Ontwerpende
Ingenieurs
Wetenschappen

OIW

Technologie en Maatschappij in Balans

Sectorbeeld

Ontwerpende
Ingenieurs
Wetenschappen

OIW

Technologie en Maatschappij in Balans

Sectorbeeld

Dit sectorbeeld van de ontwerpende ingenieurswetenschappen beschrijft de grote gemeenschappelijke deler van de verschillende ontwerpdisciplines in Nederland. In aanloop naar het schrijven van dit sectorbeeld hebben we gezamenlijk bepaald waar onze sterkte ligt, en waar we concreet kunnen bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke knelpunten.

© 2021

Technische Universiteit Delft
Technische Universiteit Eindhoven
Universiteit Twente
Wageningen University & Research
Rijksuniversiteit Groningen

ISBN 978-94-6366-424-0

De makers hebben getracht alle rechthebbenden van het beeldmateriaal te achterhalen.

Inhoud

Ambitie 5

1

Belang van ontwerpende ingenieurswetenschappen 9

2

Kenmerken van ontwerpende ingenieurswetenschappen 15

3

Wetenschappelijke vragen en toepassingsgebieden 31

4

Het Nederlandse landschap 53

5

Wat is nu nodig? 59

Bijlagen 65

De inbedding van technologie in de maatschappij omvat een ontwerpuitdaging

“Het kan waardevol zijn naar elkaar te luisteren en alternatieve perspectieven te overwegen”.

Iris Hendriksen [Bron: https://2020.design-united.nl/day-2-eco-logica/perspective]

Ambitie

Implementatie van technologische innovaties in aansluiting op maatschappelijke uitdagingen omvat een ontwerpopgave. Dit vereist in toenemende mate wetenschappelijk onderbouwde ontwerpmethodieken. Het brede Nederlandse ontwerplandschap kan hierbij de rol van verbinder goed vervullen.

Teneinde deze brugfunctie optimaal te versterken worden drie gebieden voor verdere investeringen gezien:

Onderzoek

Er is meer onderzoek en onderzoeksfinanciering nodig voor het volbrengen van ontwerpuitdagingen die in de Nederlandse maatschappelijke missies worden gesteld, evenals voor de verdere ontwikkeling van Key Enabling Methodologies als basis voor effectief ontwerp.

Onderwijscapaciteit

Er is een ruimere onderwijscapaciteit en verdere ontwikkeling van ontwerp gestuurde didactiek nodig om te kunnen voldoen aan de groeiende vraag naar ontwerpers, een vraag die voortkomt uit de opkomende behoefte aan ontwerpaanpakken in nieuwe onderzoeksprogramma's binnen Horizon Europe en NWO.

Toegang tot technologie

Er moet voortdurend toegang gegarandeerd zijn tot de zich snel ontwikkelende technologische disciplines voor professionals die zowel de technologie doorgronden als de onderzoekende ontwerpuitdaging aankunnen.

Dit sectorbeeld van de ontwerpende ingenieurswetenschappen beschrijft de grote gemeenschappelijke deler van de verschillende ontwerpdisciplines in Nederland. In een toekomstig sectorplan zullen bovenstaande inversteringsgebieden verder en doelgericht worden uitgewerkt.

Het maken van fysieke modellen speelt een belangrijke rol in het ontwerpproces. [Foto: TUD, Bouwkunde]

OIW hebben meer slagkracht nodig in onderzoek, onderwijs en erkenning

Ontwerpdenken is volledig in lijn met het doelgerichte innovatiebeleid

Recycled glas als materiaal [Foto: TUD]

1

Belang van ontwerpende ingenieurs-wetenschappen

Technologie raakt steeds meer ingebed in ons dagelijks leven: thuis, op het werk, onderweg, en zelfs op en binnen ons lichaam. Techniek wordt daarbij steeds ‘slimmer’ en is in toenemende mate in staat om eigenstandig beslissingen te nemen. Daarnaast nopen de wereldwijd geadopteerde 17 Sustainable Development Goals[1] ons om technische innovaties te ontwikkelen die zijn gekoppeld aan sociale innovaties. Geschetste ontwikkelingen stellen ons voor complexe ontwerpuitdagingen en vormen natuurlijke uitdagingen voor de ontwerpende ingenieur, die, vanuit een duidelijke drijfveer (purpose) met een gerichte en professionele aanpak (competences), is gericht op concreet resultaat (impact).

1 United Nations: Sustainable Development Goals. [https://sdgs.un.org/goals]

Missie gedreven met een integrale aanpak

Een integrale manier van wetenschap bedrijven – van fundamenteel tot praktisch toepassingsgericht – resoneert steeds sterker. Wetenschap en wetenschapsbeleid ondersteunen deze manier van kijken steeds meer. Dit blijkt uit het missie gedreven innovatiebeleid[2] van de overheid; het strategische planningsproces van Horizon Europe (EU); en ook diverse OESO-publicaties[3] zoomen in op aanpak van maatschappelijke thema's op brede integrale wijze, gericht op bruikbare resultaten.

Ontwerpen is matchen van technologische mogelijkheden en menselijke behoeften

2 https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/04/26/kamerbrief-over-missiegedreven-topsectoren-en-innovatiebeleid

3 https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf
https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/addressing-societal-challenges-using-transdisciplinary-research_0ca0ca45-en

Ontwerpuitdaging

De complexiteit van maatschappelijke issues is ingegeven door een combinatie van technische uitdagingen, menselijke normen en waarden, wetten en regelgeving, en de manier waarop groepen mensen in de samenleving zijn georganiseerd. Deze aspecten spelen op diverse schaalniveaus, van persoonlijk tot maatschappelijk, van lokaal tot globaal. Al deze aspecten tezamen maken de implementatie van innovatieve technologieën complex, en dienen grondig en integraal doordacht te worden. Hiervoor zijn ontwerpende ingenieurs onontbeerlijk.

Daarom: onze maatschappij heeft een toenemende behoefte aan professionals die zien welke kansen technologie biedt en deze kunnen aangrijpen; die oog hebben voor behoeften, verlangens en zorgen bij gebruikers; en die mogelijkheden benutten voor creatieve en interdisciplinaire samenwerking om innovaties beter te laten aansluiten bij mens en maatschappij. De ontwerpende ingenieurswetenschappen (OIW) zijn bij uitstek in staat om in deze behoeften te voorzien.

De ontwerpende ingenieurswetenschappen behelzen de disciplines[4] Industrieel Ontwerpen, Ontwerp van de Gebouwde Omgeving, en Technische Bestuurskunde en Bedrijfskunde. Deze takken van wetenschap vormen de motor voor het oplossen van systeemproblemen die vragen om een transdisciplinaire en integrale benadering. De maatschappij heeft integraal ontwikkelde, duurzame oplossingen nodig voor de uitdagingen waarvoor we ons gesteld zien op het terrein van:

- digitalisering;
- gezondheidszorg;
- energietransitie;
- bevolkingssamenstelling;
- duurzame mobiliteit;
- klimaatadaptatie;
- en de voedselketen.[5]

De ontwerpende ingenieurswetenschappen vormen een belangrijke schakel tussen kennis uit de fundamentele wetenschappen en die uit de technische ingenieurswetenschappen en hun implementatie. Vice versa vervullen zij een unieke rol als vertaler van maatschappelijke knelpunten naar concrete (technologische) oplossingsrichtingen.

Dit eerste Sectorbeeld Ontwerpende Ingenieurswetenschappen wil inzichtelijk maken dat het verbeteren van onze maatschappij met behulp van technologie in de eerste plaats een ontwerpuitdaging is, en dat extra investeringen onontbeerlijk zijn om de uitdagingen van onze tijd met behulp van technologie aan te gaan.

4 Ontwerpen zoals omvat in dit sectorbeeld is nog geen formeel erkende discipline. Een van de doelen van dit Sectorbeeld is om de ontwerpende ingenieurswetenschappen te erkennen als een eigenstandige discipline.

5 *Dutch* Design heeft op deze terreinen reeds een naam opgebouwd. Gedreven door de Nederlands cultuur die gericht is op samenwerken, meningen geven *en* delen zonder belemmeringen, levert teamwork meerwaarde voor het realiseren van beter toepasbare oplossingen. De jaarlijkse Dutch Design Week [https://ddw.nl/], met daarbinnen een explicieter rol en positie voor Design Research (4TU), is hiervan een beeldend bewijs.

Hoe komen we tot 's werelds beste organisatie van zorg?

BELEID / WETGEVING

ZORGORGANISATIE

THUISZORG

Hoe maken we van persoonlijke data op een veilige manier kennis voor gezondheid en behandeling?

BEVOLKINGSDATA

GROEPSDATA

PERSOONLIJKE DATA

Hoe organiseren we logistiek milieu-efficiënt en effectief?

LOGISTIEK

DISTRIBUTIE

WINKEL / RESTAURANT

ONLINE BESTELLING

Wat betekent hoge kwaliteit van persoonlijke mobiliteit?

MOBILITEIT

(INTER) NATIONAAL

REGIONAAL

LOKAAL

OIW maken wetenschappelijk onderbouwd de wereld van morgen zichtbaar

Minor Interactive environments [Bron: https://interactive-environments.nl/polysense/]

2

Kenmerken van ontwerpende ingenieurs-wetenschappen

Elke discipline heeft een fundament: een gedeelde manier van werken en denken. Voor design (of ontwerpen) als onderzoeksdiscipline en als beroepspraktijk, behelst dit fundament het beredeneerd en onderbouwd vormgeven van de wereld van morgen. Om dat te kunnen doen is kennis nodig, bijvoorbeeld van psychologie of van materialen, en wordt technologie toegepast. Zo dragen ontwerpers bij aan kleine en grote maatschappelijke vraagstukken.

Methodologie

Voor deze aanpak beschikken ontwerpers over competenties[6] en – naast klassieke disciplinaire kennis – over Key Enabling Methodologies ofwel KEM's[7/8]:

- **Analyse en diagnose –** het instrumentarium van tools en methoden om bijvoorbeeld knelpunten helder te krijgen;
- **Visie & verbeelding –** het veranderingsproces richting te geven;
- **Participatie & co-creatie –** stakeholders te betrekken;
- **Monitoring & effectmeting –** beoogde effecten te meten.

De KEM's verbinden vier toepassingsniveaus:

- Het persoonlijke niveau;
- Het niveau van interactie met de context;
- Het organisatorische systeemniveau;
- Het breed maatschappelijk- en institutioneel niveau.

De aanpak beweegt zich itererend tussen deze niveaus van concreet naar abstract, en terug. Zo kunnen concrete producten of diensten kritisch bekeken worden vanuit maatschappelijke normen en waarden, maar tevens abstracte concepten vertaald worden naar praktische bruikbaarheid.

In essentie: waar de bèta- en techniekwetenschappen de grenzen van onze kennis van de natuur verleggen, en de technische wetenschappen wetenschappelijke kennis naar kunde vertalen, brengen ontwerpende ingenieurswetenschappen de technische mogelijkheden en uitdagingen dichterbij maatschappelijke toepassingen en acceptatie door samen met alle stakeholders in realistische settings en/of toekomstgerichte scenario's met nieuwe technologieën te ontwerpen.

6 Zie hiervoor de Kennis en Innovatie Agenda (KIA) van CLICKNL, hoofdstuk 2. [https://kia.clicknl.nl/deel-1-de-creatieve-industrie-kennis-en-kunde/2.-mens-maatschappij-en-betekenisgeving/2.1-meerwaarde-door-ontwerpen-kenmerkende-aanpak]

7 Sleutelmethodologieën (KEM's) voor missiegedreven innovatie, Onderzoeksagenda – Onderdeel van de KIA Sleuteltechnologieën 2020-2023, Juni 2020. [https://kia.clicknl.nl/deel-1-de-creatieve-industrie-kennis-en-kunde/3.-karakter-en-kennisbasis-van-de-creatieve-industrie/3.2-key-enabling-methodologies]

8 Een totaaloverzicht van de KEM's is opgenomen in Bijlage 2.

Een sterkere toolkit van methoden, competenties en kennis is nodig

Tovertafel / Promotie onderzoek Hester Anderiesen Le Riche [Bron: https://www.tover.care/research/]

2.1

Gezamenlijke aanpak

De ontwerpdisciplines hanteren een gezamenlijke aanpak met de volgende gemeenschappelijke kenmerken:

- **Transdisciplinair –** Ontwerpen is een transdisciplinaire activiteit[9] waarbij kennis van bèta-, technische-, sociale-, economische-, medische- en maatschappijwetenschappen samen komen in teams, processen en methoden. Ontwerpers zetten de kennisinfrastructuur van meet af aan in voor vernieuwing en transformatie, en voeden deze kennisketen op hun beurt weer met de in dit proces ontstane nieuwe vragen.

- **Integraal en iteratief –** Ontwerpprocessen werken toe naar een integraal ontwerp via het vanuit een gedegen diagnose en analyse doorlopen van een proces van iteratief creëren, interveniëren, en evalueren: ook wel iteratief ontwerpen genoemd. Hierbij wordt vanuit verschillende relevante perspectieven naar de situatie en de uitdaging gekeken. Bij complexe problemen gaat dit altijd gepaard met vraagstukken die op verschillende niveaus van het systeem opgelost dienen te worden. Hierbij werken ontwerpers op verschillende niveaus: het persoonlijke niveau; het niveau van interactie met de context; het organisatorische systeemniveau; en het breed maatschappelijk- en institutioneel niveau.

- **Stakeholder betrokkenheid –** Ontwerpen vereist beoordelingsvermogen omdat het per definitie raakt aan publieke en private waarden. Ontwerpers zijn vertrouwd met het (ontwerpen van arrangementen voor het) betrekken van alle relevante stakeholders zoals gebruikers, leveranciers, inwoners, beleidsmakers in de processtappen. Gedreven door maatschappelijke vragen hebben ze continue samenwerkingsrelaties met organisaties die ontwerpen en veranderingen in praktijk brengen zoals het bedrijfsleven, de overheid, en maatschappelijke organisaties.

- **Experimenteren in reële context –** Ontwerpers zoeken naar mogelijke oplossingen (en reflecties daarop) in experimentele omgevingen die gemodelleerd zijn naar realistische situaties.[10] Hierbij maken ze naast het geschreven woord, beeld, wiskundige simulaties, prototypen en interventies, gebruik van allerlei soorten communicatie. Door producten, services, systemen en scenario's vorm te geven, maken ontwerpers de mogelijkheden en effecten voorstelbaar, begrijpelijk, ervaarbaar, toetsbaar en bediscussieerbaar.

9 Transdisciplinariteit wordt opgevat als een hoger stadium van interdisciplinariteit met een gedeeld fundament en gedeelde terminologie voor alle wetenschappen; ofwel *co-design* met andere disciplines én stakeholders.

10 Bijvoorbeeld *living labs*, *field labs*, *virtual reality* simulaties, maar ook schetsen, maquettes, *mockups*, *3D-renderings*, video's, virtual reality applicaties, en computermodellen.

TRANS-
DISCIPLINAIR
INTEGRAAL
NGO's
CPB
MAATSCHAPPELIJK
ORGANISATORISCH
bedrijven
experts
CONTEXT
individu
alpha
beta
gamma
PERSOONLIJK
MAATSCHAPPIJ
CO-DESIGN
DISCIPLINES
ITERATIEF
STAKEHOLDERS
EXPERIMENTEREN
Wetgeving
systeem model
MAATSCHAPPELIJK
ORGANISATORISCH
LivingLab
digital
twin
CONTEXT
prototype
simulatie
PERSOONLIJK
QUADRUPLE HELIX
REËEL
VIRTUEEL

Ontwerpende ingenieurs delen kortom de volgende algemeen wetenschappelijke en specifieke design competenties:

- Analyse en diagnose (modelling and mapping, mathematische kennis van wetmatigheden in dynamische processen, data science competenties);
- De ontwerpuitdaging (her-)kaderen in (toekomstige) context;
- Iteratief creëren en evalueren, convergerend naar de gewenste impact;
- Een toenemend aantal relevante perspectieven integreren in een werkend geheel;
- Stakeholders actief betrekken en het stakeholderproces inhoudelijk sturen;
- Ideeën bedenken, communiceren, en interventies doen om nieuwe toekomsten te verbeelden;
- Werken op meerdere systeemniveaus tegelijkertijd.

Deze competenties hebben een bredere impact en betekenis dan alleen voor ontwerp en onderzoek. Ontwerpers zijn vaak richtinggevend en leiders in de ontwikkeling van innovatieve onderwijsmethoden, die ook steeds meer geaccepteerd en toegepast worden binnen onderwijsprogramma's van andere disciplines. Denk hierbij bijvoorbeeld aan *design thinking* methodes en probleemgestuurd onderwijs. Studenten waarderen deze vormen van onderwijs die in de kern uitdagend zijn, doelgericht, en hen in staat stellen maatschappelijke impact te realiseren.

Ontworpen interventies kunnen als hypothese fungeren en als onderzoeksobject

2.2

Ontwerponderzoek

Het ontwerponderzoek kent in de basis twee benaderingen. Een theorie gedreven benadering waarbij interventies gebruikt worden om hypothesen te toetsen en als tegenhanger hiervan een fenomeen-gedreven benadering waarbij interventies gedaan worden om nieuwe mogelijkheden te ontdekken.

