

BGW  
Mathematik und Krieg  
Universität Bremen  
Sommersemester 2004  
Dr. Harald Böhme

# Military Work in Mathematics 1914-1945: an Attempt at an International Perspective

Norman Wirsik

Referat am 15.06.2004

## **Inhaltsverzeichnis**

### **1. Einleitung**

- 1.1 Einführung in Objekte der Untersuchung
  - 1.1.1 Soziale Faktoren
  - 1.1.2 Politische Faktoren
  - 1.1.3 Technologische Faktoren
- 1.2 Generelle Diskussion

### **2. Fallstudien Deutschland, USA, sowie Sowjetunion und Großbritannien**

- 2.1 Deutschland
- 2.2 USA
- 2.3 Sowjetunion
- 2.4 Großbritannien
- 2.5 Resümee

### **3. Wolfgang Haacks Arbeit über „Geschloßformen kleinsten Wellenwiderstandes“ als Beispiel für mathematische Kriegsforschung**

- 3.1 Einführung
- 3.2 Zur Person Wolfgang Haack
- 3.3 Beschreibung des Projekts
- 3.4 Zur Vorgeschichte
- 3.5 Haacks Lösung des Problems
- 3.6 Überprüfung der Ergebnisse
- 3.7 Zusammenfassung des Transfers
- 3.8 Moralische Bedenken

## 1. Einleitung

Diese Arbeit gibt den Inhalt von Reinhard Siegmund-Schulzes Bericht „Military Works in Mathematics 1914-1945: an Attempt at an International Perspective“<sup>1</sup> wieder.

In seinem Bericht untersucht der Autor wie und in welchem Umfang in den Ländern, Deutschland, USA, Frankreich, Großbritannien, Sowjetunion und Japan, in der Zeit von 1914-1945, Kriegsforschung in der Mathematik betrieben worden ist. In dieser Zusammenfassung werden nur die Länder Deutschland, USA, sowie die Sowjetunion und Großbritannien berücksichtigt.

Insbesondere legt Siegmund-Schulze einen Schwerpunkt auf den Transfer von „reiner, akademischer Mathematik“ zur „angewandten Mathematik.“

Am Ende wird als Beispiel wie mathematische Kriegsforschung aussieht, die Arbeit von Wolfgang Haack über „*Geschoßformen kleinsten Wellenwiderstandes*“ vorgestellt.

### 1.1 Einführung in Objekte der Untersuchung

Der Autor unterscheidet bei seiner Untersuchung drei Hauptfaktoren, diese sind:

#### 1.1.1 Soziale Faktoren

Die sozialen Faktoren betreffen die, die die Forschung betreiben, also die Mathematiker selber und beeinflussen deren Forschung und den Erfolg ihrer Arbeit.

Entscheidend für den Umfang und Erfolg der mathematischen Forschung ist zunächst einmal die **Anzahl und Qualifikation der Mathematiker**, über die ein Land verfügt.

**Immigration und Emigration** können diese Größe maßgeblich ändern.

Dann bleibt zu prüfen inwieweit die Mathematiker bereit sind an militärischer Forschung mit zu wirken, also ihre **Motivation und Mobilisation**.

Wie ist es in Kriegszeiten mit der **Kommunikation national und international** bestellt und wie funktioniert die **Zusammenarbeit einzelner Forschungsgruppen**?

Außerdem gehört auch der **Transfer** von intellektuellen Techniken in militärische Technologie, sowie die Anwendung von theoretischen Erkenntnissen in den Bereich der sozialen Faktoren. Man spricht hier von dem militärisch-industriellen-wissenschaftlichen-Komplex (MIWK)

#### 1.1.2 Politische Faktoren

Hierzu zählen alle Einflüsse, die von staatlicher Seite kommen. Also, ob eine Regierung die Bedeutung der Mathematik für das Militär erkennt, ob die Forschung ausreichend finanziert und entsprechend gefördert wird, ob Institutionen geschaffen werden, die die Forschung koordinieren wie zum Beispiel Ministerien und Forschungszentren, also ob es zu einer Art **Konzentration** der Bemühungen kommt.

Genauso gehört auch die Frage, ob das Militär bereit ist, Innovationen zu akzeptieren und zu nutzen und inwieweit die Industrie/Wirtschaft in den Forschungsprozess eingebunden ist und ob diese Zusammenarbeit kontinuierlich ist.

#### 1.1.3 Technologische Faktoren

Über welche technischen Einrichtungen verfügt ein Land? Wie Rechenzentren, Computer, Großeinrichtungen. Zur Übertragung theoretischer Erkenntnisse bedarf es Versuchsanlagen wie z.B. Windtunneln. Wie ist da der Zugang? Dies gehört auch in den Bereich der politischen Faktoren.

---

<sup>1</sup>Military Work in Mathematics 1914 – 1945: an Attempt at an International Perspective, Reinhard Siegmund-Schulze, Mathematics and War, B. Booss, J. Hoyrup, New York, 2003 S. 23-82

Was für Voraussetzungen existieren in Forschung/Industrie? Z.B. MIT, Bells Labs, IBM etc.

