

Ontwerpen van technische innovaties

A surreal landscape with a warm, orange-hued sky. In the foreground, several large, glowing, wireframe spheres of varying sizes are scattered across a dark, rocky terrain. Silhouetted figures of people are interacting with these spheres: one person stands to the left, another is in the middle ground reaching up, and a larger figure on the right is touching a sphere. The overall atmosphere is futuristic and imaginative.

Inge Oskam
Paul Souren
Inge Berg
Abboy Verkuilen

4^e editie



Noordhoff

Ontwerpen van technische innovaties

door onderzoek, creatief denken
en samenwerken

Inge Oskam
Paul Souren
Inge Berg
Abboy Verkuilen
Kevin Cowan
Lukien Hoiting

Vierde editie
Noordhoff Uitgevers Groningen/Utrecht

Ontwerp omslag: Shootmedia
Omslagillustratie: Getty Images

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan:
Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13, 9700 VB
Groningen of via het contactformulier op www.mijnnoordhoff.nl.

De informatie in deze uitgave is uitsluitend bedoeld als algemene informatie. Aan deze informatie kunt u geen rechten of aansprakelijkheid van de auteur(s), redactie of uitgever ontlelen.



Wij maken bij Noordhoff sinds 2009 bewust keuzes om onze impact op het klimaat te verkleinen. We volgen de klimaatdoelen van het Klimaatakkoord van Parijs. Scan de QR-code voor meer informatie over ons duurzaamheidsbeleid.

Zo is dit product gemaakt van FSC®-gecertificeerd papier en ander gecontroleerd materiaal. Wij gebruiken plantaardige inkt en onze lijmen zijn op waterbasis en afbreekbaar. Hierdoor is dit product goed te recycleren na gebruik.



0/26

© 2026 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Utrecht, The Netherlands.

Alle rechten voorbehouden. Tekst- en datamining niet toegestaan.

All rights reserved. Text and data mining not permitted.

ISBN(ebook) 978-90-01-19373-7

ISBN 978-90-01-19372-0

NUR 964

Woord vooraf bij de vierde editie

De eerste editie van dit boek is door Inge Oskam, Lukien Hoiting, Kevin Cowan en Paul Souren geschreven naar aanleiding van het InnovatieLab dat door het lectoraat Technisch Innoveren & Ondernemen is opgezet aan de Hogeschool van Amsterdam (HvA), faculteit Techniek. In het InnovatieLab werken studenten van verschillende ontwerpdisciplines samen met externe opdrachtgevers aan technische innovatievraagstukken uit de praktijk. Dit vroeg om een speciale aanpak voor het doen van onderzoek en het maken van innovatieve ontwerpen in een context waarin door een multidisciplinair ontwerpteam intensief wordt samengewerkt met de opdrachtgever en eventuele ontwikkelpartners.

De tweede en derde editie werden bewerkt door Inge Oskam, Paul Souren en Inge Berg. In de tweede editie voegden we het themahoofdstuk Ondernemen toe, waarin we niet alleen ingaan op de 'technische' zaken van ondernemen, maar ook op het leren ondernemen. Ook besteedden we al meer aandacht aan duurzaam en circulair ontwerpen. In de derde editie zijn we daarin nog een stap verder gegaan. Ontwerpers spelen een cruciale rol bij het ontwikkelen van duurzame technologische oplossingen en kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de transitie naar een circulaire economie. Er zijn in die editie daarom veel nieuwe en inspirerende voorbeelden van duurzame technologische innovaties opgenomen op basis van de Innovatie Top 100 van de Kamer van Koophandel. We zijn Bente Snäll heel dankbaar voor haar hulp hierbij. In de vierde editie zijn deze voorbeelden geactualiseerd op basis van de Innovatie Top 100 van 2025.

De vierde editie is bewerkt door Inge Oskam, Paul Souren, Inge Berg en Abboy Verkuilen. Abboy heeft in deze editie een doorlopende lijn toegevoegd over hoe AI wel en niet doelgericht kan worden ingezet in de fasen van het innovatieproces en in de vijf themahoofdstukken. Je ziet hoe AI als tool routinetaken versnelt (onderzoeken: bronnen verkennen en structureren; creatief denken: varianten genereren; experimenteren: simulaties en testplannen; samenwerken: afspraken, versies en feedback bundelen; ondernemen: waardeproposities en scenario's doorrekenen) en als partner kan meedenken in iteraties en reflecties, waarmee het jou als ontwerper versterkt. Tegelijk markeren we grenzen: AI vervangt geen ontwerpverantwoordelijkheid, en vraagt om transparantie, datakwaliteit, auteursrechtelijke zorg, privacy en het actief reduceren van bias. Zo helpt AI om sneller tot betere, duurzamere keuzes te komen, mits bewust, kritisch en samen gebruikt.

De term AI (Artificial Intelligence, kunstmatige intelligentie) omvat verschillende technologieën. Denk aan machine learning voor patroonherkenning, computer vision voor beeldanalyse, of robotica voor autonome systemen. In dit boek richten we ons specifiek op Generatieve AI: systemen die nieuwe content kunnen creëren zoals tekst, afbeeldingen, code of 3D-modellen. Voor de leesbaarheid gebruiken we door het hele boek de afkorting AI.

De ontwerpmethode die in dit boek wordt gepresenteerd, is beschreven als een praktisch uitgewerkt stappenplan en onderscheidt zich van andere methoden door de nadruk op vijf essentiële ingrediënten van technisch innoveren: samenwerken, onderzoeken, creatief denken, experimenteren en ondernemen. Deze vijf thema's worden in de meeste ontwerp- en innovatiehandboeken slechts in de zijlijnen behandeld. In dit boek krijgen ze volop aandacht en reiken we per thema enkele concrete tools aan die specifiek geschikt zijn voor innovaties waarin techniek en technologie een belangrijke rol spelen en die behulpzaam zijn voor de samenwerking in multidisciplinaire teams.

Multidisciplinair samenwerken aan vraagstukken uit de beroepspraktijk is de laatste jaren de norm geworden in het hoger beroepsonderwijs. De afgelopen jaren is het gebruik van het boek dan ook sterk toegenomen. Niet alleen door ontwerp- en engineeringopleidingen die het boek zien als hulpmiddel om onderzoekend ontwerpen gestructureerder aan te pakken. Het boek wordt ook veel gebruikt in multidisciplinaire minoren waarin behoefte is aan een gemeenschappelijke aanpak en taal om effectief te kunnen samenwerken aan innovaties. Het boek is namelijk ook geschikt voor andere disciplines die tijdens hun studie of werk met (technische) ontwerpers samenwerken. Denk bijvoorbeeld aan bouwkunde, civiele techniek, marketing, ergotherapie en toegepaste psychologie.

In een multidisciplinair projectteam dat aan de slag gaat met het onderzoeken, ontwerpen en realiseren van een technische innovatie is ieder teamlid daadwerkelijk betrokken bij het creëren van de oplossing en dus bij het ontwerpproces. In dit boek spreken we de lezer dan ook aan met *ontwerper* en doelen daarmee op alle teamleden, inclusief degenen zonder technische of ontwerpachtergrond. Voor het gemak duiden we deze ontwerper en andere personen in het boek aan met hij, maar uiteraard kan deze net zo goed een zij zijn. We hopen dat dit boek iedere lezer inspireert en aanzet tot het daadwerkelijk realiseren van technologische oplossingen die een bijdrage leveren aan een duurzamere samenleving.

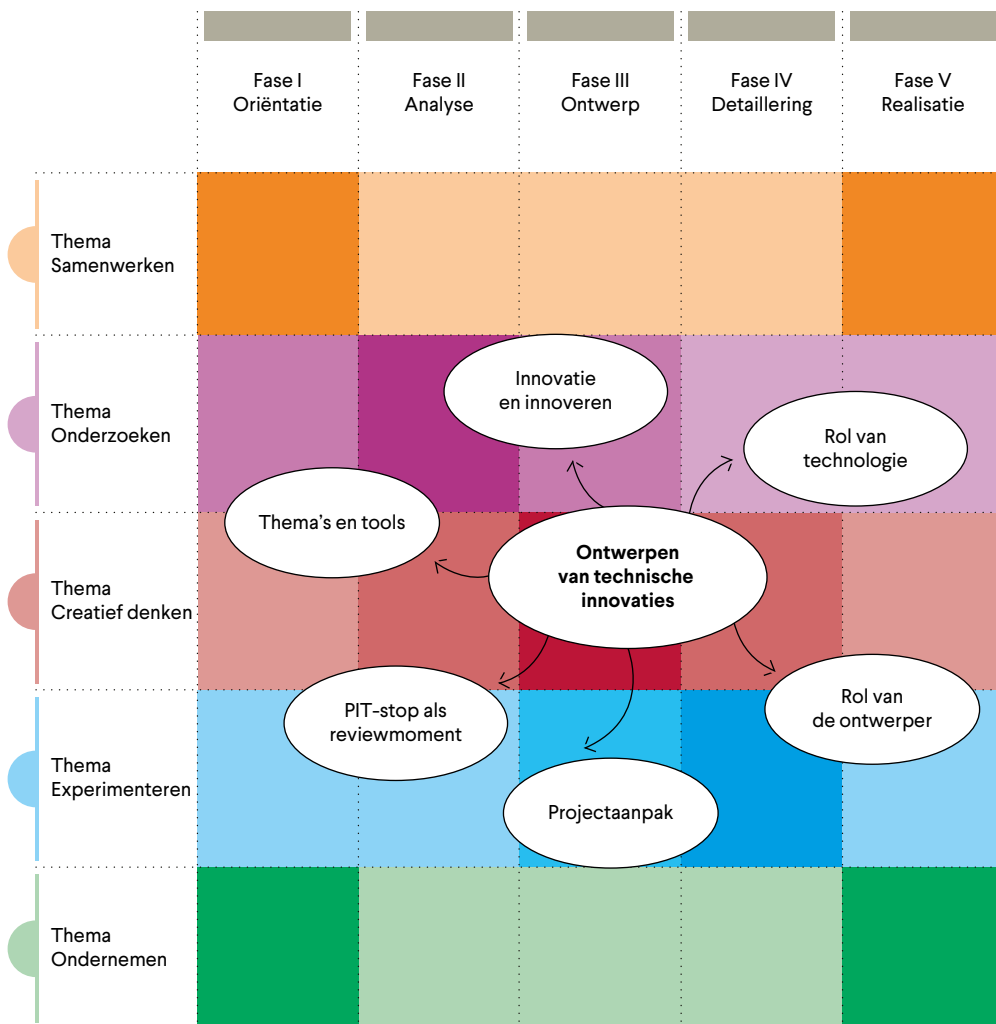
Utrecht, voorjaar 2026
Inge Oskam
Paul Souren
Inge Berg
Abboy Verkuilen

Inhoud

1	Ontwerpen van technische innovaties	9
1.1	Innovatie en innoveren	10
1.2	Rol van technologie	16
1.3	Rol van de ontwerper	21
1.4	Rol van het programma van eisen	27
1.5	Projectaanpak	30
1.6	PIT-stop als reviewmoment	36
1.7	Thema's, tools en AI	39
	Samenvatting	46
2	Fase I Oriëntatie	49
2.1	Voor je begint met de oriëntatiefase	51
2.2	Stap 1 Starten met samenwerken	52
2.3	Stap 2 Probleem en oplossingsruimte verkennen	58
2.4	Stap 3 klantwensen inventariseren	66
2.5	Stap 4 Projectaanpak bepalen	73
2.6	PIT-stop oriëntatiefase	80
	Samenvatting	82
	Meer weten?	84
3	Thema Samenwerken	87
3.1	Wat is samenwerken?	88
3.2	Teamsamenstelling	94
3.3	Effectief samenwerken binnen een team	100
3.4	Samenwerken met de opdrachtgever	109
3.5	Samenwerken met partners	112
	Samenvatting	119
	Meer weten?	121
4	Fase II Analyse	123
4.1	Voor je begint met de analysefase	125
4.2	Stap 1 Probleem en context analyseren	126
4.3	Stap 2 Verkennend ontwerpen en experimenteren	133
4.4	Stap 3 Functies analyseren	137
4.5	Stap 4 Ontwerpcriteria bepalen	146
4.6	PIT-stop analysefase	155
	Samenvatting	158
	Meer weten?	160

5	Thema Onderzoeken	163
5.1	Wat is onderzoeken?	164
5.2	Onderzoeksmethode	167
5.3	Een onderzoek uitvoeren	170
5.4	Onderzoekshulpmiddelen	174
5.5	Soorten onderzoek	186
	Samenvatting	199
	Meer weten?	201
6	Fase III Ontwerp	203
6.1	Voor je begint met de ontwerpfase	205
6.2	Stap 1 Ideeën ontwikkelen voor de hoofdfunctie	206
6.3	Stap 2 Ideeën ontwikkelen voor deelfuncties	212
6.4	Stap 3 Concepten genereren	219
6.5	Stap 4 Het beste ontwerp bepalen	231
6.6	PIT-stop ontwerpfase	237
	Samenvatting	239
	Meer weten?	241
7	Thema Creatief denken	243
7.1	Wat is creatief denken?	244
7.2	Het creatieve denkproces	247
7.3	Divergeren: werkvormen en tools voor ideegeneratie	251
7.4	Convergeren: creatieve ideeën beoordelen en selecteren	263
7.5	Organiseren van een creatieve sessie	269
7.6	Wees zelf creatief	275
	Samenvatting	279
	Meer weten?	281
8	Fase IV Detaillering	283
8.1	Voor je begint met de detailleringsfase	285
8.2	Stap 1 Engineeringmodel maken	286
8.3	Stap 2 Ontwerp detailleren	295
8.4	Stap 3 Prototype maken, testen en verbeteren	303
8.5	Stap 4 Definitief ontwerp documenteren	311
8.6	PIT-stop detailleringsfase	314
	Samenvatting	317
	Meer weten?	319
9	Thema Experimenteren	321
9.1	Wat is experimenteren?	322
9.2	Een experiment opzetten	326
9.3	Testresultaten en conclusies trekken	331
9.4	Modellen maken	336