FIG. 2.1
Ontwerponderzoek schematisch weergegeven
Ontwerponderzoek komt in enkele varianten voor. Horvath onderscheidde drie versies gelegen tussen fundamenteel onderzoek uit de gevestigde disciplines, en toegepast onderzoek in de industriële praktijk. Later is er verder onderscheid gemaakt in de centrale versie waarin ontwerpend handelen deel uitmaakt van de methode van onderzoek.
[Bron: Vrij naar Fig 7.1 in Stappers & Giaccardi (2017) Research through Design. The Encyclopedia of Human-Computer Interaction. https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/research-through-design]

FIG. 2.1

Het ontwerpen van de wereld van morgen vindt plaats op verschillende schaalniveaus die in lijn liggen met de domeinen van de volgende drie betrokken disciplines:

- **Industrieel ontwerpen –** De wetenschappelijke discipline die design – zowel het product (artefact) als de activiteit – in al zijn verschijningsvormen bestudeert met het doel de kennisbasis te versterken en de ontwerppraktijk te verbeteren;

- **Ontwerp van de Gebouwde Omgeving –** Ontwerp van gebouwen en onze ruimtelijke omgeving, zowel op de schaal van het gebouw, de wijk, de stad, als op regionaal en (inter-)nationaal niveau;

- **Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde –** Ontwerp van bedrijfs- en bestuurskundige processen, van organisaties en van complexe systemen en regelgeving.

Binnen deze drie disciplines speelt de toepassing van technologie en de verbinding daarvan met maatschappelijke doelen en waarden een grote rol. De drie ontwerpdisciplines ondersteunen met hun ontwerpaanpak het hele scala aan Key Enabling Methodologies en vormen zo een essentiële schakel om de grote maatschappelijke uitdagingen aan te gaan en de rol van wetenschap, technologie en innovatie in maatschappelijke transities te versterken. Tabel 2.1 geeft een overzicht van deze KEM's.[11]

TABEL 2.1

	KEMs / Key Enabling Methodologies	
1	**Visie & verbeelding**	Realiseren van inspirerend toekomstbeelden om het doel tastbaar te maken en daarmee richting te geven aan verandering waarin technologie op een sociaal verantwoorde en duurzame manier wordt ingebed in de maatschappij.
2	**Participatie & co-creatie**	Betrekken van uiteenlopende belanghebbenden in een systematisch proces om via analyse van de context te komen tot nieuwe proposities.
3	**Gedragsverandering & empowerment**	Genereren van methodes die helpen bij het ontwikkelen van interventies om het gedrag van mensen direct of indirect te veranderen.
4	**Experimentele omgeving**	Experimenteren met onzekerheden en meerduidige informatie om effecten van interventies in hun natuurlijke context te testen en bij te sturen.
5	**Waardecreatie & opschaling**	Testen en valideren op een procesmatige wijze in een vroege fase gericht op effectieve interventies en snel opschalen van innovaties.
6	**Institutionele verandering**	Verschaffen van inzicht in het gedrag van instellingen en het ontwikkelen van regels en procedures voor de gewenste veranderingen.
7	**Systeemverandering**	Ontwikkelen van manieren om systeemgericht en toekomstgericht te werken, en om debat en feedback over veranderingen uit te lokken.
8	**Monitoring & effectmanagement**	Meten en monitoren van interventies en hun effecten, om de iteratieve ontwikkeling en aanpassingen van het systeem te ondersteunen.

Onderzoek en onderwijs vormen de voedingsbodem voor de drie disciplines. Het onderzoek versterkt de kennisbasis van de ontwerper door middel van disciplinaire kennis en methoden.[12] Die kennisbasis is voor de drie disciplines verschillend, maar kent overlap. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de verschillende typen van onderzoek en kennis behorende bij de disciplines. Bijlage 2 geeft een uitgebreider overzicht van de KEM's en bijbehorende wetenschappelijke vragen.

De kennisbasis van de ontwerper wordt echter niet alleen gevormd door de ontwerpende wetenschappen. Ook andere wetenschapsgebieden zoals psychologie, communicatiewetenschappen, ruimtelijke wetenschappen, maatschappijwetenschappen, geesteswetenschappen, materiaalwetenschappen, en computer science dragen essentiële kennis aan die ontwerpers toepassen. Andersom spelen ontwerpers specifieke onderzoeksvragen terug naar deze wetenschapsgebieden, via de betrokken stakeholders of de uitkomsten uit experimenten.

11 Sleutelmethodologieën (KEM's) voor missiegedreven innovatie. [https://assets.ctfassets.net/h0msiyds6poj/6Oi6G5MqobcgNkA1qdWYmQ/e6dfa8991df936ef2f755fd08a6614e2/Sleutelmethodologie__n__KEM_s__voor_missiegedreven_innovatie_v20200612_FINAL.pdf]

12 Karakter en kennisbasis van de creatieve industrie, agenda KIA KLICKNL, hoofdstuk 3. [https://kia.clicknl.nl/deel-1-de-creatieve-industrie-kennis-en-kunde/3.-karakter-en-kennisbasis-van-de-creatieve-industrie]

2.3

Maatschappelijke uitdagingen

De disciplines dragen bij aan kennis voor, en de opleiding van, toekomstige generaties (academische) professionals met een mindset die essentieel is om daadkrachtig te kunnen bijdragen aan de uitdagingen van onze complexe socio-technische maatschappij. Om deze grote maatschappelijke uitdagingen aan te gaan, heeft de Nederlandse overheid een missie gedreven innovatiebeleid[13] geformuleerd dat zich op vier maatschappelijke missies richt.

FIG. 2.2
Relatie Sleuteltechnologieën (KET's) en Sleutelmethodologieën (KEM's) voor missie gedreven innovatie
Weergave van het huidige overzicht van sleuteltechnologieën. Opkomende nieuwe technologieën zullen volgen zoals bijvoorbeeld Urban Metabolism Technologies. [Bron: https://www.clicknl.nl/onderzoeksagenda-kems-missiegedreven-innovatie/ en https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/KIAs/20191015%20KIA-ST.pdf]

FIG. 2.2

De ontwerpende wetenschappen vervullen een onmisbare brugfunctie om deze vier missies te vervullen door antwoord te zoeken op vragen hoe de Key Enabling Technologies (KET's)[14] gericht en effectief in te zetten:

- **Energietransitie en duurzaamheid –** Hoe geef je de energietransitie en de duurzame ontwikkeling van onze leefomgeving zodanig vorm, dat technologie, beleid, economie, acceptatie en gedrag hand in hand gaan in een grote verandering?

- **Landbouw, water & voedsel –** Hoe realiseer je de daadwerkelijke toepassing van innovaties op dit gebied? Sociale innovatie en acceptatie is bijvoorbeeld nodig om nieuwe voedselpatronen en eetgewoonten te implementeren.

- **Gezondheid & zorg –** Hoe kan technologie als onderdeel van een ontwerpproces het gezondheidsspectrum van preventie, genezing en zorg efficiënter, effectiever en meer empathisch maken?

- **Veiligheid –** Hoe gaan we om met (sleutel-)technologieën om Nederland een veilig land te laten blijven om te wonen, te werken en te leven?

13 Zie hiervoor Kamerbrief over missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid. [https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/04/26/kamerbrief-over-missiegedreven-topsectoren-en-innovatiebeleid]

14 Vragen zijn afkomstig uit het Sectorplan Techniek.

De kennis van de ontwerpende disciplines en de ontwerpende aanpak vormen de sleutel tot het succesvol inzetten van KET's in de samenleving en het daardoor katalyseren van maatschappelijke transities. De belangrijkste uitdagingen liggen in de doorontwikkeling van op kennis gebaseerde Key Enabling Methodologies. De combinatie van de maatschappelijke uitdagingen, de opkomende KET's, en de ontwerpende aanpak die daarbij essentieel is, vormt de gemeenschappelijk focus voor de toekomst.

Key Enabling Methodologies (KEMs) verbinden maatschappelijke uitdagingen en technologische mogelijkheden (KETs)

2.4

Kracht, erkenning en impact

De wetenschappelijke, maar meer nog de *maatschappelijke* erkenning van ontwerpen groeit sterk. Dit is goed te plaatsen binnen een aantal maatschappelijke veranderingen waarvan de duiding reeds veelvuldig wetenschappelijk beschreven is.

Transitie

Vanuit een psychosociale kijk op veranderingsprocessen zijn doorgaans een aantal fasen te onderscheiden die doorlopen worden om inhoudelijk en mentaal de voordelen van een verandering te kunnen accepteren en omarmen. De fasen lopen van ontkenning (*je hebt er nog geen last, dus ervaar je geen urgentie*), naar weerstand (*gevoed door belangen, twijfels en angst voor het nieuwe*), via zelfonderzoek (*onzekerheid: het nieuwe is onafwendbaar, welke rol kan ik hierin spelen?)* naar acceptatie en verbinding (*begrip en gedragsverandering*).

Veel maatschappelijke knelpunten stuiten op weerstand: mensen zien de knelpunten, maar weten niet hoe ze kunnen bijdragen, en dat gekoppeld aan angst voor het verlies van de voordelen van het 'oude'.

Het belang van ontwerpen en de overtuigingskracht van ontwerpers is gelegen in een gedegen kennis van veranderingsprocessen. De ontwerper bouwt doorheen het gehele ontwerpproces bewust innovatieve technieken in om om te gaan met weerstand, van de brainstorm/tekentafelfase tot implementatie/uitvoeringsfase.

De meerwaarde van ontwerpen wordt concreet door het creëren van veilige situaties (bijvoorbeeld *living labs of fieldlabs*) waar een nieuwe aanpak of technologie ervaren kan worden door testen van nieuwe methoden of interventies.

Naast dit psychosociale proces, en tevens morele proces omdat de ervaring van mensen gestuurd wordt door een set van normen en waarden die collectief maatschappelijk gedeeld worden, ontvouwt zich een tweede proces. Hier worden de ervaringen van gebruikers door ontwerpers meegenomen in het ontwikkelen van nieuwe interventies binnen het ontwerpproces of worden additionele wensen aan de technologie geïncorporeerd in het ontwerp. Techniek en ervaring bewegen zo naar elkaar toe, gericht op een zo naadloos mogelijk verbonden resultaat. Deze alignment van processen is gebaseerd op vertrouwen, luisteren, empathie, experimenteren en leren. Dat is wat ontwerpers sterk maakt. En dat is waarom we meer kennis, meer ervaring en meer opgeleiden professionals op vele plekken in de maatschappij nodig hebben.

Wetenschappelijke impact en erkenning

De meerwaarde van de ontwerpende ingenieurswetenschappen blijkt uit tal van wetenschappelijke referenties. Naast de meer klassieke wetenschappelijke parameters als publicaties, citatie-indexen en rankings, scoren de Nederlandse ontwerpers in toenemende mate hoog op indicatoren voor maatschappelijke impact.

Wetenschapsbeleid (NWO, EU) en kwaliteitsbeoordeling van onderzoek (Strategy Evaluation Protocol 2021 – 2027[15] en 'Erkennen en Waarderen'[16]) volgen deze beweging door het instrumentarium en de aanpak aan te passen en uit te breiden. Dit zijn tekenen van erkenning en betekent een stimulans voor de ontwikkeling en beoordeling van competenties en skills die nodig zijn om naast wetenschappelijke excellentie de vertaalslag van onderzoeksresultaten naar de praktijk te kunnen maken en daarmee de impact te versterken.

De vraag naar de toepassingswaarde van wetenschappelijk output wordt steeds meer gearticuleerd. De maatschappij verwacht concrete toegevoegde waarde van de investeringen in onderzoek. Dit is waar ontwerpen ook voor staat en waar de discipline om gewaardeerd wil worden. Gewaardeerd om zijn implementatiestrategieën voor wetenschappelijke/technologische innovaties, die essentieel zijn voor het genereren van impact. Die *purpose-driven* zijn met een brede integrale aanpak, gericht op bruikbare resultaten. Hieronder volgen highlights van zowel wetenschappelijke alsook maatschappelijke impact van ontwerpende wetenschappen.

Highlights

- Op het terrein van industrieel ontwerpen draait Nederland mee in de wetenschappelijk mondiale kopgroep. Samengevat over de afgelopen 10 jaar (2010 - 2020) heeft Nederland de 3de positie met 127 publicaties in de gezaghebbende tijdschriften Design Studies (Elsevier), International Journal of Design (Full Open Access), en Journal of Engineering Design (Taylor & Francis).[17]

- In de diverse rankings scoren de subdisciplines allemaal hoog. 'Urban Planning' scoort de eerste plaats bij de University Ranking by Academic Performance (URAP) Field Based Ranking 2019-2020 en de zesde plaats bij het onderwerp 'Architecture'.

15 Het SEP 2021-2027 geeft tevens aan: *"The research unit should take into account that the use of the Journal Impact Factor is not allowed. The use of individual bibliometric indicators such as the h-index is strongly discouraged."* Concreet: naast de bestaande criteria wetenschappelijke kwaliteit, maatschappelijke relevantie en levensvatbaarheid gaat de aandacht tevens uit naar aspecten als open science, PhD policy & training, academic culture (inclusivity, research integrity) and human resouces policy (Diversity, talentmanagement). [https://vsnu.nl/files/documenten/Domeinen/Onderzoek/SEP_2021-2027.pdf]

16 Hier ontstaat naast, of zelfs in plaats van, de meer traditionele vormen als publicaties en H-index, steeds meer erkenning voor het opleiden van mensen, voor methoden, het ontwikkelen van nieuwe netwerken, teamprestaties en kennisdisseminatie. [https://www.vsnu.nl/Erkennen-en-waarderen-van-wetenschappers.html]

17 Nederland volgt de Verenigde Staten (178) en Groot-Brittannië (164) op, met achter zich latend China (86) op vier en Denemarken (69) op vijf. Als je naar de universitaire ranking kijkt, dan bestaat de top 5 uit TU Delft (91), Cambridge (34), Denmark Technical University (32), Technische Universiteit Eindhoven (29), en Aalto (22).

In the QS World University Rankings by Subject 2020 is TU Delft van de Nederlandse universiteiten de derde universiteit voor Arts & Humanities dankzij de performance op het gebied van architecture/built environment. Tevens is TU Delft in 2021 voor het eerst opgenomen in de QS Rankings for Art and Design en komt binnen op de 11de plaats.[18] Voor 'ontwerp van de gebouwde omgeving' bekleedt de TU Delft wereldwijd de derde plaats in de QS Rankings by Subject 2021 bij het onderwerp Architecture/Built Environment. Ten slotte bezet Wageningen University de eerste plaats op de QS-ranking binnen het domein van Agriculture & Forestry.[19] Voor Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde is de QS World University Ranking met onderwerp Statistics & Operational Research een goede maat om te gebruiken voor de erkenning die onderzoekers werkzaam binnen dit gebied krijgen. De TU Eindhoven bekleedt daarin plaats 29, de TU Delft plaats 38 en de RUG staat op plaats 51-100.[20]

— Zowel de kwaliteit als relevantie van OIW onderzoek wordt hoog beoordeeld. Industrial Design Engineering aan de Universiteit Twente heeft bij de laatste accreditatie (2020) (i.c.m. Mechanical Engineering) (naast een 'erg goed' voor wetenschappelijke kwaliteit) een 'excellent' gekregen voor maatschappelijke relevantie.[21] De onderzoeksgroep CHOIR van Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente is wereldwijd gerenommeerd en een in Nederland unieke onderzoeksgroep op gebied van de zorglogistiek/operations management in de zorg.

— De onderzoeksgroepen gerelateerd aan Technische Bestuurs- en bedrijfskunde vanuit de vijf betrokken universiteiten werken samen op het gebied van onderzoek en graduate onderwijs. Veel projecten worden in een samenwerking tussen 2 of meerdere onderzoeksgroepen binnen topsectoren als HTSM, logistiek en energie en voor zorg binnen ZonMW. De captain of science van de topsector HTSM en twee van de drie thematrekkers van de topsector logistiek komen uit verschillende TBB onderzoeksgroepen.

— Onderwijs: De Technische Bedrijfskunde BSc- en MSc-opleidingen van de Universiteit Twente ontvangen al jaren het kwaliteitszegel 'Topopleiding' binnen de Keuzegids. De Keuzegids 2021 heeft Universiteit Twente benoemd tot de 'Beste Technische Universiteit' van Nederland.

— Ten slotte, de OIW kennen een sterke samenwerking met hogescholen (bijv. Hoge School van Amsterdam, Haagse Hogeschool, Windesheim, Saxion), wat de vertaling van ontwikkelde kennis en methoden naar de ontwerppraktijk sterk bevorderd. Promotieonderzoeken door docenten is hier een belangrijk voorbeeld van. In vele gevallen vormt de ontwerppraktijk ook een directe partner in deze samenwerkingen.

---

18 QS World University Rankings for Art and Design 2021. [https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/art-design]

19 QS World University Rankings for Agriculture & Forestry 2021. [https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/agriculture-forestry]

20 De focusgebieden die zijn gekozen voor TBB overlappen zeer sterk met Operations Research. De TU Eindhoven staat van de Nederlandse universiteiten het hoogste bij het onderwerp Statistics & Operational Research, gevolgd door EUR (31), TU Delft (38), Tilburg University (51-100), RUG (51-100), VU (51-100). [https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/statistics-operational-research]

21 De leerstoel Product-Markt-Relaties aan de Universiteit Twente is herhaald erkend als "Highly Cited Researcher" volgens Clarivate/Web of Science (2017, 2018, 2019).

Maatschappelijke impact en erkenning

De ontwerpende ingenieurswetenschappen zijn sterk in directe valorisatie van hun (onderzoeks)resultaten door de nauwe samenwerking binnen de quadruple helix. De private partners waarmee wordt samengewerkt omvatten naast grote bedrijven, ook expliciet MKBs en belangenorganisaties wat de directe toepassing van resultaten bevordert.

