaeger (2022, February) see also <https://www.gather.town/>; <https://www.sococo.com/>

⁶⁷ Popescu (2014)

⁶⁸ See <https://uplearning.nl/>; <https://learningpool.com/>



Figuur 7. Het team van de toekomst? Links: Afbeelding gegenereerd met Canva (Magic Studio™). Prompt gebruikt: “een groep studenten en een humanoïde die samenwerken rond een tafel” (Filmische stijl). Rechts: Afbeelding gegenereerd door Canva (Magic Studio™). Prompt: “een groep studenten en een humanoïde robot die samenwerken rond een tafel”.

Inmiddels zien we ook een toename in het gebruik van robots als pedagogisch-didactische tools voor bijvoorbeeld taal-, kunst-, natuurkunde- en wiskundeonderwijs⁶⁹. Vaak om korte-termijnleerdoelen te bereiken en ook als sociale actor binnen het kind-mentorinteracties ter ondersteuning van de algemene ontwikkeling⁷⁰.

Hoewel er veel uitdagingen zijn op het gebied van robotica vanwege de complexiteit van het integreren van mechanica, informatica, elektronica, menselijke interactie en onderwijskennis, zal het niet lang duren voordat we in zowel het voortgezet als het hoger onderwijs⁷¹ ook humanoïde robots naast studenten en leraren vinden. Het toekomstige team zou eruit kunnen zien zoals afgebeeld in de gegenereerde afbeelding in Figuur 7.

Ondanks de vele technologische ontwikkelingen, bevindt het gebruik van technologie in de huidige klaslokalen zich nog in de kinderschoenen. Er zijn veel voordelen bij het introduceren en gebruiken van digitalisering bij het leren, maar we moeten ons afvragen: hoe weten we of deze digitale omgevingen en tools het leren bevorderen of misschien wel juist belemmeren?

⁶⁹ Tuna, Tuna, Ahmetoglu & Kusco (2019)

⁷⁰ Ekström and Pareto, (2022)

⁷¹ Stasse & Flayols, 2019

UITDAGINGEN VAN LEREN IN EEN DIGITAAL RIJKE OMGEVING

Het verbinden van beide domeinen, de ontwikkeling van onderwijstechnologie en de ontwikkeling van interdisciplinair en sociaal leren in digitaal rijke omgevingen, leidt tot veel openstaande vragen. Aan de ene kant zijn we op het gebied van sociaal leren binnen het fysieke klaslokaal nog steeds actief aan het onderzoeken:

- a. Hoe studenten leren en werken in divers samengestelde teams (culturele achtergronden, disciplinair domeinen, tussen verschillende stakeholder-groepen) om duurzame socio-technische oplossingen te bereiken⁷².
- b. Hoe 'disciplinaire', 'interdisciplinaire' en 'transdisciplinaire' kennis wordt ontwikkeld tijdens het leren in teams⁷³.
- c. Hoe werken in teams van invloed is op de ontwikkeling van de identiteit van studenten (persoonlijk, sociaal en professioneel)⁷⁴.
- d. Hoe identiteitsontwikkeling op haar beurt van invloed is op de loopbaanpaden van alumni en hun toekomstige professionele keuzes⁷⁵.
- e. Hoe studenten in deze leeromgevingen duurzame leervaardigheden ontwikkelen (zoals zelfregulering, autonomie, veerkracht, empathie)⁷⁶.

Aan de andere kant zorgen de snelle opname van digitale tools en de ontwikkeling van geavanceerde virtuele omgevingen weer voor verdere aanvullende vragen over waar en hoe het leren plaatsvindt. Ondanks de voordelen die virtuele leeromgevingen bieden, stelt de complexiteit die ze met zich meebrengen voor het onderwijs ons ook voor vragen over het verplaatsen van leren naar buiten het traditionele klaslokaal⁷⁷. Vragen over hoe de verbonden virtuele en fysieke ruimtes onderdeel kunnen gaan uitmaken van netwerken die flexibiliteit, aanpassingsvermogen en inclusiviteit bieden, vragen over hoe de relatie tussen ruimtes en interacties tussen verschillende actoren (zoals leraren, studenten, kunstmatige intelligentie-agents) sociaal leren hinderen of juist ondersteunen. Het zijn vragen die open staan.

⁷² McQuade, Ventura-Medina, Wiggins & Anderson (2019); Yu, Shen, Cheng & Bao (2022); McQuade, Ventura-Medina, Wiggins, Hendry & Anderson (2020); Creelman, Kvarnström, Pareigis, Uhlin & Åbjörnsson (2021)

⁷³ Bombaerts, Martin & Doulougeri (2022, October); Van den Beemt, MacLeod, Van der Veen, Van de Ven, Van Baalen et al. (2020)

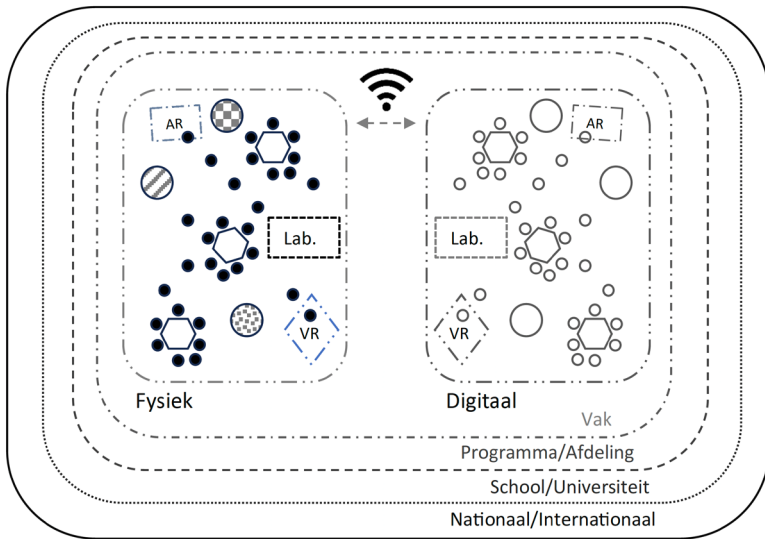
⁷⁴ McQuade (2020)

⁷⁵ Tomlinson & Jackson (2021)

⁷⁶ Doulougeri, Vermunt, Bombaerts, Bots & de Lange (2021); O'Connell, Stöhr, Wallin & Negretti (2023); Mabley, Ventura-Medina & Anderson (2020)

⁷⁷ Thomas (2010)

We kunnen parallellen trekken tussen het virtuele en het fysieke klaslokaal met behulp van het concept digital twins (digitale tweelingen, DT's)⁷⁸. DT-platforms, die fysieke en virtuele ruimtes en processen met elkaar verbinden, worden steeds gangbaarder in industriële toepassingen⁷⁹. Hoewel nog niet veel gebruikt in de onderwijscontext, zouden we met een 'digital twin' van het klaslokaal ruimtes kunnen voorstellen met verplaatsbare en doordringbare muren met aanvullende hulpmiddelen, zoals virtual reality- en augmented reality-sets, mobiele toepassingen, computersimulaties en avatars van studenten, leraren en robots die verbonden zijn met hun 'mirror images' (zie Figuur 8). Digital twins worden gezien als intelligente platforms waar niet alleen processen maar ook abstracte ideeën kunnen bestaan⁸⁰ en waar data-informed leren kan plaatsvinden.



Figuur 8. Afbeelding van een 'digital twin'-klaslokaal (verbonden klaslokaal) met bronnen (bijv. Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Laboratoria (Labs), leraar, studenten (cirkels) binnen het educatieve ecosysteem.

Virtuele omgevingen maken veel gebruik van data en kunnen in principe het leren ondersteunen. We weten echter nog te weinig over hoe het leren in deze slimme, adaptieve leeromgevingen plaatsvindt⁸¹. Het verzamelen en vervolgens analyseren

⁷⁸ Digital twin is "a virtual representation of a physical system (and its associated environment and processes) that is updated through the exchange of information between the physical and virtual systems."; see Van der Horn & Mahadevan (2021)

⁷⁹ Jiang, Yin, Li, Luo & Kaynak (2021)

⁸⁰ Grieves (2023)

⁸¹ Cheung, Kwok, Phusavat et al. (2021); Vonk-Franke, Ventura-Medina, Snijders, Matzat, Zhang et al. (2023)

van online acties van studenten kan ons waardevolle inzichten opleveren over hoe zij leren. Denk bijvoorbeeld aan hoe studenten in de fysieke en virtuele leeromgevingen aan de slag gaan met (virtuele) voorwerpen en taken, en hoe zij in discussie gaan met medestudenten en docenten. Dit levert dan weer een basis op voor begripsontwikkeling en leermodellen. Om dergelijke leermodellen te kunnen gebruiken bij de ontwikkeling van slimme systemen, door middel van kunstmatige intelligentie en machine learning algoritmes, moeten ze wel robuust en betrouwbaar zijn⁸². Elk model dat leerprocessen probeert te simuleren, zal niet alleen de cognitieve processen moeten beheersen. Zo'n model zal ook rekening moeten houden met de sociale aspecten van leren en interacties, deze zijn afhankelijk van culturele en sociale waarden geldend op de verschillende niveaus in het onderwijs: klaslokaal, afdeling, instelling en land.

