

**Johannes Boersma**

Faculteit Wiskunde en Informatica  
Technische Universiteit Eindhoven  
Postbus 513, 5600 MB Eindhoven  
j.boersma2@tue.nl

**Adrianus T. de Hoop**

Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica  
Technische Universiteit Delft  
Mekelweg 4, 2628 CD Delft  
a.t.dehoop@its.tudelft.nl

**In memoriam Christoffel Jacob Bouwkamp (1915–2003)**

# Passie voor precisie

In februari van dit jaar overleed Christoffel Jacob Bouwkamp. Hij was buitengewoon hoogleraar in de toegepaste wiskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven en lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Zijn wetenschappelijke leven heeft zich afgespeeld op het snijvlak van de wis- en natuurkunde. De auteurs van dit In memoriam zijn verbonden aan de Technische Universiteiten te Eindhoven en Delft. Johannes Boersma, emeritus hoogleraar wiskunde, heeft Bouwkamp voor het eerst ontmoet in 1956 toen hij als student een stage vervulde op het Philips' Natuurkundig Laboratorium. Vanaf 1966 hebben Boersma en Bouwkamp veel samengewerkt, onder andere op het gebied van de diffractietheorie. Adrianus T. de Hoop, Lorentz Chair Emeritus Professor te Delft, kwam met Bouwkamp in contact toen hij in 1952 als jong ingenieur een artikel van Bouwkamp over diffractietheorie nodig had. De discussies met Bouwkamp hebben tot een blijvende wetenschappelijke samenwerking geleid.

Op 23 februari 2003 is in zijn woonplaats Eindhoven overleden prof.dr. C.J. Bouwkamp op de leeftijd van 87 jaar. Hij was lid van het Wiskundig Genootschap sinds 1937. Als student publiceerde hij reeds zijn eerste twee artikelen in het *Nieuw Archief voor Wiskunde* van 1936.

**Loopbaan**

Christoffel Jacob Bouwkamp werd geboren op 26 juni 1915 in Hoogkerk (thans deel van Groningen). Van 1928 tot 1933 doorliep hij de Rijks-HBS te Groningen waar Bottema zijn leraar wiskunde was. Vervolgens studeerde hij wis- en natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen, waar hij in november 1938 'cum laude' het doctoraal examen theoretische natuurkunde aflegde. Op 23 januari 1941 promoveerde hij aan dezelfde universiteit tot doctor in de wis- en natuurkunde op het proefschrift *Theoretische en numerieke behandeling van de buiging door een ronde opening*. Zijn promotor was prof.dr. F. Zernike, Nobelprijswinnaar natuurkunde in 1953.

Zeer bijzonder is, dat Bouwkamps dissertatie bijna dertig jaar na verschijning nogmaals in een door hemzelf verzorgde Engelse vertaling in de *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* van maart 1970 is gepubliceerd, zulks op uitnodiging van de redactie. Aan deze versie is een woord vooraf toegevoegd van Editor D.R. Rhodes waarin deze schrijft: "There are at least three major contributions in this paper. These are 1) the solution to the problem of diffraction through a circular aperture, 2) the rigorous formulation of Babinet's principle for scalar fields, and 3) the development of properties of spheroidal functions, including an iteration procedure for constructing the functions that is still the best available today. In this paper can be found the origins of much of Dr. Bouwkamp's later work, which has played a central role in the development of diffraction theory."

Kort na zijn promotie trad Bouwkamp in dienst bij het Philips' Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven, waaraan hij tot zijn pensionering in 1975 verbonden bleef als weten-

schappelijk medewerker, groepsleider en later als wetenschappelijk adviseur. Daarnaast raakte hij betrokken bij universitair onderwijs en onderzoek. Zo was Bouwkamp in 1945 geëxamineerd bij de examens aan de toenmalige Tijdelijke Academie te Eindhoven. In latere jaren was hij gastdocent of gastonderzoeker aan de Technische Hogescholen te Göteborg en Stockholm, aan New York University, en aan de University of California te Berkeley en Los Angeles. Van 1955 tot 1958 was hij buitengewoon hoogleraar in de toegepaste wiskunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht.