Zo is de Faculteit Bouwkunde van de TU Delft *founding partner* van de BauHow5 alliantie, samen met UCL Bartlett, Chalmers, TU München, ETH Zürich, die zich bezighoudt met onderwerpen als circulariteit, Inclusion-Diversity-Equality (IDE), en onderwijs voor promovendi. Dezelfde faculteit is gelieerd aan zeer vooraanstaande internationale architectenbureaus met oprichters uit eigen kweek zoals Mecanoo, Kaan Architecten en MVRDV.

Tevens wordt frequent samengewerkt met maatschappelijke partners in diverse projecten binnen alle subdisciplines.[22]

Ten slotte treden ontwerpers ook ten tonele op tv. Voorbeelden hier zijn het programma 'We gaan het maken' (BNNVARA) waarin Designlab Research Fellows van de Universiteit Twente producten ontwierpen voor mensen met een beperking. Maar ook de bijdrage van ontwerpers in de serie 'Abstract, The Art Of Design', een 14-delige Netflix serie over belangwekkende ontwerpers en hun impact op de maatschappij.[23] En de Nederlandse serie 'Voor de Vorm', waarin ontwerpers de vorm van alledaagse gebruiksvoorwerpen onderzoeken.[24] Ook komt de waarde van goed ontwerpen terug in competities als 'Het beste idee van Nederland' of het recente tv-programma 'Briljant!' waarin men op zoek gaat naar ideeën die Nederland beter, schoner en socialer maken.

Tenslotte worden ontwerpers vaak gevraagd om binnen nieuwsitems de problematiek rondom diverse thema's te duiden en te verduidelijken.

22 Dit blijkt uit het veelvuldig uitnodigen van medewerkers als referent en adviseur; het beëdigen van buitengewoon hoogleraren en onderzoekers die door maatschappelijke partners gefinancierd worden evenals co-financiering van projecten door maatschappelijke partners, en tenslotte het implementeren van ontwerpideeën en -richtlijnen in *real-world* projecten.

23 NETFLIX, serie 1: 2019, serie 2: 2020.

24 https://www.npostart.nl/

Studenten, arbeidsmarkt en alumni

Op jaarbasis studeren landelijk ruim 4000 studenten af met een MSc-graad in ontwerpen, of sterk daaraan gerelateerde vakgebieden. De studentenaantallen stijgen, ondanks het feit dat TU Delft en TU Eindhoven een numerus fixus hebben op instroom in de Bacheloropleiding. Afgestudeerden in Techniek en ICT hebben zeer goede arbeidsmarktperspectieven.[25] De statistieken geven aan dat er ongeveer 18.000 posities meer vacant zijn dan er nieuwe ontwerpende ingenieurs op de arbeidsmarkt instromen. De Nationale Alumni Enquête 2019 van de VSNU geeft aan dat afgestudeerden breed op de arbeidsmarkt emplooi vinden met een lichte voorkeur voor industrie, handel en transport. Dit brede arbeidsmarktperspectief ligt in lijn met het brede toepassingskader van het fenomeen ontwerpen. In Bijlage 4 zijn gegevens opgenomen over arbeidsmarktperspectieven.

Wetenschapsbeleid versterkt zowel de maatschappelijke als de academische fundamenten

25 https://arbeidsmarktinzicht.nl/ & Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA) / Arbeidsmarkt Informatie Systeem (AIS).

Whiteboard Room [Foto: Pixabay]

3

Wetenschappelijke vragen en toepassings-gebieden

De drie disciplines waaruit het domein van de ontwerpende ingenieurs-wetenschappen bestaat zijn te zien als drie dimensies waarlangs verschillende ontwerpuitdagingen aangepakt worden. De discipline Industrieel Ontwerpen heeft haar accent gericht op de wetenschappelijk methodische kennisbasis. De andere twee disciplines hebben vanuit hun focus reeds een werkveld gedefinieerd, te weten Ontwerp van de Gebouwde Omgeving, en Technische Bestuurskunde en Bedrijfskundige.

3.1

Industrieel Ontwerpen

Dit is de wetenschappelijke discipline die design – zowel het product (artefact) als de activiteit – in al zijn verschijningsvormen bestudeert om de kennisbasis te versterken en de ontwerppraktijk te verbeteren. Het veld is van nature multidisciplinair: het integreert kennis over de mens, technologie en ontwerp- en innovatieprocessen.

De kerndisciplines van Industrieel Ontwerpen zijn:

- **Mensgericht ontwerpen –** Perspectieven uit de ergonomie, psychologie, informatica, geesteswetenschappen, technologieacceptatie, ethiek van vorm en interactie, esthetiek, sociologie en user experience, inclusief nieuwe en innovatieve research-through-design processen;

- **Technologie-geïnspireerd ontwerpen –** Denk aan productietechnologie, informatica, artificiële intelligentie, data science, elektronica, mechatronica en nieuwe materialen;

- **Ontwerp- en innovatiestrategie –** Denk aan *design thinking*, toekomstscenario's, strategisch design van ontwerp- organisatie-, en innovatieprocessen en validatie van denkrichtingen en oplossingen.

IO = Kennis over de mens, technologie en ontwerpen

Kerndisciplines en onderzoeksgebieden

De wetenschap van het Industrieel ontwerpen kent vijf kennisgebieden en gerelateerde typen van onderzoek:

- **Design als activiteit –** Onderzoek naar hoe ontwerpers handelen, en het analyseren en (technologisch) ondersteunen van hun proces. Onderzoeksvragen bestrijken onderwerpen als hoe teams samenwerken; hoe ontwerp(-ers) strategische impact kunnen hebben op een organisatie; hoe *stakeholders* en eindgebruikers worden betrokken; en de manier van conceptualiseren en integreren van disciplinaire perspectieven bij het creëren van oplossingen.

- **Mens-ontwerp interactie –** Onderzoek naar hoe mensen omgaan met resultaten van design. Belangrijkste focus is op de menselijke perceptie van het gebruik van producten. Hoe ervaren mensen alledaagse objecten? Wanneer en hoe accepteren en gebruiken mensen innovaties? Hoe kunnen design-resultaten welzijn bevorderen? Welke ontwerpmechanismen helpen om mensen te motiveren meer te bewegen? Het ontwerpen van complexe hybride mens-technologiesystemen (autonome intelligentie); het ontwerpen van de interface tussen mensen en kunstmatige actoren.

- **Creëren om te realiseren –** Hoe kunnen we nieuwe ontwerpen realiseren (materialen, technologie-integratie en nieuwe productieprocessen)? Toekomstige onderzoeksrichtingen bevatten onder andere het ontwerpen van complexe hybride mens-technologiesystemen; het ontwerpen met nieuwe materialen (slimme materialen, biomaterialen); het ontwerpen van en met slimme, flexibele productieprocessen (prototypingtechnieken) en het ontwerpen met data.

- **Toekomstige werelden –** Onderzoek naar de vormgeving van de toekomst. Het verkennen en onderzoeken van alternatieve speculatieve ontwerpen van de toekomst: Hoe kunnen we interactieve technologie en concepten tastbaarder maken? Welke rol gaan bio gebaseerde materialen spelen binnen ontwerpen? Hoe kan verantwoorde Artificiële Intelligentie (AI) eruitzien? Hoe kunnen ontwerpen inclusie en connectiviteit versterken? Hoe kunnen we ontwerpen voor een circulaire economie?

- **Design, cultuur en samenleving –** Onderzoek naar de rol van ontwerpresultaten in onze cultuur en samenleving. Wat is de sociale impact geweest van historische designbewegingen? Hoe heeft een uitvinding als de magnetron onze gezinsroutines veranderd? Welke waarden staan op het spel als we ‘ontwerpen voor veiligheid’? Hoe stellen we ons een duurzame samenleving voor?

- **Het systeemniveau –** Onderzoek naar ontwerpresultaten binnen een socio-technisch systeem. Hoe kunnen we de dynamiek van een systeem met meerdere actoren en elementen begrijpen? Hoe kunnen we systems thinking vertalen naar socio-technische vraagstukken? Hoe kunnen we aan de hand van onderzoeksuitkomsten gedrag voorspellen? Waar kunnen we het best ingrijpen om het systeem te veranderen en onbedoelde gevolgen te vermijden? Kunnen we verschillende transitiepaden onderscheiden?

Resultaten

- Genereren van kennis en inzichten op het gebied van ontwerpen van interventies en kennis opdoen op basis van interventies;
- Het realiseren van modellen/prototypen, interventies en kaders;
- Het opstellen, toepassen en evalueren van specifieke en generieke ontwerpmethoden;
- Het ontwikkelen van nieuwe realisatie technieken op basis van nieuwe materialen (smart manufacturing, biomaterialen), artificiële intelligentie en data;
- Het opstellen en expliciet maken van (ethische) principes, classificaties, strategieën, instrumenten (bijvoorbeeld door middel van kaartensets, canvassen, technologisch gereedschap).

Thematische toepassingsgebieden

Industrieel ontwerpers pakken maatschappelijke uitdagingen aan door ontwerp-competenties, -methodes en -kennis steeds in te zetten richting een combinatie van technische haalbaarheid, economische levensvatbaarheid en menselijke wensen. Dit gericht op de wereld een betere en efficiëntere plaats om te leven te maken. Zij richten zich daarbij op volgende thema's:

FIG. 3.1

FIG. 3.2

FIG. 3.1
Handscanner
Afstudeeropdracht van Pieter Smakman in 2014. Inmiddels een bedrijf dat ortheses maakt voor de Hand Poli van het Reinier de Graaf ziekenhuis. www.manometric.nl
[Foto: Pieter Smakman]

FIG. 3.2
Helft van het Green Team Industrieel Ontwerpen
Studenten geven advies hoe we zelf 'groener' kunnen worden.
[Foto: Nathan Douenburg, Green Team]

Ontwerp voor gezondheid en welzijn

Om een samenleving optimaal te laten functioneren zijn vitale en veerkrachtige bewoners cruciaal. Leefstijl, gezond voedsel, mentaal welzijn, kwaliteit van zorg en optimale behandelingen zijn enkele cruciale elementen voor een gezonde samenleving. Nieuwe technologieën kunnen ervoor zorgen dat mensen langer gezond zijn en blijven. Design kan met een unieke benadering de kern van de uitdagingen in het gezondheids-ecosysteem begrijpen en maakt gebruik van een mensgericht en dynamisch proces om te komen tot de gewenste transformaties zoals bijvoorbeeld aanpakken van uitdagingen als de vergrijzende samenleving en de druk op de zorg. Inzichten en kennis opgedaan via de design methodologie leiden vervolgens tot zinvolle impact op onze maatschappij.

Duurzaam ontwerp & circulaire economie

De alomtegenwoordige lineaire economie van 'take-make-waste' is niet duurzaam en dringend aan vernieuwing toe. Dat is een grote opgave, want het realiseren van een circulaire economie vraagt om een fundamentele systeemverandering. Het betekent dat we circulariteit moeten meenemen in alle aspecten van het ontwerp, waarbij waarde behoud en hergebruik van producten, componenten en materialen voorop staan. Maar ook het businessmodel waarbinnen dit alles gebeurt moet kloppen. Hiervoor zijn innovatieve modellen nodig. Tot slot zijn maatschappelijke inbedding en acceptatie belangrijke thema's: hoe zorgen we voor een transitie die inclusief is?

FIG. 3.3

FIG. 3.4

FIG. 3.5

FIG. 3.3
Designscapes:
Training on Participatory Evaluation
Onderdeel van H2020 project
CO-CREATION-02-2016
User-driven innovation: value creation through design enabled innovation.
[Bron: https://designscapes.eu/]

FIG. 3.4
Wearable Technology
Vest dat kinderen met ademhalingsmoeilijkheden helpt. Door Hellen van Rees.
[Bron: https://www.hellenvanrees.com, Foto: Annabel Jeuring]

FIG. 3.5
ParadizeD
Creëren van bewustzijn over de mogelijkheden met digitale toezicht technologie.
Door Simone Ooms.
[Bron: https://2020.design-united.nl/day-4-silent-power/paradized/]

Design & social transformation (systemic design & participatie)

Maatschappelijke opgaven of transities op het gebied van energie, voedsel en gezondheid vragen om een systeemperspectief waarin niet alleen naar de eindgebruiker wordt gekeken, maar ook naar hoe die opereert in een complex van actoren en instituties. Alleen door het systeem als geheel te bezien is het mogelijk te bepalen waar het best kan worden ingegrepen om het systeem in de gewenste beweging te krijgen. Zo'n interventie is meer en meer genetwerkt (Internet of Things) en dient, door de onvoorspelbaarheid van het systeem, adaptief te zijn en mee te bewegen. Voorts spelen in zo'n systeem vaak conflicterende belangen van diverse stakeholders. Dit alles vraagt om het ontwerp van slimme interventies die individuele en collectieve waarden betrekken en verbinden.

Ontwerpen voor gedragsverandering

Ontwerpen voor gedragsverandering is een groeiend thema voor de ontwerpende wetenschappen. Dit vindt onder andere toepassing in de domeinen gezondheid, veiligheid en duurzaamheid. Binnen dit thema verkennen onderzoekers op allerlei manieren de invloed van ontwerp op ons gedrag. Het kan hierbij gaan om ontwerpen op verschillende niveaus: van de producten en diensten die we gebruiken, tot onze omgeving. Binnen het thema worden ontwerpmethodologieën en gereedschappen ontwikkeld die zijn gestoeld op modellen en theorieën uit verschillende disciplines, zoals de sociale-, cognitieve- en omgevingspsychologie, organisatiepsychologie, communicatiewetenschappen en sociologie. Wat nog ontbreekt is kennis over wanneer welke methode/welke interventie het beste werkt en waarom. Ook is er nog relatief weinig kennis over hoe de ontwerpende wetenschappen kunnen bijdragen aan duurzame gedragsverandering.

Mensgerichte Artificiële Intelligentie (AI)

Ontwerp en ontwerponderzoek spelen een vitale rol bij de ontwikkeling van een "mensgerichte" benadering van Artificiële Intelligentie, waarbij: 1) kunstmatige intelligentie de menselijke intelligentie aanvult en versterkt (in plaats van vervangt); 2) het ontwerp en de ontwikkeling van AI-systemen gebaseerd zijn op een diepgaand begrip van en waardering voor menselijke kenmerken, waarden, bedoelingen en gedragingen; en 3) het succes van AI-systemen wordt afgemeten aan het effect dat zij hebben op de samenleving.

Fundamenteel ontwerpend onderzoek naar mensgerichte AI-systemen levert de kennisbasis die nodig is voor het succesvol inbedden van Artificiële Intelligentie in organisatie en samenleving. Het ontwikkelen en toepassen van mens- en maatschappijgerichte KEM's op het gebied van de Artificiële Intelligentie, is nodig om uiteindelijk te komen tot betere uitkomsten voor mensen en organisaties, die overeenstemmen met fundamentele waarden van de Nederlandse samenleving.

3.2

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving

Het domein van de architectuur en de gebouwde omgeving omvat het volledige spectrum van analyse, ontwerp, engineering, planning en beheer van onze dagelijkse leefomgeving. Het onderzoek en onderwijs binnen dit domein is specifiek gericht op het verbeteren van het ontwerp en de prestaties van gebouwen, wijken, steden en regio's om beter te voldoen aan de eisen en verwachtingen van hun gebruikers en gemeenschappen. Vanuit dat perspectief kan veel worden opgevat als toegepaste wetenschap, die een beroep doet op de nieuwsgierigheid en de behoeften van andere onderzoekers, studenten, praktijkmensen en het bredere publiek. Het veld omvat een mix van geesteswetenschappen, sociale- en ingenieurswetenschappen. De geesteswetenschappen zijn het sterkst vertegenwoordigd in de architectuur; de sociale wetenschappen in het beheer en de stedenbouw, terwijl de ingenieurswetenschappen het sterkst vertegenwoordigd zijn in de bouwkunde en de bouwtechniek.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving richt zich op aanpassing van de ruimtelijke inrichting en organisatie van Nederland aan maatschappelijke wensen en behoeften op *verschillende niveaus*: van het uiterlijk, interieur en de constructie van een woonhuis of winkel tot gehele kantoortorens of stations als onderdeel van stadskernen, winkelgebieden en woonwijken, die vervolgens weer verbonden zijn aan transport-, water en energie-infrastructuur, natuur- en recreatiegebieden en rurale gebieden. Het bouwkundige ontwerp bepaalt de fysieke voorwaarden voor iedere activiteit in de directe leefomgeving en het klimaat waarin die activiteiten plaatsvinden. Daarnaast waarborgt het ontwerp de veiligheid en functionaliteit van de constructies om deze activiteiten te faciliteren. Voor de meer klassieke ontwerpberoepen in de gebouwde omgeving wordt de professionaliteit gegarandeerd door de Wet op de Architectentitel (WAT), dankzij een systeem van titelbescherming middels een architectenregister; alleen degene die als architect, stedenbouwkundige, tuin- en landschapsarchitect of interieurarchitect staat ingeschreven mag de betreffende titel mag voeren.

OGO = Ontwerpen, plannen, maken en beheren van onze leefomgeving

Kerndisciplines en onderzoeksgebieden

Gerelateerd aan de Wet op de Architectentitel worden de volgende kerndisciplines en onderzoeksgebieden onderscheiden:

- **Interieurarchitectuur –** Interieurarchitectuur is het onderzoeksgebied dat het ontwerp bestudeert van ruimtes die afgebakend zijn door structurele elementen, en dat de menselijke interactie binnen die grenzen bestudeert. Dit omvat de studie van het oorspronkelijke ontwerp, de gebruiksfase, maar ook het herontwerp om tegemoet te komen aan een nieuwe invulling van een object of ruimte.

