

# Leben und Werk Johann von Neumanns – Politischer Einfluss & Wasserstoffbombenbau

Andreas Dittrich  
dittrich@informatik.hu-berlin.de

Anne Wegerich  
wegerich@informatik.hu-berlin.de

**Abstract:** Johann von Neumann ist eine der wichtigsten Personen in der Geschichte der Mathematik und Wegbereiter unserer modernen Informationswissenschaften. Seine frühen theoretischen Arbeiten in den 20er Jahren in Europa und die spätere Arbeit am *Institute for Advanced Studies* in Princeton begründeten seinen wissenschaftlichen Ruhm. Im Gegensatz zu vielen seiner Kollegen zeigte von Neumann ein großes politisches Interesse und Engagement. Ein humorvoller Zeitgenosse auf der einen, um den sich zahlreiche Anekdoten rankten, ein eiskalter Analytiker auf der anderen, der einen atomaren Präventivschlag gegen die Sowjetunion nicht nur in Erwägung zog, war Johann von Neumann eine der schillerndsten Persönlichkeiten des letzten Jahrhunderts. Wir werden hier mit einer kurzen Biografie von Neumanns beginnen, um einen Einblick in sein Leben und vielleicht auch eine Erklärung für seine Denkweisen zu bieten. Schließlich wird die politische Weltlage nach 1945 mit dem Ende des zweiten Weltkrieges und dem Beginn des kalten Krieges beschrieben werden. Besonders wird hier der Atom- und Wasserstoffbombenbau auf beiden Seiten des eisernen Vorhangs beleuchtet werden. Die Berechnungsgrundlagen für die Ermöglichung der Bomben und die dafür entwickelten Großrechner, welche zu großen Teilen durch von Neumann geprägt wurden, schließen diese Ausarbeitung ab.

## 1 Der Werdegang Johann von Neumanns

### 1.1 Die frühen Jahre

Geboren wurde von Neumann am 28. Dezember 1903 in Budapest als *margittai Neumann Janos Lajos*. Die von Neumanns waren Angehörige der jüdischen Minderheit in Ungarn und Johann erfuhr in seiner Kindheit alle Vor- und Nachteile dieser Herkunft, auch wenn innerhalb seiner Familie die Religion eher pragmatisch gelebt wurde. Sein Vater Max Neumann war erfolgreicher Bankier und ermöglichte dem jungen Johann im daraus resultierenden finanziellen Rahmen eine umfangreiche Bildung. Im Haus der von Neumanns befand sich eine kleine Bibliothek und in dieser verbrachte von Neumann viele Stunden seiner Kindheit, die darin enthaltenen Werke verschlingend. Er legte dabei einen grossen Ehrgeiz an den Tag und war schon in jungen Jahren aufgrund seines aussergewöhnlichen Intellekts und seiner Hartnäckigkeit in der Lage, frei aus vielen Büchern zu rezitieren. Er zeigte mit der Schnelligkeit seines Geistes, unterstützt durch seine schier unstillbare Wissbegierigkeit, alle typischen Anzeichen eines Genies und die ersten Anekdoten stammen aus dieser Zeit. So soll er Witze auf griechisch erzählt haben oder nach Aufforderung von Gästen der Familie innerhalb kurzer Zeit Spalten aus dem Telefonbuch auswendig ge-

lernt haben, um dann frei auf Fragen daraus zu antworten. Besonderes Interesse weckte beim jungen Johann eine Enzyklopaedie über die Geschichte der Welt. Er studierte dieses Werk vollständig und zeigte sein ganzes Leben lang ein starke Affinität zum historischen Diskurs. Es ist gut möglich, dass von Neumann's späteres politisches Engagement in den frühen Jahren innerhalb der Bibliothek seines Vaters geboren wurde.

Bis zum Ausbruch des ersten Weltkriegs verbrachte von Neumann so ein behütetes Leben im Kreise seiner Familie. Und auch die Kriegswirren verschonten ihn in Budapest. Dies sollte sich ändern, als im März 1919 der damalige Vorsitzende der kommunistischen Partei Budapests, Béla Kun, die Macht im neuen Ungarn übernahm. Der Journalist gründete die Partei nach dem Krieg und bekam schnell großen Zulauf. Kun war Kommunist durch und durch, ihm fehlten jedoch praktisches Geschick und Führungsqualitäten. Innerhalb kürzester Zeit nach Gründung eines Arbeiter- und Bauernstaates nach marxistisch-leninistischem Vorbild war die ungarische Wirtschaft am Boden, das Land fiel in chaotische Zustände. Die ungeschickt radikale Umordnung der Gesellschaft zwang die Elite zur Flucht, auch die von Neumanns flohen im April 1919 ins österreichische Wien. Im Exil ging es Johann keineswegs schlecht: Seine Familie pendelte zwischen der Adria und Wien, alles in allem eine erträglich scheinende Situation. Im August 1919 jedoch brach das Regime des völlig überforderten Kun zusammen. Der Volkszorn entlud sich gegen das ungarische Judentum, dem Kun und viele seiner Mitstreiter angehörten. Auch die zurückgekehrten von Neumanns blieben davon nicht verschont, obwohl sie gegen Kun opponiert hatten.



