

Informatik

Thomas Gruber

**Verquickung der mathematischen
und informatischen Forschung an
zivilen deutschen Hochschulen
mit der modernen Kriegsführung**

**SHAKER
VERLAG**



Universität Bremen

Fachbereich 03: Mathematik / Informatik

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) im Fachbereich Informatik

Verquickung der mathematischen und informatischen
Forschung an zivilen deutschen Hochschulen mit der
modernen Kriegsführung

Autor:
Thomas Gruber

Erster Gutachter:
Prof. Dr. Hans-Jörg Kreowski

Zweiter Gutachter:
Prof. Dr. Gregor Nickel

Datum des Kolloquiums: 18. Juli 2018

Berichte aus der Informatik

Thomas Gruber

**Verquickung der mathematischen und informatischen
Forschung an zivilen deutschen Hochschulen
mit der modernen Kriegsführung**

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2018

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6213-7

ISSN 0945-0807

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Diese Arbeit wurde in X_YTeX geschrieben. Das Layout *Maggi Memoir Thesis*, welches hierbei als Vorlage diente, stammt von Federico Maggi (fede@maggi.cc). Es wurde stark abgeändert von Vel (vel@latextemplates.com) und dem Autor selbst.

Vorwort

Privatpersonen, die sich mit militärrelevanter oder allgemeiner Drittmittelforschung in Deutschland befassen, geraten schnell an die Grenzen wissenschaftlicher Transparenz. Selbst die wichtigsten parlamentarischen Kontrollinstrumente schaffen hier nur wenig Abhilfe: Seit mehreren Jahren stellen die Land- und Bundestagsfraktionen der Grünen und der Linken an die jeweiligen Regierungen immer wieder erfolglose kleine Anfragen, die sich mit der Drittmittelfinanzierung deutscher Forschungseinrichtungen befassen. Viele Zahlen und Fakten werden den Parlamentarier_innen¹ erst gar nicht zugänglich gemacht, da gerade wissenschaftlich-wirtschaftliche Kooperationen häufig mit Geheimhaltungsklauseln bezüglich des Forschungsgegenstandes und der Finanzierung geschützt sind. Doch selbst wenn Informationen an die Oppositionsfraktionen weitergegeben werden, bekommen sie von den Regierungen oft den Vermerk „Verschlussache“, was ihre Veröffentlichung oder Verbreitung illegal macht. Im Falle militärrelevanter Forschung stehen die wenigen Zahlen und Kooperationsprojekte, die öffentlich gemacht werden können, meist in Verbindung mit staatlichen und militärischen Institutionen wie etwa dem Bundesverteidigungsministerium (kurz: *BMVg*) oder der Bundeswehr.

Einen Überblick, wie sich die militärrelevante Forschung an deutschen Forschungseinrichtungen bis 2015 entwickelt hat, geben beispielsweise die Bewertung [Goh16] einer kleinen Anfrage von 2016 und der Artikel [Goh18]. Seit dem Jahr 2000 ist etwa das Volumen von *BMVg*-finanzierter Forschung von jährlich vier Millionen auf sieben Millionen Euro angestiegen und die Gelder die von den technischen Dienststellen der Bundeswehr an die Hochschulen fließen, erhöhten sich in der selben Zeit von 250.000 Euro auf 1,5 bis 2,5 Millionen Euro pro Jahr. Weit großzügiger fallen die Gelder bei der Finanzierung außerhochschulischer Forschungseinrichtungen aus: Im Jahr 2015 bekamen sie etwa 56 Millionen Euro vom *BMVg*, ein großer Teil davon ging an die Fraunhofer-Institute, welche im Verbund für Verteidigungs- und Sicherheitsforschung (kurz: *VVS*) organisiert sind. Die *VVS*-Institute erhielten 2015 außerdem eine Grundfinanzierung von 63 Millionen Euro vom deutschen Verteidigungsministerium, was bei der Vergabe von Ressortforschung einen klaren Fokus des *BMVg* auf außerhochschulische Forschungseinrichtungen erkennen lässt. Eine große Dunkelziffer bleibt bei dieser parlamentarischen Analyse von wehrrelevanter Forschung allerdings stehen: Nur selten erhalten die Oppositionspolitiker_innen Zahlen und Daten zu Drittmitteln von Unternehmen mit Rüstungssparte oder über den Bereich der staatlich geförderten Dual-Use-Projekte². Die Problematik und die Umstände jener verdeckten und teils verwischten militärischen Forschung werden auch immer wieder Thema der vorliegenden Arbeit sein.