- **Architectuur –** Architectuur (waaronder architectuurtheorie, architectuur- en stedenbouwgeschiedenis, onroerend erfgoed en bouwtechnologie) is de discipline die zich bezighoudt met het ontwerp, de transformatie en interpretatie van de gebouwde omgeving, en articuleert ruimte op verschillende schaalniveaus. Zij omvat de wetenschap, de geschiedenis, het erfgoed, de planning, de realisatie, het beheer en de praktijk van de architectuur, en adresseert vraagstukken op het gebied van ethiek, esthetiek, cultuur en samenleving.

- **Stedenbouw –** Stedenbouw (waaronder stadsontwerp, stadsvernieuwing, ruimtelijke planning, ruimtelijke ordening, gebiedsontwikkeling) richt haar focus op de configuratie van de stad, de ensembles van gebouwen in samenhang met openbare ruimte, infrastructuur, het stedelijke programma en de bijbehorende governance (institutioneel en organisatorisch ontwerp). Naast de fysieke component – de infrastructuur, de inrichting van de openbare ruimte – gaat de aandacht vooral uit naar de manier waarop stedenbouw ruimtelijke patronen organiseert: alledaagse leefpatronen, leefstijlen, het vervoer van mensen en goederen, die op hun beurt van invloed zijn op factoren als volksgezondheid, economische efficiency, duurzaamheid et cetera.

- **Landschapsarchitectuur –** Landschapsarchitectuur richt zich op het ontwerp van buitenruimten, in steden en rurale contexten en op verschillende schaalniveaus van tuin of plantsoen tot regionaal ontwerp. Het omvat het systematisch onderzoek van bestaande sociale, ecologische en bodemomstandigheden en -processen in het landschap, en het ontwerp van ingrepen die gebaseerd op deze omstandigheden oplossingen bieden die zowel functioneel, esthetisch als ethisch gewogen zijn.

Binnen elk van deze kerndisciplines is zorgvuldige aandacht voor de governance en institutionele context – het plan en besluitvormingsproces waarin het ontwerp tot stand komt – en de inbedding van het ontwerp in de bestaande situatie, zowel fysiek als institutioneel en organisatorisch op verschillende niveaus. Ruimtelijk ontwerp en institutioneel ontwerp zijn nauw verweven. De interactie tussen deze twee wordt steeds meer erkend, zowel in de praktijk als in de wetenschappelijke wereld.

Resultaten

- Aanpassing van de kwaliteit van de leefomgeving aan het gebruik van de toekomst door middel van creatief (her-)ontwerp;
- Prioritering van ingrepen vanuit beperkte (publieke) financiële middelen die in de komende jaren beschikbaar zijn voor de gebouwde omgeving door evaluatie van gebruik met behulp van ontwerpmethodieken;
- Voldoen aan de huidige circulaire bouwopgave met de beperkte voorraad aan bouwmaterialen door slimme ontwerpen;
- Ontwerpverkenningen van woningtypologieën en verduurzamingsopties in de bestaande woningvoorraad;
- Ruimtelijke scenario's voor verstedelijking, multifunctioneel ruimtegebruik en de integratie van infrastructuursystemen;
- Serious gaming voor bewonersparticipatie in het kader van de energietransitie en klimaatadaptatie.

Thematische toepassingsgebieden

Naast de wereldwijde Sustainable Development Goals spelen uitdagingen die verwoord zijn in nationaal beleid zoals bijvoorbeeld de Nationale Omgevingsvisie[26], waarmee het kabinet richting geeft aan grote opgaven voor de komende 30 jaar. Tevens zijn beleidskaders als het Deltaprogramma, het Panorama Nederland van het College van Rijksadviseurs, het woningmarktbeleid van BZK, de Actieagenda Ruimtelijk Ontwerp van de Ministers BZK en OCW, of de oproep in de Verklaring van Davos voor een kwalitatief hoogstaande Baukultur richtinggevend. Samengevat leidt dit tot zeven belangrijke thema's voor Ontwerp van de Gebouwde Omgeving:

26 De Nationale Omgevingsvisie (NOVI) beschrijft de grote opgaven waar Nederland voor staat: de bouw van 1 miljoen nieuwe woningen, duurzaam energie opwekken, klimaatverandering en de overgang naar een circulaire economie. Dit vraagt meer ruimte dan beschikbaar is in Nederland. [https://www.denationaleomgevingsvisie.nl/default.aspx]

FIG. 3.6

FIG. 3.6
Passief Renoveren
Renovatie van Nederlands rijtjeshuis tot woning die nagenoeg geen energie nodig heeft voor ruimte-verwarming. De Kroeven in Roosendaal. [Bron: DAT, De Architectenwerkgroep Tilburg]

Energietransitie en klimaatadaptatie

Klimaatverandering zal in toenemende mate leiden tot extremen voor wat betreft hitte, droogte, en wateroverlast, die elk vragen om ingrijpende oplossingen voor water- en energiegebruik. Dit vereist innovatie in fysiek- en institutioneel ontwerp ten aanzien van gebouwen, buitenruimte, infrastructuur en landschappen.

Zowel de energietransitie als klimaatadaptatie creëren grote ruimtevragen en vergen een ruimtelijke transitie. Nederland kent beperkte speelruimte bij het implementeren van de richtlijnen. Dit vertaalt zich in uitdagende doelstellingen ten aanzien van bestaande bouw, nieuwbouw, de sociale en particuliere huursector, en het totale gebouwgebonden energiegebruik. Ontwerp speelt hierin een centrale rol.

FIG. 3.7

FIG. 3.8

FIG. 3.7
Prêt-a-Loger
Studenten project als onderdeel van de 2014 Solar Decathlon Europe Challenge. [Foto: TUD]

FIG. 3.8
Masterplan Rijnhaven, Rotterdam
Een brede esplanade met stedelijke functies en bijzondere hoogbouw-projecten grenst straks aan een grootschalig stadspark, een aantrekkelijk openbaar gebied met een permanent stadsstrand en een educatief 'getijdenpark'. [Foto: Barcode Architects]

Circulariteit en duurzaamheid van de bestaande woningvoorraad en infrastructuur

Het Nederlandse regeringsbeleid is erop gericht om in 2050 een circulaire economie te hebben. Dit veronderstelt dat er geen afval meer is en dat alle materialen hergebruikt kunnen worden. Een groot deel van de infrastructuur (wegen, spoorwegen, kanalen, dijken, kunstwerken) is geruime tijd geleden aangelegd en nadert het einde van zijn levensduur. Zowel de omgeving van deze infrastructuur als de eisen van gebruik(-ers) zijn veranderd. Klimaatverandering, energietransitie en duurzaamheid maken de vervanging van verouderde infrastructuur tot een grote, uitdagende ontwerp- en planningsopgave voor de komende decennia.

Duurzame en slimme verstedelijking

Verreweg het grootste deel van de Nederlandse bevolking woont in een stedelijke omgeving. De ruimtelijke en ecologische voetafdruk van onze steden is in de afgelopen eeuw enorm toegenomen. Elke hectare in Nederland is functioneel belegd en heeft effect op zijn directe omgeving. Er is een cultuuromslag nodig om onze steden op zodanige wijze in te richten dat deze geen verdere belasting veroorzaken voor mens en leefomgeving en tegelijkertijd voldoende ruimte en functionaliteiten blijven bieden voor iedereen. Bijzondere inspanning is nodig om het veelal analoge ontwerpproces te digitaliseren over het gehele traject van concept tot productie, zodat bouwprocessen duurzamer, efficiënter en effectiever worden. Hier bovenop komt een geheel nieuw domein van kunstmatige intelligentie dat het gebruik van de gebouwde omgeving kan optimaliseren.

FIG. 3.9

FIG. 3.10

FIG. 3.9
Digitale natuur
Hoe patiënten zich voelen heeft invloed op hun herstel. De fysieke omgeving speelt een belangrijke rol. [Bron: Kim et al. https://2020.design-united.nl/day-2-eco-logica/digital-nature-designing-a-healing-environment-to-prevent-icu-delirium]

FIG. 3.10
Atrium in het nieuwe Erasmus Medisch Centrum
Volop daglicht en groene planten maken de entree aangenaam en het interieur geeft het een menselijke maat. [Foto: Erasmus MC Rotterdam]

Gezonde leefomgeving

Binnen onze steden bestaan scherpe contrasten tussen de gezondheid en de levensverwachting van burgers. Die verschillen komen mede voort uit luchtkwaliteit, geluidsoverlast, woningkwaliteit en buitenruimte. Vanuit een oogpunt van sociale gerechtigheid ligt er een taak om deze ongelijkheid waar mogelijk te bestrijden. Belangrijker nog dan haar fysieke kwaliteit, is de manier waarop de woon- en werkomgeving gezonde leefstijlen bevordert dan wel frustreert: de mogelijkheden van actieve beweging (lopen, fietsen), toegang tot veilig en uitnodigend (geprogrammeerd) groen, social hubs en andere bestemmingen die mensen verlokken de woning te verlaten en het publieke domein te betreden. Deze en vele andere facetten worden tot op grote hoogte bepaald door de stedenbouwkundige inrichting van stad en land.

Gebouwen voor de gezondheid(szorg)

De corona-pandemie versterkt het besef dat ingrijpende vernieuwingen in de gebouwde infrastructuur van de gezondheidszorg – ziekenhuizen, psychiatrische klinieken, voorzieningen voor ouderen – onvermijdelijk zijn om de kwaliteit van de zorg op peil te houden. Naast reconstructie van grootschalige, verouderde voorzieningen vraagt dit om de ontwikkeling van nieuwe methoden en nieuwe technologieën die een fundamenteel andere, gepersonaliseerde relatie tussen zorgaanbieders en zorgvragers mogelijk maken.

FIG. 3.11

FIG. 3.12

FIG. 3.11
Renovatie Sanatorium Zonnestraal, Hilversum
World Monuments Fund/Knoll Modernism Prize 2010. [Foto: WDJArchitecten]

FIG. 3.12
Omgaan met natuurlijke systemen in het rivierengebied
In het rivierengebied moeten we waterveiligheid, waterkwaliteit, bevaarbaarheid, zoetwaterbeschikbaarheid, natuur en ruimtelijke en economische kwaliteit in samenhang aanpakken. [Foto: NOVI]

Toekomstbestendig erfgoed

Erfgoed in de gebouwde omgeving was lange tijd beperkt tot relatief compacte historische binnensteden. Inmiddels wordt ook de naoorlogse bouwproductie tot het erfgoed gerekend. De uitdaging is het vinden van een nieuwe benadering voor hergebruik en herbestemming van dit omvangrijke gebouwenbestand. Daarnaast hebben ook landschapselementen en deels gehele landschappen in toenemende mate een cultuurhistorische waarde.

Duurzaam ontworpen landelijk gebied

In het landelijk gebied ontstaat grote druk op de ruimte omdat er niet alleen duurzaam landbouw moet worden bedreven, maar ook het ruimtebeslag voor waterberging, hernieuwbare energie en recreatie toeneemt. Daarnaast moeten grote problemen zoals de stikstofcrisis, ziektes die overspringen tussen mens en dier en de teruglopende biodiversiteit het hoofd worden geboden. Nieuwe plannen zijn nodig die deze problemen en kansen integraal benaderen. Daarnaast speelt circulariteit in de landbouw een grote rol: hoe gaan we het agrarisch landschap inrichten met het oog op circulariteit van materialen, mest/reststoffen, energie- en waterstromen, gericht op een betere kwaliteit van bodem, lucht en water?

3.3

Technische Bestuurskunde en Bedrijfskunde

Kerndisciplines en onderzoeksgebieden

De kern van Technische Bestuurskunde en Bedrijfskunde bestaat uit de ontwerpbenadering en de kwantitatief analytische benadering van organisaties, processen, governance-structuren en systemen.

Deze discipline houdt zich bezig met ontwerpen, implementeren, evalueren en vervolgens het optimaliseren – door gericht interveniëren – van technologieontwikkeling, systemen en governance-structuren. Hierbij ligt de focus op maatschappelijke systemen waarbinnen (semi-)publieke overheid en bedrijven samenwerken en concurreren.

Technisch bestuurs- en bedrijfskundigen gebruiken wiskundige modellen en technische tools zoals data analytics en artificiële intelligentie methoden, gaming, visualisering, scenario-ontwikkeling en simulatie voor hun analyses en ontwerpen, die zij maken in samenwerking met bedrijven, overheden, maatschappelijke organisaties en publiek-private partnerschappen.

Het doel is te komen tot duurzame oplossingen voor de maatschappij door een zo goed mogelijke benutting van technologische mogelijkheden en inbedding daarvan in complexe sociale systemen.

TBB = Ontwerpen en analyseren van organisaties, processen, structuren en systemen

Resultaten

- Doorrekening van circulaire economieconcepten en het ontwerpen van verdienmodellen voor deze concepten;
- Ontwerp van data-driven tools voor het monitoren van prestaties in zorgnetwerken;
- Ontwerp van decision support tools om te ondersteunen bij beslissingen en beleid rondom vitale infrastructuren;
- Serious games die kunnen worden gebruikt voor veiligheidstrainingen;
- Beleidsadvies met betrekking tot ethische implicaties in ontwerpvraagstukken, zoals bijvoorbeeld in geo-engineering;
- Ontwerp van instrumenten voor het inzichtelijk maken van de lange termijn impact van beslissingen en beleidsscenario's;
- Ontwerp van nieuwe data-driven coördinatiemechanismen, die leiden tot een hogere capaciteit van supply chains;
- Kwantitatieve analyses van de interactie tussen beleid en het handelen van bedrijven met betrekking tot CO2-uitstootregels;
- Ontwerp van op artificiële intelligentie gebaseerde plannings- en besturingsmodellen in dienstverlening en productie;
- Ontwerp van instrumenten voor het monitoren en analyseren van grote beleidsrelevante datasets;

Thematische toepassingsgebieden

Technische Bedrijfs- en Bestuurskunde ontwerpt duurzame oplossingen waarin Key Enabling Technologies (KET's) zo goed mogelijk worden benut en ingebed in complexe sociale systemen. Zodoende worden inzichten en methoden – KEM's – geleverd, die onmisbaar zijn om technologie voor en in de samenleving te laten werken. Dit komt ook terug in moderne vormen van onderwijs. De focus ligt met name op vier domeinen waarbij competenties op het terrein van probleemdiagnose, -analyse, en creatie nodig zijn:

FIG. 3.13

FIG. 3.13
Koppeling met fysiek internet
Een nieuw logistiek paradigma.
[Foto: Reyer Boxem]

Global supply chain and logistics

De ambitie is om vanuit een holistische systeembenadering oplossingen te ontwerpen voor de verduurzaming van wereldwijde toeleveringsketens (global supply chains) en hun logistieke operaties. Digitalisering en hypertransparantie spelen hierin een belangrijke rol, net zoals het inzetten van sleuteltechnologieën rondom het verkrijgen van veilige, transparante en veerkrachtige ketens. Nieuwe maatschappelijke trends zoals deeleconomie en circulariteit vragen zowel om radicaal nieuwe concepten voor ketenregie als voor de governance daarvan. Daarnaast gaat het om het ontwerpen van logistieke systemen die andere sectoren in hun duurzame transities faciliteren, zoals de sector energie of landbouw.

FIG. 3.14

FIG. 3.15

FIG. 3.14
BlueCity
In voormalig Tropicana verzamelen zich pioniers van de circulaire economie. Er bloeit een dynamische community van like minded entrepreneurs. www.bluecity.nl [Foto: Maarten Scheer, Unsplash]

FIG. 3.15
3D printen als basis
Onderzoek naar het gebruik van Robotics en additive manufacturing. [Bron: TUD]

Smart industry and sustainability

Om te veranderen in een klimaatneutrale samenleving is het essentieel dat de industrie omgevormd wordt tot een local-for-local industrie en dat grondstoffen en producten maximaal hergebruikt worden. Nieuwe technieken zoals robotica, 3D-printing, Internet of Things, en kunstmatige intelligentie maken het mogelijk om flexibelere en efficiëntere fabrieken te vormen en om slimme, remote onderhoudsprocessen in te richten. Nieuwe bedrijfsmodellen voor zowel de gefabriceerde producten als de kapitaalgoederen zijn nodig om hergebruik te maximaliseren.

Healthcare operations management

De enorme druk op de zorguitgaven en zorgcapaciteit, de vele technologische en medische innovaties, en ontwikkelingen zoals concentratie van zorg en verschuivingen naar eerstelijnszorg geven noodzaak tot een transformatie van het zorglandschap. Er is behoefte aan managementoplossingen die de transformatie faciliteren naar een integraal systeem waarbij zorgeenheden beter samenwerken, innovaties kosten-effectief worden geïmplementeerd en de gewenste kwaliteit voor patiënten wordt geleverd. De specifieke kenmerken van de zorg noodzaken een andere aanpak van de operationele optimalisatie, die recht doet aan de inherent complexe zorgprocessen, de stakeholdersbelangen, en de gevraagde autonomie van zorgprofessionals.