Abbildung 1: Johann von Neumann in jungen Jahren

Von Neumann begann seine wissenschaftliche Laufbahn als Student der Chemie an der Universität Budapest und später gleichzeitig in Berlin und Zürich. Seinen Abschluss machte er 1925 in Zürich. Bald darauf, schon 1926, bekam er sein Diplom in Mathematik von der Universität Budapest mit den Nebenfächern Physik und Chemie. Er blieb bis 1930 in

Deutschland, lehrte in Berlin, Göttingen und Hamburg. Geprägt von den politischen Unruhen in Deutschland nahm er 1930 ein Angebot aus Princeton für eine Gastprofessur an und lehrte dort bis 1933. Dann wurde er Professor am neu gegründeten *Institute of advanced Studies*, mit 29 Jahren bei weitem der jüngste seiner Zunft. Von Neumann war in jener Zeit mit ganzem Herzen Wissenschaftler und veröffentlichte mathematische Publikation in einem schwindelerregenden Tempo, die erste bereits 1922 mit 18 Jahren. Kaum ein Feld der Mathematik hinterließ er ohne signifikante Beiträge. Es war ein neuer Stern am Himmel der Wissenschaften aufgegangen. Schon in dieser Zeit war ihm der praktische Bezug seiner Arbeiten wichtig; ein schön geführter aber in von Neumann's Augen unwichtiger mathematischer Beweis, also Kunst um der Kunst willen, war nichts für ihn. Beeindruckend waren von Neumann's intellektuelle Fähigkeiten, besonders die Schärfe und Schnelligkeit seines Geistes. Eine Anekdote beschreibt seine Beweisführung als *Proof by Erasure*: er schrieb innerhalb kürzester Zeit so viele Zeilen an die Tafel, dass er oft gezwungen war, die ältesten Zeilen wieder wegzuwischen. Dies geschah dann, bevor die Anwesenden Zuhörer fertig mitgeschrieben hatten.

## 1.2 Wissenschaftler und Politiker

Von Neumann wechselte auf Anfrage von Robert Oppenheimer 1943 wie viele seiner Kollegen von Princeton nach Los Alamos. Dort befand sich in jener Zeit die wohl größte Ansammlung wissenschaftlicher Genies. Er arbeitete, wie zu erwarten war, am *Manhattan Project*, also der Entwicklung eines atomaren Sprengkörpers, mit und lieferte entscheidende Berechnungen für das Implosionsdesign der Atombombe. Er genoss aufgrund seiner als sicher pro-alliiert geltenden, integren Einstellung das Privileg, als einziger Wissenschaftler nicht in Los Alamos wohnen zu müssen. Dies unterstreicht aber vor allem auch, wie wichtig seine Fähigkeiten eingeschätzt wurden. Von Neumann und seine Kollegen in Los Alamos waren erfolgreich. Am 16. Juli 1945 explodierte *Trinity*, die erste Atombombe vom Typ *fat man bomb*, in der Wüste von Nevada.

Ein weiteres von von Neumann geprägtes Feld der Mathematik bekam im zweiten Weltkrieg eine neue militärische Bedeutung: die Spieltheorie. So wurde zum Beispiel Merrill Flood, der Mitentdecker des Gefangenendilemmas, damit beauftragt, verbesserte Strategien für Bomberflüge über dem japanischen Festland zu entwickeln. Da die japanische Luftabwehr nicht überall konzentriert sein konnte, galt es, zur richtigen Zeit an den ungeschütztesten, strategisch wichtigen Orten zu sein. Die Zielwahl für die finalen Abwürfe der beiden Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki oblag von Neumann persönlich, der im Gegensatz zu vielen seiner Kollegen keine moralischen Bedenken bei seiner Arbeit zu haben schien, im Gegenteil.

Nach dem zweiten Weltkrieg lag ganz Europa in Schutt und Asche, wo sich die beiden Großmächte, die Sowjetunion und die USA, Auge in Auge gegenüber standen. Am 9. und 12. August waren über Japan zwei Atombomben abgeworfen worden, deren verheerende Wirkung Japan zur sofortigen Kapitulation zwang. 200000 Menschen waren auf der Stelle tot, die Dunkelziffer der Folgeopfer ist bis heute schwer abzuschätzen, liegt aber um ein vielfaches höher. Aufgrund der Existenz solcher mächtiger Waffen war die Welt das erste

