



Delft University of Technology

Ingenieurswetenschappen

Rooij, R.M.; Lousberg, Louis

Publication date

2020

Document Version

Final published version

Published in

Inzicht

Citation (APA)

Rooij, R. M., & Lousberg, L. (2020). Ingenieurswetenschappen. In M. Hoekstra, L. Lousberg, R. Rooij, W. Wilms Floet, & S. Zijlstra (Eds.), *Inzicht: Academische vaardigheden voor bouwkundigen 2020-2021_Q1* (pp. 11-18). Delft University of Technology.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

INZICHT - ACADEMISCHE
VAARDIGHEDEN VOOR
BOUWKUNDIGEN

DE REDACTIE, MAARTENJAN HOEKSTRA, LOUIS LOUSBERG,
REMON ROOIJ, WILLEMIJN WILMS FLOET, EN SAKE ZIJLSTRA

Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde

Delft



Inzicht - Academische vaardigheden voor bouwkundigen by De redactie, MaartenJan Hoekstra, Louis Lousberg, Remon Rooij, Willemijn Wilms Floet, en Sake Zijlstra is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), except where otherwise noted.

The above copyright license which TU Delft Open uses for their original content does not extend to or include any special permissions which were granted to us by the rights holders for our use of their content.

Omslag ontwerp: Willemijn Wilms Floet. Foto's en beeld bewerking: Willemijn Wilms Floet. Bronnen: de gevel van de Opera te Parijs uit: Mead, C.C., 1991. Charles Garnier's Paris opéra; architectural empathy and the renaissance of French classicism, Cambridge, Mass: MIT Press. Het fragment stadsplattegrond Parijs uit: Google Aerodata International Surveys 2013.



Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde

Dit boek is mede mogelijk gemaakt door de ondersteuning van het 4TU Centre for Engineering Education: <https://www.4tu.nl/cee/en/>.

**4TU. CENTRE FOR
ENGINEERING EDUCATION**

Voor vragen over, of reacties op het boek, gelieve een bericht te sturen naar Sake Zijlstra: s.zijlstra@tudelft.nl.

HOOFDSTUK 2: INGENIEURSWETENSCHAPPEN

REMON ROOIJ EN LOUIS LOUSBERG

INTRODUCTIE

Zoals in [hoofdstuk 1](#) is aangegeven, neemt bouwkunde als een van de ingenieurswetenschappen een bijzondere plaats in binnen de wetenschappen; een wetenschap ‘in its own right’. In dit hoofdstuk gaan we daar nader op in. Om te beginnen wordt het doel van de ingenieurswetenschappen beschreven en vervolgens wordt de vraag beantwoord wat de ingenieurswetenschappen karakteriseert. Daarbij wordt eerst ingegaan op het verschil met andere wetenschappen, gevolgd door een duiding van twee karakteristieken van de ingenieurswetenschap: de combinatie van ontwerp en onderzoek en context specificiteit.

WAAROM INGENIEURSWETENSCHAPPEN?

Op 8 januari 1842 werd de voorloper van de Technische Universiteit Delft gesticht: ‘de Koninklijke Akademie ter opleiding van burgerlijke ingenieurs zoo voor ‘s lands dienst als voor de nijverheid en van kweekelingen voor den handel’. De Akademie leidde dus zowel ingenieurs als handelsdeskundigen op. De school werd gevormd naar Parijs’ voorbeeld van de École Polytechnique. In 1864 werd de Akademie opgeheven en een Polytechnische School opgericht voor weg- en waterbouw, scheepsbouw, werktuigbouw en mijnbouw. Er was in de moderne wereld inmiddels een grote behoefte aan hoogopgeleide technici. Voor die tijd leerde je techniek of in het leger, of in de praktijk. In 1905 werd de naam veranderd in de

Technische Hogeschool van Delft (TH Delft), werd de opleiding officieel als academische opleiding erkend en kreeg de TH het promotierecht (ius promovendi). Begin 20e eeuw ontstond de faculteit Bouwkunde als afsplitsing van Civiele Techniek. De faculteit Industrieel Ontwerpen werd in 1959 een eigen faculteit, als afsplitsing van Bouwkunde. In 1986 werd de school omgedoopt tot Technische Universiteit Delft (TU Delft).

De Vlamingen spreken over ingenieurs als ‘vernuftelingen’, hoogopgeleide academici die dingen – objecten, artefacten, modellen – uitvinden, ontwerpen en maken. De empirische wetenschappen richten zich op de empirie en hun leidende kennisvraag ‘is het waar?’. Het object van studie van ingenieurs bestaat veelal nog niet, en moet nog ontworpen en gemaakt worden. Hun leidende kennisvraag is ‘werkt het?’ (Klaasen, 2004). Dit verschil zorgt voor specifieke kenmerken van de ingenieurswetenschappen.