Ik heb eerder aangegeven dat digitalisering en digitale tools, wanneer ze op een zorgvuldige wijze worden ingezet, en samen met beter geïnformeerde en op maat gemaakte leerervaringen, de mogelijkheid in zich hebben tot inclusief en rechtvaardig leren. We moeten ons echter ook bewust zijn van de risico's van het onzorgvuldig gebruik ervan. Enkele van de grootste uitdagingen waarmee we worden geconfronteerd met betrekking tot het gebruik van deze technologieën zijn toegang, rechtvaardigheid, gebruik van gegevens, privacy, menselijke autonomie, transparantie en duidelijkheid rond de technologie⁸³.

Om meer te leren over leren in een digitaal rijke omgeving is het nodig om allereerst onze huidige theorieën en modellen van leren en digitaal leren te onderzoeken. Ten tweede moeten we innovaties ontwerpen en vervolgens implementeren in digitaal rijke leeromgevingen die gebaseerd zijn op state-of-the-art kennis, waarbij leerdoelen worden afgestemd en contextuele verschillen worden erkend. Ten slotte moeten we de resultaten van dergelijke innovaties evalueren om nieuwe inzichten op te doen⁸⁴. Bovendien is het noodzakelijk om de stap verder dan 'digitalisering' te overwegen en te kijken naar de 'digitale transformatie' van het educatieve ecosysteem, waarbij een gezamenlijke inspanning nodig is van beleidsmakers, onderwijsinstellingen op alle niveaus (d.w.z. primair, voortgezet, hoger onderwijs), de bredere samenleving en uiteraard studenten. Deze inspanningen vereisen professionele ontwikkeling om succesvolle implementatie en leren in deze complexe omgevingen te waarborgen.

⁸² Hanif, Khalid, Putra, Rehman & Shafique (2018, July)

⁸³ AI HLEG (2019). Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence

⁸⁴ McKenney & Reeves (2014); Laudonia, Mamlok-Naaman, Abels & Eilks (2018)

Jan, kan professionele ontwikkeling van docenten helpen bij het vernieuwen van het bèta-onderwijs?

Professionele ontwikkeling

Professionele ontwikkeling van docenten komt de kwaliteit van het onderwijs ten goede. Het biedt ook kansen om de baan van docenten gevarieerder en aantrekkelijker te maken, wellicht met opties om door te groeien naar bepaalde functies in de eigen school of universiteit. Onderwijzen is onze hoofdtaak, maar er zijn ook taken die te maken hebben met het ontwikkelen van nieuw onderwijs, het coachen van collega's en het organiseren van het onderwijs. Schoolontwikkeling en sterke vaksecties zijn eveneens mogelijke opbrengsten.

Ik richt mij nu op de professionele ontwikkeling van VO-docenten in relatie tot interdisciplinair onderwijs. Om goed vakoverstijgend onderwijs te kunnen verzorgen, moeten we docenten goed voorbereiden. We beginnen daar al mee in de lerarenopleiding. Een teamaanpak is essentieel, individuele docenten weten niet van alle vakgebieden genoeg om interdisciplinair onderwijs alleen te verzorgen. Docenten kunnen wel hun coachingsvaardigheden versterken en zich verdiepen in ontwerpvaardigheden. Qua nieuwe vakinhoud en methoden zijn er mogelijkheden om zich te verdiepen in bijvoorbeeld duurzaamheid^{85, 86}. Met dergelijke professionele ontwikkeling kunnen docenten hun expertise verbreden en verdiepen. Ervaren docenten kunnen een coachrol oppakken bij het begeleiden van nieuwe collega's. Ook vormen van intervisie versterken de leercultuur binnen scholen. Daarnaast zijn er ook mogelijkheden voor docenten om samen te werken met collega's van andere scholen in de eigen regio. Dergelijke professionele leergemeenschappen (PLG's) verbinden de experts van de betrokken scholen. Hun doel kan zijn om bepaalde lesontwerpen te verbeteren of bepaalde leeractiviteiten te ontwerpen, zoals het versterken van redeneren en argumenteren door leerlingen⁸⁷. Daarmee verdiept je het leerproces van de leerlingen. Ook kan deze professionele ontwikkeling invloed hebben op het geven van gelijke kansen aan alle leerlingen door beter te begrijpen hoe bepaalde interacties in de les het leren kunnen belemmeren of

⁸⁵ Stouthart (2023)

⁸⁶ The EU [GreenComp Framework](#), Bianchi et al. (2022)

⁸⁷ Diepenbroek (2022)

juist stimuleren^{88, 89}. Bij elkaar een les observeren, bijvoorbeeld volgens de ‘lesson study’ werkwijze⁹⁰, is eveneens een uitstekende manier om aan professionele ontwikkeling te werken. PLG’s van docenten, onderzoekers en studenten kunnen nieuw lesmateriaal ontwikkelen over nieuwe bèta- en techniekonderwerpen, inclusief projecten, practica en simulaties. ESoE collega’s helpen deze PLG’s op te zetten en te begeleiden. Actuele thema’s zijn quantumfysica^{91, 92}, bouwkunde⁹³, onderwijs-onderzoek⁹⁴, formatieve evaluatie⁹⁵ en duurzaamheid. Er moet ook nascholing voor docenten zijn als er nieuwe onderwerpen in het landelijke curriculum worden geïntroduceerd. Regionale en landelijke lerarenconferenties en het vakkenaanbod van Beta4all⁹⁶ laten zien dat bètadocenten hier volop gebruik van maken als dit goed aansluit op de vakinhoud en vaardigheden die zij nodig hebben bij het lesgeven.

Door naar professionele ontwikkeling in het hoger onderwijs. Onderwijs is een kerntaak aan de universiteit, en dat willen we graag goed doen. Hoe dat goed te doen, leren we vooral informeel. Door met collega’s samen te werken, wordt de manier van doceren doorgegeven aan de volgende generatie. De 250 uur die nodig is voor het halen van de basiskwalificatie onderwijs (BKO), is relatief beperkt als je het vergelijkt met de minimaal 1.600 uur tijdsinvestering behorend bij een lesbevoegdheid voor de middelbare school.

De BKO helpt docenten op weg met een set basisvaardigheden. Ook ontwikkel je een gemeenschappelijke taal, handig als je over onderwijszaken in gesprek gaat⁹⁷. Het aanbod voor docenten die professionele ontwikkeling wensen na de BKO, is volop in ontwikkeling aan alle Nederlandse universiteiten⁹⁸. Wederzijdse erkenning van basis en senior kwalificatie onderwijs (BKO en SKO) en andere kwalificaties, is belangrijk om de kwaliteit van het onderwijs aan de universiteit gezamenlijk omhoog te krijgen, maar is behulpzaam bij stafmobiliteit. Ook de TU Eindhoven is haar volgende stappen aan het uitwerken. Een behoeftenonderzoek onder docenten laat zien dat professionele ontwikkelingsaanbod goed moet aansluiten bij de persoonlijke onderwijstaken⁹⁹. Maatwerk dus, met daarnaast de wens om samen

⁸⁸ Hendrickx et al. (2023)

⁸⁹ Vos (2024)

⁹⁰ De Vries, Goei & Verhoef (2022)

⁹¹ Thielen (2023)

⁹² Vilarta Rodriguez et al. (2020)

⁹³ Van Harten (2024)

⁹⁴ Schellings (2023)

⁹⁵ Maessen et al. (2024)

⁹⁶ <https://beta4all.nl/>, see also Meulenbroeks et al (2018)

⁹⁷ Kottmann (2023)

⁹⁸ Mulder & Adams (2023)

⁹⁹ Gomez Puente et al. (2024)

op te trekken met collega's die met vergelijkbare onderwerpen bezig zijn, zoals het ontwikkelen van projectonderwijs (CBL)¹⁰⁰ of het integreren van nieuwe IT-toepassingen in de eigen vakken. Het herontwerp van de TU/e bachelors is een rijke context met mooie kansen voor professionele ontwikkeling, zowel informeel als formeel¹⁰¹. Ons NRO Teachers2Learn project¹⁰² onderzoekt dergelijke professionele ontwikkeling gedurende onderwijsinnovaties en doet dit samen met 20 andere hoger onderwijsinstellingen. Een tweede project dat professionele ontwikkeling en onderwijsinnovatie koppelt, betreft het samen met andere universiteiten zoeken naar nieuwe, meer open vormen van practicumonderwijs¹⁰³. Een derde voorbeeld betreft de STUKO¹⁰⁴ samenwerking van instellingen die kijken hoe studentassistenten beter kunnen worden opgeleid en begeleid. Als ze goed worden voorbereid op hun onderwijstaken draagt dat bij aan beter onderwijs voor de studenten die ze begeleiden. Tegelijk versterken de studentassistenten zo hun eigen professionele vaardigheden^{105, 106}.

Internationale samenwerking heeft een raamwerk opgeleverd voor de ontwikkelstappen van docenten in het hoger onderwijs, zie de vier niveaus in Figuur 9¹⁰⁷. Dit raamwerk wordt internationaal veel gebruikt en is in Nederland goed te koppelen aan de universitaire functiematrix. Het is ook bruikbaar bij het in kaart brengen van de professionele ontwikkeling die voor een bepaald niveau relevant is.