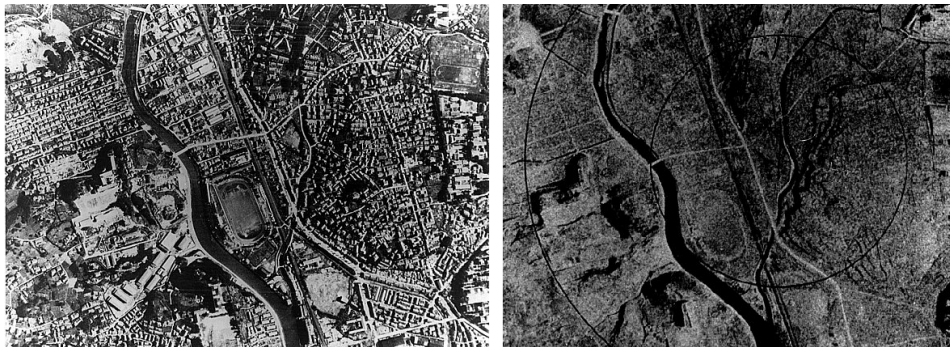


Abbildung 2: Die japanische Stadt Nagasaki vor und nach dem Abwurf der Atombombe

mal zu klein für zwei Supermächte geworden. Von Neumann war sich im klaren, dass einem Sieg über die Achsenmächte sofort einen Krieg gegen die Sowjetunion folgen würde. Die Unausweichlichkeit dieser Schlussfolgerung zwang in seinen Augen die momentan strategisch bevorteilten, vereinigten Staaten zum radikalen Aufrüsten der militärischen Ressourcen. Dieser Auffassung waren viele seiner wissenschaftlichen Zeitgenossen, unter anderem auch der überzeugte Pazifist Bertrand Russell.

Dieser etwas mystisch denkende Russell hatte ähnliche Wurzeln wie von Neumann. Er lieferte in seinen frühen Jahren grosse Errungenschaften auf den Gebieten der theoretischen Mathematik, namentlich der Axiomatisierung der Mathematik und ebnete damit den Weg für die informationsverarbeitende Mathematik des 20. Jahrhunderts. Später wandte er sich mehr der praktischen Mathematik zu und war ebenso wie von Neumann stark politisch aktiv, wenn auch mit einer grundsätzlich gegensätzlichen Orientierung: Russell war radikaler Pazifist. Die beiden teilten jedoch ihre Abneigung gegen die stalinistische Sowjetunion, ihr größter Albtraum war die Vorstellung, dieser Staat könne ebenfalls Atomwaffen in die Hände bekommen. Überzeugt davon, dass dies früher oder später der Fall sein und Stalin Atombomben gegen die restliche freie Welt einsetzen würde, sahen beide einen atomaren Erstschlag gegen die UdSSR als einzige Alternative, die Welt vor der totalen Vernichtung zu retten. Die Drohkulisse einer Bombardierung mit Atomwaffen würde Stalin zur Kapitulation zwingen, die USA als mächtigste Macht der "guten" Seite würde die Welt von nun an in Frieden regieren – so der Gedankengang. Der Krieg gegen Stalin kam jedoch nicht.

### 1.3 Der nukleare Strategie

Eine entscheidende Rolle im kalten Krieg der beiden Supermächte kam der *RAND Corporation* zu. Ursprünglich ein Teil des großen Waffen- und Flugzeugherstellers *Douglas* wurde sie 1948 als nicht-profitables Unternehmen ausgelagert und ab dann mit Staatsgeldern finanziert. *RAND* stand für "Research and Development", das offizielle Organisationsziel lautete "to further promote scientific, educational and charitable Purposes, all for the public

welfare and security of the USA". Genauer trifft es der inoffizielle Wahlspruch "thinking about the unthinkable". Die *RAND Corporation* war ein klassischer *Think Tank* in Diensten der *Air Force*. Eines der Hauptziele war es, interkontinentale Raketen zu entwickeln, die natürlich auch mit nuklearen Sprengköpfen besetzt werden konnten. Innerhalb dieser klaren militärischen Richtlinien genossen die dort arbeiteten Wissenschaftler aber eine relative Freiheit. So entwickelte sich *RAND* zu einer Spielwiese jeglicher Wissenschaften. Den anwesenden Denkern, allesamt unter den besten ihrer Zeit, fehlte es dennoch nicht am nötigen Ernst. Man darf niemals vergessen, dass der kalte Krieg gerade erst begonnen hatte und allerorten ein tiefes Misstrauen gegenüber der sowjetischen Weltmacht herrschte. Die bloße Existenz der Atombombe machte klar, dass bald auch die Sowjets im Besitz dieser verheerenden Waffe sein würden und von deren Skrupellosigkeit im Umgang mit einer solchen Macht war man in der westlichen Welt überzeugt.