WAT KARAKTERISEERT DE INGENIEURSWETENSCHAPPEN?

In tegenstelling tot de empirische wetenschappen die iets zeggen over de bestaande werkelijkheid, zeggen de ingenieurswetenschappen zoals bouwkunde iets over een mogelijke of gewenste werkelijkheid (De Jong, 1992). Zoals in [Hoofdstuk 1](#) is aangegeven, dragen in het algemeen de ingenieurswetenschappen verder de kenmerken van het pragmatisme. Naast die eigenschappen kunnen in het voetspoor van het praktisch en probleem-georiënteerd zijn van de ingenieurswetenschappen nog als karakteristiek genoemd worden dat er sprake is van een relatie tussen ontwerp en onderzoek (Lenzholzer, 2013, 2014) en van context specificiteit (Meijers et al., 2011: 9). Op beide eigenschappen gaan we nader in.

Combinatie van ontwerp en onderzoek

Voordat we ingaan op de combinatie van ontwerp en onderzoek, eerst definities van de delen. Onderzoek definiëren wij als ‘een systematisch onderzoek gericht op het creëren van kennis’ (Snyder, 1984: 2) en ontwerp als ‘het verbeelden van te nemen maatregelen gericht op het veranderen van bestaande in geprefereerde situaties’ (Simon, 1996: 111).

Met betrekking tot de combinatie onderzoek en ontwerp worden in de literatuur drie a vier soorten relaties tussen ontwerp en onderzoek onderscheiden (Horvath 2007 , Frankel & Racine, 2010, Nijhuis & Noortman, 2017): onderzoek naar, voor, door en over ontwerp. Vanwege de veelvuldige referentie in de literatuur aan een driedeling, scharen wij hier onderzoek naar ontwerp onder onderzoek over ontwerp(en).

Onderzoek naar of over ontwerp is dan bijvoorbeeld onderzoek naar de ontwerpen van architect Aldo Rossi of bijvoorbeeld over het ontwerpproces (vgl. Van Dooren et al, 2014), onderzoek voor ontwerp is bijvoorbeeld het houden van een enquête onder toekomstige bewoners naar hun huisvestingsbehoefte. Onderzoek door ontwerp is dan bijvoorbeeld door met behulp van ontwerpen kennis te genereren over woningtypes die in meer situaties gebruikt kan worden. In [hoofdstuk 3.2](#) gaan we daar verder op in.

Context specificiteit

Ingenieursonderzoek is context specifiek. Met context specificiteit wordt bedoeld dat het er in de ingenieurswetenschappen niet om gaat om algemeen geldende waarheden te claimen, maar om waarheden die enkel gelden voor een specifieke uitsnede uit de werkelijkheid – een bepaalde context- zoals bijvoorbeeld een bepaald artefact zoals een gebouw of een machine of bijvoorbeeld bij case studies (zie bijvoorbeeld [hoofdstuk 6.1](#)).

Dat de ingenieurswetenschappen, waaronder bouwkunde, zich onderscheiden van de empirische wetenschappen doordat zij context specifiek zijn (Horvath, 2007: 4, Van Marrewijk, 2010: 214), wordt bevestigd door de Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen (Meijers et al., 2011: 9), een zeer gerenommeerd instituut. Zij stellen criteria voor de kwaliteit van wetenschappelijk werk zoals aantal wetenschappelijke publicaties of aantal ontworpen artefacten en wetenschappelijke impact: de mogelijke bijdrage aan theorievorming en gebruik door anderen. Daarbij worden veelal zogenoemde impact-indicatoren gebruikt, die aantonen of het werk van iemand in de ogen van de peers, de collega's uit de academische gemeenschap, succesvol is.

Het illustreert hoezeer wetenschap en de indeling daarvan in verschillende soorten niet bepaald wordt door een algemeen geldende waarheid, maar door overeenstemming binnen een collectief van mensen, door een bepaalde academische gemeenschap, de peers. Zij doen dit overigens op basis van onderzoeksliteratuur en uitgebreide discussies daarover, waarbij uiteindelijk een consensus wordt bereikt; een volstrekt als normaal (Kuhn, 2003) beschouwde gang van zaken in de wetenschap.

Samenhang van ontwerp en onderzoek en contextspecificiteit

De samenhang van onderzoek en ontwerp enerzijds en de contextspecificiteit anderzijds wordt in het boek *Ways to study and*

research uitgebreid beschreven (De Jong & Van der Voordt, 2002). Er wordt een indeling gepresenteerd die uitgaat van een al dan niet variabel object, en een al dan niet variabele context.