Dit raamwerk met ontwikkelpaden is ook gebruikt om aan te geven welke landelijke Comeniusbeurs het beste past bij elk niveau¹⁰⁸. Een uitdaging blijft dat universitaire carrièrestappen nu nog vooral afhangen van onderzoekprestaties en het verwerven van projectgelden. Ook wordt in jaargesprekken vaak vergeten in te gaan op onderwijstaken en plannen voor het lesgevend stuk van de functie¹⁰⁹. Er wordt door alle Nederlandse universiteiten hard gewerkt aan een werkwijze die dit meer in balans brengt, de zogenaamde Erkennen en Waarderen projecten¹¹⁰. Succesvol in teams werken en excellent onderwijs verzorgen, zijn twee onderwerpen die in deze projecten nadrukkelijk aan bod komen. Het verder ontwikkelen

¹⁰⁰ Van den Beemt (2023)

¹⁰¹ Van Dijk et al. (2020)

¹⁰² <https://teachers2learn.nl/>, see also Stevens et al (2023)

¹⁰³ Bradbury et al. (2022)

¹⁰⁴ <https://stuko-project.nl/>

¹⁰⁵ Dekker, Thurlings et al. (2024)

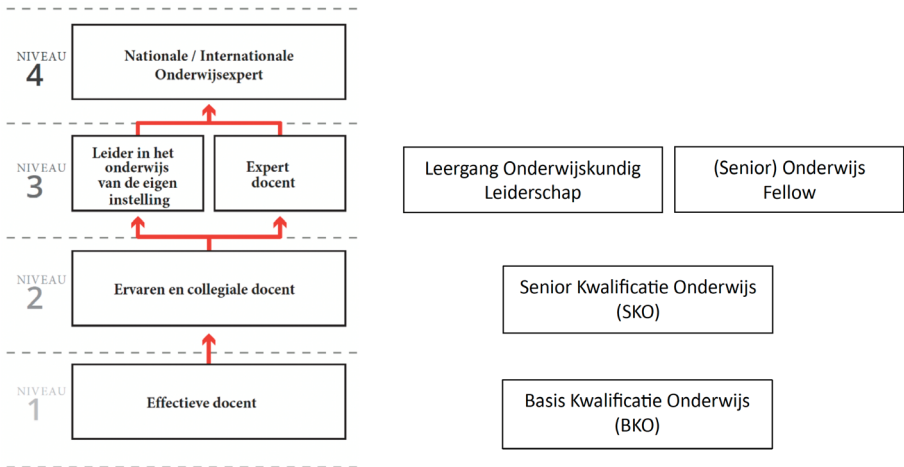
¹⁰⁶ Van der Veen et al. (2023b)

¹⁰⁷ Graham (2018b)

¹⁰⁸ NRO Comenius programme Leadership Fellows 2023

¹⁰⁹ Graham (2022)

¹¹⁰ <https://recognitionrewards.nl/>



Figuur 9. Ontwikkelpaden docenten hoger onderwijs (Graham, 2018b) en daarmee samenhangende professionele ontwikkeling.

van een degelijke methode om onderwijsprestaties te evalueren en te waarderen is hierbij van belang. De longitudinale Teaching Cultures Survey¹¹¹ houdt bij of er vooruitgang wordt geboekt. Het zou geweldig zijn als de huidige veranderingen in de komende meting terug te zien zijn.

Aan de TU Eindhoven beschikken we over pioniers, trainers, onderzoekers en ondersteuners die VO- en HO-docenten kunnen inspireren bij het ontwerpen of herontwerpen van het eigen onderwijs. Een steeds groter deel van ons werk betreft een combinatie van onderwijsinnovatie, professionele ontwikkeling en onderzoek naar wat werkt voor leerlingen, maar ook voor docenten. Daarbij is volop aandacht voor de vakdidactiek van het vakgebied van de betrokken docenten. Het delen van expertise en relevante materialen in sterke regionale, landelijke en internationale netwerken¹¹², zoals de partnerschappen met scholen, 4TU, EWUU, EuroTeQ, SEFI en CDIO, versterkt onze onderwijsinnovatie en de professionele ontwikkeling van de docent.

¹¹¹ <https://teachingcultures.com/Findings/>

¹¹² For example: TRION, OMO, 4TU, EWUU, EuroTeQ, SURF, Comenius network, SEFI and CDIO

Nienke, hoe wordt curriculumontwerp van bèta-onderwijs een aantrekkelijke loopbaanoptie voor docenten?

De docent als ontwerper van bèta-onderwijs

Voordat ik dieper inga op deze intrigerende vraag, zal ik eerst stilstaan bij het algehele idee achter loopbaanpaden voor leraren. Dit idee is namelijk direct gekoppeld aan een belangrijke maatschappelijke zorg, die van het dreigende lerarentekort. Als we vooruitkijken naar 2027, schetsen prognoses een beeld met een verwacht tekort van meer dan 2000 voltijdswerkende leraren in het voortgezet onderwijs, vooral in vakken wiskunde, natuurkunde, scheikunde, informatica en klassieke talen¹¹³.

Om dit tekort aan te pakken, wordt onder andere onderzocht hoe het leraarsberoep aantrekkelijker gemaakt kan worden¹¹⁴. Belangrijke factoren daarin zijn verbeterde compensatie, ondersteuning van startende leraren en verbetering van de arbeidsomstandigheden, inclusief loopbaanontwikkeling. Om dit laatste te bereiken, werden in Nederland belangrijke stappen gezet door het ontwikkelen van een raamwerk voor loopbaanpaden voor leraren. Dit raamwerk¹¹⁵, zie Figuur 10, dient als een hulpmiddel voor leraren om samen met de school hun loopbaan verder te doordenken.

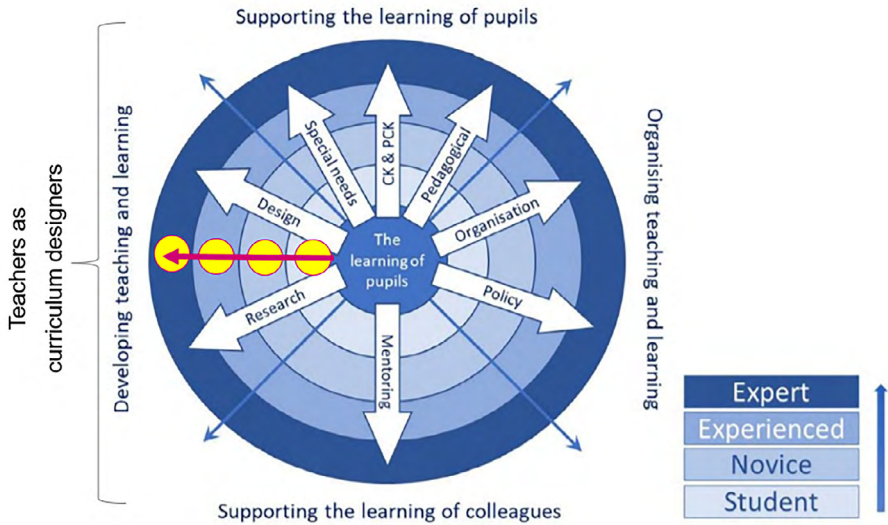
In het licht van de curriculaire uitdagingen die een rol spelen bij het innoveren van bèta-onderwijs op scholen¹¹⁶, is met name de 'westhoek' van het raamwerk met de titel 'het ontwikkelen van onderwijs en leren' (ofwel 'curriculumontwerp'), bijzonder interessant. Voor leraren benadrukt het raamwerk het opwaarts en zijwaarts bewegen door een expertleraar te worden, zijdelings te bewegen door nieuwe rollen toe te voegen aan de leraarsrol (in dit geval die van ontwerper) en door systeemlagen toe te voegen (door ontwerprollen te vervullen in team-, school-, regionaal of nationaal verband).

¹¹³ Onderwijsraad (2023)

¹¹⁴ Onder andere studies van de European Commissie (2020), Podolsky et al. (2016), Vroonhoven (2020), Asscher, Damen, Kasem, Darrazi, Rotteveel, & Büller (2022)

¹¹⁵ Snoek, de Wit, & Dengerink (2020)

¹¹⁶ Zie mijn reactie op de derde vraag in deze oratie



Figuur 10. Raamwerk van loopbaanpaden voor leraren.