FIG. 3.16

FIG. 3.16
Metrostation Den Haag Centraal
Blikvanger van het station is de overkapping van de perrons, die bestaat uit gebogen glas en staal. Het station is slank vormgegeven om de impact op de omgeving zo klein mogelijk te houden. [Foto: Frank van der Hoeven]

Vitale infrastructuren

Veerkrachtige en robuuste vitale infrastructuren zijn belangrijk voor de veiligheid van de samenleving en zullen in de komende jaren een belangrijk aandachtsgebied vormen. Daarnaast, als gevolg van de energietransitie, spelen er structurele veranderingen bij de verschillende energienetwerken, zoals de (gedeeltelijke) transitie van het aardgasnetwerk naar een waterstofnetwerk. De sterke onderlinge afhankelijkheid tussen de vitale infrastructuren, beheerd door uiteenlopende partijen, vereist een holistische benadering vanuit zowel een systeem- als een actorperspectief.

3.4

Maatschappelijke focus

Ontwerponderzoek vindt vaak plaats binnen de context van technologische (artificiële intelligentie, digitalisering, nieuwe materialen) en maatschappelijke opgaven. Dit komt ook duidelijk naar voren in de toepassingsthema's van de drie disciplines. Overkoepeld raken vrijwel alle genoemde thema's aan duurzaamheid, gezondheid en veiligheid. Deze overkoepelende thema's vormen de basis voor welvaart en welzijn. Daarmee sluiten ze nauw aan bij de doelstellingen van de Nederlandse missies en bij de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties.

FIG. 3.17

FIG. 3.17
UN Sustainable Development Goals
Dit overzicht van de 17 UN SDG's geeft de 7 (gekaderde) thema's aan waar de drie OIW gezamenlijk de focus op leggen.
[Bron: https://sdgs.un.org/goals]

Waterplein Benthemplein: Een innovatieve manier om stedelijke wateroverlast in Rotterdam te voorkomen. Ontwerp door de Urbanisten. [Foto: C40 Cities]

DesignLab [Foto: UT]

4

Het Nederlandse landschap

Ontwerpgericht onderwijs en onderzoek manifesteert zich divers. In Nederland zijn er vijf universitaire instellingen die binnen hun gelederen onderwijs geven en onderzoek doen op ontwerpgebied.

Technische Universiteit Delft (TU Delft)

De TU Delft missie 'Impact for a Better Society' is gebaseerd op een breed palet van technische disciplines langs de lijn *science, engineering, design*. De faculteiten Industrieel Ontwerpen, Bouwkunde, en Techniek, Bestuur en Management vallen onder de noemer 'ontwerpen'. De TU Delft bundelt haar onderzoekscapaciteit in een aantal universiteitsbrede instituten: de TU Delft Institutes.[27] Deze bundeling van hoogwaardige capaciteit stelt de TU Delft nog beter in staat aansluiting te vinden bij (inter-)nationale consortia en netwerken, en om aantrekkelijk te zijn voor wetenschappelijk talent. Daarnaast is de TU Delft partner binnen een aantal strategische allianties binnen Nederland, zoals de TU Delft/ErasmusMC/EUR Convergence[28], Medical Delta[29], en de samenwerking Leiden, Delft en Erasmus (LDE).[30] Binnen de EU zijn de IDEA League[31] en CESAER[32] de belangrijkste allianties.

Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)

De missie van de TU Eindhoven is het opleiden van studenten en het bevorderen van kennis in wetenschap en technologie ten behoeve van de mensheid. De universiteit bevindt zich in het centrum van een van de krachtigste technologiecentra ter wereld, Brainport Eindhoven, en onderscheidt zich wereldwijd als het gaat om de samenwerking met geavanceerde industrieën. Drie faculteiten zijn verbonden met de ontwerpende ingenieurswetenschappen: Industrieel Ontwerp, Architectuur (als onderdeel van Bouwkunde), en Industrial Engineering & Innovation Sciences (IE&IS). Laatstgenoemde heeft een programma op het gebied van technische bedrijfskunde en een programma over mens-techniek interactie, inclusief ethische verantwoord ontwerpen. TU/e Innovation Space is verantwoordelijk voor interdisciplinair hands-on challenge-based learning, engineering design en ondernemerschap, en is daarmee ook direct verbonden met de ontwerpende ingenieurswetenschappen. Binnen Nederland is de TU Eindhoven partner in de 4TU Alliantie en in de Utrecht-TU/e-Wageningen Alliantie. In de EU is ze één van de zes nauw samenwerkende partners van EuroTech University Alliance.

27 https://www.tudelft.nl/onderzoek/samenwerking/delft-institutes

28 Convergence: krachtenbundeling van de TU Delft, Erasmus Universiteit Rotterdam & ErasmusMC gericht op probleem gedreven samenwerking over de grenzen van disciplines en instellingen op gebied van gezondheidszorg. [https://convergence.healthandtechnology.nl/]

29 Medical Delta: drie gerenommeerde universiteiten, twee universitair medische centra, vier hogescholen, overheden, bedrijven, zorginstellingen en andere partijen in Zuid-Holland werken samen binnen wetenschappelijk programma's op gebied van de zorg. [https://www.medicaldelta.nl/]

30 LDE is een samenwerkingsverband tussen de TU Delft, Universiteit Leiden, en Erasmus Universiteit Rotterdam. [https://www.leiden-delft-erasmus.nl/en/home]

31 https://idealeague.org

32 https://www.cesaer.org/about/mission-and-aims/

Universiteit Twente (UT)

De missie van de Universiteit Twente – '(be) The ultimate people-first university of technology'. We empower society through sustainable solutions' is gebaseerd op de krachtige aanwezigheid van zowel technische als sociale wetenschappen. De unieke combinatie van fundamenteel technologisch én sociaalwetenschappelijk onderzoek binnen één universiteit versterkt het 'High Tech, Human Touch' profiel van de Universiteit Twente. De ontwerpende ingenieurswetenschappen zijn in Twente ondergebracht bij de faculteiten Engineering Technology (Industrieel Ontwerpen & Ontwerp voor de bebouwde omgeving) en Behavioural, Management & Social Sciences (Ontwerp van Bedrijfs- en Bestuurskundige processen), in nauwe verbondenheid met de faculteiten EEMCS en ITC (respectievelijk host van de opleidingen Creative Technology, Interaction Technology en Spatial Engineering).

De ontwerpende ingenieurswetenschappen zijn tevens nauw verbonden met DesignLab, het experimenteel ecosysteem dat met haar Responsible Futuring-aanpak de verbinding versterkt tussen maatschappij, wetenschap, technologie en design. Ook onderzoeksinstituten als het Digital Society Institute, MESA+ en het TechMed Centre waarborgen aansluiting bij zowel (internationale) academische netwerken als maatschappelijke vraagstukken.

Binnen Nederland is de Universiteit Twente partner in de 4TU Alliantie. En binnen Europa is de universiteit voorzitter van The European Consortium of Innovative Universities (ECIU).

Wageningen University & Research (WUR)

De missie van Wageningen Universiteit luidt: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Wageningen Universiteit benadert maatschappelijke vraagstukken multi-, inter- en transdisciplinair. Haar kracht is de bundeling van gespecialiseerde onderzoeksinstituten en de universiteit. Deze hechte samenwerking in verschillende natuur-, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines zorgt ervoor dat wetenschappelijke doorbraken snel naar de praktijk en het onderwijs worden vertaald.[33] In veel verschillende studies op BSc- en MSc-niveau worden vakken gegeven die draaien om het ontwerpen van nieuwe technologische en ruimtelijke oplossingen. Vooral de leerstoelgroepen op het gebied van voedseltechnologie en food design werken aan opgaven die typisch voor de ontwerpende ingenieurswetenschappen zijn, maar ook de ruimtelijk ontwerpende disciplines als landschapsarchitectuur en ruimtelijke planning, en internationaal land en waterbeheer vallen eronder.

33 De 'Wageningse Aanpak' richt zich op de bundeling van gespecialiseerde onderzoeksinstituten. Deze hechte samenwerking in verschillende natuur-, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines zorgt dat wetenschappelijke doorbraken snel naar de praktijk en het onderwijs worden vertaald door gedurende het hele ontwerpproces de triple helix te betrekken (onderzoek, bedrijven en publiek). [https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Stadslandbouw/Wageningse-aanpak.htm]

Rijksuniversiteit Groningen (RUG)

De speerpunten van de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) zijn: Energy, Healthy Ageing, Sustainable Society, en Digital Society. *Schools* gekoppeld aan de genoemde speerpunten bevorderen interdisciplinaire samenwerking tussen de aan de universiteit gevestigde alfa- bèta- en gammadisciplines. Binnen de Rijksuniversiteit Groningen biedt het Groningen Engineering Center (GEC) een uniek platform voor interdisciplinair ontwerpgericht onderzoek en onderwijs. Vier faculteiten zijn betrokken: de Faculteit Science and Engineering (FSE), de Faculteit Economie en Bedrijfskunde (FEB), de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen (FRW), en de faculteit Letteren. Onderzoekers uit deze faculteiten werken samen in onderzoeksprojecten en in onderwijs. De ambitie van de universiteit is om de landelijke samenwerking met 4TU verder uit te bouwen en de contacten met de 4 technische universiteiten te verstevigen. Op deze manier wil Rijksuniversiteit Groningen bijdragen aan het versterken en bundelen van technologische kennis, samen internationaal toonaangevend en maatschappelijk relevant onderzoek verrichten, en de samenwerking tussen onderzoeksinstellingen en bedrijven bevorderen.

De universiteit biedt onderdak aan het interfacultaire kenniscentrum Architectuur, Stedenbouw en Gezondheid, dat de invloed van het architectonisch en stedenbouwkundig ontwerp op de volksgezondheid onderzoekt en nauw samenwerkt met internationale experts op dit gebied. Zo werkt het aan een door ZonMw gefinancierd project dat de gezondheidseffecten van een typische naoorlogse woonwijk bestudeert, en heeft het een Hospital Design Manual uitgebracht.

Omvang studenten en wetenschappelijk personeel

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de aantallen studenten die worden opgeleid als design ingenieur (of die een stevige component aan design *denken* in de opleiding hebben meegekregen, uitgedrukt in behaalde studiepunten/ECTS), en het aantal stafleden binnen de betrokken instellingen. De achterliggende gegevens zijn te vinden in Bijlage 3.

TABEL 4.1

AANTALLEN STUDENTEN DIE WORDEN OPGELEID ALS DESIGN INGENIEUR

	Studenten	EC/std/jr	% Vrouwelijke studenten	Wetenschappelijke staf vast (FTE)	% vrouwen vast
TUD	6818	46	47%	316	37%
TU/e	3826	49	38%	143	36%
UT	2011	47	37%	89	26%
WUR	4685	34	58%	67	46%
RUG	1200	43	27%	28	36%

Vrouwelijke ingenieur. Zij vergroten het arbeidsmarktpotentieel [Foto: ThisisEngineering RAEng, Unsplash]

Versterking is nodig in onderzoek, onderwijscapaciteit en toegang tot nieuwe technologie

Meer zien met AR/VR [Foto: Uriel Soberanes, Unsplash]

5

Wat is nu nodig?

Dit tijdsgewricht is rijp voor reëel en haalbaar beleid voor inclusieve en duurzame groei, gekoppeld aan zorg voor het klimaat, op basis van innovatie.[34] De Key Enabling Technologies[35] zullen, gezien de verwachte grote impact op de samenleving, een cruciale rol spelen bij de aanpak van deze uitdagingen. Om deze belofte te realiseren, zijn echter weldoordachte *ontwerpprocessen* nodig die zorgen voor een naadloze aansluiting van in potentie innovatieve technieken op onze maatschappelijke leefwereld.

34 https://www.oecd.org/naec/NAEC_Mazzucato.pdf

35 Te weten: advanced manufacturing, advanced materials, life-science technologies, micro/nano-electronics and photonics, artificial intelligence & security and connectivity.

5.1

Versterken Ontwerpende Ingenieurswetenschappen

De ontwerpende ingenieurswetenschappen vormen de essentiële overbruggende schakel in de engineeringsketen. Om deze te versterken is het volgende nodig:

Investeren in wetenschappelijk personeel

- Om de huidige medewerkers in dit werkveld voldoende te equiperen, zowel financieel (funding) alsook in tijd (staf/studentratio), om de volle potentie van goed ontwerp te realiseren;
- Om de stijgende onderwijslast het hoofd te kunnen bieden, alsook de internationale onderzoeksaansluiting te kunnen realiseren. De staf-studentratio is te hoog. Dit is het gevolg van onderwijs-intensieve curricula en een toenemende aanloop van studenten. Voor diverse opleidingen is er al sprake van een numerus fixus, terwijl de maatschappij juist vraagt om meer ingenieurs met ontwerpende kwaliteiten;
- Om de onderzoeksbasis met betrekking tot ontwerpmethodologie te verstevigen voor een beter begrip hoe deze methodologieën werken in ontwerp- en onderzoeksprocessen en hoe en wanneer ze toe te passen;
- Om een groter en breder palet aan culturele en gender-achtergronden te realiseren. Een representatieve gender- en diversiteitsbalans in de ontwerpende opleidingen helpt de maatschappelijke impact te versterken;
- Om gericht te kunnen inschrijven op het sterk groeiend aantal onderzoekscalls die om een transdisciplinaire, ontwerpgerichte benadering vragen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld in het nieuwe EU Horizon Europe om de tweede pijler[36], maar ook om de op handen zijnde nieuwe KIC Culture and Creative Industries[37], de JPI Urban Europe initiatieven[38] én het New European Bauhaus initiatief[39] dat de Europese Green Deal met onze leefruimtes verbindt.

36 Horizon Europe is het nieuwe onderzoeks- en innovatieprogramma van de Europese Unie. Pijler 2 – Global Challenges and Industrial Competitiveness – ondersteunt rechtstreeks onderzoek in verband met maatschappelijke uitdagingen, versterkt de technologische en industriële capaciteiten en stelt EU-brede missies vast. Het omvat ook activiteiten van het Joint Research Centre dat EU- en nationale beleidsmakers ondersteunt. [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en]

37 De KIC (Knowledge and Innovation Community) culturele en creatieve industrieën (CCI's) vormen het hart en de ziel van Europa. Ze benadrukken zowel onze diversiteit als onze eenheid, en inspireren ons tot innovatie. De culturele en creatieve sectoren zijn belangrijke aanjagers van economische groei en werkgelegenheid in heel Europa, maar zijn hard getroffen door de COVID-19-pandemie en de daaropvolgende crisis. [https://eit.europa.eu/our-activities/call-for-eit-communities/2021]

38 Het JPI (Joint Programming Initiative) Urban Europe is een internationaal netwerk dat de krachten bundelt om onderzoek vanuit heel Europa naar de vitaliteit, leefbaarheid en bereikbaarheid van Europese steden te versterken. [https://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/jpi-urban-europe]

39 Het New European Bauhaus initiatief roept alle Europeanen op om samen een duurzame en inclusieve toekomst te bedenken en te bouwen, die aantrekkelijk is voor alle zintuigen. [https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en]

Erkennen van de ontwerpende ingenieurs-wetenschappen als eigenstandige discipline

- De ontwerpende wetenschappen zijn van huis uit ondergebracht bij andere disciplines of ontsprongen uit toegepaste professies. Dit Sectorbeeld Ontwerpende Ingenieurswetenschappen verwoordt de saamhorigheid en gezamenlijke organisatie van het wetenschapsgebied van de ontwerpende ingenieurswetenschappen en beoogt daarmee een erkenning als eigenstandige discipline;

- Erkenning van het interdisciplinaire en integrale karakter in financiering- en beleidsinstrumenten: ontwerpende ingenieurswetenschappen zijn in de kern interdisciplinair en integraal. Calls en criteria vanuit de NWO-regelingen zijn echter vaak nog disciplinair georiënteerd. Dit heeft een zwakke aansluiting tot gevolg van deze discipline bij de reguliere Nederlandse financiering- en beleidsinstrumenten zoals via TTW, SGW en de Vernieuwingsimpuls.[40] De ontwerpende wetenschappen zijn ook beperkt vertegenwoordigd in de discipline codes van NWO. Erkenning en onderkenning van de ontwerpende wetenschappen vraagt om een breder beoordelingskader en een passend beleidsinstrumentarium die recht doen aan de relevantie van de discipline;

- Het meten van de kwaliteit en impact van ontwerpende wetenschappen is bron van voortdurende discussie. Formele en informele systemen in de wetenschap zijn niet altijd ingericht op de erkenning van brugfuncties. Ook bij de KNAW en in mindere mate KIVI en andere institutionele netwerken heeft de ontwerpende ingenieur nog onvoldoende aanzien. Beredeneerd vanuit de maatschappelijke relevantie van de wetenschap zou een meer gedifferentieerde indeling van de wetenschappelijke disciplines binnen het wetenschappelijke systeem te rechtvaardigen zijn. Dit sluit aan bij het nieuwe beleid van de VSNU 'Erkennen en Waarderen', waarin nieuwe beoordelingskaders worden aangedragen die de maatschappelijke relevantie van onderzoek onderstrepen.

40 Er zijn echter wel verschuivingen te constateren: de NWA en KIC staat erg open voor multidisciplinair onderzoek en binnen de commissies van NWO wordt in toenemende mate ruimte geboden aan wetenschappers met een ontwerpachtergrond.