		OBJECT	
		<i>Determined</i>	<i>Variable</i>
CONTEXT	<i>Determined</i>	Design research	Design study
	<i>Variable</i>	Typological research	Study by design

Afbeelding 2.1: typen van ontwerp gerelateerd onderzoek (bron: De Jong, Van der Voordt, 2002; 20).

Als de context en het ontwerp vast staan, dan evalueer je een specifiek plan, project, of ontwerp in een specifieke context: dat wordt design research ofwel ontwerponderzoek genoemd c.q. zoals hierboven aangegeven: onderzoek naar ontwerp. Dat is bekend onder andere van de plananalyse techniek, waarbij je een project of ontwerp van een gebouw, of landschappelijke of stedelijk ensemble, zoals een park, of een buurt, systematisch analyseert.

Een tweede categorie betreft een vaststaande context, maar een niet vaststaand object. Het betreft hier dus onderzoek dat je doet voor een ontwerp dat je moet gaan maken voor een specifieke locatie. Dat heet hier design study, of zoals hierboven aangegeven: onderzoek voor design, zoals je locatie-analyse, of programmatisch onderzoek, dat wil zeggen onderzoek om er achter te komen wat het programma van eisen en/of de ontwerpuitsgangspunten precies moeten zijn.

Als het object vaststaat, maar de contexten zijn variabel heet dat typologisch onderzoek. In ON1 heb je wellicht onderzoek gedaan naar allerlei typen vakantiehuisjes in verschillende landschappen. Typologisch onderzoek levert je veel kennis over dat type object.

En als zowel het object als de context variabel zijn, dan ben je aan het verkennen wat er kan: study by/through design oftewel onderzoek door ontwerp. Dan gebruik je ontwerpen dus als methode om systematisch kennis te ontwikkelen over ontwerpsituaties.

Redeneervormen

Een nader specifiek kenmerk van de ingenieurswetenschappen, is de dominante manier van redeneren die bij ontwerpen gehanteerd wordt. In onderstaande figuur worden vier manieren van redeneren onderscheiden.

Tabel 2.1: redeneerpatronen (bron: Stolk, 2015;66)

Redeneerpatroon	Wat	Hoe	Uitkomst
Deductie	Bekend	Bekend	?
Inductie	Bekend	?	Bekend
Normale abductie	?	Bekend	Bekend
Ontwerpabductie	?	?	bekend

Deductie, inductie en normale abductie zijn kenmerkend voor de empirische wetenschappen. Deductie wordt vooral gebruikt om uit bijvoorbeeld een natuurkundige theorie, zoals de relativiteitstheorie van Einstein, af te leiden welke verschijnselen zich in de werkelijkheid zich dan zouden moeten voordoen, hypothetisch. Vervolgens wordt getoetst door metingen in de werkelijkheid of dat verschijnsel zich dan werkelijkheid voordoet, waarmee de hypothese bewezen wordt. De bevindingen leiden tot zekere conclusies.

Inductie doet dat precies andersom; bij inductie wordt eerst naar de werkelijkheid gekeken van waaruit een theorie wordt afgeleid, ook weer resulterend in een hypothese. Bijvoorbeeld door te kijken naar het gedrag van groepen mensen kunnen hypothesen opgesteld worden over het waarom mensen zich zo gedragen. De bevindingen leiden tot waarschijnlijke conclusies.

Normale abductie werkt weer anders; bij normale abductie wordt gezocht naar de best mogelijke verklaring, zoals bijvoorbeeld in de archeologie: daar worden uit fragmenten van vroegere artefacten conclusies getrokken over hoe mensen indertijd leefden, maar zeker weten doen we het niet. De bevindingen leiden tot mogelijke conclusies.

Een bijzondere vorm van abductie is de ontwerpabductie. Dat is precies de redeneervorm die ontwerpers hanteren (Dorst, 2003); bij de start is zowel onbekend wat er gemaakt / ontworpen moet worden en onbekend is hoe dat gemaakt moet worden. Wel is bekend aan welke eisen het uiteindelijk moet voldoen, wat de uitkomst moet zijn.

De toekomst van de ingenieurswetenschappen

Aan het begin van de 21e eeuw leeft de mensheid in een zeer volatiele, onzekere, complexe en ambigue tijd: continue verandering is de nieuwe constante (Kamp, 2016; 2020). Technologische ontwikkelingen volgen elkaar in rap tempo op. Dit heeft grote gevolgen voor de ingenieurswetenschappen en het ingenieursonderwijs. Aldert Kamp, voormalig directeur onderwijs van de TU Delft faculteit Luchtvaart- en

Ruimtevaarttechniek, wordt gezien als een leader of thought over de toekomst van het ingenieursonderwijs. Hij stelt (Kamp 2016; 2020) dat de ingenieur van de toekomst veel meer en/of andere kennis en vaardigheden nodig heeft dan de 'traditionele' engineering kennis. En die kennis zal continue bijgespijkerd moeten worden.