Schooleigen curriculumontwerp omvat doorgaans een reeks aan ontwerptaken¹¹⁷. Leraren die werken aan kleinere ontwerptaken (bijvoorbeeld lesplanning) hebben doorgaans minder ontwerpcapaciteiten nodig in vergelijking met leraren die werken aan vakkenintegratie en het ontwerpen van innovatief lesmateriaal in samenwerking met meerdere collega's. Idealiter komen de ontwerpcapaciteiten van leraren overeen met de taakcomplexiteit en de beschikbaarheid van een ondersteunende schoolorganisatie¹¹⁸. Helaas is dit niet altijd het geval, wat leidt tot teams die worstelen met de complexiteit van de hen toebedeelde ontwerptaken. Bij nadere bestudering rapporteren teams problemen die verband houden met een of meer perspectieven op curriculumontwerp¹¹⁹. Ik verwijs hier naar deze perspectieven met 'wat'-, 'hoe'- en 'met wie'-vragen (eerste kolom in Tabel 1)¹²⁰. In eerdere studies werden zes onderliggende typen ontwerp-kennis en -vaardig-

¹¹⁷ Marsh & Willis (2007); Law & Nieveen (2010)

¹¹⁸ Handelzalts, Nieveen & van den Akker (2019); Priestley, Biesta & Robinson (2015); ESoE-collega's voeren onderzoek uit naar het bevorderen van een duurzame onderzoekscultuur om de onderwijskwaliteit op scholen te verhogen <https://www.nro.nl/onderzoeksprojecten/een-duurzame-onderzoekscultuur-bevorderen-onderzoeksmatig-werken-aan-onderwijskwaliteit>

¹¹⁹ Nieveen, Handelzalts, & van Eekelen (2011); Handelzalts, Nieveen & van den Akker (2019); Leeman, Nieveen, M., de Beer, & van der Steen (2020)

¹²⁰ Goodlad (1979)

heden onderscheiden¹²¹. Voor deze oratie relateer ik elk expertise-gebied aan de drie curriculumperspectieven (tweede kolom in Tabel 1) en illustreer ik deze met voorbeelden gerelateerd aan bèta-onderwijs (derde kolom in Tabel 1).

Tabel 1. Curriculumontwerpcapaciteiten

Curriculum perspectieven	Curriculumontwerpexpertise	Voorbeelden van bèta-onderwijs
Inhoudelijk perspectief (‘Wat’-vragen, zoals: welke curriculumkeuzes maken we? Wat is onze rationale? Wat zijn kenmerken van de diverse curriculumcomponenten?)	1. Vakinhoudelijke expertise	Bijvoorbeeld gerelateerd aan de klimaatcrisis: CO2, verbranding, fotosynthese, omslagpunten, levenscyclusanalyse, in- en uitzoomen, modelleren
	2. Vakdidactische expertise	Bijvoorbeeld ondersteunen bij het leren innemen van perspectief (vooral wanneer leerlingen gewend zijn aan afgebakende monodisciplines), conceptuele verandermethoden, product- en procesgerichte feedback
Technologisch perspectief (‘Hoe’-vragen, zoals: Hoe gaan we de ontwerpogave aanpakken? Welke ontwerpstrategie volgen we? Hoe en wanneer voeren we evaluatieactiviteiten uit?)	3. Curriculum probleemoplossings-expertise	Bijvoorbeeld analyse (van leerlingen, context, concepten, interacties), ontwerp (bijv. brainstormen, prototyping), constructie (schrijven van materiaal), evaluatie (screening, beoordeling door deskundigen, micro-evaluatie, try-out), verantwoordelijk handelen gedurende het hele proces.
	4. Consistentie-expertise	Bijvoorbeeld het creëren van helderheid over de curriculumcomponenten, horizontale verbanden binnen en tussen vakgebieden, volgordebepaling met behulp van leerlijnen, in- en uitzoomen op profiel en context van de school, landelijke curriculumkaders
Social-politiek perspectief (‘Met wie’-vragen, zoals: Wie zijn betrokken bij het besluitvormingsproces? Wie beslist hierover? Wat is de rol van de leraren en de schoolleiding?)	5. Coherentie-expertise	Bijvoorbeeld gebruik maken van gedeelde concepten, taal en hulpmiddelen, interdisciplinaire samenwerking van leraren, vakdidactici, onderhandelen met schoolleiding, verandervaardigheden
	6. Reflectieve expertise	Bijvoorbeeld reflectie voor, tijdens en na actie, om vertrouwen, veerkracht, empathie en openheid op te bouwen en te waarborgen, om de kwaliteit van onderwijs- en ontwerp практиken te verbeteren

¹²¹ Huizinga, Handelzalts, Nieveen & Voogt (2014)

De drie perspectieven (wat, hoe, met wie) laten zien dat curriculumontwerp naast een sociale¹²², ook een inhoudelijke en technisch-professionele aangelegenheid is.

De verscheidenheid aan curriculumontwerptaken (van het plannen van een enkele les tot het ontwerpen van een spiraalvormig curriculum voor geïntegreerd bèta-onderwijs), zoals weergegeven in Figuur 11, vraagt om uiteenlopende curriculumontwerpcapaciteiten van leraren¹²³. Het is van cruciaal belang om de capaciteiten van leraren op dit vlak te erkennen en deze af te stemmen op hun ontwerptaken.

Wanneer leraren zich aangetrokken voelen tot een ontwerpgerelateerd loopbaanpad, dan ligt ook de vraag voor welke mogelijkheden zij hebben om hun ontwerpcapaciteiten verder te ontwikkelen¹²⁴. Als begin van een antwoord stellen we een gecombineerde aanpak¹²⁵ voor van *leren door* te ontwerpen en *leren over* het ontwerpen. *Leren door* te ontwerpen omvat alle ontwerpactiviteiten zoals leraren die uitvoeren binnen docentontwerpteams (DOTs), professionele leergemeenschappen (PLGs) en Lesson Study Teams (LSTs). Deze inspanningen, geworteld in sociaal-culturele theorie, worden gekenmerkt door drie hoofdpunten¹²⁶: leren vindt plaats via ontwerpactiviteiten, leren is sociaal van aard en leren is ingebed in de cultuur van de school. Daarnaast dienen leraren ook de gelegenheid te hebben om te *leren over* het ontwerpwerk. Belangrijke ingrediënten daarvoor kunnen ontleend worden aan de rijke kennisbases van de zes expertise-gebieden die essentieel zijn voor curriculumontwerp. Deze ontwerpcapaciteiten vormen de kern voor leraren die ervoor kiezen zich te specialiseren in schooleigen curriculumontwerp.

De kiem voor het opdoen van ontwerpcapaciteit kan al gelegd worden in de lerarenopleiding. Binnen onze TU/e-lerarenopleiding gebeurt dat bijvoorbeeld tijdens vakdidactiek, waar studenten (de leraren in spé) leren lessen te plannen, uit te voeren en te evalueren. Bovendien werken studenten in het vak Educational Design Research, in gemengde teams aan het oplossen van curriculumvraagstukken die scholen uit onze regionale partnerschappen hebben ingebracht¹²⁷. Op deze manier breiden de studenten hun repertoire aan ontwerpcapaciteiten uit en doen ze eerste ervaringen op als ontwerpers in een schoolomgeving.

¹²² Priestley (2019)

¹²³ Eerdere prototypes van dit raamwerk stonden in Nieveen & van der Hoeven (2010); De Vries, Nieveen, & Huizinga (2020)

¹²⁴ Stenhouse's (1975) welbekende uitspraak 'there can be no curriculum development without teacher development'

¹²⁵ Van Veen, Zwart, Meirink & Verloop (2010)

¹²⁶ Pieters, Voogt & Paraja-Roblin (2019)

¹²⁷ cf. Plomp & Nieveen (2013); Mckenney & Reeves (2019); Thurlings et al, (2023)

Wat ontwerpt de docent?	Leraar in opleiding Lessen, projecten voor eigen gebruik	Startende leraar Lessen, projecten voor eigen gebruik	Ervaren leraar verantwoordelijk voor schoolbrede ontwikkeling Rationale, leerlijnen (spiraal curriculum) voor eigen gebruik en voor collega's	Ervaren leraar bij landelijke curriculumherziening Rationale, kerndoelen, eindtermen, generieke voorbeeldmatige leerlijnen en lesmateriaal voor gebruik collega's van diverse scholen en door systeempartners
	Hoe? Ontwerpcyclus	Ontwerp-onderzoekscyclus	Ontwerponderzoekscycli, in- en uitzoomen tussen school- en landelijke kaders	Ontwerponderzoekscycli, navigeren tussen internationale raamwerken, school- en klaspraktijken, wetenschap en beleid
	Met wie? Individueel/groep	Individueel/groep, afstemming met naaste collega's	Samenwerking binnen docentontwerpteam met naaste collega's, afspraken met teamleiders	Samenwerking met docentontwerpteam en teamleiders, afspraken met schoolleiding en externe partijen

Figuur 11. Voorbeeld van verscheidenheid aan curriculumontwerptaken.

Bovendien tonen steeds meer studenten van andere TU/e-bachelorprogramma's interesse om innovatief lesmateriaal te ontwerpen in relatie tot hun vakgebied. Deze ontwerpers kunnen van grote betekenis zijn voor schoolteams en kunnen via deze weg worden aangetrokken tot het leraarschap.

Als we naar de toekomst kijken van innovatief bèta-onderwijs, dan is doorontwikkeling van loopbaanpaden voor leraren met betrekking tot curriculumontwerp essentieel. Het recent toegekende Nationale Groeifonds met de titel Nationale Aanpak Professionalisering Leraren weerspiegelt onze aspiraties¹²⁸. Naast het opstellen van loopbaanpaden zullen via regionale co-creatielabs de behoeftes van leraren in kaart gebracht worden, zullen professionaliseringstrajecten ontworpen worden passend bij de loopbaanpaden en zal er gewerkt worden aan verbetering van de leer- en ontwerpcultuur binnen scholen. Voldoende ontwerptijd en bijbehorende professionele ontwikkeling hebben prioriteit, zelfs of misschien wel juist in tijden van lerarentekort, om zo de aantrekkelijkheid van het leraarsberoep te vergroten.

