

Berekenen en ontwerpen van eenvoudige
constructies van bouwwerken

Mechanica + constructie 2

V.G. Keijzers

Colofon

tekst	ir. V.G. Keijzers
eindredactie	ir. C.H. van Eldik / Bouwen met Staal
vormgeving	Karel Ley / Fig.84-Reclamestudio
uitgave	Bouwen met Staal
ISBN	978-90-75146-10-3
foto omslag	woontoren De Stadsheer in Tilburg van EGM architecten



www.bouwenmetstaal.nl

©Bouwen met Staal 2026

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt – in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier – zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten en onvolkomenheden niet uit te sluiten. De uitgever sluit – mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt – elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

Voorwoord

Mechanica + constructie is een gecombineerd mechanica- én constructieboek en sluit aan op de huidige onderwijsmethoden in het hoger beroepsonderwijs (HBO), waarin vakgebieden steeds meer worden geïntegreerd. Zo ook binnen het constructieve onderwijs, waarin de mechanica direct wordt toegepast en tevens onderdeel is van het constructieve ontwerp én de constructieve berekening. Bovendien wordt van de student steeds meer zelfwerkzaamheid gevraagd. Door deze veranderende leeromgeving is een ander soort studiemateriaal nodig. Als antwoord daarop is dit boek ontstaan.

Mechanica + constructie is een basisboek, in Nederland bedoeld voor de eerste studiejaar van de opleidingen Bouwkunde, Civiele Techniek, Built Environment en de brede Bachelor. In Vlaanderen is het boek bedoeld voor de opleiding Professionel Bachelor Bouwkunde én de bachelorjaren van de ingenieurs- en architectuur-opleidingen. Maar ook in andere hogere technische opleidingen kan het worden gebruikt.

Mechanica + constructie is ook een logisch vervolg op het boek *Kracht + vorm*, waarin kennis wordt gemaakt met de constructies van bouwwerken, de krachtswerking daarin én het inzicht in de algemene constructieve principes en oplossingen. In *Mechanica + constructie 1* ligt het accent op de inleiding van zowel de mechanica als het construeren. *Mechanica + constructie 2* geeft handvatten en achtergronden voor de eerste stap in de constructieve berekening: het modelleren van de materiaaleigenschappen, de belastingen op de constructie en de constructie zelf. Daarna worden de grootte van de meest voorkomende belastingen op bouwwerken beschreven, gevolgd door de basisbegrippen over constructieve veiligheid. Tot slot wordt uitgelegd hoe belastingen worden gecombineerd; dit alles volgens de uitgangspunten van de Eurocode.

Mechanica + constructie 2 is mede tot stand gekomen door de inbreng van collega-docenten met jarenlange ervaring in het HBO-onderwijs Bouwkunde en Civiele Techniek. Erik Klein (De Haagse Hogeschool) voorzag de hoofdstukken van commentaar en Olaf Verschuren (Hogeschool Utrecht) gaf behalve commentaar ook doorlopend feedback op de vele uiteenlopende onderwerpen.

Tenslotte de uitgever en eindredacteur Cor van Eldik (Bouwen met Staal), die de verschijning van dit boek mogelijk maakte en met veel toewijding een belangrijke bijdrage leverde aan de inhoud, de structuur, de opbouw én de vormgeving van het boek.

Vincent Keijzers, juli 2026

Illustratieverantwoording

Alle niet-genoemde foto's en alle tekeningen komen uit het archief van Bouwen met Staal. Van sommige niet-genoemde afbeeldingen is de rechthebbende onbekend. L = links; R = rechts.

Alamy / dpa 9.13	HB-Betonwerken 9.81
Alamy / Jos Blossom 9.72	HBE Bouw 10.23
ANP / Alamy Stock Photo 11.3	Heijmans 9.78
ANP Dutchphoto / Hans van Weel 11.8	van Houtum architecten 12.24
Archistad 9.55b	Fotopersburo Bert Jansen 12.1
Associated Press / Gene J. Puskar 11.1	V.G. Keijzers 9.71, 9.100, 10.19, 10.24
Baycrest 11.12	Fas Keuzenkamp 9.50
Teun Berserik / Comic House 10.1, 10.2	Luuk Kramer 9.66a
Martijn van Bijnen / FPMB 12.12	Karel Ley / Fig.84-Reclamestudio cover
bringatrailer.com 9.8	Lodewijk Loor 10.22
Eldeko Verhuur 11.15	Loos.FM Tijdelijke Monumenten 9.29
Emco Benelux 9.84	Meenderinck Fotografie 9.1
A. Fagundes / Dreamstime.com 12.17	Moois van Mie 10.7c
Flickr / Albert Wirtz 12.56	MOOST+Arc2 architectuurteam 9.64
Flickr / European Roads 9.63	Omroep West 11.2R
Getty Images / Bloomberg 12.2	onbekend 9.57
Getty Images / Spencer Platt 11.5	Ossip Architectuurfotografie 9.2, 10.4
Bureau Hageman 11.11	Peri 11.16
Van Ham Tenten en Podia 11.7	Toni Rappersberger 11.18
Hardeman / Van Harten Dak- en	Bert Rietberg 9.98
Wandbeplating 10.10	Rijkswaterstaat 9.25
Stadsarchief Hasselt 11.10	Rijkswaterstaat / Joop van Houdt 11.4
Van Hattem en Blankevoort 11.17	SAB-profiel 9.90

René Schotanus 10.20
Aannemersbedrijf H. Schouten 9.43L
Screening Eagle Technologies 9.27
srfotografie 10.5
Structurae / Bernd Kramarezik 9.55a
Stunning Plans 10.7a
Trappen XL 9.74
Valencia Tickets 9.49

Jan Vonk Fotografie 12.11
University of Washington Special Collections
10.7b
Willow's Fencing 9.77
www.betonlexicon.nl 9.11
www.houtconnect.be 9.12
Gemeente Zoetermeer 11.2L

Mechanica + constructie 2 is een vervolg op *Mechanica + constructie 1* en sluit aan op *Kracht + vorm*. Errata, correcties, en aanvullingen op deze studieboeken zijn via www.bouwenmetstaal.nl onder 'publicaties' en 'correcties (errata)' gratis te downloaden.

Inhoud



9	Schematiseren	8	10.2 Rekenen met belastingen	123
9.1	Mechanische materiaaleigenschappen	9	10.2.1 Veilig construeren	123
9.1.1	Mechanische eigenschappen en het σ/ϵ -diagram	9	10.2.2 Karakteristieke blijvende en veranderlijke belastingen	124
9.1.2	Materiaalonderzoek	19	10.2.3 Belasting door gebruik	126
9.1.3	σ/ϵ -diagram van staal, beton en hout	24	10.2.4 Belasting door verplaatsbare scheidingswanden	126
9.2	Belastingen	37	10.2.5 Sneeuwbelasting	126
9.2.1	Verschijningsvormen	37	10.2.6 Windbelasting	129
9.2.2	Schematiseren van puntlasten als een lijnlast	39	10.2.7 Belasting door grond en grondwater	137
9.2.3	Belastingafdracht	43	10.3 Parate kennisvragen	141
9.3	Constructie	62	10.4 Oefenopgaven	141
9.3.1	Elementen	62		
9.3.2	Opleggingen en verbindingen	64		
9.3.3	Voorbeelden	75		
9.4	Parate kennisvragen	114		
10	Belastingen	116	11 Veiligheid en bruikbaarheid	144
10.1	Indeling van belastingen	117	11.1 Grenstoestanden	145
10.1.1	Belastingsoort	117	11.2 Risico en kans op bezwijken	147
10.1.2	Verschijningsvorm	121	11.3 Referentieperiode en ontwerplevensduur	149
10.1.3	Plaatsvastheid	121	11.4 Risicofactoren	150
10.1.4	Respons van de constructie	122	11.5 Partiële factoren	152
			11.6 Parate kennisvragen	160
			11.7 Oefenopgave	160



12 Belastingcombinaties

12.1 Uiterste grenstoestand

- 12.1.1 Fundamentele belastingcombinatie STR/GEO
- 12.1.2 Buitengewone belastingcombinatie
- 12.1.3 Fundamentele belastingcombinatie EQU

12.2 Bruikbaarheidsgrenstoestand

- 12.2.1 Karakteristieke belastingcombinatie
- 12.2.2 Frequente belastingcombinatie
- 12.2.3 Quasi-blijvende belastingcombinatie
- 12.2.4 Belastingcombinaties voor de doorbuiging

12.3 Belastingschikking

- 12.3.1 Uiterste grenstoestand
- 12.3.2 Bruikbaarheidsgrenstoestand

12.4 Parate kennisvragen

12.5 Oefenopgaven

162

163

164

169

176

178

179

179

180

180

185

185

187

210

210

Bijlage

D Belastingen op constructies

- D.1 Volumiek gewicht van bouwmaterialen 214
- D.2 Gewicht per m2 van een aantal veelgebruikte
bouwmaterialen en bouwdelen 215
- D.3 Volumiek gewicht van grondsoorten 215
- D.4 Veranderlijke belastingen op vloeren en daken
van gebouwen 216
- D.5 Veranderlijke belastingen op fiets- en voetgangers-
bruggen 218
- D.6 Stuwdruk door wind 219