“The mission statement I defined in my individual capacity earlier for TU Delft’s engineering education, combined with the trends and developments in higher education, the world of work and society, set me thinking about a vision for engineering education in 2030 that encompasses eight key aspects:

1. rigour of engineering knowledge
2. critical thinking and unstructured problem solving
3. Interdisciplinary and systems thinking
4. Imagination, creativity, initiative
5. Communication and collaboration
6. Global mind-set: diversity and mobility
7. Ambitious learning culture: student engagement and professional learning community
8. Employability and lifelong learning.

These aspects are neither exclusive to TU Delft nor to the future. They largely concur with the categories of the Technical, Professional, Personal, Interpersonal and Cross-cultural Engineering Criteria of the Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) and the Revised Attributes of a Global Engineer by the American Society for Engineering Education (ASEE)...” “...Although the attributes in itself are not new, it goes without saying that their relative importance shifts in our changing world, which is a result of the exponential growth of technological breakthroughs, of globalisation and digitalisation, the explosion of knowledge, and the increasing complexity of engineering and societal problems. (Kamp, 2016: 25-26).

TEN SLOTTE

Samenvattend zijn er dus nogal wat kenmerken van de ingenieurswetenschappen waardoor die zich onderscheiden van de empirische wetenschappen: in de diverse vormen van de samenhang van ontwerp en onderzoek met contextspecifiekheid en in de dominante

redeneervorm van ontwerpabductie. Kenmerken die juist door het verkennende, ongewisse karakter maken dat bouwkunde een fantastisch vak is.

BRONNEN

De Jong, T. M. (1992) *Kleine methodologie voor ontwerpend onderzoek*. Amsterdam: Boom Meppel

De Jong, T.M., Van der Voordt, D.J.M. (2002) *Ways to study and research*, Delft, DUP Science.

Dorst, K. (2013) *Academic Design*. Inaugural lecture. Eindhoven.

Frankel, L., & Racine, M. (2010). *The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design*. DRS Montreal—Design and Complexity, 518–529. <https://doi.org/10.5114/amsik.2016.62333>

Horvath, I. (2007) Comparison of three methodological approaches of design research, *Proceedings of International Conference on Engineering Design*, ICED '07, Paris.

Kamp, A. (2016) *Engineering Education in a Rapidly Changing World. Rethinking the Vision for Higher Engineering Education*. Second, revised edition. TU Delft, Delft, the Netherlands.

Kamp, A. (2020) *Navigating the Landscape of Higher Engineering Education. Coping with decades of accelerating change ahead*. TU Delft, Delft, the Netherlands.

Kuhn, T.S. (2003) *De structuur van wetenschappelijke revoluties*. Amsterdam: Boom

Lenzholzer, S. & Brown, R. (2014) Climate-Responsive Positivistic 'Research Through Designing' ECLAS 2014. *Landscape: a place of cultivation* 288-292

Lenzholzer, S., Duchhart, I., Koh, J. (2013) 'Research through designing' in landscape. *Architecture Landscape and Urban Planning* 113 120– 127

Meijers, A., W., M. (2011) *Kwaliteitsbeoordeling in de ontwerpende en construerende disciplines; een systematisch kader*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.

Nijhuis, S., de Vries, J. & Noortman, A. (2017) Praktijkgericht onderzoek in de ruimtelijke planvorming: methoden voor analyse en visievorming. In: Simons, W. & van Dorp, D. (eds.) (2014) Landwerk, p. 257-283

Simon, H. A. (1997). The sciences of the artificial, (third edition). *Computers & Mathematics with Applications* (Vol. 33). [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(97\)82941-0](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(97)82941-0)

Snyder, J. (1984). *Architectural Research*. New York: Van Nostrand Reinhold

Stolk, E. (2015) *Een complex-cognitieve benadering van stedenbouwkundig ontwerpen*. TU Delft, Delft.

Van Dooren, E., Asselbergs, T., Van Dorst, M., Boshuizen, E. and Merriënboer, J. (2013). Making explicit in design education: generic elements in the design process. *International Journal of Technology and Design Education*.

Van Marrewijk, A., Veenswijk, M., Clegg, S. (2010) Organizing reflexivity in designed change: the ethnoventionist approach. *Journal of Organizational Change Management* Vol. 23 No. 3, pp. 212-229 www.emeraldinsight.com/0953-4814.htm