Het innoveren van bèta-onderwijs vereist een gezamenlijke inspanning. We staan klaar om het onderzoek naar loopbaanpaden voor leraren op het terrein van curriculumontwerp samen met anderen voort te zetten, en om gezamenlijk professionaliseringsactiviteiten te ontwerpen en te onderzoeken, van formele nascholing en workshops tot informele begeleiding en het gebruik van (computerondersteunde/AI-gebaseerde) hulpmiddelen¹²⁹. De leerstoel 'Curriculumontwerp in bèta-onderwijs' staat klaar om hieraan bij te dragen en zo paden te effenen naar een levendig en duurzaam onderwijslandschap voor bèta-leraren en hun leerlingen.

¹²⁸ Nationale groeifonds is toegekend aan de Nationale Aanpak Professionalisering Leraren, NAPL <https://www.nationaalgroeifonds.nl/overzicht-lopende-projecten/thema-onderwijs/nationale-aanpak-professionalisering-van-leraren>

¹²⁹ cf. De Putter (2023); Nieveen (1997)

Onze waardering

Samen willen wij graag onze dank uitspreken aan het College van Bestuur van de TU/e, voor de kans die zij ons hebben gegeven en het vertrouwen dat zij in ons hebben gesteld.

Onze oprechte dank gaat ook uit naar onze collega's aan de hele TU/e en in het bijzonder bij APSE, voor hun warme welkom en enthousiasme, dat al tot zoveel vruchtbare samenwerking heeft geleid. Er staat nog veel meer te gebeuren, en daar kijken we naar uit.

Jan - Beste familie, vrienden, collega's en studenten, ik geniet van jullie aanwezigheid. Veel dank aan de oud-collega's van de Universiteit Twente, het was een mooie tijd en ik heb daar volop kansen gekregen. Ik ga altijd met plezier naar mijn werk, dat ligt toch vooral ook aan de samenwerking met collega's en studenten. Mijn vader, Gerrit, leeft niet meer. Hij was zelf timmerman en later docent bouwkunde, en vond altijd al dat ik naar een Technische Universiteit moest gaan. Mijn moeder, Berthy, ik ben erg blij dat je erbij bent. Jij bent altijd geïnteresseerd in wat ik doe en waar ik nu weer ben geweest, dank voor alles. Bijzondere dank aan mijn lieve partner Dieneke. Samen met Hanne, Els, Felix, Berend en al die anderen genieten we van heel veel mooie momenten. Dat er nog vele mogen volgen. ... Ik heb gezegd.

Nienke - Op dit station aankomen, kon alleen na een enerverende reis met inspirerende reisgenoten. Mijn dank gaat uit naar collega's en studenten van de Universiteit Twente, met mijn mentoren Jan van den Akker, Wilmad Kuiper en de overleden Tjeerd Plomp en met mijn studievrienden van het eerste uur Annette Thijs, Susan McKenney en Irene Visscher-Voerman, alsook Gerdy ten Bruggencate. Ik bedank ook mijn SLO-collega's, in het bijzonder Elvira Folmer en Maarten Pieters en leden van diverse curriculumnetwerken en -commissies, met name Daniel Alvunger, Majella Dempsey, Stavroula Philippou en Mark Priestley. Natuurlijk wil ik ook mijn dierbare vrienden en familie bedanken, in het bijzonder mijn moeder Zwanet, die hier met haar altijd warme belangstelling aanwezig is, en mijn overleden vader Jan Marten, met wie ik deze nieuwe stap nog heb kunnen delen. En ten slotte voor Marcel en onze kinderen Mirte, Melle en Arne: jullie liefde, inzichten en humor betekenen alles voor me. Ik kijk uit naar de prachtige tijd die voor ons allemaal in het verschiet ligt. ... Ik heb gezegd.

Esther - Ik wil graag al mijn voormalige collega's en studenten aan de Universidad Simón Bolívar, de University of Manchester, Monash University en de University of Strathclyde bedanken, mijn onderzoeksmedewerkers en de vele studenten die in mijn klaslokalen zaten en zich vrijwillig aanmeldden om mijn onderzoek te ondersteunen. Mijn dank gaat uit naar mijn mentoren, die mijn persoonlijke en professionele ontwikkeling hebben ondersteund en inspirerende rolmodellen zijn geweest. Ik wil ook mijn vrienden bedanken voor hun ongelooflijke steun en mijn familie voor hun constante en onvoorwaardelijke liefde. Het is tot nu toe een geweldige reis geweest en jullie hebben er gaandeweg allemaal vorm aan gegeven; jullie zullen dat ongetwijfeld blijven doen. ... Ik heb gezegd.

Referenties

- Aljawarneh, S. A. (2020). Reviewing and exploring innovative ubiquitous learning tools in higher education. *Journal of computing in higher education*, 32, 57-73.
- AI HLEG (2019). Ethics guidelines for trustworthy Artificial Intelligence. High-level expert group on Artificial Intelligence, 8. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- Anthony, B., Kamaludin, A., Romli, A., Raffei, A. F. M., Phon, D. N. A. L. Eh., Abdullah, A., Ming, G. L. (2022). Blended Learning Adoption and Implementation in Higher Education: A Theoretical and Systematic Review. *Tech Know Learn*, 27, (pp. 531–578). <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09477-z>
- Asscher, L., Damen, B., Kasem, I., Darrazi, R., Rotteveel, E., & Büller, N. (2022). *Kinderen eerst: Kwartiermakersadvies personeelstekort onderwijs*. Amsterdam: Van de Bunt. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-9756ee73dfce4c7f7582ff1e900fc8a78b79c5b8/pdf>
- Bianchi, G., Pisiotis U. & Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp The European sustainability competence framework In Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), *EUR 30955 EN*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2760/13286 JRC128040>.
- Biesta, G. (2020). Risking ourselves in education: Qualification, socialization, and subjectification revisited. *Educational Theory*, 70, 89-104. <https://doi.org/10.1111/edth.12411>
- Biggs, J., & Tang, C. (2014). Constructive alignment: An outcomes-based approach to teaching anatomy. In *Teaching anatomy: A practical guide*, 31-38. Cham: Springer International Publishing.
- Blume-Bos, A., van der Veen, J. T. & Boerman, P. L. J. (2020). Engineering in Dutch schools: Does it effect study choice? In *SEFI2020 Proceedings*. European Society for Engineering Education (SEFI), (pp. 84-92).
- Bolton, L. W., Glassey, J., & Ventura-Medina, E. (2023). Updating chemical engineering degree accreditation in changing times. *Education for Chemical Engineers*, 43, 31-36.
- Bombaerts, G., Martin, D., & Doulougeri, K. (2022, October). Structured and open Challenge-Based Learning in Engineering Ethics Education. In *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-8. IEEE.
- Bradbury, F. et al (2022). Open source materials and support for open scientific inquiry. Surf Project. Project link. ESoE contact: L. de Putter-Smits.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bravo, E., Bayram, D. & van der Veen, J.T. (2024). Students' Learning Gains in Extracurricular Challenge-based Learning Teams (submitted).
- Bruner, J.S. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Chen, Y., Hmelo-Silver, C. E., Lajoie, S. P., Zheng, J., Huang, L., & Bodnar, S. (2021). Using teacher dashboards to assess group collaboration in problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 15(2). <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v15i2.28792>
- Cheung, S.K.S., Kwok, L.F., Phusavat, K. et al. (2021). Shaping the future learning environments with smart elements: challenges and opportunities. *Int J Educ Technol High Educ* 18, 16. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00254-1>
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 499-541.