## **1.2 Generelle Diskussion**

Vor den Fallstudien zu den einzelnen Ländern diskutiert der Autor generelle Fragen. Die Übertragung von reiner Forschung in ein fertiges Produkt, also der Transfer von intellektueller Technik in militärischer Technologie bezeichnet der Autor mit **wissenschaftlicher Kontinuität**.

Für den Bereich der mathematischen Kriegsforschung sind folgende Teilgebiete der Mathematik und der Naturwissenschaften allgemein hervorzuheben:

Aeronautik, also Ballistik, Raketen, Atom-Bombe (aus der Physik).

Sowie Computer, numerische Analysis, Kryptologie, Operation Research, statistische sequential Analysis, Vorhersagetheorie, Kontrolltheorie und Spieltheorie als mathematische Techniken.

## **2. Fallstudien Deutschland, USA, sowie Sowjetunion und Großbritannien**

Bei den Fallstudien scheint es sinnvoll, eine Strukturierung vorzunehmen. Es werden zuerst soziale, politische und technologische Faktoren behandelt, danach werden wichtige Projekte genannt. Danach folgt eine tabellarische Aufstellung der Entwicklung der mathematischen Kriegsforschung, sowie eine Darstellung der Forschungsgebiete in deren Zusammenhang auch auf wichtige Persönlichkeiten hingewiesen wird.

Es wird ebenfalls eine kurze Zusammenfassung gegeben, in der auch eine Bewertung der Voraussetzungen und Ergebnisse/Erfolge stattfindet. Diese Wertung ist losgelöst von den Konsequenzen einzelner Projekte, wie Bau der Atombombe und deren Einsatz, der V2, der Bombardierung Dresdens und deren negativen Auswirkung auf Menschen zu sehen. Es steht außer Frage, das Krieg in all seinen Facetten und Auswirkungen schrecklich ist und zu allen Zeiten Leid über die Menschen gebracht hat und somit nichts Positives beinhaltet. Die Bewertung des „Erfolges“ mathematischer Kriegsforschung einzelner Länder bezieht sich rein auf die Voraussetzungen, die die Wissenschaftler hatten und wie der Prozess von Forschung zu einer anwendbaren Technik verlief und inwieweit mathematische und physikalische Teildisziplinen weiterentwickelt wurden. Ebenfalls unberücksichtigt in dieser Wertung bleibt das politische System in dem die Forschung stattfand, also sei es unter einer (faschistischen) Diktatur oder in einer Demokratie.

### **2.1 Deutschland**

In Deutschland gab es seit der Industrialisierung im 19. Jhrd. eine lange Tradition von mathematisch-naturwissenschaftlicher Ausbildung in den Ingenieurwissenschaften an den Technischen Universitäten mit bedeutenden mathematischen Zentren, dabei zu nennen ist Berlin und insbesondere Göttingen, wo Felix Klein eines der bedeutendsten mathematischen Zentren in Europa aufbaute. Dennoch wurden wenige Mathematiker in der Industrie beschäftigt, meist nur als Ersatz für Physiker und Ingenieure.

Dies änderte sich erst im 2. Weltkrieg, während dessen Verlauf nahezu alle deutschen Mathematiker für die Kriegswirtschaft tätig waren.

Das NS Regime erkannte erst spät die Bedeutung der Mathematik für die Rüstung. Was dazu führte, dass es in Deutschland keine sehr große Konzentration auf den MIWK und auch keine organisatorische Koordination der einzelnen Forschungsgruppen gab. Vielmehr gab es viele, unabhängig voneinander arbeitende, Forschungsgruppen verschiedener Ministerien. Die fehlende zentrale Steuerung und mangelnde Kooperation führte dazu, dass moderne

Verfahren, die in anderen Ländern als kriegswichtig erachtet wurden, wie Computer und Kryptologie kaum weiterentwickelt wurden.

Des Weiteren arbeiteten die einzelnen Gruppen projektorientiert und ihre Forschung bezog sich meist nur auf die reine Mathematik, der Transfer von theoretischer Forschung zum fertigen Produkt wurde kaum vollzogen.

Eine Ausnahme bildeten die Forschungsbereiche für die Luftfahrt und das V2 Projekt in Peenemünde.

Diese wurden vom Regime stark gefördert und so gab es zwischen den einzelnen Projektgruppen auch Kooperationen. So übernahm z.B. das Rechenzentrum in Darmstadt die meisten Berechnungen, für die das V2 Projekt einen immensen Bedarf hatte.

Die mathematische Kriegsforschung gliederte sich in vier Stränge. Einmal die militärischen Institute der Regierung, dann die Rüstungsindustrie und die Universitäten, die zum einen vom der Regierung mobilisiert wurden, aber zum deutlich größeren Teil sich selbstmobilisiert haben.

Diese Selbstmobilisierung hängt wieder mit den sozialen Faktoren zusammen. So gab es zwar eine lange Tradition an math. Ausbildung für Ingenieure, aber dennoch war die akademische Mathematik kaum in der Industrie integriert. Der Autor führt als Grund an, dass die Industrie sich wenig unter den Fähigkeiten eines Mathematikers vorstellen konnte. Um dies zu verbessern führten die Mathematiker 1942 das Mathematik Diplom ein, um einheitliche Standards für die Ausbildung und die Industrie zu schaffen.

