



In allen behandelten Forschungsbereichen wird der inhaltliche Zusammenhang anhand von Beispielen aus der Forschung dargestellt und die Verbindung zur militärischen Anwendung motiviert. Ebenfalls anhand von Beispielen wird die Verbindung des Militärs mit den Forschungseinrichtungen – Hochschulen und kooperierende Forschungsinstitute – dargestellt, dabei wird auch auf personelle Verbindungen an den einzelnen Instituten eingegangen. Häufiges Muster ist die Führung eines Hochschulinstituts und eines Instituts in einer Personalunion.

Zuletzt werden die wesentlichen Forschungsansätze diskutiert, wie der öffentliche Diskurs über militärrelevante Forschung gefördert werden kann und ein abschließender Ausblick gegeben.

Anhand einer beeindruckenden Fülle von Beispielen aus verschiedenen Forschungsbereichen stellt die Arbeit die Problematik der Verquickung von wissenschaftlicher Forschung und Militär überzeugend dar. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zum öffentlichen Diskurs über Militärforschung und deren Legitimität.

Sie behandelt das Thema kritisch, indem sie nicht vor der bloßen Verbindung von Hochschulen und Militärforschung halt macht, sondern auch ein Schlaglicht auf die Verbindung mit nichtuniversitären Forschungseinrichtungen wirft und die Methoden zur Umgehung von Zivilklauseln offenlegt, die auf diese Weise zum Feigenblatt zu verkommen drohen. Neben mathematischem und informatischem Sachverstand sind dabei auch die politischen Gesichtspunkte zu betrachten. Dass die Arbeit politische Wertungen enthält, ist der wissenschaftlichen Arbeit inhärent. Der Wissenschaftlichkeit der Arbeit tut dies keinen Abbruch. Die Arbeit ist für eine transparentere Auffassung aber keinen Abbruch. Der Wissenschaftlichkeit der Arbeit tut dies keinen Abbruch. Nicht zuletzt legt die Arbeit auch eine wichtige Grundlage zur Arbeit des FIF. In diesem Sinne sei sie darüber hinaus allen zur Lektüre empfohlen, die sich einen fundierten Überblick über das Thema verschaffen wollen. Die Jury des Weizenbaum-Studienpreises hat sich einhellig für die Vergabe des ersten Preises für die Arbeit entschieden.

erschienen in der FIF-Kommunikation,
herausgegeben von FIF e.V. - ISSN 0938-3476
www.fif.de

Herzlichen Glückwunsch, Thomas Gruber, zum Weizenbaum-Studienpreis 2019.



Thomas Gruber

Mathematik, Informatik und Krieg

Zu den Verbindungen mathematischer und informatischer Forschung an zivilen deutschen Hochschulen mit der modernen Kriegsführung



1. Preis

Dass Kriege auf dem höchsten Stand der Technik geführt werden, ist nichts Neues. Militärische Anwendungen waren schon oft motivations- und geldgebend für richtungsweisende Forschungsprojekte und teure Entwicklungen. Heute sind immer treffsicherere Cruise Missiles, eigene militärische Kommandos, die für den Cyberkrieg aufgestellt werden, Spionagesatelliten, die eine nahezu lückenlose Erdüberwachung und Zielsuche ermöglichen sowie ein immer weiter entmenschlichter Drohnenkrieg nur einige drastische Beispiele für hoch technisierte Aspekte des Krieges.

Bei einem näheren Blick hinter die Kulissen der Kriegsführung fällt auf, dass sich die militärischen Neuerungen erheblich auf die aktuelle Forschung in der Informatik und der Mathematik stützen. Noch drastischer formuliert: Die modernen Formen der Kriegsführung wären ohne aktuelle informatische und mathematische Forschungsergebnisse undenkbar. Dessen sind wir FIFlerInnen uns bewusst, schließlich ist nicht zuletzt die militärische Nutzung der Informationstechnik ein Grund, warum das FIF existiert. Und nicht nur das, wir arbeiten ja zu vielen Aspekten, wo die Informatik entgegen unserer verschiedenen Vorstellungen einer gerechten und befreiten Gesellschaft genutzt wird (z.B. Krieg, staatliche Überwachung, Repression, ...) und wo ihre Errungenschaften besser platziert wären.