De eiwittransitie vraagt om nieuwe voeding en gewenning aan nieuwe smaken

Hoe ontwerpen we deze verandering? [Foto: Getty Images]

Industrieel Ontwerpen

1. 4TU Design United
   TUD, TUE, UT, WUR
2. CLICKNL
   TUD, TUE, UT, WUR

Ontwerp van de gebouwde omgeving

1. 4TU Bouw
   TUD, TUE, UT, WUR
2. BTIC / Bouw- en Technologisch Innovatiecentrum
   TUD, TUE, UT, WUR + extern
3. AMS / Amsterdam Metropolitan Solutions
   TUD, WUR + extern
4. DSL / Dutch School of Landscape architecture
   TUD, WUR + extern
5. BauHow5
   TUD + extern
6. EAAE / European Association for Architectural Education
   TUD, TUE + extern
7. AESOP Association of European Schools of Planning
   TUD, TUE, UT, WUR, RUG

Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde

1. TRAIL / Onderzoeksschool over Transport, Infrastructuur en Logistiek
   TUD, RUG, UT
2. BETA / Onderzoeksschool voor operations management en logistiek
   TUE, WUR, UT

TUD	Technische Universiteit Delft
TUE	Technische universiteit Eindhoven
UT	Universiteit Twente
WUR	Wageningen University & Research
RUG	Rijksuniversiteit Groningen

BIJLAGE 1

Nationaal Profiel van de drie disciplines voor onderwijs, onderzoek en netwerken

B.1.1

Industrieel Ontwerpen in Nederland

Industrieel Ontwerpen wordt onderwezen aan de Technische Universiteit Delft (TU Delft), Technische Universiteit Eindhoven (TU/e), en de Universiteit Twente (UT) zowel op Bachelor- als op Masterniveau. Na het behalen van de mastergraad verzorgen de drie instellingen ook promotieprogramma's, inhoudelijk en administratief georganiseerd binnen een Graduate School.

Tevens versterken de leden elkaar bij het opleiden en coachen van wetenschappelijk talent door zitting te nemen in benoemingadviescommissies (BAC's) voor wetenschappelijk personeel evenals in promotiecommissies voor promovendi. Ten slotte nemen medewerkers zitting in visitaties gericht op de evaluatie van onderwijs, onderzoek en onderzoeksbeleid.

Industrieel Ontwerpen aan de TU Delft

In Delft is Industrieel Ontwerpen ondergebracht binnen één faculteit met drie afdelingen die gezamenlijk één Bachelor- en drie Masteropleidingen verzorgen. Hierbij wordt consistent gedacht vanuit drie invalshoeken, zijnde de wenselijkheid vanuit de menskant, de functionaliteit vanuit de technologie, en de langdurige werkbaarheid vanuit de organisatie. Iedere afdeling en iedere Masteropleiding heeft een zwaartepunt in een van de invalshoeken, maar het onderzoek en onderwijs gebeurt te allen tijde in samenwerking met anderen uit de faculteit.

De afdelingen hebben de volgende benamingen: Human Centered Design, Sustainable Design Engineering, en Design Organisation and Strategy. De Mastersopleidingen heten Design for Interaction, Integrated Product Design, en Strategic Product Design.

Industrieel Ontwerpen aan de TU/e

Eindhoven heeft een faculteit Industrieel Ontwerpen die het onderzoek uitvoert en het specifieke onderwijs verzorgt. Er is sprake van één Bachelor en een daarop aansluitende Master waarbinnen de accenten liggen op Future Everyday en Systemic Change.

Industrieel Ontwerpen aan de UT

De Bachelor en Master Industrial Design Engineering (IDE) aan de Universiteit Twente zijn ingebed in de faculteit Engineering Technology. In de Bachelor wordt het onderwijs verzorgd via het Twents Onderwijs Model (TOM), wat inhoudt dat studenten ontwerpen en het ontwerpproces en hun rol als designers leren binnen ontwerpprojecten, die rond thema's georganiseerd zijn. Naast de ontwerpprojecten biedt de Bacheloropleiding een brede introductie tot de verschillende aspecten van Industrieel Ontwerpen, lopend van mensgericht ontwerpen, technisch ontwerp, productie, vormgeving tot marketing. Waar de Bachelor een brede basis legt, voorzien de drie Mastertracks in specialisatie binnen het Industrial Design Engineering werkveld. Deze drie Mastertracks zijn: Management of Product Development (MPD), Emerging Technology Design (ETD), en Human Technology Relations (HTR). Bij MPD staan het bestuderen en ondersteunen van het productontwikkeling en productieproces centraal. ETD focust op hoe nieuwe technologie geïntegreerd kan worden in producten voor de consumentenmarkt. HTR richt zich op het verkennen en ontwerpen van producten die de problemen en aspiraties van mensen op individueel, sociaal en maatschappelijk niveau adresseren. Zowel de Bachelor- als Masteropleiding Industrial Design Engineering in Twente heeft een sterk interdisciplinair karakter.

Netwerken

Design United

De ontwerpgerichte opleidingen en onderzoeksactiviteiten werken samen binnen 'Design United', als onderdeel van het 4TU onderzoekscentrum voor design met als doel de innovatieve kracht van de Nederlandse creatieve industrie te versterken door een brug te slaan tussen designonderzoek, en de designgemeenschap en organisaties/bedrijven. Binnen Design United worden diverse gezamenlijke activiteiten op onderwijs- en onderzoeksgebied ontplooid zoals het jaarlijkse festival DRIVE[1] en de design research tentoonstellingen, beide binnen de Dutch Design Week (in samenwerking met CLICKNL). Verder werken wetenschappers uit Design United nauw samen met wetenschappers die verbonden zijn binnen het 4TU Center Humans & Technology; dit is een ander 4TU onderzoekscentrum voor het versterken van kennis en implementatie op het gebied van mens-techniek interactie en het ethisch verantwoord ontwerpen daarvan.

CLICKNL

De designfaculteiten leveren tevens een actieve bijdrage aan de Topsector Creatieve Industrie om de kennisbasis van de creatieve professional en het innovatievermogen van Nederland te vergroten. CLICKNL stelt samen met experts uit de creatieve industrie en kennisinstellingen de Kennis- en Innovatieagenda (KIA) voor de Creatieve Industrie op. Daarbij richt CLICKNL zich op fundamenteel en praktijkgericht onderzoek en toepassingen.

1 Het Design Research & Innovation Festival (DRIVE) organiseert jaarlijks een event gericht op het samenbrengen van ontwerpers, wetenschappers, bedrijven en overheid in het kader van de Dutch Design Week. Het festival biedt een platform voor verschillende programma's voor designonderzoek en -innovatie in Nederland.

B.1.2

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving in Nederland

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving, waaronder architectuur, stedenbouw, ruimtelijke planning en landschapsarchitectuur, wordt onderwezen aan de TU Delft en TU Eindhoven, de Universiteit Twente, de Wageningen University en aan de Rijksuniversiteit Groningen. De titels architect, stedenbouwkundige en landschapsarchitect zijn beschermd door het architectenregister. Voorwaarden voor de inschrijving in het register zijn een kwalificerend Nederlands (Master)diploma en de afronding van een zogenaamde Beroepservaringsperiode.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving aan de TU Delft

De faculteit Bouwkunde in Delft telt vier afdelingen:

- Architectuur, Architectural Engineering + Technology (AE+T);
- Management in the Built Environment (MBE);
- Urbanism.

De afdeling Architectuur bekleedt een sleutelpositie in de faculteit Bouwkunde. Architectuur, als kunst en leer van het ontwerpen en (doen) uitvoeren van bouwwerken, is een oude wetenschap met een eigen traditie. Theorievorming is gericht op de vraag naar nieuwe samenhangen tussen de vorm, constructie en functie van bouwwerken in hun stedelijke context. Door haar aanbod van hoogwaardige opleidingen weet de afdeling een toenemend aantal studenten uit binnen- en buitenland aan te trekken. Stafleden en alumni spelen een actieve rol in maatschappelijke en universitaire netwerken en organisaties.

De afdeling Architectural Engineering + Technology houdt zich bezig met de innige relatie tussen het ontwerp, de engineering daarvan en de onlosmakelijke band met technologie. De maatschappelijke opgave vraagt om een integrale benadering in het ontwerp, onder meer op het terrein van duurzaamheid, klimaat, energie-efficiency, krimp, transformatie, herbestemming en gezondheid. De hieraan verbonden vraagstukken zijn complex en vereisen een benadering waarin fundamenteel en toegepast onderzoek en ontwerp in een innige relatie tot elkaar staan.

De afdeling Management in the Built Environment streeft naar een duurzame gebouwde omgeving waarin de belangen van de eindgebruiker en andere stakeholders uitgangspunt zijn. MBE richt zich op oplossingen voor het ontwikkelen en beheren van gebouwen, vastgoedportfolio's en stedelijke gebieden en het opleiden van de volgende generatie managers in de gebouwde omgeving.

De afdeling Urbanism combineert stedenbouw, ruimtelijke ordening, landschapsarchitectuur en environmental modelling. De afdeling staat vooral bekend om de 'Nederlandse benadering' van stedenbouw, waarin de creativiteit van het ontwerpen wordt gecombineerd met academische onderzoeksmethoden. Deze 'integrale' stedenbouw geniet internationaal hoog aanzien in de beroepspraktijk, het onderzoek en het onderwijs.

Bouwkunde heeft een gemeenschappelijke Bacheloropleiding Bouwkunde en drie Masteropleidingen:

- Architecture, Urbanism and Building Sciences;
- Geomatics;
- Metropolitan Analysis, Design and Engineering (MADE).

De Masteropleiding Architecture, Urbanism and Building Sciences is gebaseerd op de gerenommeerde Nederlandse praktijk op het gebied van architectuur, ruimtelijke ordening en de beroepen in de gebouwde omgeving en is internationaal georiënteerd dankzij de multinationale faculteit van medewerkers en studenten. De onderwijsaanpak is gebaseerd op de Nederlandse traditie van multidisciplinair werken, waarbij studenten in groepen werken aan geïntegreerde oplossingen voor de gebouwde omgeving. Deze opleiding bestaat uit vijf verschillende tracks waarbinnen studenten kunnen specialiseren:

- Architecture;
- Building Technology;
- Landscape Architecture;
- Management in the Built Environment;
- Urbanism.

De Masteropleiding Geomatics verschaft vitale ruimtelijke kennis over de gebouwde omgeving. Studenten leren geavanceerde technieken te gebruiken bij het verzamelen en analyseren van gegevens, ruimtelijke informatiemodellering en het visualiseren van gegevens. Ze leren over het gebruik, het beheer en de toepassing van geografische gegevens voor het oplossen van problemen in de echte wereld op een innovatieve manier.

En tot slot, MADE is een interdisciplinair programma van zowel de Technische Universiteit Delft als Wageningen University & Research. In deze Master gaan studenten aan de slag met complexe problemen die het gevolg zijn van verstedelijking. Het gaat onder meer om mobiliteit en logistiek, water- en afvalbeheer, en energie- en voedselzekerheid.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving aan de TU/e

De Faculteit Bouwkunde in Eindhoven bestaat uit vier afdelingen, te weten Architecture, Urban Design and Engineering; Building Physics and Services; Structural Engineering and Design; en Urban Systems and Real Estate. De laatste drie zijn ondergebracht in het Sectorbeeld Civiele Techniek. De combinatie van architectuur, stedenbouwkundig ontwerpen, civiele techniek en planologie maakt de faculteit uniek. Zowel het Master- als het Bachelorprogramma worden in het Engels gedoceerd en trekken een breed scala van studenten uit binnen- en buitenland.

Het Bachelor programma Architecture, Urbanism and Building Sciences (AUBS) is een faculteitsbrede opleiding waarin het architectonisch en stedenbouwkundig ontwerpen een sleutelrol speelt. Verschillende projecten zijn geschoeid op de beginselen van het Challenge Based Learning, waardoor studenten leren met andere disciplines te communiceren en samen te werken aan discipline-overschrijdende opdrachten met een sociaal urgent thema.

De Master Architecture Building and Planning (ABP) haakt in op de voortschrijdende globalisering van de wereld die de mens voor toenemende uitdagingen op het gebied van natuur, demografie, samenleving en ruimte stelt. In de verschillende tracks van deze masteropleiding houdt de student zich bezig met het omzetten van de uitdagingen in slimme, gezonde en duurzame oplossingen voor de gebouwde omgeving.

De combinatie wetenschap, technologie en ontwerp maakt het mogelijk de creatieve vrijheid van het ontwerpen te borgen en de ontwerpbeslissingen vervolgens te onderwerpen aan wetenschappelijk gegronde analyse en kritiek. Vanwege de hechte relatie met aanpalende disciplines nemen de zogenaamde double tracks in populariteit toe onder de studenten. Hierdoor kunnen studenten een volwaardige opleiding in het architectonisch ontwerpen combineren met disciplines als stedenbouwkundig ontwerpen, constructief ontwerpen, bouwfysisch ontwerpen of planologie.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving aan de UT

Op de Universiteit Twente staat een multidisciplinaire ontwerp- en probleemoplossende aanpak centraal. Dit betekent dat techniek altijd wordt gekoppeld aan de mens. Dit leidt tot de overtuiging dat de enige manier om problemen als klimaatverandering, de energietransitie, toenemende risico's van waterschaarste en overstromingen, aanhoudende verstedelijking en de drang naar circulaire materialisatie het hoofd te kunnen bieden is door de manier waarop we de gebouwde omgeving plannen, ontwerpen, bouwen, gebruiken en vernieuwen, opnieuw te bekijken. De groep Construction Management & Engineering speelt vanuit het ontwerp van nieuwe procesbenaderingen, methoden en technologieën een sleutelrol bij het omgaan met deze maatschappelijke uitdagingen. Dit kan innovatieve oplossingen bieden die onze kritieke infrastructuurnetwerken veiliger, duurzamer, efficiënter, effectiever en veerkrachtiger maken door de integratie in en prestatie van de bouwsector te verbeteren.

Vanuit verschillende andere programma's zoals Spatial Engineering richt de UT zich op het aanpakken van deze problemen door technische en sociaaleconomische kennis te combineren met een sterke basis van ruimtelijke data-analyse en modellering. Denk bijvoorbeeld aan nieuwe ontwerpoplossingen voor de verdeling van beperkte natuurlijke hulpbronnen; aan water, energie of voedselzekerheid; aan catastrofale gevolgen van natuurrampen en door de mens veroorzaakte rampen; of aan de ongeplande ontwikkeling van megasteden.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving aan de WUR

Landschapsarchitectuur en ruimtelijke planning worden in Wageningen zowel op Bachelor- als op Masterniveau onderwezen. Studenten bestuderen de doelbewuste vormgeving en het besturen van landschappen op verschillende schaalniveaus. In de programma's staan het proces en het vormgeven van ruimtelijke interventies centraal, gepaard met een gedegen academische reflectie op zowel proces als resultaten. De doelstellingen van het programma zijn om (stedelijke) landschappen te creëren, verbeteren, onderhouden en beschermen, ten einde functioneel, esthetisch en duurzaam te worden of te blijven. De Bachelor- en Masteropleiding kent twee afstudeerrichtingen, te weten Landschapsarchitectuur en Ruimtelijke Planning. Afgestudeerden van de major Landschapsarchitectuur zijn bekwaam in architectonische compositie, de rol van verschillende representatiemiddelen, en de verkenning van relevante referentiesituaties. Afgestudeerden van de major Ruimtelijke Planning leren het genereren van probleemoplossingen in interdisciplinaire en multidisciplinaire teams, en hebben kennis over het beheer van publieke planvorming en communicatie met belanghebbenden. Ze kennen een diversiteit aan planningsinstrumenten en zijn in staat de consequenties van hun plannen te evalueren.

Om een antwoord te bieden op de grote uitdagingen van onze tijd, zoals klimaatverandering en biodiversiteitsverlies, richten landschapsarchitectuur en ruimtelijke planning hun onderzoek op fysieke transformaties van landschappen en steden door middel van plannings- en ontwerpinterventies. Landschapsarchitectuur en ruimtelijke planning cultiveren een trans-disciplinaire academische cultuur om kennis uit meerdere disciplines te integreren in projecten rondom 'real-world' situaties. De grote uitdagingen doen zich gelijktijdig voor en vereisen een integrale aanpak om te voorkomen dat een oplossing voor het ene probleem andere problemen creëert of verergert (de zogenaamde "wicked problems"). Er wordt gestreefd naar evidence-based, technisch en maatschappelijk haalbare oplossingen. Ruimtelijke ontwerpen, ontwerprichtlijnen, beleid of plannen zijn het resultaat van dergelijk onderzoek, evenals analyse van en reflecties op dergelijke ontwerpen, beleid en plannen.

Ontwerp van de Gebouwde Omgeving aan de RUG

De Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen (FRW) biedt drie opleidingen aan waarin ruimtelijke vraagstukken worden verbonden met oplossingsgerichte interventies. Daarvoor wordt zowel begrip van de ruimte (technisch, rationeel) als begrip van de besluitvormende processen (institutioneel, communicatief) aangeleerd. Een ruimtelijk ontwerp heeft immers pas effect als het zowel de ingenieur als de politicus overtuigt en door implementatie tot daadwerkelijke verbetering leidt voor de samenleving. Design en planning, en ruimtelijk en institutioneel ontwerp worden zo verenigd in de opleidingen Bachelor Spatial Planning & Design, de Master Society, Sustainability & Planning en de Master Environment & Infrastructure Planning. Deze lijn wordt voortgezet binnen de Graduate School, waar promotieonderzoek plaatsvindt op het grensvlak van ruimtelijk en institutioneel ontwerp, zowel vanuit een architectuur/stedenbouwkundige/landschapsontwerpende invalshoek, als vanuit een institutioneel bestuurskundig en planologisch perspectief.

De Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen draagt samen met het Universitair Medisch Centrum Groningen en de Faculteit der Letteren het (organisatorisch bij de laatste ondergebrachte) Kenniscentrum Architectuur, Stedenbouw en Gezondheid, dat een Masteropleiding aanbiedt op het gebied van Healthy Cities en de architectuur van de gezondheidszorg.

De Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen onderscheidt zich ook in onderzoek door het verbinden van ruimtelijk en institutioneel ontwerp. Het onderzoeksthema Spatial & Institutional Design valt onder de paraplu van het facultaire onderzoeksprogramma tWIST – Towards Wellbeing, Innovation and Spatial Transformation. In dit programma staan stedelijke planning en beleidsvorming centraal, waarbij onderzoek wordt gedaan naar enerzijds processen van ruimtelijk ontwerp (inclusief de analyse en ontwerp van de fysieke omgeving en het maatschappelijk gebruik ervan), en anderzijds institutioneel ontwerp (inclusief de analyse en aanpassing van regelgeving, organisatie en governance). Zo wordt er onderzoek gedaan naar de rol en positie van ruimtelijk ontwerp(ers) in complexe planning- en inrichtingstrajecten; naar methoden en technieken voor het analyseren van ruimtelijke en institutionele vraagstukken; en naar de organisatie en invloed van publiek-private samenwerking en burgerparticipatie in de ruimtelijke ordening. Het onderzoek op het gebied van ruimtelijke analyse en ontwerp is gebundeld in CASUS – Centre for Advanced Studies in Urban Science and Design – waar circa 10 onderzoekers, hoogleraren, UHDs en UDs, en ongeveer acht promovendi aan verbonden zijn.

Netwerken

RUG/WUR onderzoek

Onderzoek naar ruimtelijke kwaliteit vindt plaats binnen het Hoogwater Beschermingsprogramma, in samenwerking met – en gefinancierd door – 12 waterschappen, STOWA, Deltares, adviesbureaus, en het College van Rijksadviseurs (CRA). Tevens werken WUR en RUG ook samen op het gebied van natuurinclusieve landbouw. Daarnaast heeft de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen in het onderzoek naar ruimtelijk/institutioneel ontwerp een aantal bijzondere samenwerkingsrelaties met een aantal Nederlandse maatschappelijke partners: Rijkswaterstaat, het Kadaster en de Special Envoy for International Water Affairs.

Internationale samenwerkingen: Ensystra and Making City

Voorbeelden van internationale samenwerkingen zijn het Marie Curie ITN programma 'Energy Systems in Transition' (een samenwerking van RUG met University of Edinburgh, Aalborg University, Europa–Universitaet Flensburg, Chalmers Technical University, Offshore Renewable Energies Catapult (Scotland), World Wind Association (Germany), Norwegian Energy Partners, Engie Energie Nederland, en de Swedish Energy Agency), en het Horizon 2020 project 'Making City' waarin 5 Europese universiteiten (waaronder RUG), 4 onderzoeksinstituten, 9 steden, 4 woningbouwcoöperaties, en 12 bedrijven en organisaties onderzoek doen naar CO2-neutrale wijken.

4TU.BOUW, Center of Excellence for the Built Environment

De 4TU.BOUW is de onderzoekssamenwerking tussen de technische universiteiten op het gebied van de bouw. De 4TU.BOUW is een samenwerking tussen ontwerpende en construerende technische wetenschappen. Bouwkunde Delft brengt zaken als architectuur, stedenbouw, bouwtechnologie en management in. Wageningen draagt bij met landschapsarchitectuur, stedenbouw en ruimtelijke ordening. De Universiteit Twente richt zich op het ontwerpen, digitaliseren en realiseren van de onderliggende infrastructuur.

Bouw- en Technologisch Innovatiecentrum (BTIC)

In 2018 is het Bouw- en Technologisch Innovatiecentrum[2] geïnitieerd om de benodigde innovatie in de bouw- en technologiesector te organiseren en te stimuleren om de doelstellingen voor 2050 in de gebouwde omgeving te kunnen bereiken. Deze doelen zijn onder andere een CO2-vrije, circulaire en klimaatadaptieve bouwomgeving. Het BTIC stimuleert en faciliteert het initiëren van lange termijn, brede integrale onderzoek- en innovatieprogramma's op:

- Energietransitie van bestaande gebouwen;
- Circulaire Bouweconomie;
- Digitalisering;
- Vernieuwing van de infrastructuur,
- Klimaatadaptatie.

2 BTIC is een samenwerking tussen kennisinstellingen (4TU Bouw, Hogescholen, TNO), de bouwsector (Bouwend Nederland, Techniek NL, Koninklijke Ingenieurs NL) en de overheid (ministeries van Binnenlandse Zaken, Infrastructuur en Water en Economische Zaken). [https://btic.nu/]

Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS)
AMS Institute is een in Amsterdam gevestigde kennisinstelling dat zich bezighoudt met grootstedelijke oplossingen. Het instituut is opgericht in 2014 door TU Delft, Wageningen UR en MIT. Het brengt talent, technologisch gedreven concepten en samenwerkingsverbanden voort om vraagstukken aan te pakken rondom mobiliteit, energietransitie, circulariteit, voedselsystemen, klimaatbestendigheid en verantwoorde digitalisering in de metropolitane context. Gevestigd op het Marineterrein, heeft het instituut *urban experimentation* als rode draad in al haar activiteiten. Met een tweejarige ingenieursopleiding en professional education; een onderzoeks- en innovatieportfolio van EUR 100 mln.; een startup-programma; en strategische samenwerkingspartners is AMS Institute de plek om met talent, ideeën en partners het verschil te maken voor onze steden.

BauHow5
Internationaal is de faculteit Bouwkunde van de TU Delft founding partner van de BauHow5 alliantie tussen TU Delft, UCL Bartlett, Chalmers, TU München, en ETH Zürich, met actieve groepen op onderwerpen als circulariteit, inclusie, diversiteit en gelijkheid, en doctoraal onderwijs.

Dutch School of Landscape architecture (DSL)
De Dutch School of Landscape architecture is een platform van alle Nederlandse opleidingen die landschapsarchitectuur onderwijzen: Wageningen Universiteit (WO, BSc en MSc); TU Delft (MSc); Academie van Bouwkunst Amsterdam (HBO MA); Van Hall Larenstein en HAS Den Bosch (HBO BA). Binnen de DSL worden ervaringen over het onderwijs uitgewisseld en aan het stroomlijnen van opleidingen gewerkt, evenals nationale netwerkmeetings over actuele thematieken georganiseerd.

EAAE
TU Delft en TU Eindhoven zijn actieve leden van de European Association for Architectural Education (EAAE). De EAAE is een internationale non-profit ledenorganisatie voor Europese architectuurscholen, geregistreerd in België. De vereniging heeft tot taak een netwerk van Europese architectuurscholen op te bouwen, discussies, uitwisselingen en een gemeenschappelijk beleid in Europa te bevorderen om de kwaliteit van het architectuuronderwijs te verbeteren. De EAAE behartigt de belangen van de aangesloten scholen als instellingen en academische omgevingen.

AESOP
The Association of European Schools of Planning (AESOP) is een organisatie vergelijkbaar met de EAAE maar met een specifieke focus op ruimtelijke planning. De TU Delft, TU Eindhoven, Wageningen University, Universiteit Twente en de Rijksuniversiteit Groningen zijn allen lid.

B.1.3

Technische Bestuurs-en Bedrijfskunde in Nederland

Technische Bestuurskunde aan de TU Delft

De faculteit TBM aan de TU Delft combineert governance met een engineering en waardenperspectief op socio-technische systemen. De faculteit heeft als doel om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor complexe maatschappelijke problemen door de analyse van socio-technische systemen en het ontwerp van interventies in deze systemen. Empirische en modelgebaseerde technieken worden gecombineerd in kwalitatief en kwantitatief onderzoek naar zulke interventies. De ambitie is om studenten op te leiden tot ingenieurs die hun technische vaardigheden combineren met een gedegen achtergrond in sociale en geesteswetenschappen. Daarnaast verzorgt TBM serviceonderwijs aan vrijwel alle opleidingen in Delft op het gebied van ethiek en methodologie, ondernemerschap en taal- en academische vaardigheden. Dit service-onderwijs vormt een aanvulling op de disciplinaire kennis en vaardigheden die de verschillende monodisciplinaire ingenieursopleidingen bijbrengen, en draagt bij aan het 'T-shaped' profiel[3] van afgestudeerden van de TU Delft.

Technische Bedrijfskunde aan de TU/e

Technische bedrijfskunde aan de TU Eindhoven beoogt het verdiepen van kennis binnen de vakgebieden operationeel management, innovatiemanagement, informatiesystemen, arbeidspsychologie en bedrijfseconomie met het oog op toepassing van die kennis op actuele industriële ontwerpproblemen. De faculteit heeft een Bachelor programma Industrial Engineering en Masteropleidingen Operations Management & Logistics en Innovation Management, waarbij studenten disciplinaire kennis gebruiken voor het ontwerpen van oplossingen in integratievakken en in Bachelor- en Mastereindprojecten. Het grootste deel van het onderzoek en van deze eindprojecten wordt uitgevoerd in samenwerking met bedrijven en andere organisaties en gaat derhalve over actuele ontwerpproblemen uit de praktijk.

3 Een afgestudeerde met T-shaped profiel bezit enerzijds diepgaande vaardigheden en kennis op een specifiek onderwerp (de verticale poot van de T) gekoppeld aan meer algemene bredere vaardigheden en kennis (de horizontale poot van de T).

Technische Bedrijfskunde aan de UT

Technische Bedrijfskunde aan de Universiteit Twente heet Industrial Engineering & Management (IEM). De betreffende Bachelor- en Masteropleidingen zijn al enige jaren als beste TBK-opleiding beoordeeld, en dragen het predicaat TOP-opleiding. De Bachelor kenmerkt zich door het challenge based/project driven onderwijs, waarin studenten uitdagende ontwerpvraagstukken voorgelegd krijgen van een bedrijf/organisatie als projectopdracht, rondom welke het onderwijs georganiseerd wordt. Opgedane kennis en vaardigheden worden zodoende meteen toegepast. Vele projecten zijn interdisciplinair – studenten werken hierin samen met andere engineering studenten, van o.a. Industrial Design, Werktuigbouwkunde, Civiele Techniek, en Technische Wiskunde. De masteropleiding Industrial Engineering & Management aan de Universiteit Twente heeft de afstudeerspecialisaties Production and Logistics Management (PLM), en daarnaast de in Nederland unieke specialisaties Financial Engineering & Management (FEM), en Healthcare Technology and Management (HCTM). Financial Engineering & Management richt zich op het identificeren, analyseren en beheersen van financiële risico's, middels het ontwerpen van financiële producten en bekostigingsmodellen voor allerlei industrieën. Healthcare Technology and Management richt zich op optimalisatie van zorgprocessen middels zorgeconomische evaluatie van zorginnovaties (health economic evaluation) en zorglogistiek/operations management in de zorg. De opleiding onderhoudt nauwe samenwerking met de (maak- en service-) industrie, financiële sector, en zorgsector. Ondernemerschap wordt sterk gestimuleerd. Dit heeft geresulteerd in vele succesvolle spin-offs, zoals Booking.com, Thuisbezorgd.nl, en SciSports. Afstudeerprojecten in de Bachelor en Master vinden plaats *in residence* in eerdergenoemde industrieën. De opleiding stimuleert studenten om in de Bachelor- en Masterfase een buitenland ervaring op te doen, en het programma faciliteert dit zonder studievertraging in de Bachelor-minor en Master-keuzeruimte (beide een semester). Deze keuzeruimte wordt ook veel gebruikt om te verbreden middels een semester Mastervakken van een andere engineeringopleiding (van Universiteit Twente of van andere universiteiten in binnen- en buitenland).

Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde aan de WUR

Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde bij Wageningen Universiteit bestaat uit twee leerstoelgroepen bij de Social Science Group (SSG), te weten Public Administration & Policy (PAP) en Business Management & Organisation (BMO). Volgens de Wageningse manier dragen PAP en BMO onderwijs niet alleen bij aan de Social Science Group programma's maar ook aan bèta programma's. Onderzoek wordt ingebed bij onderzoeksschool WASS, en is gericht op het ontwikkelen van fundamentele inzichten die maatschappelijke impact hebben. De leerstoelgroep Business Management & Organisation heeft een trekkende rol bij het opzetten en uitrollen van het 'entrepreneurship @ WUR' programma waardoor alle studenten – Bachelor, Master, PhD – ten minste enige en mogelijk veel meekrijgen over ondernemerschap in een technische omgeving.

Technische Bedrijfskunde en Technologie & Operations Management aan de RUG

De ontwerpcomponent van de Bachelor Industrial Engineering & Management (IEM) zorgt voor een unieke focus binnen de faculteit Science and Engineering (FSE). De fundamenten van natuurwetenschappen, techniek en management in de opleiding zijn geworteld in de disciplines binnen de faculteit Science and Engineering en de faculteit Economie en Bedrijfskunde (FEB). Vervolgens leren de studenten in een aantal stappen een brug te maken naar toepassingen in bedrijfsleven, middels specifieke ontwerpmethodologievakken binnen Industrial Engineering & Management, drie in de Bachelor en drie in de Master. Ontwerpen is daarmee verankerd in de opleiding, iets dat alumni na jaren nog steeds herkennen als een meerwaarde. Een belangrijke ontwerpgerichte track binnen de Bachelor en Master Industrial Engineering & Management is de track Production Technology & Logistics met de specialisaties Production Logistics Engineering and Systems, Control and Automation.

De faculteit Economie en Bedrijfskunde biedt meerdere programma's aan waarin technologie, beleid en management centraal staan. In de Bachelor Bedrijfskunde kunnen de studenten kiezen voor de specialisatie Technologiemanagement. De Master Technology and Operations Management (TOM) richt zich op het ontwerpen van processen en operaties en het nemen van beslissingen in complexe omgevingen waarin de nieuwste technologieën, digitalisering en data een belangrijke rol spelen.

Er zijn twee onderzoeksgroepen binnen de faculteit Science and Engineering die onderzoek doen binnen het domein technische bedrijfskunde, namelijk i) optimalisatie- en beslissingssystemen en ii) slimme productiesystemen. Deze groepen doen – binnen de brede gebieden van slim transport en logistiek, smart grid en energiesystemen, sociaal-technische gedragssystemen – onderzoek naar wetenschappelijke uitdagingen die voortkomen uit het naast elkaar bestaan van fysisch-technische componenten en sociaaleconomische componenten.

Binnen de faculteit Economie en Bedrijfskunde focust het onderzoeksprogramma OPERA zich op het modelleren, analyseren en ontwerpen van processen en operaties waarbij kennis van operations management, operations research en industrial engineering samen wordt gebracht. Daarbij wordt intensief samengewerkt met andere onderzoeksgroepen, bijvoorbeeld op het gebied van HRM en innovatie. De beide betrokken onderzoeksgroepen binnen de faculteit Science and Engineering nemen deel aan onderzoekssamenwerking met internationale partners en met partners aan technische universiteiten in Nederland.

Netwerken

TRAIL en BETA

De onderzoeksgroepen gerelateerd aan Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde vanuit de vijf betrokken universiteiten werken samen op het gebied van onderzoek en graduate onderwijs. In de interuniversitaire onderzoeksscholen TRAIL en BETA en binnen het graduate program Operations Management and Logistics werken de onderzoeksgroepen samen op het gebied van onderzoek en in onderwijs voor promovendi en Masterstudenten. TRAIL is de onderzoeksschool over Transport, Infrastructuur en Logistiek waarin zes Nederlandse universiteiten participeren, waaronder TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente en de Rijksuniversiteit Groningen. BETA is de onderzoeksschool voor Operations Management en Logistiek, waarin zes Nederlandse en twee Belgische universiteiten participeren, waaronder TU Eindhoven, Wageningen University, en Universiteit Twente. TRAIL en BETA hebben het gezamenlijke graduate program Operations Management & Logistics waarin vakken voor promovendi en Masterstudenten worden aangeboden op het gebied van operations management en logistiek. BETA organiseert tevens een tweejaarlijks congres voor het gebied operations management en logistiek. Daarnaast worden veel projecten in een samenwerking gedaan tussen twee of meerdere onderzoeksgroepen binnen topsectoren als HTSM, Logistiek en Energie, en voor Zorg binnen ZonMw. De captain of science van de topsector HTSM en twee van de drie thematrekkers van de topsector Logistiek komen uit verschillende Technische Bestuurs- en Bedrijfskunde onderzoeksgroepen.

BIJLAGE 2

De acht categorieën Key Enabling Methodologies

Deze acht categorieën van KEM's zijn onmisbaar in de context van de aanpak van maatschappelijke uitdagingen en het vormgeven van transities. Iedere categorie representeert een verzameling methoden, processen, strategieën en onderzoeksvragen die verwant zijn vanwege het doel waarvoor ze worden ingezet.[4]

4 https://kems.clicknl.nl/inleiding-op-de-agenda-1/1.-inleiding/1.3-categorieen-van-kems

Visie en verbeelding

Voor iedere missie is het nodig dat we weten waarnaar we op weg zijn. Soms ligt dat doel voor de hand, maar vaker is het nodig om dat doel te ontwerpen, een inspirerend toekomstbeeld zichtbaar en tastbaar te maken door gebruik van verbeeldingskracht, en daarmee richting te geven aan de verandering. KEM's in deze categorie helpen de huidige wereld in kaart te brengen, nieuwe werelden te verbeelden en fenomenen en problemen anders te bezien.

Onderzoeksvragen
Hoe is een visie of verbeelding vormgegeven? Zegt dat iets over de kwaliteit? Hoe draagt een wenselijke visie bij aan maatschappelijke veranderingsprocessen? Hoe kunnen toekomstbeelden gekoppeld worden aan besluitvorming?