9.5	Verschillende soorten experimenten	348
	Samenvatting	355
	Meer weten?	357
10	Fase V Realisatie	359
10.1	Voor je begint met de realisatiefase	361
10.2	Stap 1 Begeleiden productievoorbereiding	362
10.3	Stap 2 Begeleiden marktvoorbereiding	373
10.4	Stap 3 Begeleiden introductie, service en onderhoud	381
10.5	Stap 4 Optimaliseren ontwerp en beheersen kwaliteit	388
10.6	PIT-stop realisatiefase	395
	Samenvatting	397
	Meer weten?	398
11	Thema Ondernemen	401
11.1	Wat is ondernemen?	402
11.2	Leren ondernemen	410
11.3	Het businessmodel	415
11.4	De financiële businesscase	422
11.5	De onderneming vormgeven	427
11.6	Blijven ondernemen en innoveren	435
11.7	Een blik in de toekomst van ondernemen met AI	440
	Samenvatting	443
	Meer weten?	445
	Geraadpleegde literatuur	446
	Illustratieverantwoording	450
	Lijst van afkortingen	452
	Register	454
	Over de auteurs	459



Ontwerpen van technische innovaties

In dit hoofdstuk leer je als ontwerper:

- wat productinnovatie is en waarom bedrijven innoveren
- wat de rol is van technologie bij innovatie
- over jouw rol als ontwerper in het innovatieproces
- uit welke fasen het ontwerpen van technische innovaties bestaat
- wat de rol van het PvE is in het ontwerpproces
- wat een PIT-stop is en waarom je die uitvoert
- over de vijf thema's bij het ontwerpen van technische innovaties
- wat tools zijn en waarom je ze inzet

1

1.1	Innovatie en innoveren	10
1.2	Rol van technologie	16
1.3	Rol van de ontwerper	21
1.4	Rol van het programma van eisen	27
1.5	Projectaanpak	30
1.6	PIT-stop als reviewmoment	36
1.7	Thema's, tools en AI	39

1.1 Innovatie en innoveren

Technisch innoveren

Ontwerpproces

PIT-stop

Technisch innoveren is een lang en intensief traject dat, afhankelijk van de opdrachtgever, verschillende startpunten en doelen kent. Als ontwerper ben je vaak bij slechts een deel van het gehele innovatieproces betrokken, maar speel je een belangrijke rol bij het definiëren van het ontwerp en het onderzoeken van de technische haalbaarheid. Het traject dat je hierbij als ontwerper doorloopt, noemen we 'ontwerpen van technische innovaties'. Dit ontwerpproces bestaat uit vijf fasen: oriëntatie, analyse, ontwerp, detaillering en realisatie. Aan het eind van iedere fase voer je een projectreview uit die we de PIT-stop noemen. Tijdens de PIT-stop evalueer je, samen met de opdrachtgever, de voortgang van het project, de innovatie en de samenwerking in het team. Voor het vergroten van de kans op succes van het innovatieproject zijn vijf ingrediënten van belang: samenwerken, onderzoeken, creatief denken, experimenteren en ondernemen. Je krijgt bij ieder thema een aantal tools aangereikt, die je ondersteunen bij het uitvoeren van de activiteiten en die je helpen om tot betere resultaten te komen. AI kan bijdragen aan elke fase van het ontwerpproces en kan alle vijf de belangrijke ingrediënten versterken.

Dit hoofdstuk laat zien wat ontwerpen van technische innovaties inhoudt, wat de rol van de ontwerper daarbij is en hoe de fasen en thema's met elkaar samenhangen. Ook wordt ingegaan op de PIT-stop en de rol van het programma van eisen (PvE) in het ontwerpproces. Voordat we kijken naar technologie, het innovatieproces en jouw rol als ontwerper daarin, bespreken we in deze paragraaf wat innovatie is en waarom bedrijven innoveren.

1.1.1 Wat is innovatie?

Productinnovatie

Innovatie is een breed begrip. Het kan gaan over producten, diensten of processen, maar bijvoorbeeld ook over markten of organisaties. De methode voor het ontwerpen van technische innovaties is gericht op productinnovatie: het innoveren van discrete tastbare producten, maar ook van productsystemen of product-dienstcombinaties. Voor het gemak spreken we in dit boek verder steeds over *product*, maar dat moet je dus breder opvatten. Het maakt niet uit of het innovatie van een consumentenproduct betreft, zoals een elektrische scooter of een smartphone, of een product voor de business-to-businessmarkt, zoals een koelvitrine voor de supermarkt of een operatierobot. Wat wel belangrijk is, is dat er sprake is van een nieuw element dat noodzakelijk is om het product te verbeteren: een nieuwe technologie, een inventieve oplossing of een nieuwe combinatie van bestaande technologieën. Bij innovatie kan het gehele productidee nieuw zijn of er is sprake van nieuw te realiseren functionaliteit. In deze gevallen moet er nog veel worden ontwikkeld en moet bijvoorbeeld onderzocht worden welke technologieën de innovatie mogelijk kunnen maken.

Innovatie

Pas als een idee of vinding ook daadwerkelijk op de markt wordt gebracht, in een behoefte voorziet en daardoor succes heeft, spreken we van een innovatie. Een uitvinding waar niemand op zit te wachten noem je dus geen innovatie. Ook een product dat alleen een andere vormgeving krijgt of een andere kleine verbetering noem je geen innovatie.

De jaarlijkse KvK Innovatie Top 100: inspirerende innovaties uit Nederland

KVK adviseert en ondersteunt ondernemers innovaties te ontwikkelen en te implementeren. Om hen te enthousiasmeren presenteert KVK elk jaar de KVK Innovatie Top 100, een etalage vol succesvolle innovaties uit het midden- en kleinbedrijf. Sinds 2025 kunnen ook startups hun idee inzenden. Een vakjury beoordeelt de innovaties en kiest daarmee de 100 nominaties. Daarna volgen de publieksstemmen. Daarmee zijn de winnaars per categorie bepaald. De hoofjury kiest uit deze vijf de overall winnaar. In 20 jaar is de KVK Innovatie Top 100 uitgegroeid tot de grootste en belangrijkste innovatieprijs voor het mkb. Elk jaar krijgen honderd prachtige innovatieve producten en diensten van Nederlandse bodem een podium.



Om te laten zien met wat voor technische innovaties het Nederlandse mkb bezig is, zijn voor dit boek enkele inspirerende voorbeelden uit de Top 100 2025 geselecteerd. In de editie van 2025 konden inzendingen gedaan worden in vijf categorieën: (1) circulaire economie, (2) energietransitie, (3) arbeidsmarkt en samenleving, (4) agrarisch, water en infrastructuur en (5) gezondheid en voeding. De geselecteerde innovaties zijn te vinden aan het begin van ieder fasehoofdstuk en in enkele voorbeelden door het boek heen. Wil je nog meer inspiratie? Blader dan eens door de inmiddels meer dan 1.500 innovatieve producten en diensten op kvkinnovatietop100.nl.

S

O

C

E

O

1.1.2 Waarom innoveren bedrijven?

Innoveren

Innoveren is belangrijk om oplossingen te vinden voor maatschappelijke uitdagingen en om marktwensen te vervullen, maar innoveren is ook

essentieel voor de continuïteit van bedrijven. Bedrijven moeten anticiperen en reageren op veranderingen, de concurrentie voor blijven, waarde creëren voor de klant en nieuwe initiatieven durven ontplooien.

Anticiperen en reageren op veranderingen

De omgeving van bedrijven is constant in beweging en bedrijven moeten hun producten en processen continu aanpassen aan deze veranderende omstandigheden om concurrerend te blijven. We noemen hier vijf belangrijke ontwikkelingen:

- 1 Verandering van de consument door toenemend zelfbewustzijn en digitale verbondenheid. Dit levert andere behoeften en gedragingen op die van grote invloed zijn op de wijze waarop producenten en diensten gekozen en gebruikt worden.
- 2 De opkomst van nieuwe technologieën, zoals robotisering, kunstmatige intelligentie, ook bekend als artificial intelligence (AI), en biotechnologie. Deze bieden nieuwe mogelijkheden, maar leveren ook ethische dilemma's op.
- 3 Toenemende aandacht voor duurzame ontwikkeling om klimaatverandering, armoede en ongelijkheid tegen te gaan. Grondstoffen en fossiele energie worden schaarser, terwijl de vraag naar energie en nieuwe producten blijft groeien. De duurzame energietransitie en de transitie naar een circulaire economie spelen hierop in.
- 4 Ontwikkeling van nieuwe en strengere wet- en regelgeving, bijvoorbeeld ten aanzien van de veiligheid of de duurzaamheid van een product en de privacy bij producten en diensten waarbij data-uitwisseling plaatsvindt. Maar denk ook aan uitgebreide producentenverantwoordelijkheid om producthergebruik en recycling te stimuleren.
- 5 Opkomst van nieuwe economieën in Azië, Afrika en Latijns-Amerika. Hierdoor ontstaan nieuwe afzetmarkten en mogelijkheden om productie goedkoop uit te besteden, maar er ontstaat ook nieuwe concurrentie.

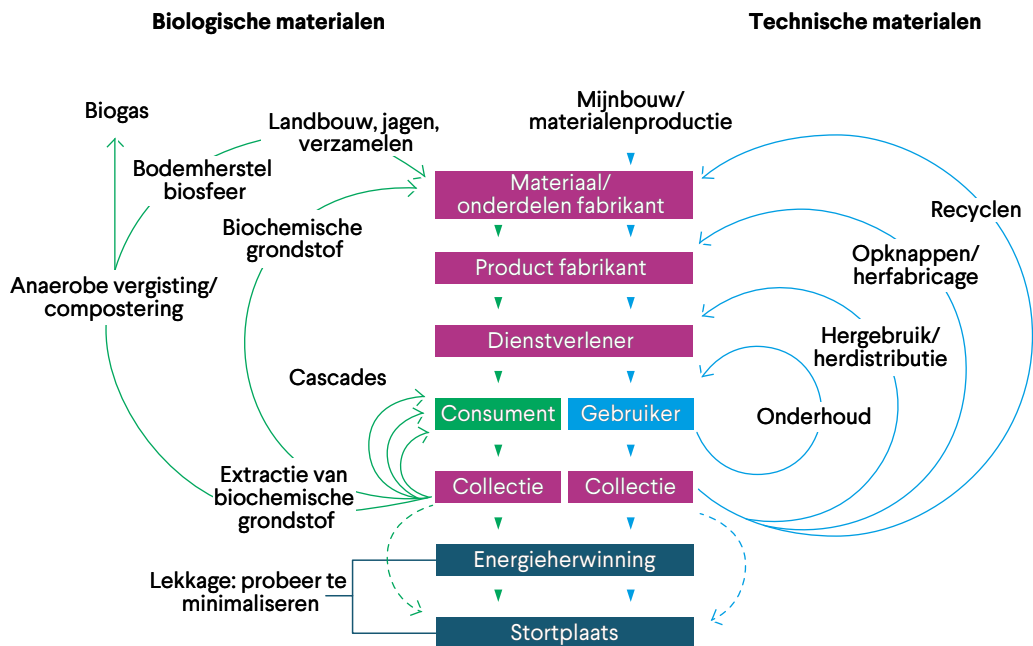
Voor bedrijven is het dus van belang om de trends en ontwikkelingen in hun omgeving te volgen en te anticiperen op nieuwe technologische mogelijkheden. Een van die ontwikkelingen is de transitie naar een circulaire economie, beschreven in voorbeeld 1.1.

Circulaire
economie

VOORBEELD 1.1 | Circulaire economie

In Nederland is veel aandacht voor de transitie naar een circulaire economie. Dit is een economie zonder afval, waarin producten en materialen worden hergebruikt en grondstoffen hun waarde behouden. Anders dan het huidige systeem van een lineaire economie waarin we producten maken, gebruiken en weggooien, kent de circulaire economie geen afval, maar worden producten en materialen zo veel mogelijk opnieuw gebruikt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee kringlopen van materialen. In de biologische kringloop worden materialen en producten gemaakt op basis van natuurlijke en hernieuwbare grondstoffen

en komen deze na gebruik weer veilig terug in de natuur. Dit wordt ook wel de biobased economie genoemd. In de technische kringloop worden producten zo ontworpen dat ze eenvoudig kunnen worden hergebruikt, gerepareerd en tot slot gerecycled, zodat de grondstoffen opnieuw hoogwaardig kunnen worden ingezet. In de circulaire economie wordt dus ook de economische waarde zo veel mogelijk behouden.



Bron: EMF (2014)

De circulaire economie biedt bedrijven veel kansen, bijvoorbeeld ondernemers in de maakindustrie. Producenten van producten die waardevolle grondstoffen bevatten, zoals elektronica en schaarse metalen, zijn er al volop mee bezig. Ook de textiel- en kledingindustrie onderzoekt de mogelijkheden voor terugname, hergebruik en recycling. Enkele circulaire principes en voorbeelden van circulaire producten en diensten van Nederlandse bedrijven zijn:

- **Gebruiken van hernieuwbare grondstoffen en materialen:** denk aan koffiecups gemaakt van biobased composteerbaar materiaal (De Koffiejongens) en matrassen en bedtextiel gemaakt van hennep (door bijvoorbeeld Bedaffair).
- **Ontwerpen voor langdurig gebruik en reparatie:** denk aan een koptelefoon die een leven lang meegaat (Repeat) en een modulaair opgebouwde smartphone die eenvoudig te gereviseerd kan worden (Fairphone).

- *Repareren en herfabriceren van producten:* denk aan het demonteer, schoonmaken en vernieuwen van gebruikt kantoormeubilair tot nieuw te gebruiken producten (Desko).
- *Het product als dienst:* zo koop je geen lamp, maar betaal je de lichturen (Philips) en voor het gebruik van je wasmachine (Bundles) en lease je je spijkerbroek (MUD Jeans).
- *Het delen van producten:* je hebt geen auto in je bezit, maar je maakt gebruik van een deelautosysteem (Greenwheels) en leent gereedschap of een bartafel van je buurman (Peerby).
- *Afval gebruiken als grondstof:* denk aan een skateboard gemaakt van flessendoppen (WasteBoards), tapijt van afgedankte visnetten (Interface) en kleurrijke bakstenen van bouwpuin (stoneCycling).
- *Recycling van materialen:* denk aan 100% recyclebare werkkleding (Dutchspirit) en recycling van autobanden tot carbon black (Black Bear).