Gerade von Unileitungen und wissenschaftlichem Personal wird der direkte militärische Bezug der mathematischen und informatischen Forschung allerdings oft geleugnet. Ergebnisse aus Drittmittelprojekten gehen an „ganz normale“ deutsche oder europäische Unternehmen, die wie so viele andere eben auch eine Rüstungssparte haben, oder fließen als Teilprojekte in externe Forschungseinrichtungen wie die Fraunhofer- oder Max-Planck-Institute ab. Wie dabei mit eindeutig militärischen Forschungsfragen in solchen Projekten und Kritik an ebenjenen umgegangen wird, hat mich einen großen Teil meines eigenen Studiums der

Mathematik und Informatik beschäftigt. In den Jahren 2015 bis 2018 habe ich schließlich zur Verknüpfung mathematischer und informatischer Forschung mit der modernen Kriegsführung promoviert und möchte im Folgenden einen kurzen und hoffentlich kurzweiligen Überblick über meine Herangehensweise und die Ergebnisse bieten.

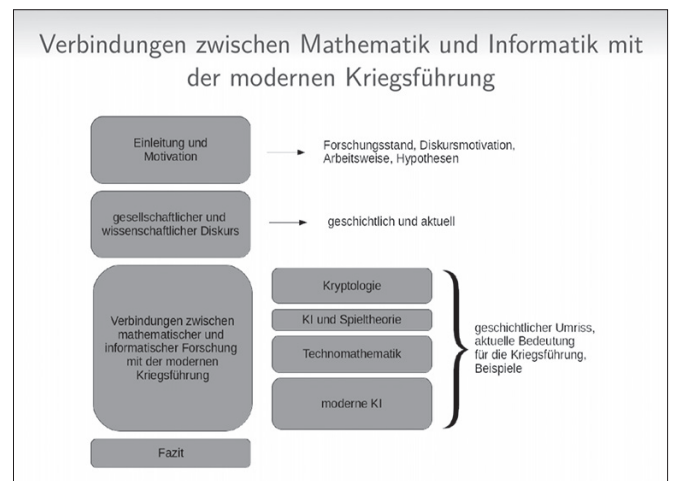


Abbildung: Struktur der Arbeit - Folie aus dem Vortrag von Thomas Gruber

Warum?

Im Laufe meiner Promotion sind mir bezüglich meines Forschungsvorhabens viele interessierte und kritische Fragen gestellt worden. Einige davon hatte ich mir selbst schon gestellt, manche hätte ich bei weitem nicht so präzise wie die FragestellerInnen formulieren können und wieder andere wären mir nicht in den Sinn gekommen. Für jede einzelne dieser Fragen bin ich dankbar, denn sie haben geholfen, Unklarheiten in meiner Argumentation zu beseitigen oder noch besser – ihnen vorzubeugen. Drei jener Fragen, die für mein wissenschaftliches und politisches Wirken zentrale Bedeutung hatten und haben, möchte ich im Folgenden kurz beantworten.

Warum der Fokus auf deutsche Forschung und Militarisierung?

Öfter wurde ich gefragt, warum ich bei meiner Forschung einen Fokus auf deutsche Entwicklungen lege. Gerade die US-amerikanische Militarisierung von Politik, Gesellschaft und Forschung sei doch viel drastischer und bedeutsamer.

Es stimmt, die US-amerikanische Regierung gibt im Vergleich zu Russland oder den europäischen Staaten Unsummen für Rüstung und Militär aus. Das ist allerdings kein Grund, das Wiedererstarken des deutschen Militarismus zu ignorieren. Seit nunmehr knapp 30 Jahren wird deutsches Militär wieder außerhalb der eigenen Landesgrenzen eingesetzt, im Jahr 1999 erstmals seit Ende des Nazi-Regimes wieder im offensiven Kriegseinsatz. Seit den 1990ern fallen die Hemmungen gegenüber Kriegseinsätzen schrittweise ab. Und heute, 75 Jahre nach Ende des Zweiten Weltkrieges, nach dem schrecklichen Beweis dafür, was deutscher Nationalismus hervorbringen kann, hat Deutschland sich wieder auf der militärischen Weltbühne platziert – politisch, im Kriegseinsatz und wirtschaftlich.¹ Gründe genug also, sich auch in der Kritik den deutschen Entwicklungen anzunehmen und ausschlaggebend dafür, dass ich in meiner Arbeit den Fokus auf deutsche Forschungseinrichtungen und die politischen Entwicklungen in der BRD gelegt habe.

Warum Mathematik und Informatik?

Mein ursprüngliches Interesse an den Verbindungen zwischen Mathematik, Informatik und Krieg kam eigentlich aus einem mathematischen Blickwinkel. Während meines Studiums befasste ich mich viel mit den gesellschaftlichen Auswirkungen mathematischer Forschung – den Folgen eines Fachbereichs also, dessen Ergebnisse häufig als reine Grundlagenforschung bezeichnet werden und die doch so drastische Auswirkungen auf unser Miteinander haben. Zwar konnte ich schnell feststellen, dass viele mathematische Forschungsprojekte durchaus gewissen Anwendungen dienen, etwa in Finanzwirtschaft und Industrie, doch war auch die Informatik in diesen Aufgabenstellungen omnipräsent. Die Verbindung von Mathematik und Informatik ergibt sich also bei einem gewissen Anwendungsbezug ganz natürlich: Bei jedem mathematischen Modell muss die Implementierung und die Berechnung mitbedacht werden. Bei der aktuellen Forschung in der angewandten Mathematik, die meist enorm rechenintensive Vorgänge beinhaltet, spielt auch aktuelle Forschung aus der

Informatik eine wichtige Rolle. Häufig sind bei größeren Forschungsprojekten Angehörige beider Fachgebiete beteiligt.

Warum gerade Krieg?

Dass die Hochschulen – wie viele andere Bereiche des Lebens auch – immer mehr der kapitalistischen Verwertungslogik untergeordnet werden, bringt einige drastische Veränderungen mit sich. So verlieren monetär weniger gewinnbringende Fachbereiche an Bedeutung, viele WissenschaftlerInnen machen überwiegend Auftragsforschung für Staat, Wirtschaft, Militär oder Industrie und auch die Studieninhalte ändern sich entsprechend. Die Forschung für den Krieg ist also ein Ausschnitt aus vielen kritikwürdigen Entwicklungen in der Forschungslandschaft. Allerdings schien mir die Arbeit zu Forschungsprojekten, die sich so nah an einem direkten Zerstörungs- und Tötungszweck bewegen, ein guter Ausgangspunkt für die kritische Betrachtung von Projekten an zivilen deutschen Hochschulen. Häufig ist die kriegsrelevante Forschung ohnehin so eng mit der Ökonomisierung der Hochschulen verbunden, dass ich im Rahmen meiner Arbeit beide Aspekte behandle.

Vorgehen

Da eine kritische Auseinandersetzung mit der mathematischen und informatischen Forschung nur selten auf institutionalisierter wissenschaftlicher Basis stattfindet, konnte ich für mein Thema nur auf einen relativ dünnen Forschungsstand zurückgreifen. Im Gegensatz dazu war mir der rege gesellschaftliche und politische Diskurs über Technikfolgen, wie er von vielen verschiedenen Menschen mit diversen Schwerpunkten geführt wird, eine enorme Hilfe bei meiner Promotion.

Das Ziel meiner Arbeit war es, eine Grundlage zu schaffen für die Auseinandersetzung mit den Verbindungen zwischen Mathematik, Informatik und Krieg – sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf politischer Ebene. Um diesem Anliegen gerecht zu werden, habe ich, wann immer möglich, Abstand davon genommen, in Fachsprache zu schreiben. Nötige Exkursionen in tiefergehende mathematische und informatische Forschungsbereiche habe ich vom Haupttext möglichst abgekapselt, damit sie ohne zu große Erkenntniseinbußen übersprungen werden können. Der Kernpunkt der Dissertation ist das Nachzeichnen der Forschungslandschaft in Mathematik und Informatik hinsichtlich der folgenden zentralen Fragen: Welche Ergebnisse aus Mathematik und Informatik finden von deutschen zivilen Hochschulen den Weg in die aktuelle Kriegsführung? Welche Auswirkungen hat das für die zivile deutsche Forschungslandschaft in diesen Fächern?

Um einen guten Überblick über die Verquickung von Mathematik und Informatik an zivilen deutschen Hochschulen mit der modernen Kriegsführung zu geben, fokussiert sich der analytische Teil der Dissertation auf hierfür möglichst relevante Themenkomplexe: die Kryptologie, die sogenannte Technomathematik und die künstliche Intelligenz. Jeder Themenkomplex wird fachlich eingeordnet, es wird ein geschichtlicher Überblick mit Bezug zur militärischen Relevanz der jeweiligen Forschungsrichtungen gegeben und schließlich wird mit möglichst fachtypischen Beispielen der aktuelle Bezug zur modernen Kriegsführung umrissen.





Ergebnisse

Die Forschungsergebnisse der Dissertation sind so vielseitig wie die betrachteten Themenfelder selbst. Einmal wird die Forschung aus Mathematik und Informatik direkt vom Militär an den Hochschulen abgeschöpft, ein anderes Mal findet sie über studentische Praktika und Werksstudierendenstellen in Rüstungsunternehmen und wieder ein anderes Mal wird sie über externe Forschungsinstitute an Staaten oder Konzerne verkauft. Auch die Auswirkungen auf die zivile Forschungs- und Studienlandschaft sind dementsprechend unterschiedlich. Oft hat bei der Analyse der diversen Fachbereiche eine geschichtliche Einbettung geholfen, um die heutige Form der Militarisierung besser verstehen zu können. Im Folgenden sollen einige der Ergebnisse ohne Anspruch auf Vollständigkeit kurz umrissen werden.

Kryptologie

Die Kryptologie ist ein Fachgebiet, das die sichere Verschlüsselung von Nachrichten (Kryptographie) und Angriffe auf ebensolche Verschlüsselungsschemata (Kryptoanalyse) untersucht. Wichtige wissenschaftliche Ergebnisse in der Kryptologie kommen vornehmlich aus der reinen Mathematik – genauer der Algebra – und der Informatik. Dabei deckt die mathematische Forschung vor allem den theoretischen Hintergrund ab (z.B. endliche Körper, elliptische Kurven etc.) und die Informatik liefert die für die konkrete Umsetzung und Anwendung unabdingbaren Überlegungen (z.B. ausgefeilte Algorithmen, Forschung zur Rechenzeit, Angriffsmöglichkeiten in verwendeter Hardware und Software etc.). Bei Kryptosystemen sind Schwachstellen und Hintertüren sowohl im mathematischen als auch im informatischen Teil der Forschung möglich.

Geschichtlich ist die kryptologische Forschung von erheblicher Bedeutung für den Krieg. Erfolgreiche Angriffe auf Verschlüsselungsschemata haben nicht selten große Auswirkungen auf kriegerische Auseinandersetzungen (z.B. Vigenère-Chiffre im US-amerikanischen Bürgerkrieg, Zimmermann-Telegramm im Ersten Weltkrieg, Entschlüsselung der Enigma im Zweiten Weltkrieg etc.). Gleichzeitig waren auch immer die aktuellsten kryptologischen Forschungsergebnisse für die Kriegsparteien interessant, denn nur sie lieferten sichere Kryptosysteme und gleichzeitig die neuesten Schwachstellen etablierter Verschlüsselungsschemata.

An der militärischen Relevanz der aktuellen kryptologischen Forschung hat sich selbstverständlich bis heute nichts geändert. Auch hat die jahrhundertelange Nähe zwischen Kryptologie und Kriegsführung dazu geführt, dass die militärischen Aspekte des Forschungsgebiets als etwas vollkommen Normales gelten und so problemlos den Weg in die Forschungs- und Studieninhalte an deutschen Hochschulen gefunden haben. Das deutsche Verteidigungsministerium und das Militär kaufen kryptologische Ergebnisse an zivilen Hochschulen vor allem über Auftragsforschung ein. Dies geschieht entweder über direkte Drittmittelprojekte an den Hochschulen oder an eng mit ihnen verbundenen Forschungseinrichtungen wie etwa den Fraunhofer-Instituten. Auf dieses Vorgehen greift das Militär vermutlich vor allem dann zurück, wenn die eigenen ForscherInnen (z.B. an Bundeswehruniversitäten) nicht nah genug an den aktuellsten theoretischen Entwicklungen in der Kryptologie arbeiten. Eine weitere zivil-mi-

litärische Kooperation findet auf renommierten wissenschaftlichen Konferenzen zur Kryptologie statt. Hier ist es – auch geschichtlich – sehr verbreitet, dass Angehörige von Streitkräften und Geheimdiensten verschiedener Länder mit WissenschaftlerInnen ziviler Hochschulen das Programm ausarbeiten, die Planung durchführen und Vorträge halten. So findet ein für die Militärs sehr fruchtbarer und in der zivilen Forschungslandschaft nur selten problematisierter Abfluss neuester ziviler kryptologischer Forschungsergebnisse in die militärische Anwendung statt.

Technomathematik

Die Technomathematik, oft auch Ingenieurmathematik, umfasst mathematische Forschung, die gezielt für technische und ingenieurwissenschaftliche Anwendungen durchgeführt wird. Sie bewegt sich vornehmlich in den folgenden Bereichen angewandter Mathematik: der Optimierung, der Numerik und der Kontrolltheorie. Oft bedienen sich technomathematische Projekte mehrerer dieser klassischen Forschungsbereiche, so etwa in der Forschung zur numerischen Optimierung oder der optimalen Steuerung. Es gibt daher Sinn, die einzelnen Fachbereiche – Numerik, Optimierung und Kontrolltheorie – unter diesem Begriff zusammengefasst zu betrachten. Da die technomathematische Forschung fast immer rechenaufwändige Verfahren hervorbringt, ist sie meist auch mit einem informatischen Aspekt versehen. In größeren ingenieurmathematischen Drittmittelprojekten arbeiten häufig ForscherInnen aus Mathematik und Informatik zusammen.

Wie sich vermuten lässt, hat die Technomathematik eine lange militärische Geschichte. Besonders große Bedeutung hatten ingenieurmathematische Methoden schon immer in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Entwicklung von Raketenwaffen. So wurde die Numerik beispielsweise zur Flugbahnberechnung, die Optimierung für die Bestimmung der besten Konstellationen von Satelliten und die Kontrolltheorie für die Stabilisierung von Flugkörpern genutzt. Ihre Ursprünge haben gerade die numerische Mathematik und die Optimierung allerdings nicht in technischen Fragestellungen, sie sind der zivilen mathematischen Forschung entsprungen.

Bis heute hat sich an der Relevanz der Ingenieurmathematik für die Kriegsführung nicht viel geändert. Das ist auch kaum verwunderlich, denn die oben genannten Problemstellungen aus der Luft- und Raumfahrt sind nach wie vor aktuell. Die zivil-militärische Kooperation findet an den deutschen Hochschulen in direkten Drittmittelprojekten, über Werkstudierendenstellen und Praktika sowie in Kollaborationsprojekten ziviler und militärischer ForscherInnen statt. Heute sind militärische Fragestellungen in technomathematischen Fachbereichen sehr verbreitet – von den Anwendungsbeispielen im Studium über die Vermittlung von Pflichtpraktika an Rüstungskonzerne bis hin zur militärischen Drittmittelforschung an Hochschulen mit Zivilklausel.

Künstliche Intelligenz

Die aktuelle Forschung zur künstlichen Intelligenz ist nur schwer in mathematische und informatische Teile zu trennen. Zwar lassen sich viele der mathematischen Methoden benennen, die in KI-Systemen vorkommen (z.B. aus der Logik, der Stochastik



oder der Numerik), doch geht es bei jeder KI-Forschung immer auch um eine Umsetzung und Implementierung. Was früher noch unter dem Begriff „künstliche Intelligenz“ zusammengefasst war, wird inzwischen viel ausdifferenzierter beforscht. Heute wird zu wissensbasierten Systemen, stochastischen Systemen oder dem maschinellen Lernen gearbeitet. Während die stochastischen Systeme noch recht nah an der mathematischen Theorie der dynamischen Systeme sind, lassen sich bei wissensbasierten Systemen oder dem maschinellen Lernen nicht mehr zwischen reiner Mathematik oder reiner Informatik unterscheiden. Die Forschungsprojekte werden daher häufig von WissenschaftlerInnen beider Disziplinen bearbeitet, wenn sich auch die stochastischen Systeme weiter in die Mathematik und das maschinelle Lernen eher in Richtung Informatik neigen.

Die Geschichte der künstlichen Intelligenz ist turbulent. Und es ist nicht zuletzt der Einfluss externer Gelder, der das Fachgebiet fast vollständig zerstört hätte. Ab den 1950er Jahren schürte die schnell wachsende KI-Forschung die Erwartungen, dass im Verlauf weniger Jahre Maschinen möglich wären, die wie ein Mensch denken und schlussfolgern könnten. Externe Gelder – nicht zuletzt vom Militär – flossen in Strömen in die Hochschulforschung, bis einige Lehrstühle und Institute vollkommen abhängig waren. Mitte der 1970er Jahre wurden die hohen Erwartungen schließlich als nicht erfüllt akzeptiert, die Gelder gestrichen und die daraus folgende Krise des Forschungsbereichs als „KI-Winter“ bekannt.² Doch davon nicht genug, in den 1980er Jahren passierte noch einmal das Gleiche in kleinerer Dimension, ein zweiter KI-Winter also. Heute sind die ForscherInnen dazu übergegangen, die Methoden der KI weiter auszudifferenzieren, wie oben bereits benannt. Das macht es möglich, zu kleinteiligeren Problemen zu forschen, ohne gleich eine umfassend denkende Maschine versprechen zu müssen. Diese Spezialisierung hat die KI-Forschung nun auch wieder für Auftragsforschung interessant gemacht. Staat, Polizeibehörden und Militär setzen dabei vor allem auf Methoden zur Muster- und Bilderkennung.

In Deutschland hat sich das militärische Interesse an der aktuellen KI-Forschung in einer regelrechten politischen Agenda bemerkbar gemacht. So wurden auf Betreiben des Verteidigungsministeriums im Jahr 2009 zwei militärische Forschungseinrichtungen in Fraunhofer-Institute eingegliedert bzw. fusioniert, um unter anderem in den Bereichen Bild- und Mustererkennung bessere Synergieeffekte zwischen militärischer und ziviler Forschung zu erreichen. Die Bundesregierung initiierte 2007 außerdem ein Forschungsprogramm zur „zivilen Sicherheit“, das von den Bundesministerien für Bildung und Forschung, des Inneren und der Verteidigung zusammen entwickelt wurde und ebenso auf

starken Austausch zwischen ziviler und militärischer Forschung abzielt. Ein erheblicher Teil der aktuellen Auftragsforschung zur künstlichen Intelligenz ist so in eine „Dual-Use-Agenda“ eingebettet, deren Fokus auf „Sicherheitsforschung“ liegt, sich also mit der Ausübung staatlicher Gewalt und Überwachung befasst.

Fazit

Bei der Zusammenfassung einer Dissertation in einem Artikel bleiben selbstverständlich einige Aspekte auf der Strecke. Gerade Begriffsklärungen, tiefergehende geschichtliche Ausführungen, Gedanken zur Wissenschafts- und Gesellschaftspolitik sowie die konkreten Beispiele aus der Forschung habe ich gekürzt oder ganz ausgelassen. Den interessierten LeserInnen sei daher für eine ausführlichere Auseinandersetzung der Volltext empfohlen, welcher auch kostenlos online verfügbar ist.³

Als Fazit der Arbeit lässt sich festhalten, dass die zivile Forschung der Mathematik und der Informatik an vielen Stellen eng mit der aktuellen Kriegsführung verbunden ist. Dies hat zum einen zur Folge, dass an entsprechenden Forschungsprojekten beteiligte MathematikerInnen und InformatikerInnen mittelbar und unmittelbar den grausamen Kriegen und der tödlichen Geopolitik verschiedener Staaten zuarbeiten. Zum anderen zieht das militärische Interesse auch eine erhebliche Umstrukturierung der zivilen Forschungs- und Studienlandschaft nach sich. Die Geschichte der künstlichen Intelligenz zeigt eindrucksvoll, welche Gefahren hierbei auch für die Wissenschaft lauern.

Dass die Militarisierung der Forschungslandschaft noch nicht so weit fortgeschritten ist wie sich das Verteidigungsministerium, Militär und Rüstungskonzerne wünschen würden, liegt vor allem am Widerstand der einzelnen antimilitaristischen und friedenspolitischen Gruppen. Sei es an den Hochschulen selbst oder außerhalb, lokal oder überregional – Protest, Aktionen und eine gute Informationspolitik können die Hochschulen für die militärischen GeldgeberInnen unangenehm und schließlich uninteressant machen.

Anmerkungen

- 1 *Sehr ausführlich und umfassend wird das Wiedererstarken der deutschen Militärmacht beispielsweise seit 1996 von der Informationsstelle Militarisierung analysiert, deren Texte auf imi-online.de frei zugänglich sind.*
- 2 *Abgeleitet vom englischen Begriff „AI winter“.*
- 3 *<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:46-00107128-15>*



Thomas Gruber

Thomas Gruber ist Mathematiker und promovierte an der Universität Bremen. Er war Stipendiat der *Rosa-Luxemburg-Stiftung* und ist Mitglied der *Informationsstelle Militarisierung* (IMI) in Tübingen.