¹In dieser Arbeit wird im Sinne einer geschlechterneutralen Sprache die sogenannte *Gendergap* genutzt. Durch einen Unterstrich veranschaulicht sie, dass mit einem Begriff nicht nur denjenigen Personen, die sich als männlich oder weiblich verstehen gemeint sind, sondern auch all diejenigen, die sich außerhalb der binären Geschlechtsidentität verorten – wie etwa manche trans- oder intersexuellen Personen.

²also solche, die sowohl zivilen als auch militärischen Zwecken dienen

Mein fünfjähriges Studium (in den Jahren 2008 bis 2013) der Mathematik mit Nebenfach Informatik an der Universität Augsburg war geprägt von der Frage, welche Auswirkungen die industrielle, privatwirtschaftliche und militärische Nutzung von Forschungsergebnissen auf die hiesige Wissenschaftslandschaft hat. Schon früh kamen Studierende dort mit Unternehmen in Berührung, die ihren Fokus auf die Verwertbarkeit mathematischer und informatischer Forschung legten – vornehmlich aus der verarbeitenden Industrie oder der Finanzwirtschaft. Ein fester Bestandteil des Bachelor-Studiums Mathematik in Augsburg ist etwa ein zweimonatiges Pflichtpraktikum außerhalb der Universität und viele Studierende schreiben ihre Abschlussarbeiten in Kooperation mit bayerischen Konzernen oder arbeiten dort als Werkstudierende, um ihren Lebensunterhalt zu verdienen. Während meines Betriebspraktikums und meiner Arbeit als Werkstudent stellte ich fest, dass es einerseits äußerst schwierig (wenn nicht sogar unmöglich) ist, sich im produzierenden Gewerbe von militärrelevanten Problemstellungen fernzuhalten. Andererseits erforderte es teilweise eine beachtliche Portion Eigeninitiative überhaupt in Erfahrung zu bringen wie die Unternehmen und damit auch die eigene Arbeit mit militärischen Akteur_innen verbunden sind. Häufig wurden mathematische und informatische Fragestellungen eher als spannende Knobeleien angepriesen und nur sehr rudimentäre Angaben zur späteren Verwendbarkeit der Forschungsergebnisse gemacht. Ohne Frage lag dies auch daran, dass die Arbeitsanweisungen möglichst allgemein gehalten waren, um das fertige Produkt später in vielen Bereichen sowohl zivil als auch militärisch nutzen zu können.

Auf Seiten des Universitätsbetriebes war die wirtschaftliche Verwertbarkeit mathematischer und informatischer Methoden ebenso präsent. Einerseits betreuten und förderten viele Professor_innen Verbindungen zwischen Studierenden und Konzernen, andererseits standen die Wissenschaftler_innen selbst unter einem erheblichen Druck, Drittmittel einzuwerben und damit ihre Unternehmenskontakte stetig zu pflegen. In Augsburg hatte das über die vergangenen Jahrzehnte zur Folge, dass anwendungsbezogene Teilgebiete der Mathematik und der Informatik – wie etwa Ingenieurmathematik, Finanzmathematik, Geoinformatik oder Wirtschaftsinformatik – gegenüber den rein theoretischen – wie etwa Analysis, Algebra, Logik oder theoretische Informatik – erheblich an Bedeutung gewonnen haben und die entsprechenden Fakultäten und Institute auch diesbezüglich umstrukturiert wurden. Eine größere öffentliche Diskussion über diese maßgeblichen Veränderungen der Forschungslandschaft blieb weitgehend aus; nach meinem Empfinden wurden die Entwicklungen von den meisten Universitätsangehörigen – Dozierenden wie Studierenden – zunächst unkommentiert hingenommen.

Mit dem Beginn meines Masterstudiums im Jahr 2011 begann ich mich zunehmend aus einer fachlichen sowie einer wissenschafts- und gesellschaftspolitischen Perspektive mit den Verbindungen zwischen der Wissenschaft und ihren Anwendungsbereichen zu befassen. Weite Teile dieser Auseinandersetzung fanden in der persönlichen Diskussion mit anderen Studierenden und Dozierenden statt und waren keineswegs nur auf die mathematische und informatische oder nur auf militärrelevante Fragestellungen beschränkt. In den Jahren 2012 und 2013 entwickelte sich ein fruchtvoller Diskurs innerhalb der Augsburger Universität – viele Studierende und Professor_innen tausch-

ten sich über ihren Unmut bezüglich der deutschen Wissenschaftspolitik und der Transformation ihrer Universität aus. Für mich war besonders die Verquickung der Wissenschaft mit militärischen Anwendungen von Interesse, da kriegerische Handlungen besonders drastische Auswirkungen auf die Zivilgesellschaft haben und sich damit unmittelbar Fragen nach der Verantwortlichkeit von Forscher_innen für die Folgen ihrer Arbeit ergeben. Es war mir dabei wichtig, ein solches Thema vom Standpunkt meiner fachlichen Verortung aus zu behandeln – als Studierender der Mathematik und der Informatik. Im Jahr 2013 wollte ich über dieses Thema auch meine Masterarbeit schreiben und sprach daher mit einem Mathematikprofessor, der sich rege an unserem universitären Diskurs beteiligt hatte. Er eröffnete mir, dass er zwar meine Masterarbeit gerne betreuen würde und das Thema für ihn auch von großer wissenschaftlicher Bedeutung wäre, er sich damit allerdings unter seinen Kolleg_innen unbeliebt machen und sich eventuell ins wissenschaftliche Abseits befördern würde. Ich beschloss daher, mein Studium an der Universität Augsburg zügig abzuschließen und mich stattdessen um eine Promotion zu dem Thema *Verquickung der mathematischen und informatischen Forschung an zivilen deutschen Hochschulen mit der modernen Kriegsführung* zu bemühen – die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis jener Bemühungen.

Thomas Gruber
(thomas.gruber@riseup.net)
Hamburg
Mai 2018

Danksagung

Mit Blick auf die Arbeit der vergangenen drei bis vier Jahre gilt mein größter Dank meinem Betreuer Hans-Jörg Kreowski für den äußerst wertvollen fachlichen Austausch, die hervorragende Betreuung sowie die Geduld und Ruhe, mit denen er mich auf Probleme und mögliche Fehler hingewiesen hat; außerdem den Menschen der Rosa-Luxemburg-Stiftung, deren finanzielle Förderung mein Promotionsvorhaben erst ermöglicht hat und deren Bildungsangebot zur diversen wissenschaftlichen und politischen Themen bei mir auf großes Interesse gestoßen ist. Weiter danke ich herzlich Bernhelm Booß-Bavnbek von der Universität Roskilde und Gregor Nickel von der Universität Siegen für die fruchtbaren Gespräche und guten Hinweise, welche mir erheblich bei der Strukturierung und Ausrichtung des Themas geholfen haben. Im Schnittbereich zwischen Wissenschaft und Politik habe ich mich besonders über die produktive und spannende Zusammenarbeit mit den Menschen der Informationsstelle Militarisierung, des Forums InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung sowie den Redakteur_innen der Zeitschrift Wissenschaft und Frieden gefreut. Es ist mir ein großes Anliegen diese Kontakte zu pflegen und die Zusammenarbeit zu vertiefen. Auf Seiten der wissenschaftlichen Institutionen mag ich vor allem das Tübinger Internationale Zentrum für Ethik in den Wissenschaften hervorheben, wo ich über mehrere Monate ein abwechslungs- und lehrreiches Arbeitsumfeld genießen durfte.

Es ist mir nicht möglich in Worte zu fassen, welche Kraft und welchen Halt mir meine Freundin Jenny und meine Mutter Renate in den letzten Jahren gegeben haben. Nur soviel: Eure Zuneigung und Eure wundervolle, offene Art machen selbst in den schwierigsten Momenten meines Lebens einen glücklichen Menschen aus mir.

Zusammenfassung

Diese Dissertation befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen mathematischer und informatischer Forschung an zivilen deutschen Hochschulen mit der modernen Kriegsführung.

Die zunehmende Algorithmisierung und Automatisierung militärischer Technik lässt Methoden aus der Mathematik und der Informatik für die Kriegsführung immer wichtiger werden. So sind beispielsweise Kampf- und Überwachungsdrohnen, militärische Spionagesatelliten, moderne Lenkflugkörper und neue Konzepte für Angriffe auf feindliche Verschlüsselungssysteme stark abhängig von aktuellen mathematischen und informatischen Forschungsergebnissen. Das motiviert einerseits die Frage, in welcher Form Mathematiker_innen und Informatiker_innen an diesen Ausprägungen und den Auswirkungen moderner Kriegsführung beteiligt sind, andererseits inwiefern sich diese interessensgeleitete, militärische Nutzung von Forschungsergebnissen wieder zurück auf die Wissenschaftslandschaft auswirkt. Unmittelbar daraus ergeben sich fachinterne, interdisziplinäre und gesamtgesellschaftliche Problemstellungen – etwa bezüglich der Verantwortung von Wissenschaftler_innen für die Folgen ihrer Arbeit, dem Zweck öffentlicher, ziviler Hochschulen oder der anwendungsorientierten Transformation einzelner Fachbereiche.

Bisher ist die Frage nach den *Verbindungen zwischen Mathematik, Informatik und Krieg* weder in der Forschung noch im öffentlichen gesellschaftlichen Diskurs präsent. Deshalb behandelt die vorliegende Arbeit sehr grundlegende Aspekte des Themas: zum einen wird die mathematische und informatische Wissenschaftslandschaft in Deutschland bezüglich ihrer Verquickung mit der modernen Kriegsführung nachgezeichnet, zum anderen wird die Relevanz eines fachinternen und gesamtgesellschaftlichen Diskurses über jene Verquickung geklärt.

Im Verlauf der Dissertation werden zuerst einige Begrifflichkeiten umrissen, die aus mathematischer und informatischer Sicht auf die stellenweise interdisziplinären Forschungsfragen unklar sind – etwa *moderne Kriegsführung* oder *Wissenschaftsverantwortung*. Darauf folgend wird das Thema in den vergangenen und aktuellen wissenschafts- und gesellschaftspolitischen Diskurs eingeordnet. Und schließlich wird die Verquickung zwischen Mathematik, Informatik und moderner Kriegsführung anhand einiger ausgewählter mathematischer und informatischer Teilbereiche dargestellt. Dabei wird zunächst die militärische Bedeutung des jeweiligen Teilbereiches zusammengefasst und danach anhand möglichst fachtypischer Projektbeispiele vertieft. Die Relevanz eines fachinternen und gesamtgesellschaftlichen Diskurses begründet sich dann einerseits auf den bisherigen wissenschafts- und gesellschaftspolitischen Entwicklungen und andererseits auf den Ergebnissen zur Verquickung zwischen Mathematik, Informatik und moderner Kriegsführung.

Angesichts des ursprünglich sehr dünnen Forschungsstandes kann die vorliegende Arbeit als erste Einführung in das Thema *Mathematik, Informatik und moderne Kriegsführung* dienen. Sie motiviert allerdings auch weitere Fragestellungen, auf denen zukünftige Forschung aufbauen kann.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Methoden aus der Mathematik in moderner Kriegstechnologie	4
1.2 Von der Mathematik über die Informatik zur Anwendung	4
1.3 Der Fokus auf die deutsche Forschungslandschaft	5
1.4 Forschungsstand und offene Fragen	6
2 Definitionen und Arbeitsweise	9
2.1 Abgrenzung der Begrifflichkeiten	9
2.1.1 Krieg und Frieden	10
2.1.2 Moderne Schlachtfelder	11
2.1.3 Zur Systematisierung des Kriegsbegriffes	13
2.1.4 Der Begriff der Verantwortung	15
2.1.5 Wissenschaftsethik und Wissenschaftsbegriff	19
2.2 Zur Motivation eines Diskurses über militärrelevante Forschung	21
2.2.1 Die gesellschaftlichen Grundwerte des Friedens und der Wissenschaftsfreiheit	23
2.2.2 Die Situation in der Mathematik und der Informatik	24
2.3 Zielsetzung, Hypothesen und Aufbau der Arbeit	25
2.3.1 Zielsetzung des Promotionsvorhabens	25
2.3.2 Hypothesen der Arbeit	26
2.3.3 Aufbau der Arbeit und Methodik	27
3 Gesellschaftlicher und universitärer Diskurs über die Militärfor-	
sung in Mathematik und Informatik	29
3.1 Nach dem Zweiten Weltkrieg	30
3.2 Während des Kalten Krieges	33
3.3 Heute	38
3.3.1 Wissenschaftspolitik in Deutschland	42
3.3.2 Mathematik und Informatik in der modernen Kriegsführung	50
3.4 Mögliche Gründe für die Vernachlässigung des Diskurses innerhalb der Mathematik und der Informatik	52

4	Verquickung mathematischer und informatischer Forschung mit der modernen Kriegsführung	57
4.1	Kryptologie	58
4.1.1	Die Kryptologie in der Mathematik und der Informatik	60
4.1.2	Kryptologie und Krieg	61
4.1.3	Die BMVg-Studie zum diskreten Logarithmus	65
4.1.4	Entwicklung eines Kommunikationssystems für den Militäreinsatz am FKIE	69
4.1.5	Die Präsenz der NSA auf der <i>International Conference on Finite Fields and Their Applications</i> 2009	72
4.1.6	Beeinflussung der zivilen Forschungslandschaft durch militärische Interessenträger_innen	73
4.1.7	Zwischenfazit zur Kryptologie	75
4.2	Spieltheorie und künstliche Intelligenz	78
4.2.1	Fachliche und geschichtliche Einordnung der Spieltheorie	79
4.2.2	Fachliche und geschichtliche Einordnung der künstlichen Intelligenz	82
4.2.3	Spieltheorie und künstliche Intelligenz in der modernen Kriegsführung	84
4.2.4	Zwischenfazit zur Spieltheorie und zur künstlichen Intelligenz	85
4.3	Technomathematik	86
4.3.1	Direkte Drittmittelkooperationen in der Optimierung	87
4.3.2	Militärisches Interesse an Studierenden der Numerik	93
4.3.3	Wissenschaftlich-militärische Kollaboration in der Kontrolltheorie	99
4.3.4	Militärische Einflüsse auf die zivile Forschungs- und Studienlandschaft	106
4.3.5	Zwischenfazit zur Technomathematik	108
4.4	Aktuelle Forschung zur künstlichen Intelligenz	109
4.4.1	Fachliche Schwerpunkte der spezialisierten KI-Forschung	112
4.4.2	Entwicklung des Forschungsgebietes	114
4.4.3	Dual-Use I: Fraunhofer-Institute und Universitäten	115
4.4.4	Dual-Use II: „Zivile Sicherheitsforschung“	121
4.4.5	Konferenzen, Wettbewerbe und Crowdsourcing	125
4.4.6	Militärische Einflüsse auf die zivile Forschungs- und Studienlandschaft	130
4.4.7	Zwischenfazit zu den modernen KI-Methoden	132
5	Fazit	135
5.1	Zur Verquickung zwischen Mathematik, Informatik und der modernen Kriegsführung	136
5.2	Problem-, Diskurs- und Lösungsansätze	138
5.3	Nachwort und Ausblick	140

Literaturverzeichnis	143
Internetquellen	163
Bildquellen	181