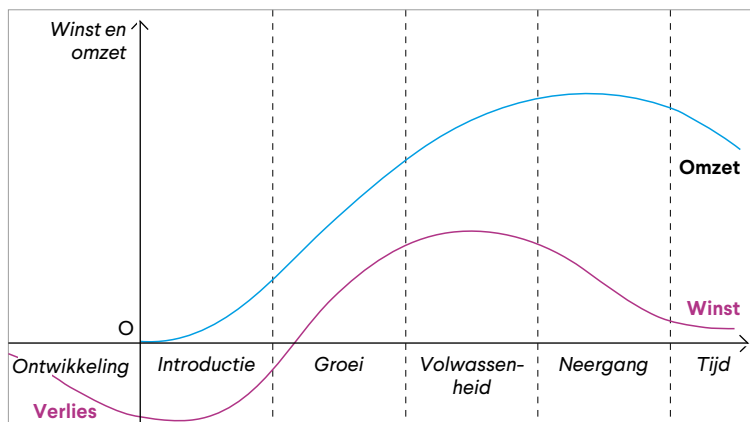
Kijk voor meer informatie en voorbeelden op [Versnellingshuisce.nl](https://versnellingshuisce.nl), [Circonnect.org](https://circonnect.org), [Circulairemaakindustrie.nl](https://circulairemaakindustrie.nl) en Kenniskaarten. hetgroenebrein.nl/kenniskaart/circulaire-economie.

De concurrentie voor blijven

Producten doorlopen nadat ze ontwikkeld zijn doorgaans vier fasen: introductie, groei, volwassenheid en neergang. Dit wordt ook wel de productlevenscyclus genoemd (zie figuur 1.1). In de introductiefase beginnen de eerste verkopen van het product en wordt de eerste omzet gerealiseerd. Als het product aanslaat, komt het product in de groeifase. In de volwassenheidsfase heeft het product een goede positie in de markt verworven en wordt er een goede omzet met het product gemaakt. Op een gegeven moment stappen klanten echter over op een beter alternatief en lopen de verkoopcijfers terug. De neergangsfase is dan aangevangen en uiteindelijk besluit het bedrijf de verkoop te staken.

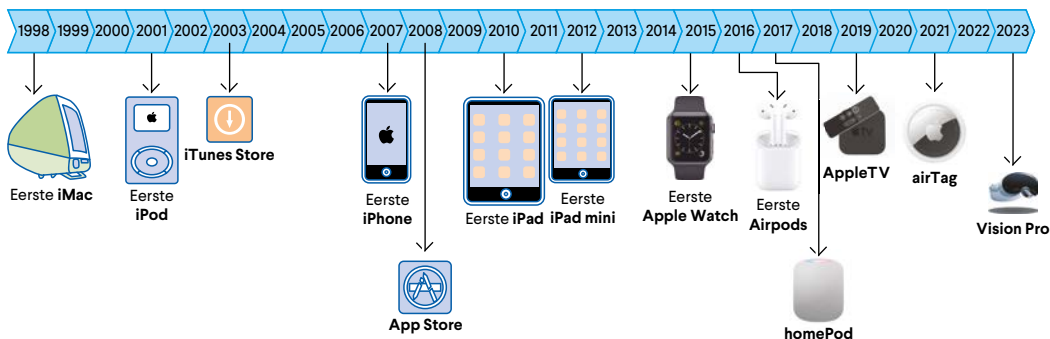
Product-
levenscyclus

Figuur 1.1
De product-
levenscyclus



Doordat de levenscycli van producten steeds korter wordt en de concurrentie toeneemt, moeten bedrijven regelmatig nieuwe producten ontwikkelen en introduceren. Apple is al decennialang een toonaangevend technologiebedrijf dat dit heel gestructureerd doet. Bijna ieder jaar kwam Apple als eerste met een nieuw product of nieuwe functionaliteit op de markt waarmee ze de concurrentie aftroefde (zie figuur 1.2). Nog steeds worden regelmatig nieuwe versies van deze producten geïntroduceerd met weer nieuwe functionaliteit. Op deze manier heeft Apple altijd een product in haar portfolio dat voor een flinke omzet en winst zorgt en waarmee ze nieuwe innovaties kan financieren. Met de introductie van de iPod, iPhone en de iPad heeft Apple de standaard gezet voor de manier waarop we tegenwoordig muziek luisteren, communiceren en informatie tot ons nemen. Ook de aandacht voor esthetisch ontwerp en gebruiksvriendelijkheid, die belangrijke waarden zijn voor de klant, heeft veel navolging gekregen.

Figuur 1.2 Productintroducties door Apple



Waarde creëren

Bedrijven proberen op verschillende manieren waarde te creëren voor de klant. Dit kan met nieuwe of verbeterde producten die beter aansluiten op de wensen van de klant, maar ook met de ontwikkeling van aanvullende producten of diensten of bijvoorbeeld met nieuwe bedrijfsprocessen waarmee ze de klant beter kunnen bedienen. Bij innoveren gaat het dus uitdrukkelijk niet alleen om een technische innovatie. Er is ook een vernieuwing nodig op andere terreinen, bijvoorbeeld op het vlak van de functievervulling, de organisatie, de marktbenadering of het businessmodel. Het uitgangspunt is en blijft hierbij het inspelen op de (toekomstige) wensen van de klant en het creëren van waarde.

Nieuwe initiatieven durven ontplooiën

Tot slot en misschien wel de belangrijkste reden voor het op gang komen van een innovatie is het eigen initiatief en de motivatie van een individu of onderneming. Iemand moet het initiatief nemen om een ontwikkeling op

te starten. Daar hoeft niet altijd een objectief en grondig onderbouwde reden voor aanwezig te zijn, maar er is wel een persoonlijke visie, passie en vertrouwen in het productidee voor nodig. Voor een technische innovatie geldt dat er geen garantie op succes bestaat. Er moet dus risico genomen worden en veel van die initiatieven mislukken dan ook, maar spraakmakende innovaties zijn vaak het gevolg van dappere ondernemers en uitvinders die innovatieve ideeën hebben en durven door te zetten.

1.2 Rol van technologie

Bij innovatie is vaak sprake van een nieuwe technologie of van een bestaande technologie die op een nieuwe manier wordt toegepast. Maar wat verstaan we eigenlijk onder technologie? En wat is de rol van technologie bij innovatie?

1.2.1 Wat is technologie?

Technologie

Met technologie bedoelen we het geheel van processen ten behoeve van het voortbrengen van producten, het realiseren van de functionaliteit van het product en/of de dienst en het verwerken van de materialen aan het einde van de levensduur.

We onderscheiden hierbij vijf typen technologieën:

- *Materiaaltechnologie*: kennis van materialen die in producten gebruikt kunnen worden.
- *Procestechologie*: technologie die noodzakelijk is voor het produceren van materialen en producten en het verwerken van restmaterialen.
- *Producttechnologie*: technologie die in het product gebruikt wordt om bepaalde functionaliteit te realiseren.
- *Informatie- en communicatietechnologie (ICT)*: technologieën op het vlak van informatiesystemen, telecommunicatie, netwerken en computers die noodzakelijk zijn voor het functioneren van producten of het realiseren van diensten.
- *AI-technologie*: technologie op het vlak van kunstmatige intelligentie, machine learning, deep learning en autonome systemen die kan worden ingezet tijdens het innovatieproces en/of nodig is voor het functioneren van producten of het leveren van diensten.

Als ontwerper krijg je regelmatig te maken met de vraag of er nieuwe technologieën zijn die geschikt zijn voor het realiseren van een innovatie. Er zijn veel ontwikkelingen op technologiegebied en het is onmogelijk om hier een volledig overzicht te geven. De belangrijkste ontwikkelingen zijn weergegeven in voorbeeld 1.2. In ieder geval kan gesteld worden dat door deze

technologieën de producten en processen in de toekomst steeds slimmer, kleiner en duurzamer worden. Maar ook worden steeds meer technologieën gecombineerd, waardoor ze nieuwe mogelijkheden bieden. Denk aan de inzet van biotechnologie, waarbij bijvoorbeeld bacteriën gebruikt worden om biobased plastics te maken en planten energie opwekken.

VOORBEELD 1.2 | Nieuwe technologie

De volgende ontwikkelingen zijn op dit moment belangrijk.

Materiaaltechnologie

- *Nanotechnologie*: technologie die werkt met deeltjes in de grootteorde van nanometers (een miljardste van een meter). Toepassingsvoorbeelden zijn zelfreinigende coatings voor ruiten, koolstofbuisjes voor drinkwaterzuivering en rendementsverhoging van fotonische cellen.
- *Smart materials*: materialen die een functie in zich hebben, van eigenschap veranderen of een geheugen hebben; denk aan fotonisch textiel als display en zelfherstellende materialen.
- *Duurzame materialen*: materialen die gebaseerd zijn op hernieuwbare grondstoffen (bijvoorbeeld bamboe en biobased plastics) en/of materialen die na gebruik afbreekbaar zijn en weer een voedingsbodemp vormen voor de omgeving (bijvoorbeeld biologisch afbreekbare kunststoffen).

Procestechnologie

- *Additive manufacturing*: digitale productietechnieken zoals 3D-printen en laser melting, voor het snel en op efficiënte wijze vervaardigen van unieke persoonlijke producten, zoals sieraden en protheses. Biotechnologiebedrijven experimenteren met 3D-printen van organen.
- *Robotisering*: technologie waardoor steeds meer taken worden overgenomen of ondersteund door robots. Toepassing vindt plaats in automatisering van productieprocessen, maar ook in de zorg, bijvoorbeeld voor operaties en zorgverlening daar waar arbeidstekorten optreden.
- *Duurzame energieopwekking*: alle technologieën die erop gericht zijn om met hernieuwbare bronnen energie te produceren. Denk aan zonnepanelen, windturbines, microwarmtekrachtcentrales en brandstofcellen.
- *Recyclingtechnologie*: mechanische en chemische recycling, gericht op het zo hoogwaardig mogelijk terugbrengen van materialen tot waardevolle grondstoffen voor nieuwe productie.

S

O

C

E

O

Producttechnologie

- *Microelectromechanical systems (MEMS)*: uiterst kleine embedded systemen die uit een combinatie van elektronische, mechanische en eventueel chemische componenten bestaan. Denk aan de versnellingsmeter en gyroscoop in je smartphone of een chemisch laboratorium in een pil.
- *Smart machines*: slimme apparaten die in sommige processen menselijke handelingen vervangen, zoals zorgrobots, zelfrijdende auto's en drones.
- *Sensortechnologie*: 'voelers' die bijvoorbeeld temperatuur, druk of straling meten en dat omzetten in een signaal. Nieuwe ontwikkelingen maken sensoren kleiner, sensitiever, robuuster, betrouwbaarder en goedkoper en daardoor geschikt voor steeds meer toepassingen.

Informatie- en communicatietechnologie (ICT)

- *Remote sensing*: het op grote afstand verzamelen van gegevens van een object of van het aardoppervlak, bijvoorbeeld om milieu-problemen in kaart te brengen, voor defensiedoeleinden of voor precisielandbouw.
- *Big data*: het analyseren van de groeiende hoeveelheid gegevens die wordt verzameld, opgeslagen en uitgewisseld door sensoren en apparaten (internet of things). Met de kwantumcomputer kan dit proces in de toekomst veel sneller dan met conventionele computers.
- *Smart grid*: een energienet met een meet- en regelsysteem, zodat vraag en aanbod van energie optimaal op elkaar kunnen worden afgestemd en knelpunten in de energielevering en het energiegebruik kunnen worden opgevangen.

Artificiële Intelligentie-technologie

- *Machine Learning (ML)*: systemen die patronen leren herkennen uit data zonder expliciete programmering. Toepassingsvoorbeelden zijn voorspellend onderhoud van machines, kwaliteitscontrole in productie en optimalisatie van energieverbruik.
- *Deep Learning (DL)*: geavanceerde vorm van machine learning die werkt met kunstmatige neurale netwerken voor complexe patroonherkenning. Denk aan beeldherkenning voor automatische kwaliteitsinspectie, spraakherkenning in slimme apparaten en autonoom rijden.
- *Generatieve AI*: systemen die nieuwe content kunnen creëren, zoals tekst, afbeeldingen, code of ontwerpen op basis van geleerde patronen. Voorbeelden zijn ChatGPT voor tekstgeneratie en brainstormsessies, Open AI's Images 2.0 en Midjourney voor het visualiseren van productconcepten, GitHub Copilot voor software-ontwikkeling en CAD-tools met AI-ondersteuning voor het genereren van ontwerpvarianties.

1.2.2 Rol van de technologie bij innovatie

Hierna geven we eerst antwoord op de vraag of technologie een startpunt is van innovatie of een voorwaarde om de innovatie mogelijk te maken. Daarna gaan we in op de levenscyclus van technologie.

Startpunt of voorwaarde?

Technology push

Market pull

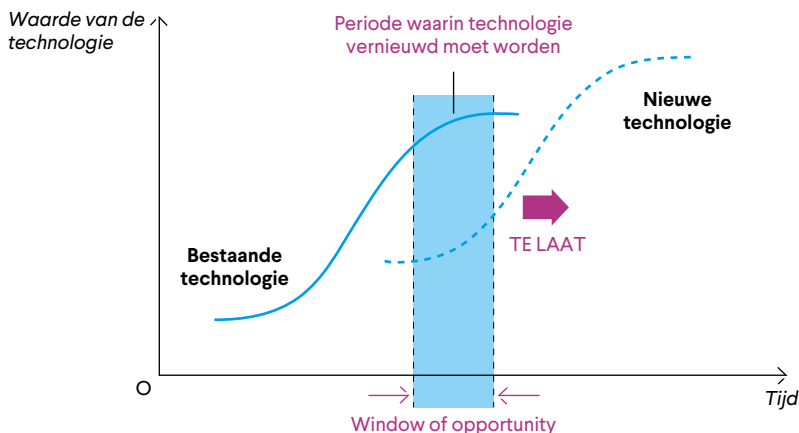
Technologie kan zowel het startpunt zijn van een innovatie als de voorwaarde om een gewenste innovatie mogelijk te maken. Wanneer technologie het startpunt van innovatie is, noemen we dat **technology push**: een nieuwe technologische mogelijkheid (dronetechnologie) biedt een kans voor het verbeteren van een bestaand product of het realiseren van een geheel nieuw product (pakketbezorgservice of crowd control). Wanneer innovatie ontstaat vanuit een marktwens of maatschappelijke behoefte noemen we dat **market pull**: er is een behoefte of een probleem (duurzame mobiliteit in de stad) waarvoor een innovatieve oplossing gevonden moet worden (elektrisch vervoer). Technologie is hierbij vaak onmisbaar om de innovatie daadwerkelijk te kunnen realiseren. Overigens is voor een innovatie altijd een combinatie nodig van een marktbehoefte en van één of meer technologieën die de gewenste oplossing mogelijk maken.

De technologielevenscyclus

Technologielevenscyclus

Niet alleen producten, maar ook technologieën hebben een levenscyclus. De technologielevenscyclus wordt afgebeeld als een S-curve, zoals in figuur 1.3. In de introductiefase zijn nog maar weinig mensen bezig met de nieuwe technologie en is er nog veel onduidelijkheid en onzekerheid over de toepasbaarheid ervan. Als er een aantal succesvolle toepassingen is gerealiseerd, gaan steeds meer onderzoekers zich bezighouden met het verbeteren van de nieuwe technologie: de waarde van de technologie wordt hierdoor groter en verbeteringen volgen elkaar snel op (de steile lijn van de S-curve: de groeifase).

Figuur 1.3
Technologie S-curve en de Window of opportunity



Er ontstaat een standaard en de onzekerheid over het toepassen van de technologie is sterk verminderd. Op een gegeven moment kost het steeds meer moeite om de technologie nog verder te verbeteren: de technologie is volwassen. Doordat de technologie natuurlijke beperkingen heeft (het kan niet meer sneller, beter of kleiner) bereikt hij zijn maximale waarde. De lengte van de levenscyclus kan sterk variëren. In de medische sector is de levenscyclus over het algemeen heel lang. In de ICT volgen ontwikkelingen elkaar echter heel snel op.

Wanneer een bedrijf een bepaalde technologie gebruikt, moet het zich bewust zijn van de mate van volwassenheid van de technologie en van de ruimte voor verbetering die er nog is. Is er weinig ruimte meer en dient zich een nieuwe opvolgende technologie aan, dan is het misschien tijd om over te stappen. Er is een 'window of opportunity'. Soms veroorzaakt de opkomst van een nieuwe technologie een ware revolutie. AI zou weleens zo'n revolutionaire systeemtechnologie kunnen zijn die meerdere sectoren gaat veranderen. Daarom zetten bedrijven nu volop in op AI in hun producten. Ze willen niet te laat zijn bij deze technologische revolutie. Kijk maar eens naar fotocamera's (zie voorbeeld 1.3).

VOORBEELD 1.3 | **Fotografie**

Lange tijd was analoge fotografie – fotograferen op een rolletje 35 mm-film – de standaard. Met de digitalisering deed ook de digitale fotografie haar intrede. Hoewel digitale fotografie in het begin een minder scherp beeld had en minder mooie kleuren dan analoge fotografie, stapte een aantal camerafabrikanten over. Ander producenten vonden de technologie inferieur en dachten dat de belangstelling wel weer over zou waaien. Digitale fotografie had echter een belangrijk voordeel ten opzichte van analoge fotografie: je kon direct zien of de foto gelukt was. De digitale camera werd hierdoor populair en de ontwikkeling van de digitale fotografie werd versneld, met als gevolg dat de resolutie en de kleuren steeds beter werden. Vervolgens maakte AI-fotografie de volgende sprong mogelijk. Smartphones introduceerden computational photography met automatische scèneherkenning, realtime beeldverbetering en intelligente camera-instellingen. Analoge fotografie is inmiddels bijna volledig verdwenen en verschillende bedrijven, die zich te laat bewust waren van de digitale revolutie die plaatsvond, hebben de deuren moeten sluiten. De digitale fotografie heeft zich verder ontwikkeld naar AI-enabled fotografie, waarbij smartphones met computational photography traditionele digitale camera's grotendeels hebben vervangen. AI-algoritmen zorgen nu voor automatische scherpstelling, belichting, portretmodus, nachtfotografie en zelfs het wegwerken van ongewenste objecten en ruis. Camerafabrikanten die

aanvankelijk dachten dat smartphones nooit de kwaliteit van professionele camera's zouden evenaren, integreren nu zelf AI-functies om relevant te blijven.

1.3 Rol van de ontwerper

Als ontwerper werk je bij een ingenieurs- of ontwerpbureau of een ontwikkelafdeling van een bedrijf, of je maakt deel uit van een ontwerpteam. Het maakt daarbij niet uit of je nu wel of geen technische of ontwerpachtergrond hebt. Ook als je bijvoorbeeld als psycholoog, bedrijfskundige of marketeer bij een ontwerpproces betrokken bent, noemen we je op dat moment ontwerper.

Je werkt voor een interne of externe opdrachtgever die je hulp vraagt bij het innovatieproces. Vaak komt de opdrachtgever bij je met een innovatie-idee of concreet technisch innovatieprobleem en vraagt je bepaalde activiteiten uit te voeren omdat hij zelf niet de kennis, capaciteit of faciliteiten heeft om het project uit te voeren. Je bent als ontwerper dus slechts bij een deel van het innovatieproces betrokken. In deze paragraaf wordt beschreven welke competenties een ontwerper moet bezitten, wat zijn rol is in het innovatieproces van de opdrachtgever en wat zijn rol is in het beheersen van de risico's die gepaard gaan met innoveren.

1.3.1 Competenties van de technisch ontwerper

Competentie

Om als ontwerper aan een technische innovatie bij te kunnen dragen, moet je daarvoor ook competent zijn. Een competentie bezitten is het beheersen van de juiste kennis, vaardigheden en houding voor een bepaalde taak in een bepaalde context. De kennis en vaardigheden zijn voor ieder vakgebied verschillend, de vereiste houding is meer generiek. Het domein HBO Engineering (Hbo-engineering.nl) heeft acht competenties gedefinieerd die voor technisch ontwerpers van belang zijn. Afhankelijk van de aard van de taak, de context en de zelfstandigheid opereert de ontwerper op niveau 0, 1, 2 of 3 per competentie. Technische hbo-studenten moeten alle acht competenties op het, voor hun opleiding, vereiste niveau brengen. Dit leerboek helpt je om activiteiten te vinden die aan de ontwikkeling van die competenties kunnen bijdragen. In tabel 1.1 zijn de acht engineering-competenties genoemd en staat aangegeven welke hoofdstukken van dit boek vooral van toepassing zijn.

Tabel 1.1 Acht competenties hbo-engineering

Competentie	Samenvatting	Hoofdstuk
1 Analyseren	Engineers zijn in staat om een probleem of klantbehoefte te identificeren, mogelijke ontwerpstrategieën of oplossingsrichtingen af te wegen en eisen, doelstellingen en randvoorwaarden in kaart te brengen. Ze kunnen hierbij diverse methoden gebruiken, waaronder wiskundige analyses, computermodellen, simulaties en experimenten.	H2 Oriëntatie H4 Analyse H5 Onderzoeken
2 Ontwerpen	Engineers hebben kennis van ontwerpmethodieken en kunnen deze toepassen. In samenwerking met anderen kunnen ze een engineering-ontwerp maken voor een apparaat, proces of methode. Ze weten de impact ervan in te schatten op maatschappij, gezondheid, veiligheid, milieu, duurzaamheid, ethische aspecten en commerciële consequenties.	H6 Ontwerp H7 Creatief denken H8 Detaillering
3 Realiseren	Engineers kunnen een product, dienst of procesimplementatie realiseren en opleveren volgens vooraf gestelde eisen. Ze maken daarbij gebruik van hun kennis over materialen, computersimulatiemodellen, engineering-processen en apparatuur. Ook weten ze technische literatuur en informatiebronnen te raadplegen.	H8 Detaillering H9 Experimenteren H10 Realisatie
4 Beheren	Engineers weten hoe een product, dienst of proces optimaal functioneert in de toepassingscontext of werkomgeving. Ze houden hierbij rekening met de gehele levenscyclus en met aspecten als veiligheid, (digitale) kwetsbaarheid, duurzaamheid, levensduur, ontmanteling en afvoer.	H10 Realisatie
5 Managen	Engineers geven richting en sturing aan organisatieprocessen en de daarbij betrokken medewerkers om de doelen te realiseren van het organisatieonderdeel of het project waaraan zij leidinggeven.	H2 Oriëntatie H3 Samenwerken H11 Ondernemen
6 Adviseren	Engineers geven goed onderbouwde adviezen over het ontwerpen, verbeteren of toepassen van producten, processen en/of methoden.	H2 Oriëntatie H10 Realisatie
7 Onderzoeken	Engineers hebben een kritisch onderzoekende houding en gebruiken de juiste methoden en technieken om informatie te vergaren en te beoordelen en om toegepast onderzoek uit te voeren. Denk hierbij aan bronnenonderzoek, het ontwerp en de uitvoering van experimenten, de interpretatie van data en computersimulaties en het raadplegen van databanken, gebruikers, standaarden en (veiligheids)normen.	H5 Onderzoeken H9 Experimenteren
8 Professionaliseren	Afgestudeerde engineers hebben vaardigheden die nodig zijn om hun engineeringcompetenties effectief uit te voeren en houden deze bij. Dit omvat onder meer het hebben van een internationale oriëntatie, het kunnen plaatsen van nieuwe ontwikkelingen en het ontwikkelen van eigen (leer)resultaten middels zelfreflectie en zelfbeoordeling.	H2 Oriëntatie H3 Samenwerken H11 Ondernemen

Bron: Hboengineering.nl

De afgelopen jaren is er een nieuwe competentie bijgekomen: slim omgaan met AI. AI-geletterdheid is het vermogen om de principes en toepassingen van kunstmatige intelligentie te begrijpen, kritisch te evalueren en effectief te gebruiken in verschillende contexten. Als onderdeel van de competentie digitale geletterdheid wordt deze competentie steeds belangrijker voor technische ontwerpers. Sinds februari 2025 verplicht

de Europese AI-verordening bedrijven zelfs om hun medewerkers AI-geletterd te maken.

Voor jou als ontwerper biedt dit nieuwe kansen. AI kan je vaardigheden flink versterken: denk aan slimme data-analyse voor het onderzoeken van problemen, AI die je helpt bij het bedenken van concepten en AI-tools die literatuuronderzoek veel sneller maken. Het belangrijkste is dat je leert wanneer je AI wel en niet moet gebruiken, hoe je de resultaten kritisch kunt beoordelen en welke ethische vragen spelen bij AI-gebruik in jouw innovatieprojecten.

Het is belangrijk dat je je eigen denkwijze begrijpt en inziet hoe die aansluit bij (of botst met) de manier van denken van je teamgenoten. Dit geldt zowel voor menselijke teamleden als voor AI-systemen. Zie AI-systemen als hulpmiddelen waarmee je samenwerkt, maar neem zelf de leiding in het maken van keuzes en blijf verantwoordelijkheid dragen voor de beslissingen, aldus Kathryn Jablow, decaan van de School of Engineering aan de Manhattan University, in Forbes.

AI-TIP

AI ALS GEREEDSCHAP EN PARTNER

AI vormt een waardevolle aanvulling op je gereedschapskist als ontwerper. Deze technologie kun je tijdens het hele innovatieproces inzetten – van het verkennen van de oplossingsruimte in de oriëntatiefase tot het opstellen van documentatie in de realisatiefase. Zie AI als een slimme assistent die je helpt bij het genereren van ontwerpvarianten, analyseren van onderzoeksdata en formuleren van technische hypothesen.

De samenwerking met AI verloopt volgens het mens-machine-mens-principe. Jij formuleert als ontwerper een heldere opdracht met duidelijke parameters en rijke context, AI genereert oplossingen binnen deze kaders en jij evalueert kritisch de resultaten en neemt de ontwerpbeslissingen. Je blijft dus altijd eindverantwoordelijk voor het ontwerp. AI ondersteunt, maar vervangt je vakmanschap niet. Vergelijk het met samenwerken met een stagiair: de stagiair kan vaak prima taken uitvoeren, mits er duidelijke instructies zijn en de ontwerpcontext is toegelicht en uiteraard draagt de stagiair geen verantwoordelijkheid voor het eindresultaat.

Een stap verder gaat agentic AI, waarbij agents meer autonoom kunnen werken. Deze systemen plannen zelfstandig meerdere stappen, roepen verschillende tools aan en werken iteratief naar een vooraf door de mens bepaald doel. Je kunt agents bijvoorbeeld inzetten voor complexe analyses, waarbij je ze behandelt als junior teamleden met duidelijke rollen en beperkingen.

S

O

C

E

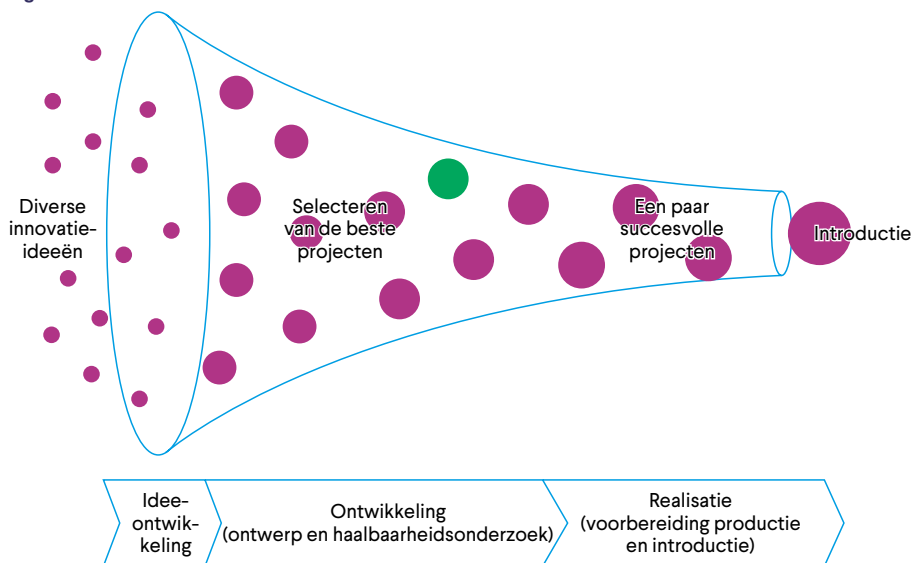
O

Door AI slim in te zetten, verkort je ontwikkelcycli, vergroot je de ontwerpruimte en verrijk je je eigen ontwerpintelligentie. Je kunt meer alternatieven verkennen in minder tijd. Essentieel blijft wel je kritische blik: toets aannames, stel vragen over gegenereerde oplossingen en documenteer zowel opdrachten als resultaten in je ontwerp dossier. Deze iteratieve werkwijze, waarbij jouw expertise centraal staat, leidt tot innovatievere en beter onderbouwde ontwerpresultaten.

1.3.2 Rol in het innovatieproces van de opdrachtgever

Omdat innoveren zoveel risico's en onzekerheden met zich meebrengt, spreiden bedrijven vaak het risico. Ze starten meerdere innovatieprojecten tegelijkertijd met de verwachting dat een van deze projecten ook echt voldoende interessant en haalbaar blijkt om te lanceren. Een bedrijf start dus met meerdere innovatie-ideeën en neemt op basis van tussenresultaten de beslissing om een deel van deze projecten te stoppen en met de meest-belovende projecten door te gaan. Dit wordt wel de innovatietrechter genoemd (zie figuur 1.4): van een veelheid aan ideeën via ontwikkeling en realisatie naar de ontwikkeling van enkele projecten. Door AI te gebruiken als partner kunnen bedrijven meer ideeën ontwikkelen en slimmere beslissingen nemen over welke innovaties ze doorzetten.

Figuur 1.4 Innovatietrechter



Innovatieproces

Het innovatieproces dat de opdrachtgever doorloopt, begint bij het bedenken van een grote hoeveelheid ideeën voor innovatie en eindigt bij de introductie van slechts een paar innovaties in de markt of in het bedrijf.

Het gehele innovatieproces bestaat uit het oogpunt van de opdrachtgever uit de volgende drie onderdelen:

- 1 ideeontwikkeling
- 2 ontwikkeling (ontwerp en haalbaarheidsonderzoek)
- 3 realisatie (voorbereiding productie en introductie)

Ad 1 Ideeontwikkeling

Het bedrijf bedenkt diverse innovatie-ideeën vanuit nieuwe technologie of klantvragen en selecteert de ideeën die passen bij de strategie van het bedrijf en die veel potentie lijken te hebben. Voor deze ideeën worden innovatieprojecten geformuleerd. Dit zoekproces wordt ook wel het *fuzzy-front-end* van innovatie genoemd en wordt in dit boek verder niet beschreven.

Ad 2 Ontwikkeling (ontwerp en haalbaarheidsonderzoek)

Het bedrijf start verschillende innovatieprojecten die vaak parallel aan elkaar worden uitgevoerd. Per project wordt onderzoek gedaan en een programma van eisen (PvE) opgesteld, worden verschillende ideeën en concepten ontwikkeld en wordt een definitief ontwerp gemaakt en getoetst. Een aantal van deze projecten wordt voortijdig gestopt, bijvoorbeeld omdat na een prototypetest blijkt dat het ontwerp toch niet haalbaar is of dat er toch geen marktbehoefte is. De projecten die de eindstreep wel halen, zijn voldoende interessant om daadwerkelijk te realiseren.

Ad 3 Realisatie (voorbereiding productie en introductie)

De projecten die de haalbaarheidstoets hebben doorstaan, gaan een realisatietraject in. Het ontwerp wordt productierijp gemaakt en er wordt een proefserie van het product gemaakt. Ook hier worden tests uitgevoerd op basis waarvan soms alsnog de beslissing wordt genomen om het project te stoppen en het product niet op de markt te introduceren. Is de acceptatietest succesvol, dan wordt het product gelanceerd.

1.3.3 Het vroegtijdig onderzoeken van risico's

Bij ieder innovatieproces bestaat onzekerheid over de commerciële en technische haalbaarheid van de innovatie. Maar weinig van de gestarte innovatieprojecten worden daadwerkelijk succesvol op de markt gebracht. Dit betekent dat veel projecten voortijdig stranden, bijvoorbeeld omdat ze technisch niet haalbaar blijken of commercieel of strategisch toch niet interessant zijn. Om te voorkomen dat je onnodig veel geld uitgeeft, wil je, voordat grote investeringen gedaan moeten worden, de risico's zo veel mogelijk afdekken en anders het project een halt toeroepen als het niet haalbaar blijkt. Figuur 1.5 laat dit zien. Voor iedere fase die wordt doorlopen, is een bepaalde hoeveelheid kennis nodig om risico's te verminderen

S

O

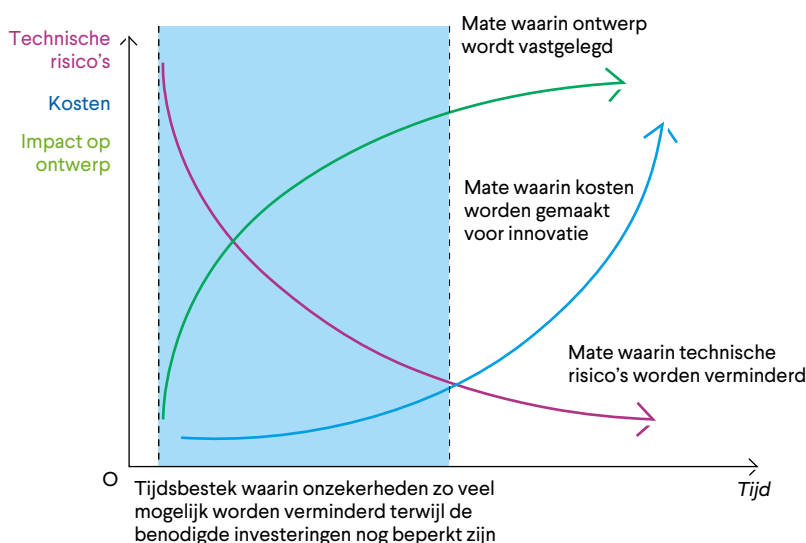
C

E

O

en het ontwerp steeds een stukje verder vast te leggen. In het begin van het innovatieproces zijn de kosten die hiermee gepaard gaan nog beperkt, terwijl de stappen die dan worden genomen wel heel erg bepalend zijn voor het ontwerp (blauwe pijl) en voor het verminderen van de risico's (groene pijl). Echter, op het moment dat het ontwerp gereed is, moeten flinke investeringen worden gedaan (rode pijl). Matrijzen en onderdelen bestellen, een organisatie voor de distributie, verkoop of support opzetten en marketing-instrumenten ontwikkelen, vergen stuk voor stuk grote sommen geld. Door een AI-model te trainen met de data van eerdere innovatietrajecten kan deze vaak een goede voorspelling doen van de kosten. Deze investeringen wil een opdrachtgever alleen doen als hij zeker weet dat de innovatie technisch realiseerbaar en commercieel interessant is. Een goed functionerend prototype is dan onmisbaar om de juiste beslissing te nemen ten aanzien van het wel of niet doorzetten van het innovatieproject.

Figuur 1.5
Risico's en
investeringen



Omdat in de ontwerpfase de benodigde investeringen nog beperkt zijn, is het belangrijk om juist dan zo veel mogelijk onzekerheden te verkleinen. Door het probleem zo goed mogelijk te onderzoeken en de gevonden oplossingen te toetsen door middel van experimenten en prototypen, kunnen de meeste technische risico's vroegtijdig worden weggenomen. Voor dit deel van het innovatieproces is jouw hulp als onderzoekende ontwerper noodzakelijk. Het in dit boek beschreven ontwerpproces biedt hiervoor de nodige handvatten.

1.3.4 Criteria duidelijk krijgen

De opdracht, de opdrachtgever en de omgeving stellen eisen aan de beoogde innovatie. Projecten waarin een nieuw product wordt ontwikkeld, blijken achteraf lang niet altijd even succesvol als was gewenst. Veelvoorkomende oorzaken hiervan zijn:

- onvoldoende zicht op wat de eindklant wil
- onduidelijke of conflicterende doelstellingen
- onrealistische verwachtingen bij de start van het project
- veranderende inzichten en daardoor nieuwe eisen tijdens het project

De ontwerper speelt een belangrijke rol bij het helder krijgen van de doelstellingen en randvoorwaarden en het daarbij betrekken van de (eind) gebruiker van het product en andere stakeholders. Deze criteria worden vastgelegd in het programma van eisen (PvE) waarvoor alle betrokkenen bij het project akkoord moeten geven. Tijdens het innovatieproces ondersteunt het PvE de communicatie en discussie over de criteria en de randvoorwaarden die aan de innovatie worden gesteld. Deze discussie vindt plaats binnen het ontwikkelteam, met de opdrachtgever, maar bijvoorbeeld ook met de marketingafdeling, de productieafdeling of met de ontwikkelpartners. Het PvE is daarmee een belangrijk hulpmiddel bij het beheersen van risico's tijdens het innovatieproces.

Programma van eisen (PvE)

1.4 Rol van het programma van eisen

Het programma van eisen (PvE) is een belangrijk hulpmiddel tijdens het ontwerpproces. Het doel van het PvE is drieledig:

- 1 Dienen als uitgangspunt voor het creatieve denkproces om te komen tot ideeën voor de beoogde innovatie.
- 2 Toetsen of voorgestelde ideeën of ontwerpen daadwerkelijk oplossingen zijn voor het gestelde probleem en om gedurende het project keuzes te maken tussen alternatieven.
- 3 Vastleggen van het definitieve ontwerp, zodat dit als uitgangspunt kan dienen voor het gereedmaken van het ontwerp voor productie.

Aan het begin van een innovatieproject moet het PvE voldoende ontwerp-vrijheid bieden om tot goede oplossingsalternatieven te komen. Later in het proces, wanneer het ontwerp verder komt vast te liggen, wordt ook het PvE specifieker. Het PvE is dus een groeiend document waaraan in iedere fase weer elementen toegevoegd worden. Ook al vul je niet meteen ieder hoofdstuk in, het is toch handig om van tevoren de inhoudsopgave voor het complete document vast te leggen (zie 1.1).

S

O

C

E

O

TOOL 1.1 Inhoudsopgave van een PvE

- *Titelblad* (onder andere datum, versienummer en auteurs)
- *Inleiding* (projectachtergrond, probleemstelling en eventueel functiebeschrijving enzovoort)
- *Doelgroepbeschrijving*
- *Overzicht klantwensen* (met eventueel hun belangrijkheid per doelgroep)
- *Overzicht ontwerpcriteria* (met een heldere indeling, genummerde criteria, onderscheid tussen eisen en succescriteria enzovoort)
- *Overzicht specificaties* (met zo nodig verwijzingen naar relevante normen)
- *Bijlagen* (denk aan gebruikte bronnen, personen betrokken bij het opstellen van het PvE, relevante normen enzovoort)

Drie soorten criteria

In het PvE worden drie soorten criteria onderscheiden die gaandeweg tijdens de verschillende fasen van het ontwerpproces worden bepaald. De drie soorten criteria zijn:

- 1 *Klantwensen*: de stem van de klant en de gebruikers
- 2 *Ontwerpcriteria*: eisen en randvoorwaarden van verschillende belanghebbenden
- 3 *Specificaties*: beschrijving van het ontwerp en de productie

Ad 1 Klantwensen

Klant

Klantwensen zijn criteria die beschrijven waaraan het eindproduct moet voldoen om invulling te geven aan de behoeften van de klant. Met klant bedoelen we hier de (eind)gebruiker en dus niet de opdrachtgever. Klantwensen beschrijven de functionaliteit die de gebruikers wensen. Bijvoorbeeld: 'het product is comfortabel.' Ze zijn vaak wat vaag geformuleerd, maar bieden een goed startpunt voor de ontwerper om de eerste ideeën en oplossingsrichtingen te bedenken en te evalueren.

Ad 2 Ontwerpcriteria

Eisen

Succescriteria

Ontwerpcriteria zijn de criteria die de oplossingsruimte voor de ontwerper afbakent. Ze zijn het resultaat van de analysefase (fase II) en respecteren naast de wensen van de klant ook de criteria die de opdrachtgever en bijvoorbeeld normen en wetgeving aan de innovatie stellen. Bijvoorbeeld: 'het product moet gefabriceerd kunnen worden met de aanwezige productiemiddelen.' Bij ontwerpcriteria wordt een onderscheid gemaakt tussen eisen en succescriteria. Eisen zijn voorwaardelijk (het ontwerp moet hieraan voldoen) en succescriteria zijn onderscheidend (hoe meer een ontwerp hieraan voldoet, hoe beter).

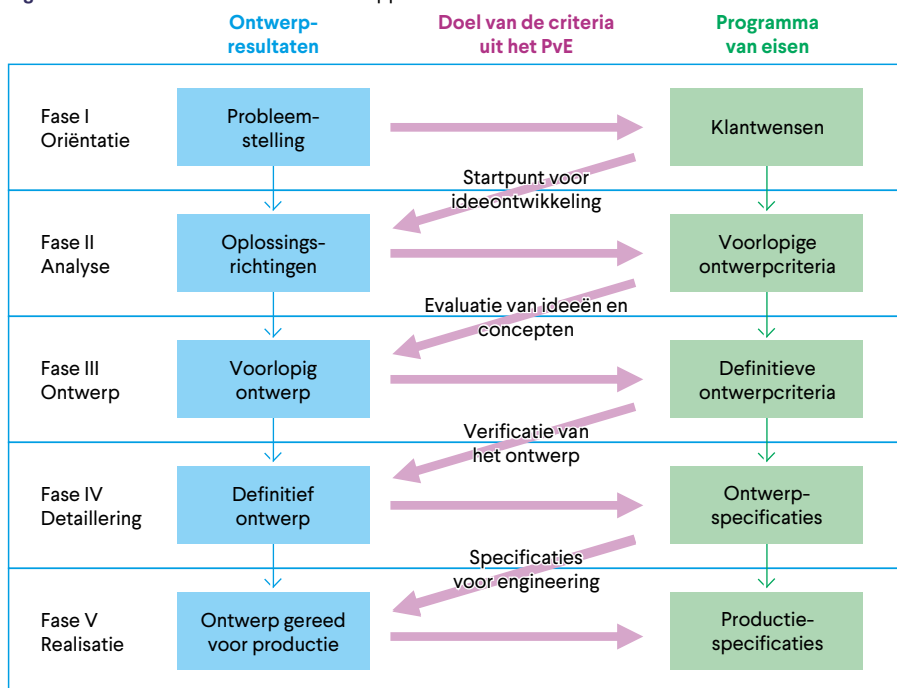
Ad 3 Specificaties

Specificaties zijn precieze afspraken over de geometrie en/of het materiaal van het product en leggen het ontwerp vast ten behoeve van engineering, productie of uitbesteding. Bijvoorbeeld: 'de diameter van het handvat moet 25mm zijn.' Een PvE dat volledig uit specificaties bestaat, laat geen ruimte meer voor creativiteit: het is een ontwerpdefinitie. Pas aan het eind van het ontwikkelproces zal het PvE die vorm kunnen hebben.

Rol van het PvE in het ontwerpproces

Figuur 1.6 laat zien hoe de klantwensen via ontwerpcriteria worden vertaald naar specificaties en hoe ze gebruikt worden in het innovatieproces.

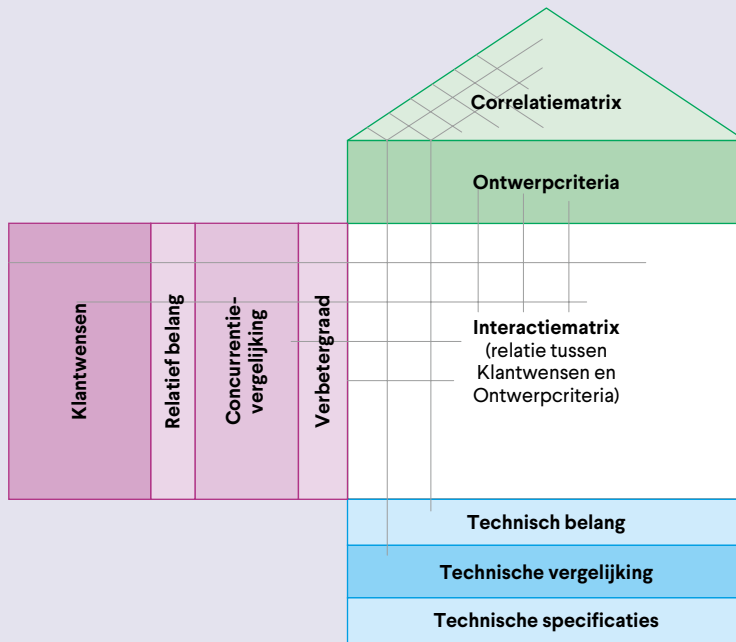
Figuur 1.6 De rol van het PvE in het ontwerpproces



Het startpunt voor het PvE is de probleemstelling. Deze vertaal je tijdens de oriëntatiefase (fase I) naar een lijst met klantwensen op basis waarvan je de eerste oplossingsrichtingen kunt bedenken. Nadat een richting is gekozen, vertaal je de klantwensen naar ontwerpcriteria en inventariseer je criteria die voortkomen uit bijvoorbeeld normen en randvoorwaarden van de opdrachtgever. Tijdens de analysefase (fase II) stel je een lijst met voorlopige ontwerpcriteria op, die je pas aan het eind van de ontwerpfase (fase III) definitief maakt. Pas in de detailleringfase (fase IV) stel je specificaties op voor het nieuw ontworpen product of de productie. Tot die tijd kunnen nog wijzigingen optreden in de ontwerpcriteria door voortschrijdend inzicht met uiteraard de nodige consequenties voor het project. Pas aan het eind van het gehele ontwikkelproces is het PvE daadwerkelijk gereed.

Een hulpmiddel om het PvE in alle fasen op te stellen, is Quality Function Deployment (QFD). Zie tool 1.2.

TOOL 1.2 QFD – Hulpmiddel voor het PvE



QFD is een tool die helpt bij het vertalen van de klantwensen (ook wel *Voice of the Customer* genoemd) naar ontwerpcriteria en uiteindelijk naar specificaties voor het ontwerp en eventueel de productie. Het resultaat is een schema dat ook wel het *House of Quality* wordt genoemd. Dit huis maakt zichtbaar wat de relaties zijn tussen klantwensen en ontwerpcriteria (de interactiematrix), maar ook tussen ontwerpcriteria onderling (de correlatiematrix in het dak van het huis). Binnen QFD kan ook een vergelijking met concurrerende producten meegenomen worden, zodat bepaald kan worden wat nodig is om de concurrentie voorbij te streven. Meer informatie over QFD en hoe je het inzet in het innovatieproces vind je in studiemeister.noordhoff.nl.



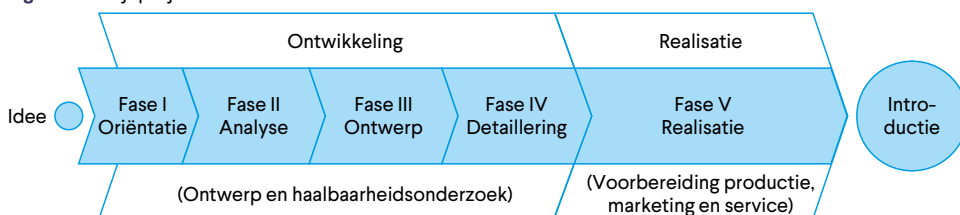
1.5 Projectaanpak

De onderzoekende ontwerper is lang niet altijd betrokken bij het gehele innovatieproces van de opdrachtgever. Vaak ligt er een concrete innovatievraag waarbij de hulp van een ontwerpteam gewenst is. Het ontwerptraject

start daarom met kennismaken met de teamgenoten en de opdrachtgever, verkennen van het probleem en bepalen van de projectaanpak. Dit gebeurt in *Fase I Oriëntatie*. Vervolgens volgt het team het innovatieproces van *Fase II Analyse* via *Fase III Ontwerp* naar *Fase IV Detaillering* met als eindresultaat een definitief ontwerp. Dit is vaak het moment waarop het ontwerp wordt overgedragen aan de opdrachtgever en andere personen betrokken worden bij de rest van het innovatieproces. Maar ook in het realisatietraject daarna is wel degelijk een rol voor het ontwerpteam weggelegd, maar dit is meer een ondersteunende dan een leidende rol. De activiteiten die het team hiervoor uitvoert, zijn samengebracht in *Fase V Realisatie*. De relatie van deze vijf projectfasen met het innovatieproces van de opdrachtgever is schematisch weergegeven in figuur 1.7.

Projectfasen

Figuur 1.7 Vijf projectfasen van idee tot introductie



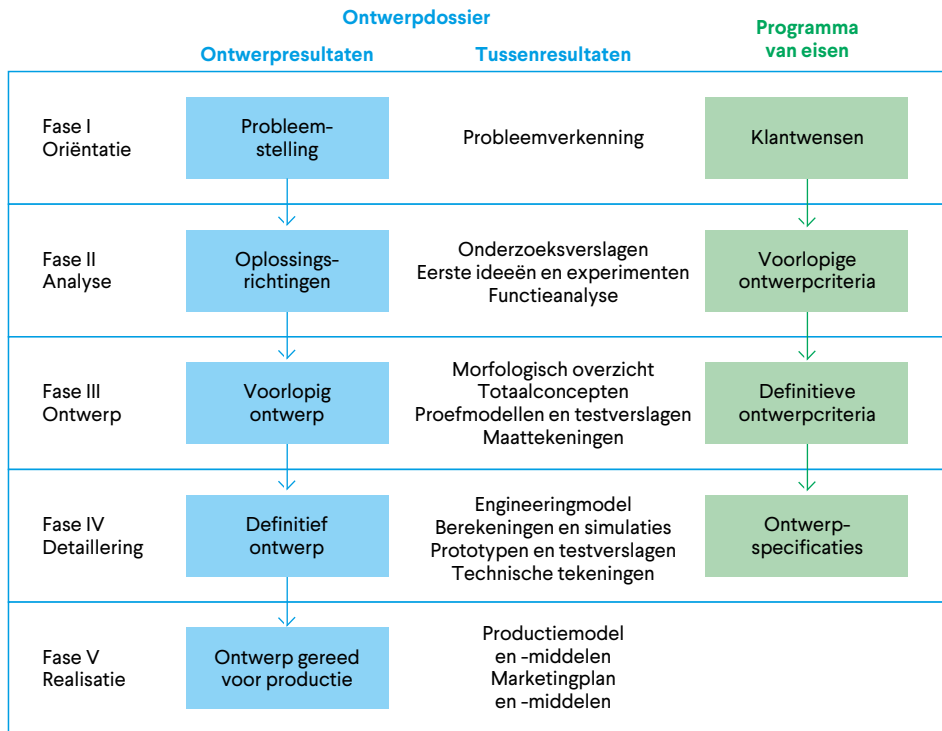
Iteratief proces

Meestal is sprake van een lineair proces: de activiteiten volgen elkaar op. Echter, in de praktijk is innoveren niet zo rechtlijnig. Ontwerpen is een iteratief proces waarin regelmatig een stap opnieuw uitgevoerd wordt als de activiteiten niet tot het gewenste resultaat hebben geleid. In deze paragraaf bespreken we alle vijf fasen en het iteratieve karakter van het proces.

1.5.1 Vijf projectfasen

De vijf fasen, de activiteiten en resultaten die ze opleveren worden hierna per fase kort toegelicht. Een uitgebreide beschrijving van iedere fase vind je in de fasehoofdstukken van dit boek, herkenbaar aan de grijze tabs bovenaan de pagina's. De ontwerpresultaten per fase en de wijze waarop ze worden vastgelegd in het ontwerpdossier (zie tool 1.1) en in het PvE zijn weergegeven in figuur 1.8.

Ontwerpdossier

Figuur 1.8 Overzicht ontwerpresultaten per fase vastgelegd

Fase I Oriëntatie

Oriëntatiefase

In de oriëntatiefase maak je allereerst kennis met het projectteam en met de opdrachtgever. Samen met je projectteamleden bestudeer je de opdracht en voer je een eerste verkenning uit van het probleem en de oplossingsruimte. Op basis hiervan stel je een voorlopige probleemstelling op. In deze fase wordt ook expliciet aandacht besteed aan het onderzoeken van de klantwensen. Je onderzoekt wie de eindgebruikers zijn, welke andere gebruikers te maken krijgen met het product (de inkoper, installateur en monteur bijvoorbeeld) en welke functionaliteit zij wensen. Op basis van alle informatie die je hebt gekregen, bepaal je welke vervolgfasen relevant zijn en welke activiteiten je moet uitvoeren om tot het gewenste eindresultaat te komen. Dit leg je vast in een projectplan en een projectplanning die je beide met de opdrachtgever bespreekt.

Fase II Analyse

Analysefase

Tijdens de analysefase analyseer je met het projectteam gedetailleerd het probleem en de context waarin het zich voordoet. Je voert verschillende onderzoeken uit om antwoord te krijgen op alle vragen en onzekerheden die er zijn. Je kunt hierbij denken aan het uitvoeren van een octrooionderzoek, een gebruikersonderzoek of een technologieverkenning. Je voert een

functieanalyse uit en je verkent alvast mogelijke oplossingen door ideeën te schetsen en enkele laagdrempelige experimenten uit te voeren. Hiermee krijg je een goed beeld van de complexiteit van de opdracht en mogelijke oplossingsrichtingen. De resultaten van de onderzoeken, de functieanalyse en de eerste ideeën en experimenten gebruik je om de probleemstelling aan te scherpen en een lijst met voorlopige ontwerpcriteria op te stellen voor het product.

Fase III Ontwerp

Ontwerpfase

In de ontwerpfase ga je aan de slag met het ontwikkelen van integrale ideeën voor het totale ontwerp. Je organiseert creatieve sessies voor het ontwikkelen van ideeën en ook individueel maak je ontwerpschetsen. Dit doe je ook voor deelfuncties waarbij je de oplossingen vastlegt in een morfologisch overzicht (hierover lees je verderop in dit boek meer). Kritische functies worden daarbij naar voren getrokken en door het maken van verschillende modellen, worden bepaalde aspecten van het ontwerp getoetst. Op basis van de gevonden oplossingen – voor het geheel en voor de deelfuncties – ontwikkel je een aantal totaalconcepten. Je evalueert de concepten op basis van de voorlopige ontwerpcriteria en selecteert het concept dat het beste aansluit op de criteria. Op basis van dit concept maak je een voorlopig ontwerp dat je vastlegt in matstekeningen. Ook stel je definitieve ontwerpcriteria op als leidraad voor de volgende fase.

Fase IV Detaillering

Detailleringsfase

In de detailleringsfase maak je een engineeringmodel en werk je het gekozen ontwerp verder uit tot een definitief ontwerp dat je vastlegt in een ontwerp dossier. In deze fase bereken en simuleer je verschillende kenmerken van het ontwerp en maak je definitieve keuzes voor de te gebruiken materialen, componenten en productiemethoden. Bij de detaillering zet je creatieve technieken en experimenten in om de laatste technische problemen op te lossen of keuzes te maken. Uiteindelijk bouw je een prototype van het totale ontwerp en voer je testen uit om te evalueren of alles werkt zoals is beoogd. Je verbetert het prototype totdat het volledig voldoet aan de definitieve ontwerpcriteria en verwerkt de laatste wijzigingen in de technische tekeningen. Tot slot stel je definitieve specificaties op en maak je het ontwerp dossier compleet: gereed om over te dragen naar de productievoorbereiding.

Fase V Realisatie

Realisatiefase

In de realisatiefase voer je verschillende activiteiten uit ter ondersteuning van de opdrachtgever bij de rest van het innovatieproces. Je bent bijvoorbeeld vraagbaak voor de engineeringafdeling of voor de uiteindelijke producent over de werking van het product en de gemaakte keuzes qua materialen en productietechnieken. Je adviseert de marketingafdeling bij

S

O

C

E

O

het maken van hun plannen en misschien maak je een gebruiksaanwijzing of installatie-instructie. Het is ook mogelijk dat je de opdrachtgever ondersteunt bij het verder uitwerken van de businesscase en het ontwikkelen van bijvoorbeeld de dienstverlening rondom het product. Maar misschien ben je ook zelf degene die als ondernemer aan de slag gaat met de innovatie.

TIP

NIET ALLE FASEN ZIJN EVEN BELANGRIJK

Afhankelijk van de mate van uitwerking van het idee en de complexiteit van het innovatieprobleem is niet iedere fase even belangrijk. Het kan voorkomen dat enkele fasen sneller doorlopen worden of dat een project eerder wordt overgedragen. Dit wordt duidelijk aan de hand van de voorbeelden in tabel 1.2.

Tabel 1.2 Voorbeeldopdrachten

	Opdracht 1	Opdracht 2	Opdracht 3
	Van productidee tot en met een definitief ontwerp en ondersteuning bij de realisatie	Uitwerken van een productontwerp en onderzoeken van de technische haalbaarheid	Uitwerken van een nieuw productidee tot en met een voorlopig ontwerp
Fase I Fase II Fase III Fase IV Fase V	Oriëntatie Analyse Ontwerp Detaillering Realisatie	Oriëntatie (Analyse) (Ontwerp) Detaillering -	Oriëntatie Analyse Ontwerp - -

Bij opdracht 1 zijn alle fasen even relevant. Bij opdracht 2, waarbij het startpunt een voorlopig ontwerp is, is geen uitgebreide analyse- en ontwerpfase meer nodig. Toch doorloop je kort deze twee fasen om de uitgangspunten van de opdrachtgever te verifiëren. Vervolgens wordt een uitgebreide detailleringsfase uitgevoerd. Bij opdracht 3, het uitwerken van een nieuw productidee, wordt alleen de analysefase en ontwerpfase doorlopen en wordt de detailleringsfase door een andere projectgroep of de opdrachtgever zelf uitgevoerd. De oriëntatiefase vindt dus altijd plaats en afhankelijk van het gewenste eindpunt van een project worden één of meer van de daaropvolgende fasen uitgevoerd. Aan het eind vindt altijd overdracht van de resultaten plaats aan de opdrachtgever. Dit kan onderdeel zijn van de realisatiefase of als afsluiting plaatsvinden van een eerdere fase.

Al kan in alle vijf fasen een belangrijke bijdrage leveren door taken uit handen te nemen en nieuwe inzichten te verschaffen – van het verken-
nen van oplossingsrichtingen in de oriëntatiefase tot het genereren
van documentatie in de realisatiefase. Houd er wel rekening mee dat

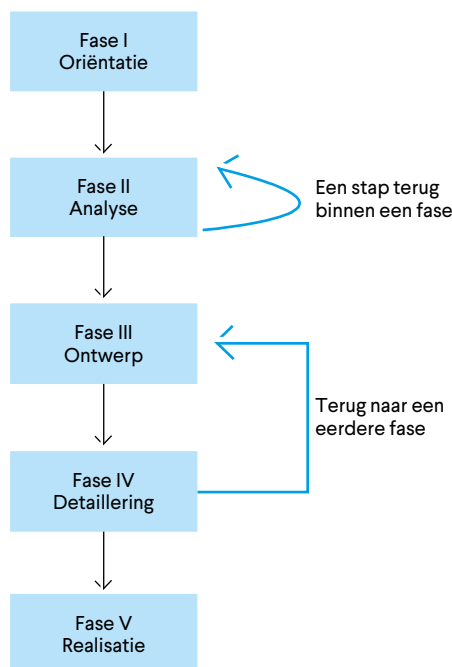
AI-modellen getraind zijn op bestaande data, waardoor ze bij radicaal nieuwe innovaties minder effectief kunnen zijn, vooral in de latere fasen waar specifieke, nog niet eerder gerealiseerde oplossingen worden uitgewerkt. De meerwaarde van AI is daarom het grootst in de vroege fasen, waar bestaande kennis wordt verkend en gecombineerd tot nieuwe ideeën.

1.5.2 Iteratief proces

Omdat er nog veel onzekerheden zijn bij innoveren, bijvoorbeeld over de technische haalbaarheid van een bedachte oplossing, is het proces veel minder voorspelbaar dan bij het maken van een herontwerp van een bestaand product. Het komt dan ook vaak voor dat er tijdens een fase een stap teruggedaan moet worden, omdat blijkt dat de bedachte oplossing toch niet werkt: er moet opnieuw naar mogelijke oplossingen worden gezocht. Hierdoor ontstaat er een soort lus die we een iteratie noemen. Bij een iteratie wordt een stap herhaald totdat het gewenste resultaat is bereikt. Hierbij wordt een stap teruggedaan in het innovatieproces en worden één of meer activiteiten opnieuw uitgevoerd of zelfs een hele fase (zie figuur 1.9).

Iteratie

Figuur 1.9
Iteraties in het
ontwerpproces



Een stap terug binnen een fase

Bij iedere fase kan het noodzakelijk zijn om enkele activiteiten die al uitgevoerd zijn nog een keer te herhalen. Een voorbeeld: tijdens de ontwerpfase (fase III) blijkt bij het testen en evalueren van een proefmodel dat het technisch principe helemaal niet werkt. Er moet dan opnieuw naar technische oplossingen worden en deze moeten opnieuw worden getest met behulp van een proefmodel. Een ander voorbeeld is dat tijdens de analysefase (fase II) uit octrooionderzoek blijkt dat de oplossingsrichting die was bedacht, wordt beschermd door een octrooi. Er moet bekeken worden of dit octrooi omzeild kan worden door van andere oplossingen gebruik te maken. Of er een zogenoemde iteratieslag nodig is en welke dit moet zijn, blijkt vaak pas tijdens het proces.

Terug naar een eerdere fase

Het kan ook voorkomen dat het noodzakelijk is om terug te gaan naar een vorige fase en deze gehele fase of een deel ervan opnieuw te doen. Als bijvoorbeeld bij de detailleringsfase (fase IV) blijkt dat het ontwerp toch niet technisch haalbaar is, moeten er misschien concessies gedaan worden aan de gestelde randvoorwaarden. Dan wordt het (voorlopige) PvE in samenspraak met de opdrachtgever aangepast en moet er opnieuw naar mogelijke concepten gezocht worden en wordt dus een deel van de ontwerpfase (fase III) overgedaan.

1.6 PIT-stop als reviewmoment

PIT-stop

Iedere fase wordt afgesloten met een PIT-stop. Dit is een teambespreking waarbij alle teamleden aanwezig zijn en gezamenlijk stil wordt gestaan bij de drie hoofdbestanddelen *project*, *innovatie* en *team* (PIT). Het doel van de PIT-stop is drieledig:

- 1 Evalueren van het eindresultaat van de net uitgevoerde fase en bespreken of het aansluit bij de oorspronkelijke verwachtingen en doelstellingen (innovatie).
- 2 Bepalen of er nog aanpassingen noodzakelijk zijn aan het projectplan en de planning of dat er één of meer activiteiten opnieuw moeten worden uitgevoerd (project).
- 3 Evalueren van de samenwerking binnen het team en bekijken of de teamsamenstelling geschikt is voor uitvoering van de volgende fase (team).

In deze paragraaf gaan we nader in op de uitvoering van de PIT-stop en de rol die het PvE daarbij speelt.

1.6.1 Uitvoering van de PIT-stop

Interne review

Externe review

Het eind van een fase is een belangrijk beslismoment voor de opdrachtgever: gaan we door met het project, moet het project bijgestuurd worden of stoppen we het project omdat het niet oplevert wat we ervan gehoopt hadden? Om deze beslissing te kunnen nemen, moet er een compleet resultaat liggen met conclusies en aanbevelingen voor het vervolg. Om er als team zeker van te zijn dat je klaar bent met de fase, voer je de PIT-stop uit voordat je de fase afrondt: een soort interne review dus. Pas nadat je eventuele iteraties die nodig bleken, hebt uitgevoerd, presenteer je de bevindingen en resultaten aan de opdrachtgever en bespreek je de punten die uit de PIT-stop naar voren zijn gekomen. Met de opdrachtgever doe je in feite de PIT-stop een keer over, een soort externe review dus. Tijdens de PIT-stop kijk je naar de drie hoofdbestanddelen project, innovatie en team (zie tabel 1.3) die hierna worden toegelicht.

Tabel 1.3 De PIT-stop

P (project)	Projectplan Planning	GO? of 
I (innovatie)	Ontwerp Programma van eisen	
T (team)	Samenwerking Samenstelling	NO GO?

Innovatie

Probleemstelling

Innovatie staat voor de oplossing van het innovatieprobleem en de voortgang die daarin, na iedere fase, geboekt is. Het beoogde eindresultaat is vastgelegd in de probleemstelling die je in de oriëntatiefase hebt opgesteld en in de analysefase is aangescherpt. De probleemstelling wordt gedurende het project vertaald naar een (voorlopig) PvE waaraan het eindresultaat moet voldoen. De resultaten van het onderzoeks- en ontwerpwerk dat wordt gedaan om het innovatieprobleem op te lossen, wordt tijdens het project vastgelegd in een ontwerp dossier (zie tool 1.3).

TOOL 1.3 Ontwerpdossier

Het ontwerp dossier is een levend digitaal en fysiek dossier dat aan het eind van het project alle informatie moet bevatten die nodig is om het definitieve ontwerp over te dragen aan de opdrachtgever. Het ontwerp dossier wordt tijdens het project bijgehouden en bevat informatie over het ontwerp zelf, maar ook over het ontwerp proces. Geef hier ook aan waar en hoe je AI hebt ingezet. De ontwerp informatie bestaat aan het eind van het project uit onder meer schetsen van werkingsprincipes,

concepten, een voorlopig ontwerp vastgelegd in maattekeningen, een engineeringmodel en het definitieve ontwerp vastgelegd in een technische tekening. Ook een werkend prototype maakt onderdeel uit van de ontwerpinformatie. De procesinformatie bevat bijvoorbeeld onderzoeksrapporten, foto's van modelletjes, belangrijke ontwerpbeslissingen en de onderbouwing daarvan, berekeningen en simulaties, testplannen en testverslagen.

Tijdens de PIT-stop evalueer je gezamenlijk het ontwerpresultaat van die fase en het innovatiegehalte ervan. Je kijkt of het resultaat aansluit bij de oorspronkelijke doelstelling en het project de goede richting opgaat. Daarin speelt ook het (voorlopige) PvE een belangrijke rol. Als het ontwerp voldoet aan alle criteria, ben je op de goede weg. Het is wel verstandig om nu te kijken welke risico's er nog zijn en hoe je die in de volgende fases kunt aanpakken. Maar het is ook mogelijk dat er conflicterende criteria zijn opgekomen of dat blijkt dat een oplossing voor het oorspronkelijke innovatieprobleem niet haalbaar is. Op basis van deze informatie heb je de probleemstelling en het PvE misschien al bijgesteld. Het is dan aan de opdrachtgever om te bepalen of met deze wijzigingen het nog steeds interessant is om door te gaan met het project of dat er nog aanpassingen nodig zijn.

Project

Tijdens de oriëntatiefase (fase I) heb je met het team een projectplan en een projectplanning opgesteld, op basis van de op dat moment beschikbare kennis over het innovatieprobleem. Het projectplan bevat een beschrijving van de fasen die je zult doorlopen, met per fase de activiteiten die je wilt uitvoeren. De projectplanning omvat een uiteenzetting van de activiteiten in de tijd.

Tijdens de PIT-stop bekijk je gezamenlijk of er naar aanleiding van de bereikte onderzoeks- en ontwerpresultaten iteraties nodig zijn. Misschien is het resultaat nog niet naar wens en moeten bepaalde activiteiten opnieuw worden uitgevoerd. Afwegen of een activiteit opnieuw moet worden uitgevoerd en daarover een besluit nemen, is een belangrijk onderdeel van goed projectmanagement. Ook kijk je vooruit naar de volgende fase. Je bekijkt of de activiteiten die je voor ogen had nog steeds de goede zijn of dat er andere activiteiten moeten worden toegevoegd. Meestal is nu ook een verdere detaillering van het projectplan mogelijk. Ook de planning moet mogelijk worden bijgesteld.

Team

Afhankelijk van de opdracht is een kernteam samengesteld met de disciplines die nodig zijn voor het oplossen van het innovatieprobleem. Dit kunnen verschillende ontwerpdisciplines zijn, zoals mechanisch

S

O

C

E

O

Projectplan

Projectplanning

Project-
management

ontwerpen, elektrotechnisch ontwerpen, softwareontwikkeling en industriële vormgeving, maar bijvoorbeeld ook medici, arbeidspsychologen of commerciële mensen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het innovatieproces. Al zou de rol van deze disciplines op zich kunnen nemen, maar is het kernteam dan in staat om de output op dat vlak goed te beoordelen? Waarschijnlijk niet! De teamleden verschillen niet alleen qua deskundigheid, maar ook qua leeftijd, ervaring en persoonlijkheid. Wel hebben de teamleden een gezamenlijk belang en dat is het project tot een zo goed mogelijk einde te brengen. Het is hiervoor niet voldoende om de opdracht in stukjes op te knippen en dan per discipline het eigen deel op te lossen en dan weer aan elkaar te plakken. Het team moet gezamenlijk het ontwerpprobleem onderzoeken, oplossingen bedenken en modellen maken en evalueren. Een gemeenschappelijke taal, respect voor elkaars inbreng en samenwerkingsvaardigheden zijn dan ook onontbeerlijk om de samenwerking goed te laten verlopen. Tijdens iedere PIT-stop evalueer je gezamenlijk hoe de samenwerking binnen het team en met de opdrachtgever en eventuele andere betrokkenen verloopt. Kan de samenwerking misschien verbeterd worden? Daarnaast bekijk je of voor de volgende fase de juiste kennis en ervaring aanwezig is binnen het team of dat er nog andere expertise bij het proces moet worden betrokken.

Samenwerking

1.7 Thema's, tools en AI

Thema's

Naast vijf projectfasen bevat de aanpak ook vijf thema's die essentiële ingrediënten zijn voor het ontwerpen van technische innovaties. Deze thema's zijn:

- samenwerken
- onderzoeken
- creatief denken
- experimenteren
- ondernemen

De vijf thema's worden in deze paragraaf toegelicht, maar ze worden ook uitgebreid beschreven in de themahoofdstukken. Ieder themahoofdstuk heeft een eigen kleur en is herkenbaar aan de gekleurde tabs in de kantlijn van dit boek. Per thema is een aantal tools geselecteerd die je kunt inzetten bij het ontwerpen van technische innovaties. Per thema wordt ook beschreven hoe je AI op een effectieve en verantwoorde manier kunt inzetten.

1.7.1 Vijf thema's

Hoewel alle vijf thema's belangrijk zijn gedurende het hele ontwerpproces verschilt de nadruk per fase. Dit is in figuur 1.10 goed zichtbaar aan de hand



van het verloop van de kleuren: hoe feller de kleur, hoe belangrijker voor die fase. Op studiemeister@noordhoff.nl staat de uitgebreide versie van figuur 1.10, met meerdere voorbeelden van tools per thema en/of fase.

Figuur 1.10
Relatie tussen
thema's en
projectfasen en
voorbeelden van
tools

	Fase I Oriëntatie	Fase II Analyse	Fase III Ontwerp	Fase IV Detaillering	Fase V Realisatie
Thema Samenwerken	Team- contract	Team- building	Team- ontwikkeling	Scrum	Cultuur- verschillen
Thema Onderzoeken	Doelgroep- onderzoek	Product- analyse	Ergonomie- onderzoek	Octrooi- onderzoek	
Thema Creatief denken	Mindmapping	Natuur- analogie	Brainwriting	Value	Mindmapping
Thema Experimenteren		Trial-and- error	Proof-of- concept	Prototype- test	Levensduur- onderzoek
Thema Ondernemen	Offerte	Waarde- propositie en klantsegment canvas	Business model canvas	Kostprijs- berekening	Business roadmapping

Samenwerken

Innovatieproblemen zijn dusdanig complex dat ze meestal niet opgelost kunnen worden vanuit één ontwerpdiscipline: de oplossing ligt vaak op het kruispunt waar meerdere disciplines samenkomen. Samenwerking tussen disciplines is daarom een belangrijk thema dat extra aandacht krijgt in dit boek. Het themahoofdstuk Samenwerken laat zien op welke wijze je effectief kunt samenwerken in een team, welke samenwerkingsvaardigheden je daarbij nodig hebt en welke tools je daarbij kunt inzetten. Het hoofdstuk gaat ook in op de samenwerking met de opdrachtgever en met ontwikkelpartners van de opdrachtgever. Bedrijven werken namelijk steeds vaker samen met toeleveranciers, ontwikkelpartners of klanten om gezamenlijk technische innovaties mogelijk te maken en de daarbij gepaard gaande risico's en kosten te delen.

Onderzoeken

Innoveren is onderzoeken. Kijk maar naar een innovatie als de betaalbare automatische beademingsballon voor arme en afgelegen regio's (zie voorbeeld 1.4): er is onderzocht wat de behoeften zijn in ontwikkelingslanden (laagdrempelig, betaalbaar, eenvoudig te bedienen), in welke omstandigheden het product gebruikt wordt (robuust, bestand tegen extreme hitte en vochtigheid) en of het gemaakte ontwerp een effectieve oplossing is (gebruikersonderzoek, duurzaamheidstest enzovoort). Onderzoeken is dus heel belangrijk in de oriëntatiefase (fase I) en analysefase (fase II) om een beter beeld te krijgen van het innovatieprobleem en van de randvoorwaarden die aan de oplossing gesteld worden. Maar onderzoek is ook nuttig tijdens de ontwerpfase (fase III) om reeds bestaande oplossingen voor deelproblemen te onderzoeken. Het themahoofdstuk Onderzoeken bespreekt een aantal typen onderzoek die specifiek geschikt zijn bij het ontwerpen van technische innovaties en geeft handvatten om een onderzoek goed op te zetten.

Creatief denken

Out of the box

Zonder creatief denken geen innovatie. Een lastig technisch ontwerpprobleem heeft namelijk geen pasklare oplossing, maar vraagt om out of the box denken (buiten de geijkte denkkaders), om creatieve oplossingen of om creatief toepassen van bestaande kennis. Creatief denken kun je inzetten voor allerlei problemen die je tijdens het ontwerpproces tegenkomt: voor het bedenken van de eerste ideeën voor het vervullen van een functie, voor het komen tot concepten voor het werkingsprincipe en bijvoorbeeld voor het oplossen van een technisch lastig detail. Het themahoofdstuk Creatief denken geeft uitleg over het creatieve denkproces, bespreekt verschillende werkvormen en technieken die specifiek geschikt zijn voor technische ontwerpproblemen en geeft aanwijzingen voor het organiseren van een creatieve sessie. De creatieve technieken die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd, zul je in ieder geval inzetten in de ontwerpfase (fase III), maar komen je ook van pas in de andere fasen van het ontwerpproces.

VOORBEELD 1.4 | Betaalbare basisbeademing

Voor een grote groep mensen wereldwijd is betaalbare gezondheidszorg onbereikbaar. Dit wordt vooral duidelijk in tijden van crisis. De beschikbaarheid van beademingstoestellen is in deze gebieden vaak kleiner dan één per miljoen personen. Stogger Medical lost dit op met de FrD-e (oftewel 'Freddie'), die een handmatige beademingsballon automatiseert, zodat patiënten over een langere periode stabiel kunnen worden beademd. Stogger Medical is tijdens de COVID-19-pandemie opgericht om betaalbare medische apparatuur te ontwikkelen voor dat deel van de wereld waar medische zorg kostbaar en slecht voorhanden

S

O

C

E

O

is. De FrD-e maakt laagdrempelige, betaalbare basisbeademing mogelijk voor een fractie van de kosten van een regulier beademingstoestel, dat vaak te kostbaar en te complex is voor de lokale artsen in arme of afgelegen regio's. De eenvoudige en robuuste opzet van het apparaat maakt het zelfs voor laaggeschoold verplegend personeel mogelijk patiënten te helpen. Hiermee verbetert de gezondheidszorg in afgelegen en arme regio's en wordt onnodige sterfte gereduceerd.



Experimenteren

Experimenteren is essentieel bij innovatie omdat nog veel elementen van het ontwerp onbekend zijn. Modellen maken en deze testen en evalueren is dé manier om te onderzoeken of de bedachte oplossing daadwerkelijk functioneert zoals was beoogd. Experimenteren is daarom een belangrijk element bij het ontwerpen van technische innovaties. Experimenteren kan in verschillende fasen van het innovatieproces plaatsvinden, maar de nadruk ligt in de ontwerpfase (fase III) en de detailleringsfase (fase IV). In deze fasen zul je in ieder geval functionele modellen en een prototype bouwen en testen. Het themahoofdstuk Experimenteren laat zien hoe je een experiment opzet en welke virtuele modellen (visualisaties en simulaties) en fysieke modellen (van spuugmodel tot prototype) je daarvoor kunt gebruiken. Daarnaast worden verschillende prototyping- en simulatietechnieken behandeld om tot een model te komen.

Ondernemen

Ondernemen is de basis om tot een succesvolle innovatie te komen. De interne of externe ondernemer is degene die zich hard maakt voor het vinden van een oplossing voor een technisch of maatschappelijk probleem en die ervoor zorgt dat deze ook daadwerkelijk wordt geïmplementeerd in de markt. Ondernemen is van belang bij het gehele innovatieproces, maar de relatie is het sterkst in de oriëntatiefase (fase I) en de realisatiefase (fase V). De uitgangspunten van de ondernemer om met de innovatie aan de slag te gaan, verken je in de oriëntatiefase. In de realisatiefase ondersteun je de

opdrachtgever bij de voorbereiding voor productie en marktintroductie. Of misschien ga je zelf wel met de oplossing ondernemen. In het themahoofdstuk Ondernemen gaan we in op verschillende vormen van ondernemerschap en ondernemerschapsvaardigheden. Daarnaast laten we zien hoe je een businessmodel en een financiële businesscase kunt ontwikkelen en wat er komt kijken bij het vormgeven van een onderneming.

1.7.2 Tools

Tool

Een tool is een soort gereedschap: een hulpmiddel dat je ondersteunt bij het uitvoeren van een stap in het ontwerpproces en je helpt tot betere resultaten te komen. Een tool is vaak een niet-fysiek gereedschap dat wordt gepresenteerd in de vorm van een stappenplan, een checklist of een analysematrix. Denk bijvoorbeeld aan een aanpak voor een octrooionderzoek of een creatieve denktechniek die je kunt inzetten tijdens een creatieve sessie. Maar een tool kan ook een experiment zijn om bijvoorbeeld de technische haalbaarheid van je ontwerp te testen. In figuur 1.10 zijn enkele voorbeelden van tools weergegeven.

Voor het gebruik van tools is het handig om het antwoord op de volgende vragen te weten:

- 1 Waar vind je tools?
- 2 Wat kun je met tools?
- 3 Wanneer zet je een tool in?
- 4 Hoe zet je een tool in?

Ad 1 Waar vind je tools?

Voor alle vijf thema's zijn in dit boek verschillende tools geselecteerd en in het themahoofdstuk beschreven hoe, waarvoor en wanneer je ze kunt inzetten. Ook zijn er enkele tools opgenomen bij de stappen in de fasehoofdstukken. Op studiemeister.noordhoff.nl vind je nog veel meer tools die je tijdens het innovatieproces kunt inzetten.



Ad 2 Wat kun je met tools?

Een tool gebruik je tijdens het innovatieproces om iets te onderzoeken, te analyseren, te bedenken of te evalueren. Dat 'iets' kan het innovatieprobleem zijn, een ontwerp, een technische oplossing of een deel van een probleem, ontwerp of oplossing. Maar dat 'iets' kan ook betrekking hebben op de rollen en persoonlijkheden in het team en de samenwerking tussen teamleden.

Ad 3 Wanneer zet je een tool in?

Tools kun je inzetten op verschillende momenten in het innovatieproces en om verschillende redenen, bijvoorbeeld:

S

O

C

E

O

- omdat je meer kennis wilt hebben over de doelgroep, een deelprobleem of een bepaalde technologie (onderzoekstools)
- omdat je voor een deelprobleem een aantal oplossingen hebt bedacht, maar je het gevoel hebt dat er nog veel meer en betere mogelijkheden zijn (divergentietools)
- omdat je keuzes moet maken en zeker wilt weten dat je alle alternatieven goed geëvalueerd hebt (convergentietools)
- omdat je het gemaakte ontwerp of elementen daarvan fysiek wilt kunnen beoordelen (experimenteertools)



Ad 4 Hoe zet je een tool in?

Bij iedere beschrijving van een tool in dit boek of op studiemeister.noordhoff.nl wordt een concrete handleiding gegeven voor het inzetten van de tool tijdens het project of wordt een bron genoemd waar je meer informatie kunt vinden.

1.7.3 AI

AI

AI is een digitaal hulpmiddel dat je kunt inzetten als ontwerppartner tijdens het innovatieproces. Zoals je eerder in dit hoofdstuk hebt kunnen lezen, werkt AI als een slimme assistent die je ondersteunt bij diverse ontwerpactiviteiten. AI-systemen kunnen tekst, beelden, code en ontwerpconcepten genereren op basis van jouw instructies. Denk aan ChatGPT voor tekstgeneratie en analyse, Open AI's Images 2.0 voor visualisaties, of GitHub Copilot voor technische berekeningen. Net als bij andere tools is het belangrijk te weten waar, wat, wanneer en hoe je AI effectief inzet.

Voor het gebruik van AI is het handig om het antwoord op de volgende vragen te weten:

1. Waar vind je AI-tools?
2. Wat kun je met AI?
3. Wanneer zet je AI in?
4. Hoe zet je AI in?

Ad 1 Waar vind je AI-tools?

AI-tools zijn beschikbaar via verschillende platforms. Algemene toepassingen zoals ChatGPT, Claude en Gemini zijn toegankelijk via webbrowsers of apps. Gespecialiseerde AI-tools voor ontwerpers vind je geïntegreerd in professionele software, zoals CAD-pakketten met AI-ondersteuning voor parametrisch ontwerpen. Daarnaast zijn er domeinspecifieke AI-tools voor bijvoorbeeld materiaalanalyse, sterkteberekeningen of gebruikersonderzoek. Op studiemeister.noordhoff.nl vind je een actueel overzicht van AI-tools die geschikt zijn voor technisch ontwerpers.



Ad 2 Wat kun je met AI?

AI gebruik je tijdens het innovatieproces voor het genereren, analyseren en evalueren van ontwerp informatie. Je kunt AI inzetten voor het verkennen van de oplossingsruimte, het samenvatten van complexe onderzoeksdata, het genereren van conceptvarianten of het formuleren van technische hypothesen. AI kan ook helpen bij het opstellen van documenten, zoals het PvE, het analyseren van gebruikersfeedback of het vertalen van klantwensen naar ontwerp criteria. Belangrijk is dat je AI ziet als ondersteuning waarbij jij de regie houdt over het ontwerp proces.

Ad 3 Wanneer zet je AI in?

AI kun je inzetten op verschillende momenten in het innovatieproces en om verschillende redenen, bijvoorbeeld:

- omdat je snel veel ontwerpvarianten wilt verkennen in de oriëntatiefase;
- omdat je grote hoeveelheden onderzoeksdata moet analyseren in de analysefase
- omdat je inspiratie zoekt voor creatieve oplossingen in de ontwerp fase
- omdat je technische documentatie moet opstellen in de realisatiefase
- omdat je complexe berekeningen wilt valideren of optimaliseren

Ad 4 Hoe zet je AI in?

AI effectief inzetten, vereist een gestructureerde aanpak volgens het mens-machine-mensprincipe. Begin met het formuleren van een heldere opdracht (prompt) met concrete parameters en context. Geef aan welk resultaat je verwacht en welke randvoorwaarden gelden. Evalueer vervolgens kritisch de gegenereerde output: toets aannames, verifieer feitelijke informatie en beoordeel de technische haalbaarheid. Documenteer zowel je prompts als de bruikbare resultaten in het ontwerp dossier. Werk iteratief door je prompts aan te passen op basis van de verkregen resultaten. Behandel AI als een junior teamlid: geef duidelijke instructies, controleer het werk en blijf eindverantwoordelijk voor de ontwerpbeslissingen.

S

O

C

E

O

Samenvatting

- ▶ Productinnovatie is het innoveren van tastbare concrete producten, productsystemen of product-dienstcombinaties. Bedrijven innoveren om te reageren en anticiperen op externe ontwikkelingen, om de concurrentie voor te blijven en om waarde te creëren.
- ▶ Technologie is het geheel van processen ten behoeve van het voortbrengen van producten en het realiseren van de functionaliteit van het product. Technologie is het startpunt van innovatie of de voorwaarde om innovatie mogelijk te maken.
- ▶ De rol van de ontwerper in het innovatieproces is het helder krijgen aan welke criteria de beoogde innovatie moet voldoen en het vroegtijdig verminderen van risico's door middel van technisch haalbaarheidsonderzoek. AI is daarbij een belangrijk hulpmiddel.
- ▶ Het PvE is leidraad voor het oplossen van het innovatieprobleem in drie stadia met drie soorten criteria:
 - 1 Klantwensen: geven richting aan het creatieve denkproces.
 - 2 Ontwerpcriteria: zijn hulpmiddelen om te toetsen of voorstelde concepten daadwerkelijk oplossingen zijn voor het probleem.
 - 3 Specificaties: leggen het ontwerp vast ten behoeve van het voorbereiden voor productie.
- ▶ Het ontwerpen van technische innovaties bestaat uit vijf projectfasen:
 - fase I Oriëntatie
 - fase II Analyse
 - fase III Ontwerp
 - fase IV Detaillering
 - fase V Realisatie
- ▶ Een PIT-stop is het reviewmoment aan het eind van iedere fase voor het evalueren van de resultaten en voor het nemen van beslissingen over het vervolg van het project. Er wordt gekeken naar:
 - voortgang van het project en benodigde aanpassing projectplan en -planning (project)
 - voortgang van het ontwerp in relatie tot probleemstelling en PvE (innovatie)
 - teamsamenstelling en samenwerking (team)

- ▶ Bij het ontwerpen van technische innovaties zijn de volgende vijf thema's essentiële ingrediënten:
 - samenwerken
 - onderzoeken
 - creatief denken
 - experimenteren
 - ondernemen
- ▶ Tools zijn hulpmiddelen die je ondersteunen bij het uitvoeren van een stap in het ontwerpproces en je helpen om tot betere resultaten te komen. Een tool is vaak een niet-fysiek gereedschap (een stappenplan, een checklist of een analysematrix), maar kan ook een experiment zijn met een functioneel model of prototype.
- ▶ AI is een digitaal hulpmiddel dat als ontwerppartner fungeert tijdens het innovatieproces. AI-systemen genereren tekst, beelden, code of ontwerpconcepten op basis van jouw instructies, waarbij je volgens het mens-machine-mensprincipe de regie houdt: jij formuleert de opdracht, AI genereert oplossingen en jij evalueert en beslist over de resultaten.

S

O

C

E

O