Von Neumann trat der *RAND* im Jahre 1948 bei, war zunächst jedoch nur beratend tätig. Die Einladung seines Kollegen John D. Williams liest sich recht locker: Ohne jede Verpflichtung sollte von Neumann ein Auge auf die verschiedenen Arbeiten werfen und, wenn nötig, kommentieren oder verbessern. Dies zeugt vom großen Respekt und tiefem Vertrauen, welches von Neumann in jener Zeit von der Verteidigungspolitik gezollt wurde. Dieser genoss die Atmosphäre auf dem Campus der *RAND Corporation*. Eine Anekdote beschreibt seinen stets wachen Geist: Meryll Flood arbeitete innerhalb eines Projektes an einer Münze, welche mit gleicher Wahrscheinlich auf einer der beiden Seiten oder auf ihrem Rand liegen blieb. Auf einem Empfang präsentierte er diese Münze von Neumann; dieser dachte kurz nach und nannte dann die Dimensionen des Metallkörpers. Er lag richtig.



Abbildung 3: Johann von Neumann und hohe Armeefunktionäre

Im Jahre 1949 endete die atomare Alleinherrschaft der USA, als die Russen in Sibirien ihre erste Atombombe zündeten. Diese wurde nur indirekt durch ihren Fallout entdeckt. Die vereinigten Staaten von Amerika waren von nun an nicht mehr alleine im Besitz der zerstörerischsten Waffe der Menschheit. Es begann ein nukleares Dilemma, welches bis

heute andauert. Die Menschen der westlichen Welt gerieten in Panik. Die Angst vor einem nuklearen Krieg war allgegenwärtig und nährte die ohnehin schon verbreiteten Theorien über einen Erstschat der USA. Noch besaßen die USA zweifelsohne mehr Atombomben als die Sowjetunion, nur wie lange würde dies so bleiben?

Zeugnis, wie konkret darüber nachgedacht wurde, gibt eine Rede von Francis Matthews, damals ranghoher Beamter der *Navy*. In einer vorher nicht geprüften Rede im August 1950 forderte er zur Sicherung der Interessen der freien Welt ganz offen den Angriff der USA gegen eine nun um so gefährlichere Sowjetunion. Es folgte eine wahre Propagandaschlacht auf beiden Seiten des eisernen Vorhangs. Die Rede war natürlich ein gefundenes Fressen für die Sowjetstaaten, die die Gelegenheit nutzten, ihre Friedfertigkeit zu betonen. Die amerikanische Öffentlichkeit zeigte sich gespalten, man kann aber annehmen, dass die Mehrheit der Amerikaner gegen einen atomaren Erstschat war. Es regierte auch hier die Angst. Denn die Illusion, so einen Krieg gewinnen zu können, wich doch bald der rationalen Ernüchterung ob der realen Möglichkeiten. Die UdSSR war riesig und viel zu dezentral organisiert. Selbst wenn man annimmt, dass die USA über einige Dutzend einsatzbereite Atombomben verfügte, dies hätte nie gereicht, um mit einem Mal das gesamte Sowjetreich zur Kapitulation zu zwingen. Die Gefahr eines Gegenschlags war einfach zu groß. Außerdem war keineswegs abzusehen, wie der Rest der Welt auf einen solchen Angriff reagieren würde. Die USA könnten außenpolitisch isoliert werden.

Die letzte Hoffnung des Militärs fußte auf einer neuartigen Atombombe, deren explosive Wirkung eine normale Atombombe um ein vielfaches übertreffen sollte: die Wasserstoffbombe. Das theoretische Wissen über einen solchen Sprengkörper war bekannt; niemand zweifelte daran, dass die Sowjets eine Wasserstoffbombe bauen würden und erneut zweifelte niemand daran, dass sie diesen militärischen Vorteil gegen die USA nutzen würden. Für die Berechnungen zur Konstruktion dieser Bombe waren komplexeste Rechenoperationen auszuführen, die von menschlichen Gehirnen nicht mehr schnell genug erledigt werden konnten. Es brauchte neue, leistungsfähigere Rechner, welche schon die Entwicklung der Atombombe unterstützt hatten. An deren Konstruktion arbeitete von Neumann entscheidend mit. Seine Arbeiten über den Aufbau von Rechenmaschinen haben bis heute eine große Bedeutung für die Soft- und Hardwarehersteller und begründeten seinen Ruf als einer der Gründerväter der Informatik. So begann der nächste Wettlauf im nuklearen Wettrüsten, der erst in den 80er Jahren wieder kurz halten sollte, als das Waffenarsenal beider Großmächte ausreichte, die gesamte Menschheit 100fach auszulöschen.

## **2 Computerentwicklung**

### **2.1 Hintergrund – Warum ein Rechner?**

Seit dem 1. Weltkrieg nahmen Schusstafeln und deren Berechnungen höchst komplexe Ausmasse an. Eine solche Tafel ist die Basis für die Bestimmung des Winkels der Geschützaustrichtung, damit die richtige Flugbahn erreicht wird.