- Clarke, R. (2019). Risks inherent in the digital surveillance economy: A research agenda, *Journal of Information Technology* 34(1), 59-80.
- Creelman, A., Kvarnström, M., Pareigis, J., Uhlin, L. & Åbjörnsson, L. (2021). Problem-Based Learning in International Online Groups. In *Designing Courses with Digital Technologies - Insights and Examples from Higher Education*, (pp. 42-47). Routledge: New York.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (2003). *A thousand plateaus*. Minneapolis: University of Minneapolis Press.
- Deming, D. J., & Noray, K. L. (2018). STEM careers and the changing skill requirements of work (No. w25065). National Bureau of Economic Research.
- Dempsey, M., Doyle, A., & Looney, A. (2021). The craft of curriculum making in lower secondary education in Ireland. In M. Priestley, T. Soini-Ikonen, S. Alvunger, & S. Philippou (Eds.), *Curriculum making in Europe: Policy and practice within and across diverse contexts*, (pp. 199-222). Bingley: Emerald.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2007). History of Problem-Based and Project-Based Learning. In *Management of Change*. Leiden, The Netherlands: Brill. https://doi.org/10.1163/9789087900922_002
- De Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K. & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence—The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- De Putter, L. (2023). *Embracing the future: the use of ChatGPT in science teacher education*. Proposal 4TU. CEE. Eindhoven: ESoE.
- De Vries, S., Goei, S.L. & Verhoef, N. (2023). *Basisboek Lesson Study in de lerarenopleiding*. Boom.
- De Vries, B., Nieveen, N., & Huizinga, T. (2020). De leraar als curriculumontwikkelaar. In M. Snoek, B. de Wit, & J. Dengerink (Eds.), *Leraar: Een professie met perspectief [2]: Verbreding en verdieping in het beroep*, 2, (pp. 72-81). Meppel: Ten Brink Uitgever. <https://www.beroepsbeeldvoordeleraar.nl/wp-content/uploads/2020/01/H2.6-De-leraar-als-curriculumontwikkelaar.pdf>
- Dekker, I., Thurlings, M., Delnoij, L. & van der Veen, J.T. (2024). *A systematic review on near-peer teaching in higher education: Training, types of instruction, and outcomes* (submitted). Preprint: <https://osf.io/preprints/osf/c467y>
- Diepenbroek, P. (2022). From the Colloquial to the Scientific Story. The use of Classroom Dialogue in the Development of Conceptual Understanding of Physics. *GIREP Conference 2022*, Ljubljana, Slovenia.
- Doulougeri, K., van den Beemt, A., Vermunt, J.D., Bots, M. and Bombaerts, G. (2022). Challenge-Based Learning in Engineering Education: Toward Mapping the Landscape and Guiding Educational Practice, In *The Emerald Handbook of Challenge Based Learning*, (pp. 35-68), Emerald Publishing Limited, Leeds. <https://doi.org/10.1108/978-1-80117-490-920221003>
- Doulougeri, K., Vermunt, J. D., Bombaerts, G., Bots, M., & de Lange, R. (2021). How do students regulate their learning in challenge-based learning? An analysis of students' learning portfolios. In *Proceedings - SEFI 49th Annual Conference: Blended Learning in Engineering Education: Challenging, Enlightening - and Lasting?*, (pp. 204-216), Technische Universität Berlin.
- Ekström, S., Pareto, L. (2022). The dual role of humanoid robots in education: As didactic tools and social actors. *Education Information Technology*, 27, 12609-12644 <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11132-2>
- Errington, E. (2008). Exploring real-world scenarios as vehicles for authentic learning. *International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 3, 1-6.
- European Commission (2020). Supporting teacher and school leader careers: A policy guide. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/7854>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A. (2021). *Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>

- Fajaryati, N., Budiyono, Akhyar, M. & Wiranto (2020). The Employability Skills Needed To Face the Demands of Work in the Future: Systematic Literature Reviews. *Open Engineering*, 10(1), 595-603. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0072>
- Gallagher, S. E., & Savage, T. (2023). Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review. *Teaching in Higher Education*, 28(6), 1135-1157.
- Gomez Puente, S.M., Kamp, R., Verhoeven, S., Ventura Medina, E. & van der Veen, J.T. (2024). Continuous Professional Development of TU/e teachers. Internal report, TU Eindhoven.
- Goodlad, J. (1979). *Curriculum inquiry: The study of curriculum practice*. New York: McGraw-Hill.
- Graham, R. (2018a). Global state of the art in engineering education. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. <https://www.rhgraham.org/global/engineering-benchmark/>
- Graham, R. (2018b). Career Framework for University Teaching. Royal Academy of Engineering.
- Graham, R. (2022). Teaching Cultures Survey findings, report. <https://teachingcultures.com/Findings/>
- Gray, M. E., & Holyoak, K. J. (2021). Teaching by analogy: From theory to practice. *Mind, Brain, and Education*, 15(3), 250-263.
- Grieves, M.W. (2023). Digital Twins: Past, Present, and Future. In: Crespi, N., Drobot, A.T., Minerva, R. (eds) *The Digital Twin*, (pp.97-121). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21343-4_4.
- Habbal, F., Kolmos, A., Hadgraft, R.G., Egelund Holgaard, J. & Reda, K. (2024). *Reframing Engineering Education*, Springer, download from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-5873-3>.
- Hahn, M. G., Navarro, S. M. B., De La Fuente Valentín, L. & D. Burgos (2021). A Systematic Review of the Effects of Automatic Scoring and Automatic Feedback in Educational Settings, In *IEEE Access*, 9, (pp. 108190-108198), <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3100890>
- Handelzalts, A., Nieveen, N., Van den Akker, J. (2019). Teacher design teams for school-wide curriculum development: Reflections on an early study. In J. Pieters, J. Voogt, & N. Pareja Roblin, (eds) *Collaborative curriculum design for sustainable innovation and teacher learning*, (pp. 55-82). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20062-6_4
- Hanif, M. A., Khalid, F., Putra, R. V. W., Rehman, S., & Shafique, M. (2018, July). Robust machine learning systems: Reliability and security for deep neural networks. In 2018 *IEEE 24th international symposium on on-line testing and robust system design (IOLTS)*, (pp. 257-260). IEEE.
- Hendrickx, M., Endedijk, H.M., Lansu, T., van den Berg, Y., Mainhard, T. & van der Veen, J.T. (2023). Reducing bias in education: Creating optimal learning opportunities through the beliefs-interaction cycle of teacher and student. Research proposal.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational psychology review*, 16, 235-266.
- Ho, J., Kortian, V., Huda, N., & Lee, A. (2023). Engineering Management Education: Washington Accord Accreditation Programs. *Engineering Management Journal*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10429247.2023.2285657>
- Huizinga, T., Handelzalts, A., Nieveen, N., & Voogt, J. (2014). Teacher involvement in curriculum design: Need for support to enhance teachers' design expertise. *Journal of Curriculum Studies*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/00220272.2013.834077>
- Jiang Yuchen, Yin Shen, Li Kuan, Luo Hao and Kaynak Okay (2021). Industrial applications of digital twins. *Phil. Trans. R. Soc. A* 379, 20200360. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0360>
- Karabulut-Ilgü, A., Jaramillo Cherez, N., & Jahren, C. T. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. *British Journal of Educational Technology*, 49(3), 398-411.

- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and individual differences, 103*, 102274.
- Klein, J.T. (2017). Typologies of Interdisciplinarity. In R. Frodeman, J. T. Klein, & C. Mitcham (Eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, 2nd edition, (pp. 21-34). Oxford University Press.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Kottmann, A.(2023). Innovation of Education at Higher Education Institutions. The Contribution of Centres of Excellence for Teaching and Learning. Doctoral thesis. *Centre for Higher Education Policies*, University of Twente.
- Land, S. M., Hannafin, M. J., & Oliver, K. (2012). Student-centered learning environments: Foundations, assumptions and design. In *Theoretical foundations of learning environments*, (pp. 3-25). Routledge.
- Latulipe, C., & De Jaeger, A. (2022, February). Comparing student experiences of collaborative learning in synchronous CS1 classes in gather. town vs. zoom. In *Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education, 1*, (pp. 411-417).
- Laudonia, I., Mamlok-Naaman, R., Abels, S., & Eilks, I. (2018). Action research in science education—an analytical review of the literature. *Educational action research, 26*(3), 480-495.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Law, E.H.-F., & Nieveen, N. (2010). (Eds.). *Schools as curriculum agencies: Asian and European perspectives on school-based curriculum development*. Rotterdam: Sense.
- Leeman, Y. , Nieveen, N. M., de Beer, F., & van der Steen, J. (2020). Teachers as curriculum-makers: the case of citizenship education in Dutch schools. *The Curriculum Journal. 31*(3), 495-516 <https://doi.org/10.1002/curj.21>
- di Lanzo, J. A., Valentine, A., Soheli, F., Yapp, A. Y., Muparadzi, K. C., & Abdelmalek, M. (2020). A review of the uses of virtual reality in engineering education. *Computer Applications in Engineering Education, 28*(3), 748-763.
- Mabley, S., Ventura-Medina, E., & Anderson, A. (2020). 'I'm lost'-a qualitative analysis of student teams' strategies during their first experience in problem-based learning. *European Journal of Engineering Education, 45*(3), 329-348. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1646709>
- Maessen, I., Bayram, D., Hendrickx, M, Veen, J.T. van der, & Vermunt, J.D. (2024). Formative Evaluation in Socio-scientific Issues-based Science Lessons: teachers' and researchers' views (work in progress).
- Marsh, C.J., & Willis, G. (2007). *Curriculum: Alternative approaches, ongoing issues*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. London: Routledge.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). Educational design research. *Handbook of research on educational communications and technology*, 131-140.
- McQuade, R., Ventura-Medina, E., Wiggins, S., & Anderson, T. (2019). Examining self-managed problem-based learning interactions in engineering education. *European Journal of Engineering Education, 45*(2), 232-248. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1649366>
- McQuade, R. M. (2020). Juggling institutional and social demands: A conversation analysis of engineering students' interactions in self-managed problem-based learning. PhD thesis. University of Strathclyde. <https://doi.org/10.48730/10dw-vw93>