In november 1956 werd Bouwkamp door het College van Curatoren van de pas opgerichte Technische Hogeschool Eindhoven benoemd tot zijn adviseur, "teneinde advies te geven inzake het wetenschappelijk onderzoek en het onderwijs in de toegepaste wiskunde". In de jaren daarna zijn Seidel en Bouwkamp opgetreden als de grondleggers van de toenmalige Onderafdeling der Wiskunde. Van 1958 tot 1980 was Bouwkamp buitengewoon hoogleraar in de toegepaste wiskunde aan de (thans) Technische Universiteit Eindhoven. In 1960 werd Bouwkamp benoemd tot lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.

#### Diffractietheorie

In het wetenschappelijke werk van Bouwkamp zijn een paar hoofdlijnen te onderscheiden. Een eerste lijn betreft zijn onderzoek op het gebied van de antennetheorie en van de diffractie- of buigingstheorie. In de antennetheorie heeft hij gewerkt aan het probleem van de elektrische stroomverdeling langs een draadvormige antenne. Voor dit probleem was eerder een theorie ontwikkeld door de Zweedse onderzoeker Hallén, welke theorie door Bouwkamp is verfijnd en uitgebreid. Samen met N.G. de Bruijn onderzocht Bouwkamp het probleem van de 'optimale' stroomverdeling langs een draadantenne, zodanig dat een voorgeschreven stralingspatroon zo goed mogelijk gerealiseerd werd. Aangevoerd werd dat het onderhavige probleem 'slecht gesteld' ('ill-posed') was en dat de gevonden wiskundige oplossing instabiel en dus technisch onbruikbaar was; deze conclusie verwekte destijds (1946) enige sensatie.

Bouwkamps onderzoek op het gebied van de diffractietheorie is begonnen met zijn dissertatie. Sindsdien hebben in het bijzonder de problemen van akoestische of elektromagnetische diffractie door een cirkelvormige opening in een vlak scherm zijn voortdurende aandacht gehad. Belangrijk was zijn werk



Christoffel Jacob Bouwkamp

over de singulariteiten van het elektromagnetische veld in de buurt van een scherpe rand ('edge'). Bouwkamp was de eerste die wees op de noodzaak om de zogenaamde 'edge condition' op te nemen in de mathematische formulering van het elektromagnetische diffractieprobleem. Van het werk in latere jaren dient in het bijzonder genoemd te worden het grote overzichtsartikel 'Diffraction theory' in *Reports on Progress in Physics* 17, 35-100 (1954). In dat artikel geeft Bouwkamp op gezaghebbende wijze een kritische bespreking van de toen bekende literatuur over de klassieke diffractietheorie, compleet met een literatuurlijst van meer dan 500 artikelen, die allemaal in de tekst zijn verwerkt. Voor veel vakgenoten is dat overzichtsartikel een leerboek en een startpunt voor verder onderzoek geweest. Dat laatste blijkt uit de vele verwijzingen naar Bouwkamps artikel in de latere literatuur: de *Science Citation Index* vermeldt er ongeveer 360 in de periode vanaf 1960 tot heden.

Nauw verbonden met de diffractietheorie was Bouwkamps werk op het gebied van speciale functies: sferoïdale golffuncties, Mathieufuncties en Besselfuncties. Dat verband was heel natuurlijk: in het probleem van de buiging door een ronde opening vormen sferoïdale golffuncties het passende wiskundige gereedschap en waar dat gereedschap niet kant en klaar voorhanden was, heeft Bouwkamp het zelf ontwikkeld tot en met de numerieke uitwerking toe. Met recht is Bouwkamp een klassiek toegepaste wiskundige te noemen bij wie de beoefening van wiskunde en haar toepassing in de natuurkunde op vruchtbare wijze samengingen. In het onder-

wijs heeft Bouwkamps wetenschappelijke activiteit een waardevolle spin-off gegeven in de vorm van een aantal caput-colleges Toegepaste Wiskunde, waarvan de studenten hebben kunnen profiteren.

#### Combinatoriek en computer

Een tweede onderzoeksthema van Bouwkamp is geïnspireerd door puzzels met een wiskundige inslag. Daarbij ging het hem niet om het vinden van *een* oplossing van de puzzel, maar om de constructie van *alle* oplossingen met gebruikmaking van methoden uit de combinatoriek en, bovenal, van de computer. Zo heeft Bouwkamp zich uitvoerig beziggehouden met diverse pentomino-problemen.

Een pentomino (in ruimtelijke vorm) is een configuratie van vijfeenhedenkubussen in één vlak gelegen en met elkaar verbonden langs hun zijvlakken. Er bestaan twaalf verschillende pentomino's en deze kunnen bij voorbeeld gebruikt worden om een rechthoekige doos met afmetingen  $3 \times 4 \times 5$  of  $2 \times 5 \times 6$  te vullen. Van beide problemen heeft Bouwkamp alle oplossingen bepaald en getabelleerd. Daartoe ontwikkelde hij zeer efficiënte computerprogramma's, waarin met behulp van een proces van 'backtracking' de 'boom' van oplossingen werd afgezocht.

Een ander combinatorisch probleem dat Bouwkamp meer dan vijftig jaar heeft gefascineerd, betreft de verdeling van een rechthoek (of een vierkant) in ongelijke deelvierkanten. In zijn eerste artikelen uit 1946-1947 presenteerde Bouwkamp een complete tabel van de 310 mogelijke rechthoekverdelingen van ordes 9 tot en met 13, alle met de hand berekend. De 'orde' is het aantal vierkanten waarin de rechthoek is verdeeld, terwijl rechthoekverdelingen van orde kleiner dan 9 niet voorkomen. Geruime tijd later, zag Bouwkamp voor het probleem van de rechthoekverdeling nieuwe mogelijkheden, waarbij hij zich verzekerde van de medewerking van A.J.W. Duijvestijn en anderen.

Dat heeft onder meer geresulteerd in de dissertatie van Duijvestijn in 1962 (met Bouwkamp als promotor), waarin de constructie van rechthoekverdelingen naar opklimmende orde volledig gecomputeriseerd is. Door het gebruik van de computer was het toen mogelijk alle rechthoekverdelingen tot en met orde 18 te bepalen, zij het dat de output van ruim 3000 pagina's te omvangrijk was om gepubliceerd te worden! In de jaren 90 is het onderzoek vooral gericht geweest op het speciale geval van vierkantverdelingen. Bouwkamp en Duijvestijn hebben een tweetal *Albums* ge-

publiceerd met daarin fraaie tekeningen van alle vierkantverdelingen van ordes 21 tot en met 25, en 26 (zie figuur 1).

**‘Exterminating the problem’**

Aparte vermelding verdient Bouwkamps jarenlange werkzaamheid als hoofdredacteur van de *Philips Research Reports*. In deze functie heeft hij door zijn kritische commentaar, zowel wetenschappelijk inhoudelijk als wat het gebruik van de Engelse taal betreft, aanzienlijk bijgedragen tot de kwaliteit van het tijdschrift. Bij zijn afscheid van het Philips’ Natuurkundig Laboratorium in 1975 werd te zijner ere een 379 pagina’s tellende *Special Issue* uitgebracht waarin een keur van auteurs uiting gaf aan zijn waardering en respect voor Bouwkamp.

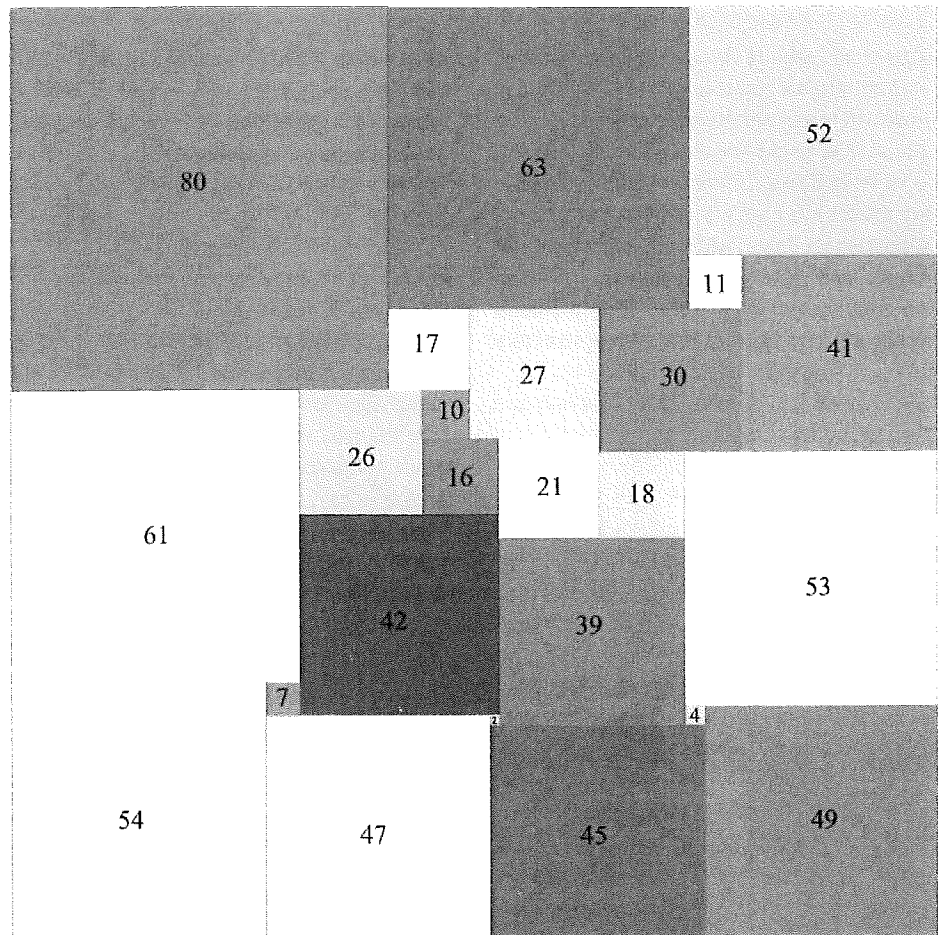
In zijn wetenschappelijke werk heeft Bouwkamp zich vooral gebogen over concrete, specifieke en vaak moeilijke problemen. Die problemen loste hij dan grondig en met grote accuratesse op, inclusief alle analytische en numerieke details. Casimir heeft dat zeer passend tot uitdrukking gebracht in zijn artikel in de *Special Issue*: “if Bouwkamp tackles a problem he deals with it exhaustively, he ‘exterminates’ the problem, to use his own words.”

Bouwkamp is altijd gedreven door een ‘passion for exact knowledge’, zoals Bottema dat genoemd heeft in diens bijdrage tot de *Special Issue*. Die ‘passion for exact knowledge’ ging samen met een sterk kritische zin en een grote werkkraft, wat heeft geresulteerd in een oeuvre dat de toegepaste wiskunde wezenlijk heeft vooruitgebracht. Van Bouwkamps kritische zin getuigen ook zijn 374 bijdragen aan de *Mathematical Reviews*. Terzijde zij opgemerkt dat Bouwkamps passie om de dingen grondig te weten en te doen zich niet beperkte tot zijn wetenschappelijke werk. Met dezelfde passie beoefende hij zijn hobby’s of het nu het rapen van kievietseieren was of het verzamelen van postzegels en munten.

Een tweede passie die altijd weer treft bij Bouwkamp, is zijn ‘passion for accuracy’ (de kwalificatie is van Morris Kline van New York University). Die ‘passion for accuracy’ strekte zich uit over zijn totale werk, vanaf een heel precieze analyse van zijn problemen, via een zorgvuldig en helder schrijven van zijn artikelen, tot en met de correctie van drukfouten in de uiteindelijke publicatie. Zelfs in de overdrukken van zijn artikelen verbeterde Bouwkamp nog de schaarse overgebleven drukfouten!

Bouwkamp is altijd een solist geweest, toegankelijk voor een ieder die met een se-

rieus wiskundig of fysisch probleem bij hem kwam, altijd bereid een ander te laten delen in zijn inzichten. Hij had evenwel—voorzichtig gezegd— geen behoefte aan organisatorische functies in het bedrijf waar hij werkzaam was of aan grote aantallen studenten en promovendi bij de universiteit. Aan de Technische Universiteit Eindhoven heeft Bouwkamp twee promovendi gehad: A.J.W. Duijvestijn en J.K.M. Jansen. Hoewel geen promovendi in formele zin, stellen schrijvers dezes er prijs op toch ook als leerlingen van Bouwkamp beschouwd te worden. Allen die wat langere tijd met Bouwkamp wetenschappelijk in contact hebben gestaan, zijn blijvend geïnspireerd door zijn compromisloze voorbeeld van wetenschapsbeoefening. ←



**Figuur 1** Een vierkant, opgedeeld in 24 kleinere vierkanten van onderling verschillende grootte. De verdeling heeft orde 24. Bouwkamp en Duijvestijn hebben een tweetal *Albums* gepubliceerd met daarin onder andere alle 26 vierkantverdelingen van orde 24.