In etwa 3000 mögliche Flugbahnen hatte allein ein Geschoss, wobei für jede der Bahnen

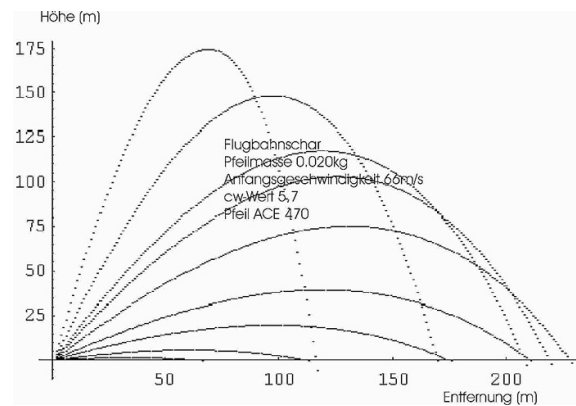


Abbildung 4: Flugbahnschar eines Geschosses mit zugehörigen Aufschlagpunkten für nur wenige Abschussvariablen

750 Multiplikationen nötig waren. Weitere Komplikationen ergaben sich aus dem variablen Zünder und Projektil, ob es von weichem oder hartem Boden abgeschossen wurde und ebenso auftretende Schwingungen, die hervorgerufen wurden, wenn das Geschoss nach dem Austritt langsamer als die Schallgeschwindigkeit wurde. Es ist also zu ersehen, dass für solche Berechnungen sehr grosse mathematische Anstrengungen unternommen werden mussten. Ein zusätzliches Problem war, mit dem Aufblühen der Fahrzeugindustrie, ein bewegliches Ziel zu treffen (insbesondere der 2. WK war ein Blitzkrieg mit vielen Panzern). Noch in den 30ern war man überzeugt, für solch genauen Berechnungen per Hand wohl 2 Jahre zu brauchen. Doch nicht nur aus dieser Tatsache erwuchs die Notwendigkeit von automatischen Berechnungen mit schnellstmöglicher Geschwindigkeit.

Die später entwickelten Atom- und Wasserstoffbomben konnten doch offensichtlich nicht einfach getestet werden, sie bedurften schon allein für die Einschätzung ihrer Zerstörungskraft genaueste Ergebnisse. Bis 1943 wurden diese immernoch mit Schreibtischrechenmaschinen ermittelt, man konzentrierte sich vorerst jedoch noch auf den Implosionsverlauf der Bomben. Auch Mathematiker waren anfangs nur damit beschäftigt, Vereinfachungen an den bereits benutzten Berechnungsformeln vorzunehmen. Von Neumann machte allerdings schon recht früh mathematische Untersuchungen an Schockwellen. Doch die Simulation der Strahlungsgewalt der Waffen war nicht mehr ohne die technische Hilfe von "Computern" denkbar. Die noch viel gewaltigere Wasserstoffbombe lässt dies bereits erahnen. Um die Rechner aber nicht nur für Entwickler schmackhaft zu machen, nennt von Neumann in Princeton die weiteren Vorteile, man könne Gezeitenwellen, Angriffe und die Feindantwort, Wetterbedingungen für Angriffe, logistische Probleme und die bis dahin noch sehr schwierigen Bahnen von Unterwassergeschossen berechnen. Damit war die amerikanische Marine schnell als Geldgeber gewonnen.

## 2.2 Wasserstoffbombe

Eine H-Bombe ist eine erweiterte Atombombe. Das Grundprinzip ist jedoch nicht die Kernspaltung sondern die Kernfusion zur Energiefreisetzung. Ein Kern zerteilt sich hier nicht in seine Bestandteile, er verschmilzt mit einem anderen Kern zu einem Grösseren. Die Bekannteste solcher Reaktionen ist wohl die der Sonne, bei der sich Wasserstoffteilchen zu Helium verbinden. Sie ist das Vorbild für die Bombe, denn auf diese Weise wird extrem viel Energie freigesetzt. Um zwei gleiche Kerne zum Verschmelzen zu bringen, muss die natürliche Abstossung zwischen ihnen allerdings überwunden werden. Das erreicht man nur durch eine sehr hohe Temperatur, um Bewegungsenergie zu erzeugen, die gross genug wäre, zwei gleich geladene Teilchen aneinander stossen zu lassen, das sind in etwa 50 Millionen  $^{\circ}\text{C}$ . Nur mit der Zündung einer A-Bombe die Erzeugung dieser Temperatur überhaupt erst möglich.

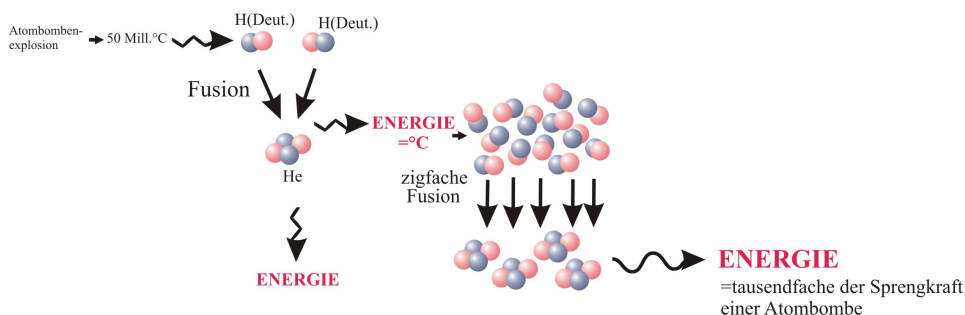


Abbildung 5: Prinzip der Wasserstoffbombenexplosion

Geringe Mengen  $\text{H}_2$  werden mittels A-Bombe zum Verschmelzen gebracht. Diese setzt dann ausreichend Energie frei, um eine Kettenreaktion des Wasserstoffes auszulösen. Dadurch ist es möglich, ein paar Pfund spaltbares Material mit mehreren 100 Kilo Verschmelzungsmaterial zu umgeben. Sogar unbegrenzte Mengen Wasserstoff könnten den Mantel bilden und eine Bombe ergeben, die im Stande wäre, die gesamte Erde auszulöschen, da keinerlei Vorabreaktionen wie bei der kritischen Masse eines Atomarsprengkopfes stattfinden.

Doch  $\text{H}_2$  selbst ist gasförmig und daher nur begrenzt einsetzbar (extreme Kühlung nötig). Verwendet wird aus diesem Grund eher Deuterium, ein Isotop des Wasserstoffes (ein Proton, ein Neutron), das als Lithiumdeuterid auch stabil ist. Die Vorteile sind der günstige Beschaffungspreis bei maximaler Sprengkraftausbeute, sowie die Möglichkeit des sogenannten Super-Super-Bombenbaus. Dabei zündet die H-Bombe wiederum den A-Bombenabfall, was eine Explosion unbeschreiblichen Ausmasses zum Ergebnis hätte. Diese Szenarien waren nicht tabu zu dieser Zeit. Es war erklärte Absicht, immer die maximale Sprengkraft mit geringstmöglichem Einsatz zu erreichen.

Eine atomare 20MT Bombe kann zum Zeitpunkt der Explosion sofort im Umkreis von 4 km alles Leben vernichten. Sie setzt in dem Moment hochenergetische Strahlung frei und

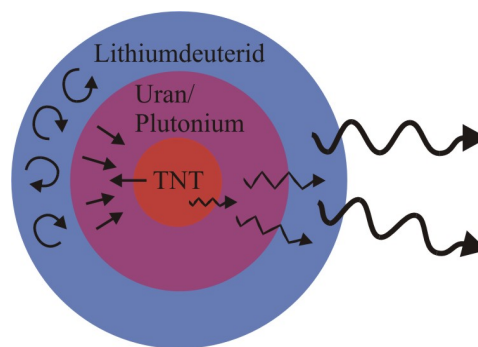


Abbildung 6: Schichtung der Super-Super-Bombe und die Richtungen des Energieverlaufes

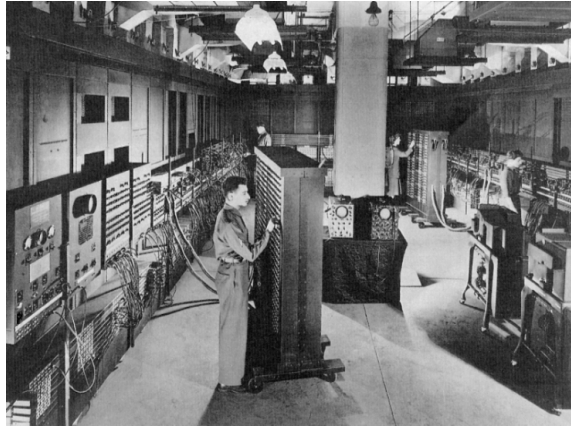
produziert darüberhinaus radioaktive Emissionen. Neutronen, die bei den atomaren Reaktionen frei werden, reagieren erst in der Luft oder am Boden mit den dortigen Teilchen zu radioaktivem Material, bspw. wird Eisen, das mit Neutronen reagiert, für eine lange Zeit strahlend. Dies ist auch der Grund, warum das Leben in Explosionsgebieten noch sehr lange danach zur Erkrankung oder zum Tode führen, obwohl der grösste Teil der radioaktiven Stoffe bereits kurz nach der Reaktion als Niederschlag zur Erde fällt. Gefährdet sind neben dem unmittelbarem Ort des Geschehens aber auch alle weiter entfernten Areale, da auch die Atmosphäre radioaktives Material weitertragen kann. Es ist also von höchster Wichtigkeit, den Ort für die Zündung genau zu bestimmen, ebenso wie ihre Zerstörungskraft. Sogenannte "Hippo-Berechnungen" wurden für diesen Zweck durchgeführt. Sie sollten die genaue Platzierung und andere sekundäre Faktoren bestimmen für den vermeintlichen "Erfolg" der Zündung. Vor allem das Ausmaß der Strahlung konnte nicht ohne maschinelle Rechenhilfen bestimmt werden.

1948 wurde die letzte und grösste A-Bombe im Eniwetok-Atoll getestet, die eine erschreckende Sprengkraft von 48 kt TNT besaß. In Hiroshima hatten zum Vergleich 13kt zur absoluten Katastrophe ausgereicht. Doch die Wasserstoffbombe sollte alles in den Schatten stellen und 1000 mal so stark wirken wie Hiroshima. Dort wurden bereits 100000 Menschen getötet. Für die amerikanischen Wissenschaftler und John von Neumann bestand jedoch lediglich das eigentliche Problem, die rechnerische Bestimmung der Wasserstoffmenge, die ein Aufrechterhalten der Kettenreaktion garantierte. Doch trotz aller Probleme gab Präsident Truman 1950 die Anweisung, eine solche Bombe zu bauen und alle nötigen Mittel dafür heranzuziehen.

### 2.3 ENIAC-allg. Fakten

Der ENIAC ist ein Electronical Numerical Integrator and Computer und war eine solche nötige Hilfe. Er wurde von John P. Eckert (Ingenieur) und John W. Mauchly (Physiker) entwickelt in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Moore School of Electrical Engineering

der Pennsylvania-Universität. Dieser erste Röhrenrechner wurde erst im Sommer 1946 fertig nach gut 3 Jahren Bauzeit, was wohl unter anderem an seiner unglaublichen Grösse lag. Mit 18000 Elektronenröhren; 1500 Relais und einem Leistungsverbrauch, der in etwa 3000 Glühbirnen entspricht, war er gewaltig. 140 qm Fläche; 30t Gewicht; 5 1/2 m hoch und 24 m lang ergänzt durch eine Kühlanlage, so gross wie ein ganzes Haus, und Kosten von über einer Million Dollar machten den ENIAC zu einem wirklichen Ungetüm.



Doch er entsprach einer 1000fachen Geschwindigkeitssteigerung gegenüber dem Mark1, einem Relaisrechner der 1. Generation. Im übrigen funktionierte er zuverlässig entgegen vieler Annahmen. Ebenso hatte man für den damaligen Entwicklungsstand eine extrem niedrige Röhrenausfallrate erzielt, indem nur ein viertel ihrer eigentlich möglichen Leistung beansprucht wurde. Bezeichnend für die Verwendung der Röhren statt der Relais ist die wesentlich höhere Schaltgeschwindigkeit. Die Struktur hingegen war wenig neu. Wie der Mark1 arbeitet auch der ENIAC parallel-dezimal, dabei ersetzen 10 Flipflops für die Ziffern 0 bis 9 das bisherige dekadische Zählrad. Addieren und Subtrahieren mit Hilfe von 20 Akkumulatoren (je 10 Dezimalstellen) erfolgte stellenparallel auf zehn Addern eines Datenkanales. Die Anzahl der Impulse auf diesem Kanal entsprach dabei der übertragenen Ziffer. Ein weiterer Datenkanal war für das Vorzeichen vorgesehen. Ein Impulsgenerator liefert einen Grundtakt von 10 kHz, somit dauerte ein Additionszyklus 200 mikrosec und die Multiplikation zweier 10 stelliger Zahlen damit nur 2,8 millisecc. Das ist zwar enorm, jedoch wurde die Ein- und Ausgabe noch über Lochkarten oder dekadische Drehschalter realisiert, was sehr zeitaufwändig war und einen Grossteil der Gesamtrechnenzeit ausmachte, zumal meist noch Zwischenergebnisse wieder auf Lochkarten geschrieben und erneut eingelesen werden mussten. Die Besonderheit des ENIAC war jedoch seine Programmiermethodik. Sie war nicht variabel, denn jeder gewünschte Algorithmus musste über feste Verschaltungen am Rechner selbst eingestellt werden, meist über viele hundert Kabel und Stecker.