- McQuade, R., Wiggins, S., Ventura-Medina, E., & Anderson, T. (2018). Knowledge disagreement formulations in problem-based learning tutorials: balancing pedagogical demands with 'saving face'. *Classroom Discourse*, 9(3), 227-243. <https://doi.org/10.1080/19463014.2018.1495089>
- McQuade, R. M., Ventura-Medina, E., Wiggins, S., Hendry, G., & Anderson, A. (2020). Students' strategies for managing social loafers in PBL: interactional means of dealing with unequal participation in group work. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, (pp. 275-298). ISBN 978-1557538048.
- Menken, S., & Keesstra, M. (2016). *An introduction to interdisciplinary research: Theory and practice*. Amsterdam: University Press.
- Meulenbroeks, R. F. G., Veen, J.T. van der, & Eijkelhof, H. M. C. (July, 2018). Helping engineers become good physics teachers. *Physics Today*. <https://doi.org/10.1063/PT.6.5.20180713a>
- Ming, X., Veen, J.T. van der & MacLeod, M. (2024). Competencies in interdisciplinary engineering education: Constructing perspectives on interdisciplinarity in a Q-sort study. (submitted).
- Mio, C., Ventura-Medina, E., & João, E. (2019). Scenario-based eLearning to promote active learning in large cohorts: Students' perspective. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(4), 894-909.
- Muhle, F. (2016). Embodied conversational agents as social actors. In *Socialbots and their friends: Digital media and the automation of sociality*, 86-110. Taylor & Francis.
- Mulder, J. & Adams, M. (2023). Senior Kwalificatie Onderwijs (SKO) op de universiteiten van Nederland. Verslag van een Benchmark onderzoek. *Onderzoek van Onderwijs*, 52(2).
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Noordin, M. K., Nasir, A. N., Ali, D. F., & Nordin, M. S. (2011). Problem-based learning (PBL) and project-based learning (PjBL) in engineering education: A comparison. *Proceedings of the IETEC*, 11.
- Nypels, M. & Kamp, M. (2022). Samenhang vanuit de vakken. In Kamp, M., Nypels, M., de Jong, G., Pilot, A., Roosendaal, H., & Voegelezang, M. (Eds). *Plan Bèta: Bèta-onderwijs voor duurzame ontwikkeling*. (pp. 159-221). Utrecht: NVON.
- Nieveen, N. (1997). *Computer support for curriculum developers: A study on the potential of computer support in the domain of formative curriculum evaluation*. Doctoral dissertation, Enschede: University of Twente.
- Nieveen, N., Handelzalts, A, & Eekelen, I (2011). *Naar curriculaire samenhang in de onderbouw van het voortgezet onderwijs* [Towards curricular coherence in junior secondary education]. *Pedagogische Studiën*, 86(4), 249-215.
- Nieveen, N. & Kuiper, W. (2021). Integral curriculum review in the Netherlands: In need of dovetail joints. In M. Priestley, T. Soini-Ikonen, D. Alvunger, & S. Philippou (Eds.), *Curriculum making in Europe: Policy and practice within and across diverse contexts*, (pp. 125-150). Bingley: Emerald.
- Nieveen, N., & Van den Akker, J. (2023). Schooleigen curriculumontwikkeling als focus van onderzoek. *Pedagogische studiën*, 100(4), 486-500. <https://doi.org/10.59302/ps.v100i4.18352>
- Nieveen, N. & van der Hoeven, M. (2011). Building the curricular capacity of teachers: Insights from the Netherlands. In P. Picard & L. Ria (Eds.), *Beginning teachers: a challenge for educational systems - CIDREE Yearbook 2011*, (pp. 49-64). Lyon, France: ENS de Lyon, Institut Français de l'Éducation.
- Nieveen, N., van den Akker, J., Voogt, J. (2023). Curriculum design. In: R.J. Tierney, F. Rizvi, K. Erkican (Eds.), *International Encyclopedia of Education*, 7, (pp. 198-205). Elsevier. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.03032-3>
- O'Connell, M. T., Stöhr, C., Wallin, P., & Negretti, R. (2023). Social regulation of learning in interdisciplinary groupwork. *European Journal of Engineering Education*, 1-17.
- Onderwijsraad (2023). *Schaarste schuurt: Een verkenning naar het omgaan met aanhoudende lerarentekorten*. Den Haag: Onderwijsraad.

- Patrick, C., & McShane, M. (2023, October). Development of a n-shaped Undergraduate Curriculum Using a Curriculum Continuity Checkup Process Coupled with an Iterative Application of Kotter's Change Model. In *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, (pp.1-4). IEEE.
- Pepin, B. (2018). Enhancing teacher learning with curriculum resources. In L. Fan, L. Trouche, C. Qi, S. Rezat, & J. Visnovska (Eds.). *Research on mathematics textbooks and teachers' resources - Advances and issues*, (pp. 359-374). Cham, Switzerland: Springer.
- Pieters, M. (2022). *Between written and enacted: Curriculum development as propagation of memes. An ecological-evolutionary perspective on fifty years of curriculum development for upper secondary physics education in the Netherlands* (doctoral thesis). Utrecht: Utrecht University. https://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2022_thesis_pieters.pdf
- Pieters, J., Voogt, J., Pareja Roblin, N. (Eds.) (2019). *Collaborative curriculum design for sustainable innovation and teacher learning*. Cham, Switzerland: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-20062-6>
- Plomp, T. & Nieveen, N. (2013) (Eds.). Educational design research: Introduction and illustrative cases. Enschede: SLO. <https://slo.nl/publish/pages/4474/educational-design-research-part-a.pdf>
- Podolsky, A., Kini, T., Bishop, J., & Darling-Hammond, L. (2016). *Solving the teacher shortage: How to attract and retain excellent educators*. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute. <https://doi.org/10.54300/262.960>
- Popescu, E. (2014). Providing collaborative learning support with social media in an integrated environment. *World Wide Web*, 17, 199-212 <https://doi.org/10.1007/s11280-012-0172-6>
- Priestley, M. (2019). Curriculum: Concepts and approaches. *Impact*, 6: *Broad and Balanced Curriculum*. https://my.chartered.college/impact_article/curriculum-concepts-and-approaches/
- Priestley, M., Biesta, G., & Robinson, S. (2015). *Teacher agency: An ecological approach*. London: Bloomsbury Publishing.
- Schellings, G.L.M., Krijgsman, C.A., Geijssel, F., Thurlings, M., & Derksen, K. (2023). Promoting a sustainable research culture: working research-based on educational quality. NRO-project in het kader van Samenwerken in de Regio.
- Scientific curriculum committee (2022). Frameworks for the future: Interim advice 1. Amersfoort: Scientific curriculum committee. https://www.curriculumcommissie.nl/_files/ugd/de92a5_5b4728283fb04251b90bf9ab187b1e32.pdf
- Sijbers, J., & Woldhuis, E. (2021). *Startnotitie natuurwetenschappelijke vakken*. Amersfoort: SLO.
- Skilbeck, M. (1998). School-based curriculum development. In: Hargreaves, A., Lieberman, A., Fullan, M., Hopkins, D. (eds) *International handbook of educational change*, (pp. 109-132). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4944-0_7
- Slepankova, M. (2021). *Possibilities of Artificial Intelligence in Education : An Assessment of the role of AI chatbots as a communication medium in higher education* (Dissertation). Retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-108427>
- Snoek, M., De Wit, B., & Dengerink, J. (Eds.) (2020). *Leraar: een professie met perspectief (3 delen)*. Meppel: Ten Brink.
- Soini, T., Pyhältö, K., Haverinen, K., Sullanmaa, J., Leskinen, E., & Pietarinen, J. (2022). Building coherence and impact: Differences in Finnish school level curriculum making. *Curriculum Perspectives*, 42, 121-133. <https://doi.org/10.1007/s41297-022-00165-9>.
- Spencer, H. (1860). What knowledge is of most worth? In H. Spencer, *Education: Intellectual, moral, and physical*, 21-96. D Appleton & Company.
- Stasse, O., Flayols, T. (2019). An Overview of Humanoid Robots Technologies. In: Venture, G., Laumond, JP., Watier, B. (eds) *Biomechanics of Anthropomorphic Systems*. Springer Tracts in Advanced Robotics, (pp. 281-310). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93870-7_13