Participatie en co-creatie

Bij missies zijn veel spelers met uiteenlopende belangen betrokken, van burgers en bedrijven tot overheden en domeinexperts. Deze wil je betrekken in het proces, vanwege de kennis en ervaring die ze inbrengen, om ze in staat te stellen initiatief te nemen, en voor het realiseren van betrokkenheid en draagvlak. KEM's in deze categorie helpen om belanghebbenden te betrekken, om het proces systematisch te doorlopen, de context van vraagstukken te analyseren en begrijpen, en om nieuwe proposities te ontwikkelen.

Onderzoeksvragen
Wat leveren deze methodes maatschappelijk op en is dat ook aan te tonen? Wat leveren individuele methoden op en vooral welke combinatie/aanpak werkt, waarom en in welke situaties? Wie hebben we wanneer aan boord nodig en wat is hun inbreng, verwachting, verantwoordelijkheid en connectie? Hoe moeten diverse methoden worden aangepast aan de specifieke context waarin ze worden gebruikt?

Gedrag en empowerment

Om een transitie te laten slagen is vaak een gedragsverandering gewenst. Bijvoorbeeld om minder vlees te eten of minder te vliegen. Daarnaast moeten mensen in staat gesteld worden om bewuste keuzes te maken en moet hen handelingsperspectief geboden worden om zelf de regie te nemen. KEM's in deze categorie helpen bij het ontwikkelen, testen en valideren van een interventie om het gedrag van mensen rechtstreeks (via motivatie) of indirect (via beïnvloeding) te veranderen.

Onderzoeksvragen
Wat is er nodig om mensen te motiveren interventies te adopteren? Welke methode werkt het beste en waarom? Wat is het onderliggende mechanisme? Wanneer is personalisatie effectief? Kunnen we interventies op het individuele niveau combineren met interventies op het omgevingsniveau? Welke morele aspecten spelen een rol? Voor wie zijn welke data beschikbaar?

Experimentele omgevingen

Transities laten zich niet makkelijk sturen en gerelateerde vraagstukken zijn vaak omgeven met onzekerheden en meerduidige informatie. In de beginstadia van het ontwikkelproces van innovaties is ruimte nodig om te experimenteren. Verder in het proces moet er ruimte zijn om de effecten van ontwikkelde interventies in nagebootste en/of levensechte contexten te testen en bij te sturen. KEM's in deze categorie helpen bij het opzetten van deze experimentele omgevingen en bieden methoden van werken en experimenteren.

Onderzoeksvragen
Aan welke voorwaarden moet een experimentele omgeving voldoen om nieuwe routes en richtingen te genereren? Hoe worden actoren gestimuleerd tot bijdragen en terugkoppeling? Hoe wordt informatie geborgd, geclusterd en toegankelijk gemaakt? Hoe zorgen we ervoor dat (verschillende) publieke waarden worden geborgd? Hoe worden constanten en variabelen bepaald in een experimentele omgeving in ontwikkeling? Hoe verwerf je inzichten over ervaringen gericht op onbekende toekomstige context? Wat is de opzet, inrichting en validatie van interdisciplinaire en trans-disciplinaire methodieken en praktijken wanneer er zoveel belanghebbenden betrokken zijn in het onderzoekproces?

Waardecreatie en opschaling

Actuele maatschappelijke uitdagingen vragen om effectieve interventies en opschaling van innovaties op relatief korte termijn. De snelheid waarmee transities gerealiseerd kunnen worden gaat hand in hand met de mogelijkheid en snelheid om nieuwe waarde voor de samenleving te creëren. Daarbij spelen de (veranderende) verhoudingen in eigenaarschap en profijt een rol, en komen vraagstukken rond sturing en governance in beeld. KEM's in deze categorie helpen om dit proces te structureren en in vroege fase te valideren en testen.

Onderzoeksvragen
Hoe kunnen economische, culturele, maatschappelijke en ecologische waarde creatie worden gecombineerd? Hoe ziet een minimal viable propositie eruit? Welke methoden zijn geschikt om het diffuse proces van opschaling beter te doorgronden en te leren kennen? Wat zijn prestatie-indicatoren voor het ontwerp en de realisatie van collaboratieve businessmodellen gericht op maatschappelijke transities? Hoe kan alignment van stakeholders tot stand worden gebracht? Welke samenwerkingsverbanden en allianties van kennisdisciplines en onderzoekstradities zijn noodzakelijk? Op welke manier kan gecreëerde waarde binnen het proces van maatschappelijke transities verzilverd worden? En wie incasseert op welk moment en op welke wijze daarvan de opbrengsten?

Institutionele verandering

Naast de wensen en mogelijkheden van burgers en belanghebbenden is ook de organisatie in en rondom de contexten van transitievraagstukken van cruciale invloed op de gewenste veranderingen. Institutionele verandering is een reactie op technische en maatschappelijke veranderingen en tegelijk kunnen deze veranderingen op hun beurt institutionele verandering teweegbrengen. KEM's in deze categorie bieden inzicht in het gedrag van instituties en helpen om bij de veranderingen passende structuren en procedures te ontwikkelen.

Onderzoeksvragen
Wat is de rol van nieuwe organisatievormen in het mobiliseren van middelen, inzet, en kennis omtrent maatschappelijke problemen en mogelijke innovatieve oplossingen? Wat is de rol van leiderschap bij het tot stand brengen van institutionele verandering, en welke nieuwe vormen van leiderschap zijn daarvoor nodig? Hoe kan een radicaal nieuwe oplossing voor een maatschappelijk probleem steun onder betrokkenen verkrijgen? Wat kan ertoe leiden dat bestaande machtsstructuren, die belang hebben bij het behoud van de status quo, worden doorbroken? Welke methoden kunnen de inzichten van emergentie en ontwerpmethodiek integreren?

Systeemverandering

Transities vragen om een transformatie of kanteling van een bestaand systeem. Kenmerkend voor systemen is dat ze zich slecht laten definiëren en onvoorspelbaar zijn. Bovendien kennen systemen een veelheid aan elementen en (onderlinge) relaties en vormen daarmee een complexiteit die zich moeilijk laat beheersen of veranderen. Het ontwikkelen voor -en aan- systemen is daarmee een dynamisch vraagstuk. KEM's in deze categorie helpen om systeemgericht en toekomstgericht te werk te gaan, en om debat en feedback te ontlokken.

Onderzoeksvragen
Hoe gaan we om met vraagstukken in 'chaos' waarbij er diverse belangen zijn die met elkaar wedijveren over waar we naartoe moeten binnen een systeem? Wat is een geschikt participatiemodel? Welke actoren moeten in welke fase worden betrokken? Wat zijn geschikte methoden voor het ontwerpen van systeeminterventies die zich richten op de sociale en emotionele dimensies van verandering, bijvoorbeeld het beïnvloeden van mentale modellen, paradigmaveranderingen, en menselijke relaties? Hoe stimuleren we transdisciplinair actie-onderzoek en maken we wetenschap meer ondernemend? Hoe kunnen we systeemverandering beter monitoren? Hoe kunnen we veranderingen op de lange termijn begrijpen en indicatoren voor verandering ontwikkelen? Hoe kunnen we systeemactoren helpen vaardigheden te ontwikkelen die dialoog en adaptief leiderschap stimuleren? Hoe helpen we systeemactoren reflexief te zijn over hoe ze met systeemveranderingen bezig zijn?

Monitoring en effectmeting

Vanwege de lange horizon en het onvoorspelbare karakter van (veranderingen aan) systemen is het voor transitievraagstukken bij uitstek relevant om effecten van interventies te monitoren en (tussentijds) te evalueren. Daarmee wordt kennis opgedaan over de mogelijke effecten van de manier waarop is ingegrepen, welke direct terug kan worden gevoerd in het proces, om zo iteratieve doorontwikkeling en bijsturing te ondersteunen. KEM's in deze categorie helpen om effecten van interventies te meten en de impact op het systeem te monitoren.

Onderzoeksvragen

Hoe kunnen we output-, outcome- en impactindicatoren formuleren die relevant zijn voor het transitiedoel en voor tussenliggende doelen, die zoveel mogelijk zijn toegesneden op de missie? Wat is het effect van de meetbare en beschikbare indicatoren op de vorm en richting van onze interventies? Hoe kunnen we de effectiviteit en efficiëntie van ons ontwerpproces toetsen? Welke methoden moeten we toepassen en/of ontwikkelen om uit nieuwe typen (diverse, nieuwe, on- en gestructureerde, onvolledige) data de juiste schattingen (prognose) en classificaties (diagnose, screenen, monitoren) te kunnen maken? Hoe identificeren we de relevante databronnen en datatypen voor het monitoren en evalueren van transities, inclusief het valideren van data/informatie? Hoe zorg je dat door AI en big data gegenereerde informatie uitlegbaar, begrijpelijk en geaccepteerd wordt?

BIJLAGE 3

Onderliggende gegevens aantallen studenten en staf binnen ontwerpende disciplines

Onderwijs: omvang en verworven studiepunten (EC's)

UNI	ONTWERP OPLEIDING	BACHELOR STUDENTEN[1]	MASTER STUDENTEN	ECTS/JAAR[2]	% VROUW	STAF/STUDENT RATIO[3]
TUD	Industrieel Ontwerpen	1151		51795	54%	1 / 25
	Design for Interaction		289	13005	65%	1 / 25
	Integrated Product Design		301	13545	39%	1 / 25
	Strategic Product Design		308	13860	52%	1 / 25
	Bouwkunde	1360		61200	50%	1 / 22
	Architecture, Urbanism and Building Sciences		1389	69165	50%	1 / 22
	Geomatics		65	2925	48%	1 / 22
	Geographical Information Management and Applications		36	1620	44%	1 / 22
	Metropolitan Analysis, Design and Engineering		82	3690	43%	1 / 22
	Technische Bestuurskunde	938		42210	34%	1 / 17
	Complex Systems Engineering and Management		234	10530	31%	1 / 17
	Engineering and Policy Analysis		175	7875	35%	1 / 17
	Management of Technology		268	12060	23%	1 / 17
	Industrial Ecology *(gedeeld met Leiden)*		222	9990	50%	1 / 17
	Totaal	**3449**	**3369**	**313470**		

>>>

Onderwijs: omvang en verworven studiepunten (EC's)

UNI	ONTWERP OPLEIDING	BACHELOR STUDENTEN[1]	MASTER STUDENTEN	ECTS/JAAR[2]	% VROUW	STAF/STUDENT RATIO[3]
TU/e	Industrieel Ontwerpen	568	258	37420	47%	1 / 22
	Bouwkunde	609	462	56950	40%	1 / 36
	Technische Bedrijfskunde	714	662	69000	25%	1 / 26
	Human-Technology Interaction and Ethics	385	168	25000	55%	1 / 23
	Totaal	**2276**	**1550**	**188370**		
UT	Industrieel Ontwerpen	461	262	33310	45%	1 / 25
	*Creative Technology**	*417*		*20650*	*36%*	
	*Interaction Technology**		*178*	*7140*	*54%*	
	Industrial Engineering & Management	435	258	33160	25%	1 / 15
	Totaal	**1313**	**698**	**94260**		
WUR	Bedrijfs- en Consumenten-wetenschappen	506		20240	48%	
	Biotechnologie	320	405	11600	30/40%	
	Communication and Health		159	6360	88%	
	Development and Rural Innovation		74	2960	65%	
	Economie en Beleid	190		7600	32%	
	Geo-Information Science		145	2900	34%	
	Gezondheid en Maatschappij	185		7400	91%	
	International Development Studies		283	11320	75%	
	International Land and Water Management	292	151	8860	42%	
	Landscape Architecture and Planning		134	5360	54%	
	Landschapsarchitectuur & Ruimtelijke Planning	293		11720	45%	
	Management, Economics and Consumer Studies		353	14120	50%	
	Metropolitan Analysis, Design and Engineering (joint degree)		82	3280	43%	
	Nutrition and Health		502	20080	88%	
	Urban Environmental Management		128	5120	59%	
	Voeding en Gezondheid	483		19320	89%	
	Totaal	**2269**	**2416**	**158240**		
RUG	*BSC* Spatial Planning and Design	307		13815	33%	
	MSc Environmental and Infrastructural Planning		95	4295	30%	
	MSc Society, Sustainability and Planning		35	1575	51%	
	Architecture, Urbanism and Health	50	10	3000	70%	
	Technische Bedrijfskunde (Industrial Engineering & Management)	**49	**20	**2685	23%	
	Bedrijfskunde *(profiel Technologiemanagement)*	291		13882	30%	
	Technology and Operations Management		140	5017	21%	
	Totaal	**697**	**503**	**51829**		

1 Definitie: aantal ingeschreven studenten per 1 oktober 2019.

2 Definitie: aantal studenten x gemiddeld aantal behaalde studiepunten in het curriculum of ontwerp gerelateerd vak.

3 Definitie: aantal studenten per ontwerpopleiding per vast staflid. Alleen daar aangegeven waar sprake is van volledige inzet door vaste staf in betreffende ontwerpopleiding.

** De opleidingen Creative Technology & Interaction Technology worden wel genoemd omdat ze qua inhoud binnen het sectorbeeld OIW horen; ze zijn echter al meegenomen in de eerdere sectorbeelden Techniek en Beta en daarom tellen we de aantallen studenten hier niet mee.*

*** Een groot deel van de studenten is al meegeteld in andere sectorplannen. We presenteren hier daarom slechts 10% van het totale aantal studenten. De hele opleiding pakt het ontwerpen echter op dezelfde wijze aan als andere opleidingen genoemd in dit sectorbeeld.*

Wetenschappelijk personeel (vast & tijdelijk)

UNI	EENHEID				STAFF *(IN FTE)*
			Vast[1]		Tijdelijk[2]
		Totaal	% vrouw	Totaal	% vrouw
TUD	Industrieel Ontwerpen	81	*45%*	100	*40%*
	Bouwkunde	135	*37%*	156	*37%*
	Techniek, Bestuur & Management	100	*30%*	148	*45%*
	Totaal	**316**		**404**	
TU/e	Industrieel Ontwerpen	37	*39%*	73	*63%*
	Bouwkunde	30	*35%*	90	*37%*
	Technische Bedrijfskunde	52	*40%*	203	*37%*
	Human-Technology Interaction and Ethics	24	*21%*	63	*60%*
	Totaal	**143**		**429**	
UT	Industrieel Ontwerpen	29	*21%*	16	*51%*
	DesignLab			4	*64%*
	Construction Management & Engineering	15,2	*21%*	16,1	*45%*
	Technische Bedrijfskunde/ Industrial Engineering & Management	45	*30%*	15	*40%*
	Totaal	**89,2**		**51,1**	
WUR	Business Management & Organisation	7,9	*38%*	8,5	*91%*
	Environmental Technology	12,2	*20%*	32,9	*55%*
	Human Nutrition & Health	27,2	*64%*	71,4	*86%*
	Landscape Architecture and Spatial Planning	11,6	*33%*	20,5	*58%*
	Public Administration and Policy	7,60	*47%*	9	*39%*
	Totaal	**66,5**		**142,3**	
RUG	Ruimtelijke Wetenschappen en Architecture, Urbanism en Health	14	*57%*	10	*90%*
	Technische Bedrijfskunde *en Technology and Operations Management*	13,9	*14%*	7,4	*31%*
	Totaal	**27,9**		**17,4**	

1 Definitie: faculty[e] = UD, UHD, HL & Tenure trackers (uitzicht op vast); peildatum 31-12-2020.

2 Definitie: tijdelijk WP: PhD's, PDEng & postdocs; peildatum 31-12-2020.

BIJLAGE 4

Arbeidsmarkt-perspectief

Spreiding arbeidsmarktperspectieven binnen WO opleidingscategorieën, NL (2024)

Bron: ROA (POA)

Arbeidsmarktvraag naar universitair geschoolden

	BAANOPENINGEN T/M 2024	INSTROOM T/M 2024
Economie en recht	75100	92800
Journalistiek, gedrag en maatschappij	29700	38600
Kunst, taal en cultuur	27900	27100
Landbouw, wiskunde en natuurwetenschappen	25600	31400
Techniek en ICT	**50800**	**32600**
Gezondheidszorg	48900	30000
Onderwijs	17600	13600

Bron: ROA (AIS)

Colofon

Redactie

TUD Ena Voûte, Frank van der Hoeven, Paul Hekkert, Martijn Warnier, Hans Suijkerbuijk
TUe LinLin Chen, Berry Eggen, Jacob Voorthuis, Geert Jan van Houtum
UT Mascha van der Voort , Geke Ludden, Erwin Hans, Leentje Volker, Bart Koopman, Geert Dewulf
WUR Karin Schroen, Sanda Lenzholzer, Katrien Termeer, Wilfred Dolfsma
RUG Iris Vis, Cor Wagenaar, Jos Arts, Dario Bauso, Terry van Dijk, Annet Kempenaar, Gerald Jonker

Eindredactie

Sonja Knols, Nienke Blaauw

Ontwerp en opmaak

Véro Crickx, Sirene Ontwerpers

Illustratie

Mark van Huystee [p. 12, 13 en 19]

We staan voor grote ontwerp-uitdagingen

Ontwerpende
Ingenieurs
Wetenschappen

OIW

Dit sectorbeeld van de ontwerpende ingenieurswetenschappen beschrijft de grote gemeenschappelijke deler van de verschillende ontwerpdisciplines in Nederland. In aanloop naar het schrijven van dit sectorbeeld hebben we gezamenlijk bepaald waar onze sterkte ligt, en waar we concreet kunnen bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke knelpunten.