Ein weiteres Ziel war ein zentrales mathematisches Institute nach amerikanischem und italienischem Vorbild. Dieses Institute wurde dann auch 1944/45 in Oberwolfach gegründet, allerdings zu spät um für den Krieg noch relevant zu sein, vielmehr half es der deutschen Mathematik das Ende des Krieges zu überstehen.

Ein Problem war der Exodus von bedeutenden Mathematikern wie Courant und Mises 1933 im Rahmen der allgemeinen Emigration der jüdischen Elite nach der Machtergreifung durch die Nazis.

Hierunter litten vor allem die großen Institutionen in Göttingen und anderen Städten.

Ein weiter limitierender Faktor für die deutsche Forschung war ein Mangel an moderner „mathematischer Technologie,“ wie Rechenzentren und Großrechner. Zwar gab es diese z.B. im Darmstädter „Institut für Praktische Mathematik“ und auch Zuse leistete mit seinem programmgesteuertem Rechenautomat seinen Beitrag, aber im Vergleich zu den Rechenleistungen der USA und GB waren die deutschen Mittel eher bescheiden. Die folgende Tabelle gibt einen chronologischen Überblick über die wichtigsten Institutionen und Ereignisse, die mit der militärische Anwendung der Mathematik verbunden sind:

- 1917 *Aerodynamische Versuchsanstalt (AVA) in Göttingen, vom Militär finanziert*
- 1925 *Institut für Flüssigkeitsmechanik Göttingen unter Ludwig Prandtl*
- 1928 *Institut für Praktische Mathematik Darmstadt unter Alwin Walther. Während des 2. Weltkriegs Berechnungen für das Raketenprojekt in Peenemünde*
- 1933 *Aufschwung im Rahmen der Wiederbewaffnung, z.B. DFL (Luftfahrt) in Braunschweig*
- 1937 *Aufschwung der Mathematik bei der DVL (Luftfahrt) in Braunschweig*
- 1942 *Mathematik Diplom wird eingeführt; „Schaffung des Industriemathematiker“*
- 1944/45 *Reichsinstitut in Oberwolfach gegründet*

Hier noch eine Zusammenstellung der wichtigsten Anwendungsgebiete, die dort verwendeten Methoden und beteiligten Mathematiker:

Anwendungsgebiet	Methode	Mathematiker
Ballistik, Überschallflug	Differential Integralgleichungen, Analysis Veränderlichen	und Busemann, Haack mehrerer
Tragflächendesign Raketenprojekt	Komplexe Funktionen Berechnung von numerischer Analysis	Schmieden, Lagally Darmstadt Institut für Praktische Mathematik, Collatz

Zusammenfassend kann man sagen, dass die mathematische Kriegsforschung in Deutschland keine optimalen Bedingungen hatte. Mangelnde Unterstützung und Koordination von der Regierung, kaum Kooperation.

Daher war der Transfer, im Allgemeinen, recht schwer und langwierig. Hierzu folgt am Ende noch ein Fallbeispiel von W. Haack und seine, selbstmobilisierte, Untersuchung zu *Geschoßformen kleinsten Wellenwiderstandes*.

Dennoch wurde in Deutschland während des Weltkrieges an einem breiten Spektrum von direkt technisch umsetzbarer, kriegsrelevanter Mathematik, bis zur reinen Mathematik, von der der Kriegsnutzen nicht sofort erkennbar war, geforscht.

Ebenfalls zu nennen ist Oswald Teichmüller, ein fanatischer Nazi, der allerdings in seiner Arbeit in der reinen Mathematik keine Erfüllung seiner Ideologie fand. Er sah den praktischen Nutzen seiner Arbeit nicht und meldete sich daher freiwillig zur Wehrmacht. Er verschwand 1943 an der russischen Front.

## 2.2 USA

Die USA erkannten bereits frühzeitig die Bedeutung der Mathematik und anderer Naturwissenschaften für die Rüstung.

Allerdings waren die USA vor 1930 eher rückständig auf dem Gebiet der „akademischen angewandten Mathematik“ im europäischem Sinne. Erst die Einwanderer in den 30er Jahren ermöglichten die unumstrittene Führungsrolle der USA in „reiner“ und „angewandter“ Mathematik nach dem 2. Weltkrieg. Ausnahme hierzu bilden das MIT in Boston und Caltech in Pasadena, die bereits vorher hervorragende mathematische Forschung betrieben.

Neben V. Bush und Norbert Wiener, der am MIT an „Flugabwehr Feuerleitvorhersage“ forschte, waren H. Bateman, F. Murnagham, sowie die russischen Ingenieure St. Timozenko und S. Lefschetz bedeutende Vorkriegsmathematiker. Zu nennen sind da auch Th. von Kármán (Aerodynamiker) und Th. Theodorem (Norwegen), sowie der Deutsche Max Munk, Schüler von L. Prandl, die bereits vor 1933 eingewandert sind, sowie bedeutende Mathematiker, die nach 1933 in die USA einwanderten, wie Abraham Wald (statistische Sequentialanalysis), John von Neumann (Computer und nicht lineare hyperbolische Gleichungen), sowie Richard Courant und Kurt Friedrichs (Schockwellen).