- Stenhouse, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heinemann.
- Stevens, T.M., Day, I.N.Z., Brok, P.J. den, Prins, F.J., Assen, H.J.H.E, Beek, M. ter, Bombaerts, G., Coppoolse, R. Cremers, P.H.M., Engbers, R., Hulsen, M., Kamp, R.J.A., Koksma, J.J., Mittendorff, K., Riezebos, J., Rijst, R.M. van der, Wiel, M.W.J. van de & Vermunt, J.D. (2023). Teacher professional learning and development in the context of educational innovations in higher education: A typology of practices, *Higher Education Research & Development*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/07294360.2023.2246412>
- Stouthart, T., Bayram, D. & Veen, J.T. van der (2023). Capturing Pedagogical Design Capacity of STEM Teacher Candidates: Education for Sustainable Development through Socio-scientific Issues. *Sustainability* 15(14),11055. <https://doi.org/10.3390/su151411055>.
- Swan, K., Garrison, D. R., & Richardson, J. C. (2009). A constructivist approach to online learning: The community of inquiry framework. In *Information technology and constructivism in higher education: Progressive learning frameworks*, (pp. 43-57). IGI global.
- Taminiau, A., Ottevanger, W., Pieters, M., Woldhuis, E., Sijbers, J., Spek, W., Schalk, H., Rodenboog, M. & Van Graft, M. (2017). Natuur & Technologie. In E. Folmer, A. Koopmans & W. Kuiper (Eds.), *Curriculumspiegel 2017*, (pp. 253-297). SLO: Enschede.
- Tess, P. A. (2013). The role of social media in higher education classes (real and virtual)-A literature review. *Computers in human behavior*, 29(5), A60-A68.
- Tielen, N. (2023). Phase-3 project proposal, QuantumDelta NL.
- Thijs, A., & Van den Akker, J. (2009). *Curriculum in development*. Enschede: SLO. <https://www.slo.nl/publish/pages/18850/curriculum-in-development.pdf>
- Thomas, H. (2010). Learning spaces, learning environments and the dis‘placement’ of learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(3), 502-511.
- Thurlings, M. C. G., Quant, E., Vennix, J. & Nieveen, N., (2023). *Educational design research: Challenge-based teacher education*. Eindhoven: National Challenge-Based Learning Conference.
- Tomlinson, M., & Jackson, D. (2021). Professional identity formation in contemporary higher education students. *Studies in Higher Education*, 46(4), 885-900.
- Tuna, G., Tuna, A., Ahmetoglu, E., & Kusco, H. (2019). A Survey on the Use of Humanoid Robots in Primary Education: Prospects, Research Challenges and Future Research Directions. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(3), 361-373.
- Van den Akker, J. (2003). Curriculum perspectives: An introduction. In J. van den Akker, W. Kuiper & U. Hameyer (Eds.), *Curriculum landscapes and trends*, (pp. 1-10). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Van den Akker, J., & Nieveen, N. (2021). Combining curriculum and teacher development through design research. In Z. A. Philippakos, E. Howell, & A. Pellegrino (Eds.) *Design-based research in education*. Theory and applications, (pp. 45-63). New York: The Guildford Press.
- Van den Beemt, A., Watering, G. van de & Bots, M. (2023). Conceptualising variety in challenge-based learning in higher education: the CBL-compass. *European Journal of Engineering Education*, 48(1), 24-41, <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2078181>
- Van den Beemt, A., MacLeod, M., Van der Veen, J., Van de Ven, A., Van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of Engineering education*, 109(3), 508-555.
- Van der Horn, E., & Mahadevan, S. (2021). Digital Twin: Generalization, characterization and implementation. *Decision support systems*, 145, 113524.
- Van der Veen, J.T., Vennix, A. & Heunks, S. (2023a). Challenge Based Learning: uitdagend onderwijs voor een duurzame toekomst. NRO-project in het kader van Samenwerken aan onderwijskwaliteit in de Regio.
- Van der Veen, J.T. Esch, B. van, Sortland, B., Rustad, H., Isaac, S, & Tormey, R. (2023b). Training Students for Tutor Roles in Challenge-based Learning. Workshop at CDIO 2023, Trondheim, Norway.

- Van Dijke, E.E., Tartwijk, J. van, Schaaf, M.F. van der, & Kluijtmans, M. (2020). What makes an expert university teacher? A systematic review and synthesis of frameworks for teacher expertise in higher education. *Educational Research Review*, 31, 100365.
- Van Harten, A. (2024). Ontwerp je eigen toekomstbestendige droomhuis. Master thesis.
- Van Veen, K., Zwart, R. C., Meirink, J., & Verloop, N. (2010). *Professionele ontwikkeling van leraren: Een reviewstudie naar effectieve kenmerken van professionaliseringsinterventies van leraren*. Leiden: ICLON.
- Van Vroonhoven, M. (2020). *Samen sterk voor elk kind*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/07/02/samen-sterk-voor-elk-kind-eindconclusies-merel-van-vroonhoven-juli-2020>
- Vilarta Rodriguez, L, van der Veen, J.T., Anjewierden, A., van den Berg, E., & De Jong, A.J.M. (2020). Physics Education, 55(6), 065026. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb346>.
- Vonk-Franke, C. A., Ventura-Medina, E., Snijders, C. C. P., Matzat, U., Zhang, R. & Cristea, T. (2023) Integrating Learning Analytics into Engineering Education: Design Strategies for Teachers. In Reilly, G., Murphy, M., Nagy, B. V. & Jarvinen, H-M. (eds.), *SEFI 2023 - 51st Annual Conference of the European Society for Engineering Education: Engineering Education for Sustainability Proceedings*, (pp. 3278-3283). *European Society for Engineering Education (SEFI)*.
- Vos, M.J.A. (2024). Mentale blokkades bij het maken van wiskunde door negatieve bekwaamheidsovertuigingen, angst en/of mindset. Master thesis. TU Eindhoven.
- Vrana, J., Singh, R. (2021). Digitization, Digitalization, and Digital Transformation. In: Meyendorf, N., Ida, N., Singh, R., Vrana, J. (eds) *Handbook of Nondestructive Evaluation 4.0.*,(pp. 1-17) Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48200-8_39-1
- Yu, X., Shen, Y., Cheng, X., & Bao, Y. (2022). How can cross-cultural virtual learning teams collaborate effectively: A longitudinal study. *Information & Management*, 59(6), 103667.

Curriculum vitae

Prof.dr. Nienke Nieveen werd op 1 oktober 2022 benoemd tot hoogleraar curriculumontwerp in het bèta-onderwijs.

Nienke Nieveen verdedigde in 1997 haar proefschrift op het domein van curriculumontwerp aan de Universiteit Twente en werd daar benoemd tot universitair docent. Van 2007 tot 2019 werkte ze bij SLO (nationaal expertisecentrum op terrein van curriculumontwikkeling) en combineerde ze deze functie met een universitair hoofddocentschap aan de TU/e. In 2019 keerde ze terug naar de Universiteit Twente als universitair hoofddocent en opleidingsdirecteur van de UT-lerarenopleidingen. Naast haar hoogleraarschap hier in Eindhoven is ze ook opleidingsdirecteur van de TU/e-lerarenopleidingen en is ze lid van de landelijke Wetenschappelijke Curriculumcommissie. Daarnaast zit Nienke in de redactie van The Curriculum Journal en van Pedagogische Studien en is ze voorzitter van de Curriculumdivisie van de VOR (Vereniging voor Onderwijsresearch). Haar onderzoek richt zich op curriculumontwerponderzoek en op schooleigen curriculumontwikkeling.

Prof.dr. Jan van der Veen werd op 1 februari 2021 benoemd tot hoogleraar professionele ontwikkeling in voortgezet en hoger bèta-onderwijs.

Jan van der Veen studeerde natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen en werkte daarna als docent natuurkunde in het voortgezet onderwijs. Daarna ging hij aan de slag bij de Universiteit Twente, met een focus op de inzet van ICT bij het leren en op projectonderwijs. In 2001 verdedigde hij zijn proefschrift. Hij is één van de oprichters van het 4TU Centre for Engineering Education. In 2019 ontving hij een Comenius Leadership-beurs voor het ontwerpen en onderzoeken van interdisciplinair onderwijs. Jan is voorzitter van de stuurgroep van het nationale Bèta4all-project, dat met haar aanbod voor bètadocenten zorgt voor een goede vakinhoudelijke basis. Hij is voorzitter van de Eindhoven School of Education en werkt samen met veel scholen in diverse regionale partnerschappen. Hij houdt zich bezig met professionele ontwikkeling in zowel voortgezet als hoger onderwijs, en met bètadidactisch onderzoek en onderwijs. Internationaal werkt hij mee aan erkennen en waarderen-projecten en -onderzoek.

Prof.dr.ir. Esther Ventura-Medina werd op 1 november 2022 benoemd tot hoogleraar innovaties in het bèta-onderwijs.

Esther Ventura-Medina voltooide in 2000 haar proefschrift in chemical engineering aan de Universiteit van Manchester. Daarna behaalde zij haar lesbevoegdheid wiskunde. Vanaf 2005 werkte ze als *lecturer* aan de Universiteit van Manchester en was ze actief in het ondersteunen van studenten bij de overgang van het voortgezet onderwijs naar de universiteit. Ze introduceerde innovaties in het onderwijs, waaronder projectonderwijs en probleemgestuurd onderwijs. Later werkte ze als *senior lecturer* aan de universiteiten van Monash (Melbourne) en Strathclyde (Glasgow) waar ze op onderzoek gebaseerde onderwijsinnovaties introduceerde. Aan de TU/e is ze wetenschappelijk directeur van de Academy for Learning and Teaching (ALT) en hoofd van het 4TU Centre for Engineering Education. Haar onderzoek richt zich op activerende werkvormen voor studenten, op groepswork en vormen van digitaal ondersteund leren.

Colofon

Productie

Communicatie Expertise
Centrum TU/e

Fotografie cover

Bart van Overbeeke
Fotografie, Eindhoven

Ontwerp

Grefo Prepress,
Eindhoven

Digitale versie:
research.tue.nl/nl/

Bezoekadres

Gebouw 1, Auditorium
Groene Loper, Eindhoven

Navigatieadres

De Zaale, Eindhoven

Postadres

Postbus 513
5600 MB Eindhoven
Tel. (040) 247 9111
www.tue.nl/plattegrond

The logo for TU/e, consisting of the letters 'TU/e' in a bold, sans-serif font. The 'e' is lowercase and has a distinctive shape with a horizontal bar at the top.

**EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY**