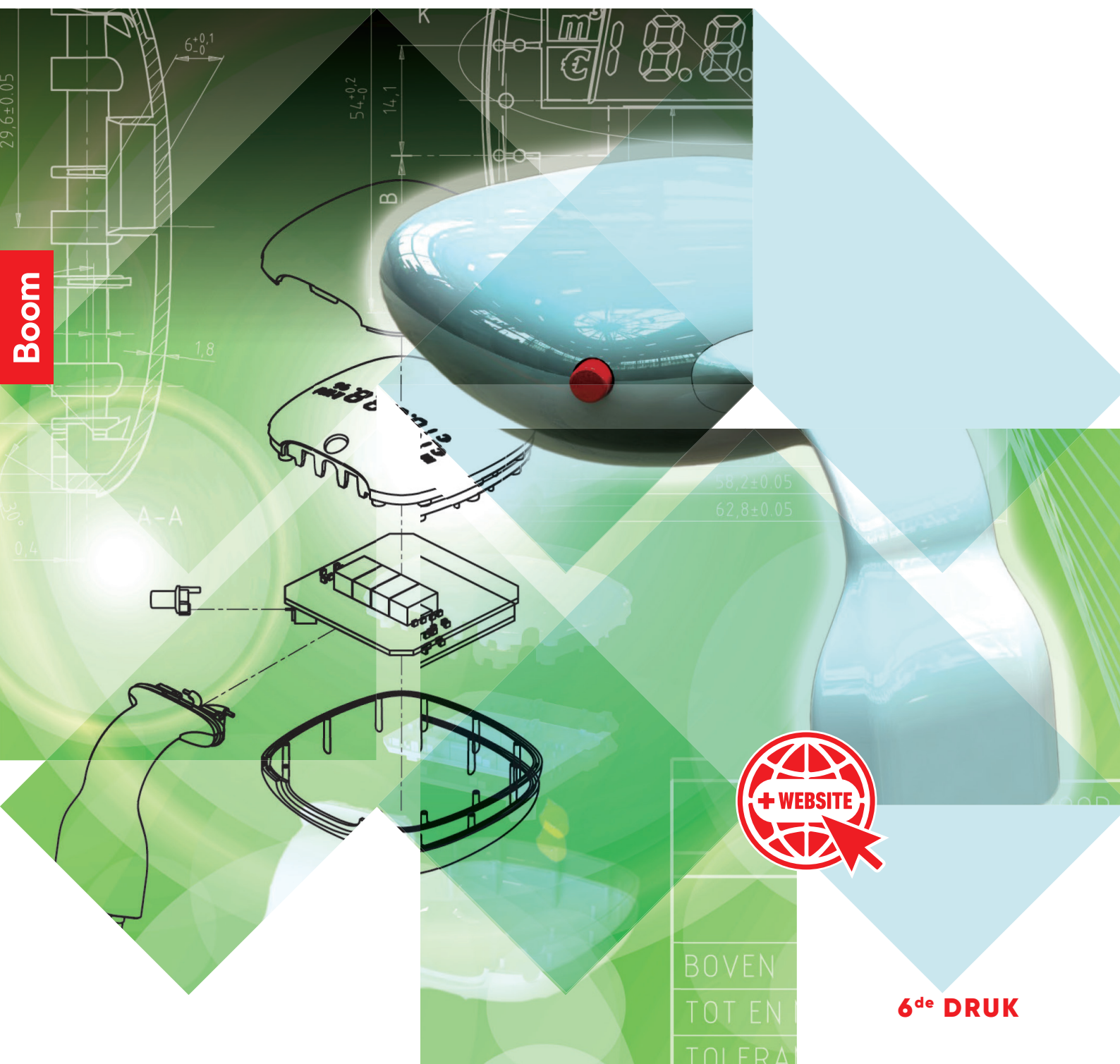


ARNOUD BREEDVELD

Producttekenen en -documenteren

VAN 3D NAAR 2D



Boom



BOVEN
TOT EN
TOEFRA

6^{de} DRUK

Producttekenen en -documenteren van 3D naar 2D

Producttekenen en -documenteren

van 3D naar 2D

6e druk

Arnoud Breedveld

Boom

Met behulp van onderstaande unieke activeringscode krijg je toegang tot de website *www.producttekenenendocumenteren.nl* voor extra materiaal. Deze code is persoonsgebonden en gekoppeld aan de zesde druk. Na activering van de code is de website twee jaar toegankelijk. De code kan tot zes maanden na het verschijnen van een volgende druk geactiveerd worden. De code is eenmalig te gebruiken.

Opmaak binnenwerk: Nu-nique grafische vormgeving, Goor
Basisontwerp omslag: Dog & Pony, Amsterdam
Omslagontwerp: DPS, Amsterdam

1e druk 2004
2e druk 2005
3e druk 2008
4e druk 2011
5e druk 2016
6e druk 2020

ISBN 9789024400461
ISBN 9789024429455 (e-book)
NUR 173/950

www.producttekenenendocumenteren.nl
www.boomhogeronderwijs.nl

© Arnoud Breedveld & Boom uitgevers Amsterdam, 2020

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Voorwoord

Sinds jaar en dag worden technische tekeningen volgens dezelfde regels en op dezelfde manier vervaardigd. De enige noemenswaardige vernieuwing gedurende de laatste 15 jaar is het vervangen van calque en tekenpen door 2D-CAD-systemen. Het maken van technische tekeningen is daarmee efficiënter geworden, maar wereldschokkend is deze verandering niet. De normen die voor tekeningen gelden zijn hetzelfde gebleven en de plaats van de tekening in het technische proces is ook nog hetzelfde. Het enige wat veranderd is, is het gereedschap.

Langzaam maar zeker is hierin verandering gekomen. Door de opkomst van 3D-CAD is de technische tekening in veel gevallen niet langer het centrale medium binnen de productontwikkeling. Die rol is overgenomen door het 3D-model en de technische tekening is een afgeleide van datzelfde model. Dat verandert niets aan de eisen die aan een goede technische tekening gesteld worden, maar wel aan de manier waarop de technische tekening vervaardigd wordt.

Dit boek speelt in op deze veranderde werkwijze. Steeds wordt ervan uitgegaan dat er een 3D-model is, waarvan de technische tekening afgeleid wordt. Dat vereist andere vaardigheden van de student. Zo wordt het bijvoorbeeld steeds minder belangrijk om de meetkundige methodes te kennen om bijvoorbeeld de snijlijn tussen twee cilinders te kunnen construeren of een ingewikkelde doorsnede te kunnen tekenen. De student moet echter wel getraind worden in het maken van keuzes ('welke doorsnede kies ik' in plaats van 'hoe teken ik die doorsnede') en in het beoordelen van resultaten die door het CAD-systeem geproduceerd worden.

In *Producttekenen en documenteren van 3D naar 2D* komen alle aspecten van de technische tekening aan de orde, ook die aspecten die bij het werken met 3D-CAD misschien minder relevant lijken, zoals projecteren en het tekenen van uitslagen. Enige kennis daarvan draagt bij aan het begrip van studenten. Speciale aandacht wordt besteed aan het tekenen van kunststof spuitgietonderdelen die bij het producttekenen niet weg te denken zijn. Hoewel de tekenwijze daarvan niet anders is dan die van andere producten, treden er toch specifieke problemen bij op. Verder worden in dit boek uiteraard alle regels, normen, gebruiken en voorkeuren behandeld die een rol spelen bij het maken van technische tekeningen.

Hoewel nadrukkelijk uitgegaan wordt van het werken met (3D) CAD-programma's, is dit boek softwareonafhankelijk. Dit betekent dat het in combinatie met elk CAD-programma gebruikt kan worden. Wel wordt ervan uitgegaan dat de student het CAD-programma voldoende beheerst om de tekeningen te kunnen maken. De oefenbestanden zijn in neutrale bestandsformaten (dxf, iges, step) beschikbaar, zodat die in elk CAD-programma te openen zijn. De bestanden zijn te downloaden via www.academicsservice.nl/downloads.

Wij bedanken FLEX / theINNOVATIONLAB® voor de in dit boek beschreven projecten:

- De Compri HX, door FLEX / theINNOVATIONLAB® ontwikkeld in opdracht van PRIVABuilding Intelligence B.V. te Delft.
- De Watcher, ontworpen door Marcel Wanders en ontwikkeld door FLEX / theINNOVATIONLAB® in opdracht van Innovaders BV, Amsterdam.
- De flessen voor Albert Heijn schoonmaakmiddelen zijn door FLEX / theINNOVATIONLAB® ontwikkeld in opdracht van Albert Heijn i.s.m. Mac Brite/Yplon – voorheen Grada – te Breda.
- Het wegwerpbestek, door FLEX / theINNOVATIONLAB® ontwikkeld in opdracht van Haval Disposables B.V. te Gemert.

Steeds meer worden in het bedrijfsleven traditionele technische tekeningen verdrongen door een digitale productdefinitie in 3D: Model Based Definition. In deze 6e druk is een nieuw hoofdstuk opgenomen, waarin op Model Based Definition ingegaan wordt. Wat verandert er, waar moet je op letten als productontwikkelaar?

Arnoud Breedveld
November 2019

Inhoud

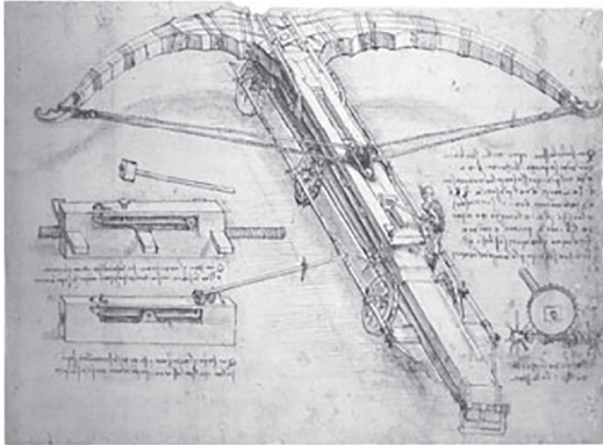
Voorwoord	V	6	Het tekenen van speciale onderdelen	52
1 Inleiding	1	6.1	Kunststof producten met lossingen en afrondingen	52
1.1 De oorsprong van technische tekeningen	1	6.2	Dubbelgekromde producten	53
1.2 Normalisatie	1	6.3	Schroefdraad en schroefdraadartikelen	56
1.3 Het maken van een technische tekening	2	6.4	Lagers	62
1.4 3D-CAD en technisch tekenen	3	6.5	Tandwielen	62
1.5 Technisch tekenen in de praktijk	4	6.6	Schroefveren	65
		6.7	Buizen	66
		6.8	Plaatmateriaal	67
		6.9	Oefeningen	74
2 Organisatie van het tekenwerk	6			
2.1 Tekeningsystemen	6	7	Het maken van een tekening	78
2.2 Papierformaten	7			
2.3 Kader en rechteronderhoek	8	7.1	De samenstellingstekening	78
2.4 Vouwen en inbinden van tekeningen	9	7.2	De monotekening	81
2.5 Nummering van tekeningen	11	7.3	Exploded view en isometrie	88
		7.4	Velindeling	88
		7.5	Oefeningen	96
3 Enkele basisbegrippen	13			
3.1 Lijnsoorten	13		DEEL II Bematen en afwerken van de tekening	99
3.2 Schrift	14			
3.3 Schalen	15			
		8	Maatinschrijving	101
DEEL I Teken van producten	17	8.1	Onderdelen van een maat	101
		8.2	Soorten maten	102
		8.3	Plaatsing van maten in de tekening	104
4 Aanzichten	19	8.4	Speciale en weinig gebruikte aanduidingen	107
4.1 Wat is projecteren?	19	8.5	Oefeningen	111
4.2 Isometrie, dimetrie, trimetrie	20			
4.3 Orthogonale Projectie	21	9	Maten en aanduidingen in de samenstellingstekening	114
4.4 De uitvoering van een aanzicht	24			
4.5 Details	27			
4.6 Vereenvoudigde aanzichten	28	9.1	Stuknummers	114
4.7 Hulpaanzichten	30	9.2	Stuklijst	115
4.8 Oefeningen	33	9.3	Bemating in de samenstellingstekening	117
		9.4	Oefeningen	122
5 Doorsneden	38			
5.1 Het tekenen van een doorsnede	38	10	Bematen van de monotekening	123
5.2 Arceren	41	10.1	Principes van het bematen	123
5.3 Gedeeltelijke doorsneden	42	10.2	Beginnen met bematen: functionele maten	125
5.4 Speciale doorsneden	44	10.3	Bematen vanuit productie	136
5.5 Doorsnijden van ribben, assen en andere bijzondere elementen	47	10.4	Overige maten	140
5.6 Oefeningen	50	10.5	Oefeningen	145

11	Bematen van speciale producten	146	DEEL III Model Based Definition	201
11.1	Dubbelgekromde objecten	146		
11.2	Producten met veel lossingen en afrondingen	150	16 Model Based Definition (MBD)	203
11.3	Buizen	150	16.1	Waarom Model Based Definition 203
11.4	Oefeningen	151	16.2	Model Based Enterprise 204
			16.3	Product Definition Data Set 204
			16.4	Aanleveren van de data set 208
12	Maattoleranties en passingen	152		
12.1	Begrippen en aanduiding	152	Bijlagen	209
12.2	De keuze van de tolerantiewaarde	154		
12.3	Welke maten tolereren?	157	1	Checklist voor een correcte technische tekening 211
12.4	Rekenen met toleranties	163	2	Voorkeurspassingen 213
12.5	ISO-passingstelsel	166	3	Enkele standaard onderdelen 218
12.6	Oefeningen	172	4	Schroefdraad 232
			5	Complete tekeningen 235
13	Oppervlakteruwheden	175		
13.1	Bepaling van de oppervlakteruwheid	175	Index	247
13.2	Aanduiding in de tekening	177		
13.3	Plaatselijke en speciale bewerkingen	179	Index van normen	248
13.4	Texturen in kunststoffen	181		
13.5	Oefeningen	182		
14	Geometrische toleranties			
14.1	De functie van geometrische toleranties	183		
14.2	Aanduiding in de tekening	184		
14.3	De verschillende geometrische toleranties	185		
14.4	Speciale aanduidingen bij geometrische toleranties	189		
14.5	Geometrische toleranties in de praktijk	190		
14.6	Oefeningen	192		
15	Lassen en lijmen	193		
15.1	De lassamenstellingstekening	193		
15.2	Het tekenen van lassen	194		
15.3	Lasaanduidingen	194		
15.4	Soorten lassen	196		
15.5	Lijmen	198		
15.6	Oefeningen	198		

1 Inleiding

1.1 De oorsprong van technische tekeningen

Zolang mensen producten bedenken en maken, bestaan er ook al technische tekeningen. Lange tijd waren dat vooral schetsen bedoeld voor de ontwerper, als een middel om constructies uit te denken. Een bekend voorbeeld daarvan zijn de tekeningen van Leonardo da Vinci. Op het eerste gezicht hebben deze tekeningen niets te maken met technische tekeningen zoals wij die nu kennen. Toch was het doel ervan hetzelfde: vastleggen van ideeën met betrekking tot het product en het inzichtelijk maken van deze ideeën voor anderen.



Figuur 1.1 Een technische tekening van Leonardo da Vinci

Tijdens en na de industriële revolutie veranderde het ontwerp- en productieproces ingrijpend. Niet langer bedacht, ontwikkelde en produceerde één persoon een product. Vanuit het ambacht ontstond industrie, met als kenmerk dat verschillende functies door verschillende personen uitgevoerd werden. Er kwamen gespecialiseerde ontwerpers, engineers, werkvoorbereiders, gereedschapmakers, enzovoort. Al deze mensen moesten met elkaar kunnen *communiceren* over het product dat gemaakt moest worden. De technische tekening bleek daarvoor een uitstekend middel te zijn.

In die tijd bestonden er echter nog geen regels voor het maken van tekeningen, dus deed iedereen dat op zijn eigen manier. Je kunt je voorstellen dat dit aanleiding gaf tot onduidelijkheden. Immers, als een lezer een tekening anders interpreteert dan de maker bedoelde,

zijn fouten onvermijdelijk. Dat kan uiteindelijk leiden tot fouten in producten, met alle gevolgen van dien. Het was duidelijk dat er een standaard moest komen, zodat iedereen elkaars tekeningen zou kunnen begrijpen. In de loop van de 19e eeuw ontstond er vanuit 'best practice' een soort informele standaard voor tekenwerk. Dat systeem is uiteindelijk, in het begin van de 20ste eeuw genormaliseerd.

1.2 Normalisatie

Normalisatie is een proces waarbij iets wat in de dagelijkse praktijk eigenlijk al op een bepaalde manier gebeurt, vastgelegd wordt. Vanaf dat moment is het de bedoeling dat iedereen zich daaraan houdt. Normen worden opgesteld door een normalisatie-instituut, in Nederland is dat het NEN (voorheen het NNI: Nederlands Normalisatie Instituut). Het NEN is geen overheidsinstelling, maar een stichting, waarin allerlei belangenorganisaties (waaronder ook de overheid) samenwerken bij het opstellen van normen. Een norm is dus ook geen wet. Het is op zich dus niet strafbaar om je niet aan een norm te houden. Aan de andere kant: als door het niet juist toepassen van een norm fouten in een product ontstaan, zal degene die de norm niet juist toegepast heeft daarvoor wel aansprakelijk gesteld kunnen worden. Het is dus van het grootste belang de normen te kennen en juist toe te passen.

De meeste landen hebben een eigen normalisatie-instituut. Nederland heeft, zoals gezegd het NEN, dat NEN-normen opstelt. België heeft de BIN-normen, Duitsland de DIN-normen, de Verenigde Staten hebben ANSI-normen en de EU heeft EN-normen. Overkoepelend zijn er de internationale ISO-normen: deze ontstaan vaak uit een combinatie van landelijke normen. Je krijgt dan bijvoorbeeld een NEN-ISO norm. Normalisatie is geen eenmalig proces: normen veranderen regelmatig, en zijn ook nu nog steeds in ontwikkeling. Dat heeft te maken met ontwikkelingen in de techniek, waarop de norm aan moet blijven sluiten.

Normen worden voor talloze vakgebieden opgesteld. Zodra je werktuigbouwkundige technische tekeningen gaat maken, krijg je met twee soorten normen te maken:

- Normen over het maken van een technische tekening. Daaronder vallen bijvoorbeeld afspraken over tekenwijze, lijndiktes, maataanduidingen, enzovoort.

- Normen over technische onderdelen. Hieronder vallen bijvoorbeeld schroefdraad, bouten, moeren, tandwielen, lagers, en zo verder.

Vooral deze laatste groep levert een enorme hoeveelheid normen op, over de meest uiteenlopende onderwerpen. Kijk eens rond op de website van het NEN (<http://www.nen.nl>) om een indruk te krijgen. Veel van deze normen zijn erg specialistisch. Denk bijvoorbeeld aan een norm over de verkleuring van lijm, of een norm over zelfborgende moeren in vliegtuigen. Dit soort specifieke normen zul je in dit boek niet tegenkomen, maar met andere krijg je onherroepelijk te maken. Bijvoorbeeld: hoe ziet een normale zeskantbout eruit?

Behalve normen kom je ook de NPR (Nederlandse Praktijkrichtlijn) tegen. Een NPR geeft aanwijzingen over hoe een norm in de praktijk toegepast kan worden. Zo is er bijvoorbeeld een NEN-norm die voorschrijft hoe maatnauwkeurigheidstoleranties in de tekening aangegeven moeten worden, en is er een praktijkrichtlijn die een indicatie geeft welke nauwkeurigheid voor een bepaald werkstuk haalbaar is. Aan een NPR hoeft je je (in tegenstelling tot een norm) niet te houden, maar je zult wel een goede reden moeten hebben om van een geadviseerde waarde af te wijken.

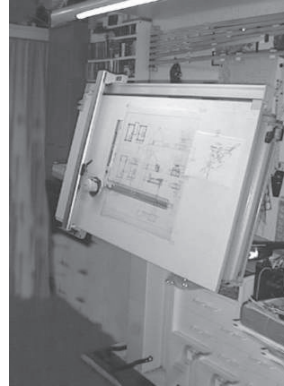
In dit boek wordt regelmatig de norm genoemd waarin een bepaald onderwerp behandeld wordt. Als je meer specifieke informatie over een onderwerp wilt hebben, doe je er verstandig aan deze normen te raadplegen. Het NEN brengt zogenoemde NEN-Bundels uit, waarin de normen die relevant zijn voor een bepaald vakgebied gebundeld zijn. Zo is er een NEN-Bundel 16 voor werktuigbouwkundig tekenen.

De laatste versie van deze bundel dateert alweer van 2004. Tegenwoordig worden normen steeds meer online geraadpleegd. Daarvoor heeft NEN een systeem NEN-connect ontwikkeld. Helaas moet je wel een (betaald) abonnement hebben om NEN-connect te kunnen gebruiken.

1.3 Het maken van een technische tekening

Traditioneel worden technische tekeningen op papier, calque op polyesterfilm gemaakt. Daarvoor wordt een tekentafel met tekenmachine gebruikt. De tekenmachine is het gedeelte van de tekentafel waar de linialen (een horizontale en een verticale) aan vast zitten. De linialen kunnen vrij over de tafel bewogen worden en zonodig onder een hoek versteld worden.

De opzet van de tekening wordt gemaakt met potlood, voor de definitieve tekening worden inktpennen gebruikt. Verder worden allerlei tekenmaterialen en malen voor verschillende doeleinden gebruikt.



Figuur 1.2 Een traditionele tekentafel, met tekenmachine.

De originele tekeningen worden hangend of liggend opgeborgen in een tekeningenkast. Hiervoor bestaan verschillende systemen. Voor het reproduceren van tekeningen op calque, worden twee systemen gebruikt:

- Lichtdrukken: dit is een procédé waarbij de originele tekening (op calque) samen met uv-gevoelig papier onder een uv-lamp doorgevoerd wordt. Daarna wordt de afdruk ontwikkeld.
- Microfilm: Dit systeem werd veel gebruikt omdat tekeningen op die manier veel makkelijker te archiveren, terug te vinden en te reproduceren waren. Afdrukken worden met een Xerox-techniek gemaakt.

Sinds begin jaren 1990 heeft het maken van technische tekeningen met de computer een enorme vlucht genomen. Dit staat bekend als CAD, wat een afkorting is van Computer Aided Design of Computer Aided Drafting. Het bekendste CAD-programma is AutoCad.



Figuur 1.3 Werken met CAD.

Het tekenen met een CAD-systeem heeft belangrijke voordelen. Het tekenen zelf gaat misschien niet eens noemenswaardig veel sneller dan met traditionele middelen. Zodra er echter wijzigingen in een tekening doorgevoerd moeten worden, of meerdere varianten van een product getekend moeten worden, is wel grote tijdswinst te behalen. Voor veel bedrijven is dit het grootste deel van het tekenwerk.

In het bedrijfsleven wordt inmiddels niet meer met de tekentafel getekend, deze is volledig verdrongen door CAD-systemen. Overigens kan niet voldoende benadrukt worden dat zowel tekentafel als CAD-systeem hulpmiddelen zijn voor het vervaardigen van tekeningen. De eisen die aan de tekeningen gesteld worden blijven hetzelfde, ongeacht de gebruikte techniek.

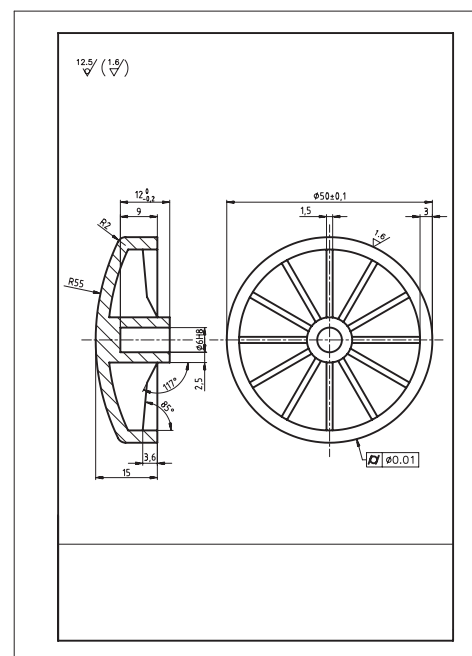
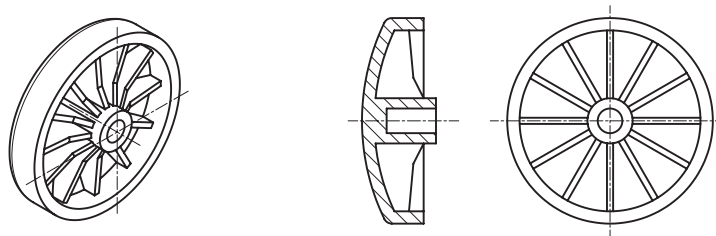
1.4 3D-CAD en technisch tekenen

Sinds het eind van de jaren 1990, is de toepassing van 3D-CAD bij productontwikkeling steeds meer gemeengoed geworden. Traditioneel wordt een product ontwikkeld tijdens het maken van de technische tekening. Tijdens het tekenen wordt het product bedacht en geconstrueerd. Als de tekening klaar is, is het product volledig uitgedacht en vastgelegd. Bij het gebruik van 3D-CAD vindt de productontwikkeling plaats tijdens het modelleren (tekenen is in dit verband niet het goede woord). Als het 3D-model klaar is, is het product volledig uitgedacht. In het 3D-model ligt dan het hele product vast. Het echte *ontwikkelen* van een product gebeurt dus in een ander medium. Daarmee is er voor het eerst iets fundamenteels veranderd aan de plaats van de technische tekening binnen de productontwikkeling. Een technische tekening kan nu nog achteraf gemaakt worden, als een afgeleide van het 3D-model.

Inmiddels wordt er steeds meer informatie in het 3D-model gestopt. Waar in de begintijd van 3D-CAD eigenlijk alleen de vorm van een product vastgelegd werd (de geometrie) is de laatste generatie CAD-systemen in staat om ook veel informatie voor de productie aan het model te koppelen. Denk bijvoorbeeld aan informatie over hoe nauwkeurig een onderdeel gemaakt moet worden, hoe de oppervlakte afgewerkt moet worden, of hoe een las of een lijmverbinding gemaakt moet worden. Deze techniek, waarbij alle productinformatie aan het 3D-model is gekoppeld, noemen we *Model Based Definition* (MBD). In hoofdstuk 16 komen we hier op terug.

Waarom zou je, als het hele product in het 3D-model vastligt, dan toch nog een technische tekening maken? Daarvoor is wel een aantal argumenten te geven:

- Nog lang niet alle CAD-systemen ondersteunen 3D-annoteren, voor bijvoorbeeld het aangeven van nauwkeurigheid en oppervlakteafwerking, in voldoende mate.
- Het uitwisselen van CAD-gegevens levert problemen op. Wanneer communicatie plaats moet vinden tussen twee bedrijven die verschillende CAD-systemen gebruiken, ontstaan problemen. Bij gegevensuitwisseling gaan vaak de extra gegevens (uit het vorige punt) als eerste verloren. Een tekening op papier kan iedereen lezen.



3D-model → Producttekening → Technische tekening

Figuur 1.4 De stappen bij het maken van een tekening vanuit een 3D-CAD-programma.

- Een technische tekening is een juridisch document. Systemen om elektronische documenten te waarmerken staan nog in de kinderschoenen, op een tekening kun je simpelweg een handtekening zetten. Mocht er dan toch iets misgaan, dan is het veel makkelijker om naar een tekening te verwijzen, waarvan een bepaalde maat verkeerd uitgevoerd is, dan naar een 3D-model.
- Als een product in een werkplaats gemaakt moet worden, is een tekening op papier veel praktischer dan een computerbestand, waar maten in opgeroepen en afgelezen kunnen worden.
- En misschien het belangrijkste: in het bedrijfsleven is het gebruik van een 3D-model als drager van de productdefinitie nog niet echt geaccepteerd.

De technische tekening wordt niet alleen minder noodzakelijk doordat meer informatie aan het 3D-model gekoppeld kan worden, maar ook doordat in de praktijk steeds meer productietechnieken rechtstreeks op het 3D-model gebaseerd zijn. Denk bijvoorbeeld aan computergestuurd draaien en frezen (CAM – Computer Aided Manufacturing), lasersnijden en Rapid Manufacturing (3D-printen). Bij dit soort technieken komt er vaak geen technische tekening meer aan te pas. Het is vrijwel zeker dat de technische tekening in de toekomst zal verdwijnen en producten volledig middels MBD in het 3D-model gedefinieerd worden. Alle benodigde informatie zit dan in het 3D-model. Zo ver is het echter nog lang niet. Technisch is er veel mogelijk. Maar belangrijker misschien is het wachten is op acceptatie in de markt. Op dit moment is de technische tekening dus nog onmisbaar.

1.5 Technisch tekenen in de praktijk

Bij het werken met 3D-CAD worden technische tekening afgeleid van het 3D-model. De meeste CAD-programma's bieden daarvoor behoorlijk wat mogelijkheden. Soms staat er al met één commando een kant en klare technische tekening op het scherm. In de praktijk blijken deze 'automatisch' gegenereerde tekeningen vaak kant noch wal te raken. Immers, ongeacht hoe de tekening gemaakt is, de normen die voor traditioneel vervaardigde tekeningen gelden, blijven onverminderd van kracht! Ook bij gebruik van een 3D-programma zul je dus goed moeten weten hoe een technische tekening eruit moet zien. Wel is het natuurlijk zo dat een 3D-CAD-programma het tekenwerk behoorlijk kan vereenvoudigen. Aanzichten en ingewikkelde doorsneden worden razendsnel gegenereerd. Toch blijft ook hier steeds het kritische oog van de tekenaar vereist.

In dit boek gaan we ervan uit dat tekeningen gemaakt worden zoals hierboven beschreven is. We krijgen dus de volgende drie stappen:

- 1 3D-modelleren.
- 2 Het maken van de producttekening. Hiervoor worden aanzichten en doorsneden van het 3D-model afgeleid.
- 3 Het maken van de technische tekening. Toevoegen van maat- en andere aanduidingen.

De eerste stap, het 3D-modelleren, wordt in dit boek niet behandeld. Er wordt van uitgegaan dat je goed met een 3D-CAD-programma overweg kunt en een product helemaal kunt modelleren. Het maken van een producttekening, afgeleid van het 3D-model, wordt in het eerste deel van dit boek behandeld. Het tweede deel van het boek behandelt het maken van een technische tekening, inclusief alle benodigde aanduidingen.

Het modelleren van een product moet uiteraard in een 3D-CAD-programma gebeuren, net als het afleiden van aanzichten en doorsneden. Welk programma daarvoor gekozen wordt, maakt voor het gebruik van dit boek niet uit. Alle bekende CAD-programma's, zoals SolidWorks en Inventor, bieden ongeveer dezelfde functionaliteit. Als de tekening eenmaal gegenereerd is, moet je een keuze maken: blijf je in het 3D-programma werken, of stap je over naar een 2D-programma? Beide opties hebben voor- en nadelen.

Een 3D-CAD-programma is meestal minder geschikt voor het maken van 2D-tekeningen. De programma's bevatten veel 'automatische' functies. Die zijn wel erg handig, maar zitten in de weg wanneer je een tekening exact volgens de regels wilt maken. In dit boek gaan we er van uit dat een tekening wel exact volgens de regels uitgevoerd wordt. Dit betekent dat je nogal eens dingen aan zult moeten passen die het CAD-programma automatisch getekend heeft. In veel 3D-CAD-programma's is dat niet, of alleen met grote moeite mogelijk. Een 2D-programma, zoals AutoCad, is daar veel flexibeler in. Elk lijntje kan precies naar wens aangepast worden.

Het grote voordeel van werken in het 3D-programma, is dat de koppeling tussen tekening en 3D-model blijft bestaan. Wanneer je naderhand het model wijzigt, wordt de tekening automatisch bijgewerkt. Nu zullen wijzigingen achteraf in een onderwijssituatie niet vaak voorkomen, maar in bedrijfssituaties is dit aan de orde van de dag.

In een bedrijfssituatie zal snel geaccepteerd worden dat een tekening misschien niet helemaal volgens de norm gemaakt is, als daar een veel grotere efficiëntie tegenover staat. Het converteren van tekeningen om ze daarna in een 2D-programma verder uit te werken is dan geen optie.

In dit boek gaan we, zoals gezegd, uit van de norm. We doen dan ook geen uitspraak over of een bepaalde afwijking van de norm toelaatbaar is of niet. Bespreek dit eventueel met je docent.

Met de komst van 3D-CAD-systemen in de productontwikkeling is ook het vak van de technisch tekenaar veranderd. De technisch tekenaar maakt tegenwoordig behalve de 2D technische tekening ook steeds vaker in een vroeg stadium 3D-modellen (*solid models*). De technische tekening wordt nu immers van het 3D-model afgeleid en niet vanuit een blanco tekenvel of -bestand opgezet. *Producttekenen en -documenteren – van 3D naar 2D* behandelt het technisch tekenen vanuit dat perspectief. Aan de hand van praktijkvoorbeelden wordt uitgelegd welke keuzes gemaakt moeten worden bij het maken van een tekening vanuit een 3D-model en welke specifieke problemen zich daarbij voordoen.

Het boek bevat oefeningen die gebruik maken van 2D- of 3D-CAD-bestanden. Deze bestanden zijn beschikbaar via de website www.producttekenenendocumenteren.nl zowel in Amerikaanse als Europese projectie. De bestanden worden in neutraal formaat (DXF, IGES, STEP) meegeleverd en zijn daardoor met elk CAD- programma te gebruiken.

In deze zesde druk wordt ook uitgebreid aandacht besteed aan Model Based Definition (MBD), de techniek waarbij productinformatie niet meer in een 2D-tekening wordt vastgelegd, maar rechtstreeks aan het 3D-model gekoppeld wordt.

Producttekenen en -documenteren is bedoeld voor studenten Engineering (Werktuigbouwkunde, Industrieel productontwerpen en Elektrotechniek) en professionele engineers en ontwerpers.

Arnoud Breedveld heeft vele jaren onderrichtservaring aan de Haagse Hogeschool (Industrieel Product Ontwerpen) en de Design Academy in Eindhoven. Daarnaast werkt hij als zelfstandig consultant.