Die Einwanderer trugen einen großen Teil zur mathematischen Forschungen in den USA bei und sind auch dafür verantwortlich, dass die USA in der math Forschung, besonders nach dem 2. Weltkrieg immer mehr deutsche und europäische Ideen übernahmen.

Vannevar Bush, Leiter der Kriegsforschungsorganisation „Office of Scientific Research and Development“ (OSRD) und Verfasser des Buches „Circuit Analysis With an Appendix by N. Wiener“ (1930) und Erfinder des „Differential Analyzers“ (erster analoger Computer), erkannte die Wichtigkeit von grundlegender naturwissenschaftlicher Ausbildung in den Ingenieursberufen und sorgte durch seinen Einfluss für eine Förderung der angewandten

Mathematik. Seiner Ansicht nach, bauen Ingenieure Raketen und nicht die Naturwissenschaftler.

Dennoch gab es bis 1940 keine nennenswerte Versorgung von Mathematikern, die die Bedürfnisse der Ingenieure verstanden.

1941 gründete AMS (*American Mathematics Society*) Präsident Richardson das „*Program of Advanced Instruction and Research in Mechanics*“ auch als „*Brown summer school*“ bekannt, das das Ziel hatte, angewandte Mathematiker auszubilden.

Die Kooperation und Koordination war in den USA trotz vieler verschiedener Komitees recht effizient.

Außerdem gab es eine lange Tradition von mathematischer Forschung in der Industrie. Die Bell Laboratories richtete bereits 1925 eine „*mathematical division*“ ein.

Hinzu kommt ein großer technologischer Vorsprung, an Rechenmaschinen und Computern. Zu nennen sind hier Bell Labs, MIT und IBM.

Diese Faktoren, also hervorragende Mathematiker, Kooperation und Koordination, sowie Mobilisierung, kombiniert mit guter technologischen Voraussetzungen, sorgten dafür, dass es den USA am besten gelang, die wissenschaftliche Kontinuität und den wissenschaftlichen Transfer, zu bewältigen. Über die Struktur, sowie Institutionen gibt die folgende Tabelle Aufschluss, an einigen Stellen werden Indizes eingefügt, die weitergehende Informationen beinhalten:

- 1915 Gründung des *National Advisory Committee on Aeronautics* (NACA) (Vorgänger der NASA)
- 1918 *Aberdeen Proving Ground*: Ballistik unter O. Veblen und G. A. Bliss (1)
- 1920 Langley Laboratory der NACA mit dt. Immigrant Max Munk (2)
- 1925 *Mathematical division* bei den Bell Labs (3)
- 1929 Immigration von Th. v. Kármán und Gründung von GALCIT (*Guggenheim Aeronautics Laboratory at California Institute of Technology*) bei Caltech (4)
- 1931 Bushs differential analyzer: seit 1935 und während des 2. Weltkriegs in Aberdeen Ballistics
- 1938 *Ballistic Research Laboratory* beim Aberdeen Proving Ground
- 1941 *Brown summer school* gegründet
- 1942 *Applied Mathematics Panel* unter W. Weaver als Teil vom OSRD
- 1942 Erste Operation Research Gruppe gegründet
- 1943 Gründung vom Mathematikjournal *Quarterly of Applied Mathematics*
- 1943 Los Alamos Atombombenprojekt, welches sehr viele Berechnungen brauchte
- 1944 *Mark I* von H. Aiken, relaisgesteuerte Rechenmaschine, Courant/Friedrichs „Schockwellen“

(1) Hier betrieb der Astronom Moulton in Zusammenarbeit mit Bliss ballistische Forschung mit der „definiten Differenz Methode“ (ballistische Vorhersage) und der Analysis mehrerer Veränderlichen. Hierzu wurden der *Differential Analyzer* und der relaisgesteuerte Rechner *Mark I* von H. Aiken verwendet. Mit ihnen wurden Projektilflugbahnen berechnet und Bombentabellen erstellt.

Außerdem wurden mehrere Lochkartenrechner und speziell von IBM angefertigte Multiplikationsrechner verwendet.

Dies stellt den Anfang der Entwicklung von digitalen Computern dar, die nach dem 2. Weltkrieg zur Konstruktion von *ENIAC* führte, dem ersten Digitalcomputer.

(2) In den Langley Labs versuchten die USA den Vorsprung der Europäer auf dem Gebiet der Luftfahrt aufzuholen. Max Munk, deutscher Immigrant und Schüler von L. Prandl konnte mit Hilfe der Analysis mehrerer Veränderlicher zeigen, dass der induzierte Widerstand an den Flügelspitzen mit einer sogenannten „elliptischen Distribution des Auftriebs über der Spannweite“ minimiert werden kann.

Er wirkte außerdem am Bau eines neuartigen Windtunnels mit. Durch seine Arbeiten konnte das „*Reynold number scaling problem*“ gelöst werden.

In den Langley Labs wurden viele Untersuchungen durchgeführt, die die amerikanischen Flugzeuge des 2. Weltkrieg verbesserten.

(3) Die Kommunikationsfirma Bell Labs erkannte früh die Bedeutung der Mathematik für die Forschung. So wurde bereits 1925 eine Mathematical Division gegründet. Diese leistete im Laufe der Zeit viel kriegsrelevante Forschung und entwickelte verschiedene Techniken.

Es gab dort Untersuchungen zur statistischen Vorhersage, Kontrolltheorie, komplexen Funktionen, Wahrscheinlichkeit und Kommunikation. Spektakulär war in den 1940er Jahren die Formulierung der *Information Theory* (Kommunikation) durch Cl. Shannon.

Die Bell Labs arbeiteten stark mit dem MIT zusammen.

(4) 1929 wurde das *Guggenheim Aeronautics Laboratory at California Institute of Technology* (GALCIT) bei Caltech gegründet. In demselben Jahr wanderte der Deutsche Th. v. Kármán in die USA ein und forschte am GALCIT.

Neben den Gebieten der Ballistik und Aerodynamik wurden auch andere Projekte betrieben und dabei Disziplinen der Mathematik benutzt und weiterentwickelt. So konnte eine Operation-Research-Gruppe um Philip Morse 1942 zeigen, dass es effektiver ist, U-Boote mit Hilfe von mit Radar ausgestatteten Flugzeugen zu suchen, als mit Zerstörern. Für den Beweis wurden neue Methoden in der linearen und nicht-linearen Programmierung entwickelt.

Trotz der vielen verschiedenen Komitees und Arbeitsgruppen klappte die Koordination und Kooperation in den USA deutlich besser und effektiver als in Deutschland.

Daraus resultierte eine bessere wissenschaftliche Kontinuität.

Übersicht über Forschungsgebiete, Methoden der Forschung und Forscher:

<b>Anwendungsgebiet</b>	<b>Methode</b>	<b>Mathematiker</b>
Tragflächendesign	Analysis von Veränderlichen	Max Munk an der NACA
Ballistik im 1. Weltkrieg	definite Differenz, Analysis mehrerer Veränderlichen	F. R. Moulton, G. A. Bliss
Kriegsindustrie	Statistische Sequentialmethode	A. Wald
Ballistik, Überschallflug	Differential und Integralgleichungen	Kármán
Computers	Logik, Elektrotechnik	von Neumann, Bush
Gasdynamik, Atombombe	Nichtlineare, hyperbolische Gleichungen	von Neumann, Courant
Operation Research	Spieltheorie, Statistik	von Neumann, Ph. Morse
Flugabwehr	Statistische Vorhersage	N. Wiener
Information	Stochastik, EDV	Cl. Shannon

Zusammenfassend kann man feststellen, dass es den USA durch Faktoren, wie Zuwanderung, technologischen Vorsprung und bessere Ausstattung, sowie gute Kommunikation am besten gelang die reine Forschung zu nutzen und daraus ein fertiges Produkt, bzw. praktisch anwendbare Ergebnisse zu entwickeln. Es wurden große Erfolge auf dem Gebiet der

Angewandten Mathematik erzielt. Nach dem 2. Weltkrieg behielten die USA die unumstrittene Führungsrolle auf diesem Gebiet.

### 2.3 Sowjetunion

Über die mathematische Kriegsforschung der Sowjetunion ist nur wenig aus Quellen bekannt. Dies liegt an der langen Isolation vom Westen, die mit der Gründung der Sowjetunion anfang und ihren Höhepunkt im Kalten Krieg fand.

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts gab es in der Sowjetunion eine lange und starke Tradition in der Angewandten Mathematik und der theoretischen Mechanik im Sinne Lagranges. Mechanik wurde lange Zeit als Teilgebiet der Mathematik aufgefasst. Bedeutende Mathematiker/Physiker dieser Zeit in der Sowjetunion waren N. G. Cebysev, A. M. Ljapunov und V. A. Steklov.

In der Zeit von 1920-30 wurde auch in Russland die Ingenieurmathematik gefördert.

Traditionell war die Sowjetunion besonders kompetent auf dem Gebiet der Aerodynamik und ihrer mathematischen Grundlagen, vertreten durch die Mathematiker N. E. Zukovskij und S. A. Caplygin, mit Schwerpunkten auf der Raketentechnik und den Strahltriebwerken. Ein Grundlegendes Wissen, dass nach dem Krieg entscheidend für die sowjetische Raumfahrt wurde. Die Grundlagen hierfür wurden bereits zwischen den Weltkriegen gelegt. Der Mathematiker Keldys gilt als „Theoretiker des sowjetischen Raumfahrtprogramms“ nach dem 2. Weltkrieg.

Obwohl im Allgemeinen vom Westen isoliert, so gab es dennoch bis 1933 eine geheime Zusammenarbeit mit Deutschland auf verschiedenen Gebieten. Sprachbarrieren und politische Probleme, insbesondere nach 1933 verstärkten jedoch die Isolation und erschwerten den mathematisch-wissenschaftlichen Austausch mit dem Westen immens.

Ähnlich wie Deutschland hatte die Sowjetunion ein Problem mit der Emigration ihrer Eliten. Viele bedeutende Wissenschaftler wanderten in den 1930er Jahren aus, ein großer Teil in die USA.

Während des 2. Weltkriegs kam es zwar an der Moskauer Universität zu einer engen Zusammenarbeit zwischen „angewandten Mathematikern“ und „reinen Mathematikern“, doch muss die wissenschaftliche Kontinuität, also der Transfer von Erfindung zur Innovation als problematisch und wenig effizient eingestuft werden in der Sowjetunion.

Hier nun eine tabellarische Aufstellung der Hauptinstitutionen und wichtigsten Ereignisse, die mit mathematischer Kriegsforschung zu tun haben:

1891	Konstruktion eines Windtunnels mit zwei Fuß Durchmesser durch Zukovskij Pilotentraining für den Krieg an der Universität Moskau unter Zukovskij
1918	Gründung des <i>Zentralen Aero-hydrodynamischen Instituts</i> (CAGI oder TsAGI) in Moskau, Direktor ist Zukovskij, danach S. A. Caplygin, später M. V. Keldys, der von 1961-75 akademischer Präsident wurde
1921	Gründung des <i>Akademischen Instituts</i> in Petrograd/Leningrad unter Steklov
1922	Gründung des <i>Wissenschaftlichen Forschungsinstituts für Mathematik und Mechanik</i> (NIIMM) in Moskau
1928	Konstruktion eines neuen Windtunnels im CAGI
1929	Das Journal „ <i>Angewandte Mathematik und Mechanik</i> “ erscheint zum ersten Mal
1941	(Juni) Mathematiker der Universität Moskau werden evakuiert; Rückkehr nach Moskau Sept. 1943

Übersicht über Forschungsgebiete, Methoden der Forschung und Forscher

<b>Anwendungsgebiet</b>	<b>Methode</b>	<b>Mathematiker</b>
Aerodynamik:	Partielle	M. V. Keldys
Gleichlaufschwankung (Geflatter)	Differentialgleichungen	
Schiffsluftabwehr	Nomographie	N. A. Glagolev
Flugzeugdesign	Geometrie, Gasdynamik	S. A. Christianovic
Katjusaraketen	Gasdynamik, Differentialgleichungen	A. A. Kosmodemjanskij
Stabilität von Projektilen	Ljapunov-Funktionen	N. G. Cetaev
Schrapnell	Plastizität	A. A. Iljusin
Luftabwehr	Statistische Vorhersage	A. N. Kolmogorov

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Sowjetunion aufgrund von politischen Problemen, insbesondere aufgrund von Isolation und Emigration, sowie schlechter Koordination und technologischer Ausstattung große Probleme beim Transfer hatte.

Aber dennoch leistete Forschung einen wichtigen Beitrag und legte den Grundstein für die sowjetischen Erfolge in der Luft- und Raumfahrt während des Kalten Krieges.

## 2.4 Großbritannien

Im Vergleich zu Deutschland und den USA gab es in GB eine ganz andere, negative Einstellung zur Angewandten Mathematik. Eine Tradition in der mathematischen Ausbildung von Ingenieuren war nicht vorhanden.

Entsprechend schlecht war die Kommunikation zwischen „reinen Mathematikern“ und Ingenieuren. Der Autor führt dies auf veraltete soziale Strukturen und eine Art Ständedenken zurück.

Als weiterer sozialer Faktor kommt die persönliche Einstellung der Mathematiker hinzu, viele waren pazifistisch eingestellt und lehnten eine aktive Beteiligung an der Kriegsforschung ab.

Auch wird vielen bedeutenden Mathematikern eine mangelnde Teamfähigkeit nachgesagt.

Diese ohnehin schlechten Voraussetzungen für Kooperation, Koordination und Kommunikation wurden zudem auch durch eine strenge Geheimhaltungspolitik der Regierung weiter verschlechtert.

Dennoch wurden, insbesondere während des 2. Weltkriegs auf vielen mathematischen Gebieten Erfolge erzielt. So entwickelten Numeriker wie E.T. Whittaker und L. F. Richardson neue numerische Methoden, die dem neuen Feld der EDV zugute kamen. Der bekannte Logiker und Zahlentheoretiker A. Turing forschte an neuen Methoden für die Kryptologie und F. I. Taylor betrieb substantielle aerodynamische Forschung.

Im britischen *Bomber Command* wurde das Operation Research „erfunden.“

Gerade die britischen Erfolge auf den Gebieten der Computer und der Kryptologie sind allgemein bekannt.

Dies war trotz, im Vergleich zu den USA, eher rückständigen technologischen Mitteln möglich und die Briten waren auf diesem Gebiet während des Krieges führend.

Die Forschungen von Kelvin und Maxwell waren Grundlage für Bushs Differential Analyzer.

Auch hier eine tabellarische Übersicht der Hauptinstitutionen und wichtigsten Ereignisse, die mit mathematischer Kriegsforschung zu tun haben:

- 1909 Gründung des *Advisory Committee on Aeronautics* (später *Aeronautical Research Committee*)
- 1913 Gründung des *Mathematisches Labors* an der Universität Edinburgh und des *Royal Aircraft Establishment*, eine der Hauptforschungseinrichtungen zwischen den Weltkriegen
- 1939 Beginn des *Bletchley Park Projekt* zur Entschlüsselung deutscher Codes unter maßgeblicher Mitarbeit von A. Turing
- 1939 *Operational Analysis* beginnt beim Royal Airforce Command
- 1935-1945 Forschungsergebnisse zur *Relaxation method* (numerisches Verfahren zur Lösung algebraischer Probleme (A. d. A.) beim Imperial College London wird nur in einer „vertraulichen Ausgabe der *Royal Society Proceedings*“ veröffentlicht.
- 1943 *Admiralty Computing Service* bei Bath wird gegründet, mit der Aufgabe, Berechnungen durchzuführen

Übersicht über Forschungsgebiete, Methoden der Forschung und Forscher

<b>Anwendungsgebiet</b>	<b>Methode</b>	<b>Mathematiker</b>
Kryptologie	Logik, Verschlüsselungs- und Zahlentheorie, Statistik	A. Turing
Meteorologie	Finite Differenzmethode	L. F. Richardson
Elastizität	Relaxationmethode	R. Southwell
Aeronautik	Statistische Turbulenz	G. I. Taylor
	Komplexe Funktionen	H. Claubert, S. Goldstein
Operations- Research	Verschiedene Methoden, einschließlich Statistik	Physiker und Mathematiker beim Bomber Command

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es aufgrund sozialer und politischer Faktoren für Großbritannien eine effektive mathematische Kriegsforschung erschwert worden ist.

Dennoch, insbesondere trotz Mangel an technologischen Einrichtungen, wurden große Erfolge auf dem Gebiet der Computerforschung und der Kryptologie erzielt.

## 2.5 Resümee

Damit werden die Fallstudien abgeschlossen. Es bleibt festzuhalten, dass die USA den Transfer und die Effizienz bei der math. Kriegsforschung am besten gestalten konnten. Es gab Organisation, Steuerung und Unterstützung von der Regierung.

Deutschland hatte Probleme den Transfer zu bewältigen, es wurde viel „reine, akademische“ Forschung betrieben und die Umsetzung war mühsam. Der Großteil der Forschung wurde aus einer Selbstmobilisation der Mathematiker heraus initiiert.

In der Sowjetunion war die Situation ähnlich, wenig Koordination und Probleme bei der Umsetzung und dem Transfer.

In Großbritannien behinderte eine strenge Geheimhaltungspolitik die Kooperation und Kommunikation. Dennoch wurden auf Teilgebieten beachtliche Erfolge erzielt.

### **3. Wolfgang Haacks Arbeit über „Geschossformen kleinsten Wellenwiderstandes“ als Beispiel für mathematische Kriegsforschung**

#### **3.1 Einführung**

Abschließend wird nun die Arbeit von Wolfgang Haacks vorgestellt, die er während des Krieges anfertigte.

Dies soll zum einem als Beispiel dienen wie mathematische Kriegsarbeit aussieht und wie verschiedene Gebiete und Techniken kombiniert werden und schließlich der Transfer von der Theorie zu einem einsatzbereiten Produkt, zum anderen ist sie ein Beispiel für die Selbstmobilisation der deutschen Mathematiker.

#### **3.2 Zur Person Wolfgangs Haacks**

Wolfgang Haack war ursprünglich ein „reiner Mathematiker“ und politisch nicht aktiv. Mit Ausbruch des 2. Weltkrieg aber kam er selber auf die Idee an Projektilformen zu forschen und schlug dies dem zuständigen Ministerium vor. Er mobilisierte sich also selbst und wurde zum angewandten Mathematiker.

Seine Frau (theoretische Physik) unterstütze ihn bei seinen Untersuchungen und brachte das physikalische Wissen mit, während Haack über die analytischen Fähigkeiten verfügte, das Problem mathematisch zu beschreiben.

#### **3.3 Beschreibung des Projekts**

Wenn Gewehre oder Kanonen, zum Beispiel ein Luftabwehrgeschütz, abgefeuert werden, hängt die Reichweite und damit die Effizienz maßgeblich vom Wellenwiderstand ab.

Da diese Projektile mit Überschallgeschwindigkeit fliegen kommt es zu sogenannten Schlieren an der Spitze des Projektils.

Bei Projektilen sind drei Größen entscheidend, Kaliber, Länge und Masse. Haack untersuchte nun wie man bei gegebenem Volumen (gleichbedeutend mit Masse) und Kaliber die Spitze, insbesondere den Winkel der Spitze und damit das Profil, verändern muss, so das man einen minimalen Wellenwiderstand erreicht.

Diese Untersuchung vereinigt Techniken aus der angewandten Mathematik, der Aerodynamik, sowie der Ballistik und Gasdynamik.

Erschwerend kam hinzu, dass man die Spitze nicht als Massepunkt auffassen kann und das damals das *boundary layer problem*(Aerodynamik), an dem auch der Mathematiker Busemann arbeitete noch nicht gelöst war, sowie andere Phänomene.

#### **3.4 Zur Vorgeschichte**

Bereits in den 1930er Jahren interessierte sich Kármán in den USA für das gleiche Problem. Er legte Kaliber und Volumen (Masse) fest und suchte nach dem optimalen Profil.

Kármán war aber mehr mathematisch gebildeter Ingenieur denn angewandter Mathematiker. Schließlich kam er zu einer Lösung, die ein möglichst rundes Profil bedeutete. Also eine kurze, stark abgerundete Spitze. Dies widersprach aber dem erwarteten Ergebnis. Kármán war nicht in der Lage seine aufgestellten Differentialgleichungen analytisch zu lösen.

Da er diese Untersuchungen in Friedenszeiten machte und daher auch keine direkte Notwendigkeit dafür vorhanden war, verwarf er schließlich das Problem und wandte sich anderer Forschung zu.

#### **3.5 Haacks Lösung des Problems**

Zunächst stellte Haacks ein mathematisches Modell auf, dass aus partiellen, nicht linearen Differentialgleichungen bestand. Er war nicht in der Lage diese analytisch zu lösen, aber seine Erfahrungen als Analytiker ermöglichten ihm eine Vereinfachung durch teilweise

Linearisierung. Damit hatte er eine Volterra-Typ Gleichung, die er nach nochmaligem Vereinfachen nun auch lösen konnte.

Mit seinem Modell kam er, bei gegebenem Volumen und Kaliber, wobei hier Volumen mit Masse gleichzusetzen ist, auf eine äußerst spitze Geschossform. Es wurden auch französische Versuchsprojekte erbeutet, die auch eine auffallend spitze Form hatten. Dies und die theoretischen Erwartungen bestärkten Haack in seinem Ergebnis.

Dennoch waren die beiden Vereinfachungen, die er vorgenommen hatte eine potenzielle Fehlerquelle.

Daher mussten seine theoretischen Ergebnisse erst überprüft werden, bevor man zur Massenproduktion der neuen Projektile übergehen konnte.

### **3.6 Überprüfung der Ergebnisse**

Überprüft wurden seine Ergebnisse einmal im Windtunnel in Braunschweig, diese Versuche bestätigten seine Forschung. Hier arbeitete er auch, wie bereits zuvor mit Busemann zusammen, der seinerseits am „*boundary layer problem*“ forschte.

Des Weiteren ließ Haack seine originalen Differentialgleichungen für zwei Spezialfälle graphisch integrieren und wurde erneut bestätigt. Weitere Tests wurden nicht mehr durchgeführt, weil schließlich Krieg war und daher ein enormer Zeitdruck auf Haack lastete.

1944 begann die Massenproduktion der neuen Projektile. Sie sollten für Flugabwehrgeschütze verwendet werden.

Tatsächlich führten sie zu einer größeren Reichweite der Kanonen und damit zu einer Verbesserung der Luftabwehr. Aber Störungen durch die Alliierten verhinderten eine flächendeckende Versorgung.

Nach Ende des Krieges erkannte Kármán die Leistung von Haack an, es gab auch Korrespondenz zwischen den beiden. 1948 verwendeten auch die deutschen Auswanderer R. Courant und K. Friedrich Haacks Ergebnisse in ihrer Arbeit über „*Überschallfluss und Schockwellen*“.

### **3.7 Zusammenfassung des Transfer**

Die vorgestellte Arbeit ist ein typisches Beispiel wie mathematische Kriegsarbeit aussehen kann. Dem „reinen Mathematiker“ Haacks mit Fachgebiet Differentialgeometrie gelang, mit Hilfe verschiedenster Methoden (reiner Analysis, numerischen Algorithmen, graphischen Methoden) und seiner Erfahrung aus der Mathematik etwas, das dem mathematisch gebildeten Ingenieur Kármán nicht gelang.

Hieran erkennt man auch, dass es für Mathematiker, selbst wenn ihr Fachgebiet zunächst wenig mit Kriegsforschung zu tun hat, dennoch in der Lage sind, sich schnell in ein neues Gebiet einzuarbeiten und dort wirkungsvoll zu forschen.

Man sieht an diesem Beispiel wie die Mathematik mit Gebieten der Ballistik und Aerodynamik verbunden wurde und wie die mathematische Theorie in Verbindung mit Ingenieurstechniken wie Windtunnel zu einem fertigen, nutzbarem Ergebnis führte.

Gleichzeitig wird auch die Kollaboration von reinen Mathematiker (Haack) und angewandten Mathematikern (Busemann), sowie Mathematikern mit Physikerinnen illustriert.

### **3.8 Moralische Bedenken**

Haack bezeichnete sich selbst als apolitisch, bot sich aber nach Ausbruch des Krieges sofort für diese Forschung selbst an. Auch nach dem 2. Weltkrieg war er stolz auf seine Leistungen. Er hatte nie moralische Bedenken was die Auswirkungen seiner Forschungen oder die Anwendung seiner Ergebnisse betrifft.

## **Literatur**

[1] Military Work in Mathematics 1914 – 1945: an Attempt at an International Perspective, Reinhard Siegmund-Schulze, Mathematics and War, B. Booss, J. Hoyrup, New York, 2003 S. 23-82