## 2.4 ENIAC-Entstehungsgeschichte

Bereits 1932 sollten ballistische Tabellen schneller berechnet werden können, darunter Artillerietabellen, Bombenflugbahnen und erste Versuche mit Radardetektoren. Das *Ballistic Research Laboratory (BRL)* der US Army investierte zu diesem Zweck anfangs in den "Bush Differential Analyzer". 1935 wurden dann 2 solcher Differentialanalysatoren erworben. Einer für das BRL und ein anderer für die *Moore School of Electrical Engineering*, der im Notfall vom BRL genutzt werden sollte. In der Moore School führte man nach Kriegsbeginn Kurse zum ballistischen Rechnen durch für Kriegshelferinnen mit naturwissenschaftlicher Ausbildung, bezahlt vom BRL, denn dort war man stark überlastet. Ausbildungsleiter dieser Kurse wurde Herrmann Goldstine, selbst Spezialist für ballistische Mathematik. Hilfe erhielt er zudem von seiner Frau Adele. Goldstine traf dort auf Mauchly und Eckert, die ihm von ihrem Projekt erzählten, eine Rechenmaschine mit Vakuumröhren als Schaltelemente zu bauen. Es war schnell klar, dass auf diese Weise deutlich schnelleres Rechnen möglich war als mit den bisherigen elektromechanischen Analogrechnern. Für Goldstine lagen die Vorteile zur Schusstabellenerstellung damit auf der Hand, so dass er sich für die Umsetzung einsetzte. 1942 verfassten Eckert und Mauchly einen Ideenbericht, der den Auftrag zum Bau an der University of Pennsylvania zur Folge hatte. Doch es gab natürlich auch Kritiker vor allem was den Fertigstellungstermin anbelangte. Man war sich sicher, so ein Gerät könnte vor Kriegsende nicht bereit stehen, die Finanzen sollten daher lieber für kurzfristigere Projekte ausgegeben werden. Sie behielten mit ihren Prognosen diesbezüglich auch Recht und erst am 15.02.1946 war der ENIAC betriebsbereit und vollführte ein Demonstartionsprogramm zur Berechnung der Flugbahn eines Unterwassergeschosses.

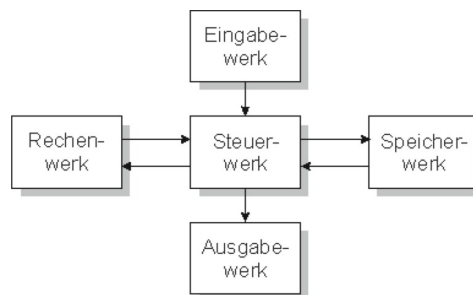
Goldstine traf zu Beginn des Projektes zufällig auf einem Bahnsteig auf von Neumann und erzählte ihm von dem Projekt, wohlwissend um von Neumanns mathematische Fähigkeiten und auf seine Hilfe hoffend. Dieser war sofort fasziniert von dem Vorhaben. Von Seiten der Moore School spekulierte man natürlich mit seiner Gewinnung auf mehr Legitimität bei den Geldgebern, da von Neumann ja bekanntermaßen eine führende Rolle in Los Alamos trug und dort wiederum eine der Hauptinteressen der Regierung lag.

Die Herstellung bestimmter Teile wurde im Folgenden von privaten Unternehmen oder Personen erledigt, bspw. kamen die Lochkarten, Transcoder und Drucker von der Bell Company, die Röhren von der RCA (Radio Corporation of America), sowie zahlreiche wissenschaftliche Berater von IBM und RCA. Man benötigte grosse Elektronikerfahrung für einen möglichst geringen Materialverlust. Das schon beschriebene erste ablaufende Programm des ENIAC löste im übrigen ein grösseres Problem des *Manhattan Projects*. Dass der Rechner sowieso für die Belange von Los Alamos gebaut wurde, ist vorerst verschwiegen worden, auch gegenüber den Mitarbeitern. Erst nach den ersten erfolgreichen Berechnungen, informierte man die Beteiligten, nicht zuletzt, weil auch die Armee als Geldgeber gewonnen werden sollte. Ende 1946 erst verlagerte man den ENIAC dann nach Aberdeen, wo er nicht mehr den Los-Alamos-Zwecken diente.

Von Neumann hatte an diesem Rechner keinen wesentlichen Anteil, seine Überlegungen gingen in Richtung einer strukturellen Veränderung und Verbesserung einer solchen automatischen Rechenmaschine. Dies hielt er fest in seinem "First Draft of the Report of the

EDVAC", einem grundlegenden Entwurfsplan für den Rechnerbau, der revolutionär war. Der darin beschriebene Aufbau ist noch heute als "Von-Neumann-Architektur" bekannt und wird in kaum einem Computer nicht verwendet. Er besteht aus den 5 Hauptkomponenten

- Eingabe der Programme und Daten
- Ausgabe berechneter Ergebnisse
- Rechenwerk zur Durchführung arithmetischer Operationen
- Steuerwerk zur Abarbeitung der Programmbefehle
- Arbeitsspeicher zur Speicherung der Daten und Programme



Eine deutliche Verbesserung ergab sich also durch die Speicherprogrammierung als Schritt von der starren Programmsteuerung hin zum flexiblen intern gespeicherten Programm, womit der universelle Rechner geboren war. Nach diesem Bericht arbeiteten Eckert, Mauchly und Goldstine an der Umsetzung dessen im EDVAC. Zeitparallel wurde auch der ENIAC nach diesem Prinzip umgebaut durch Richard Clippinger. In Betrieb blieb er aber nur noch bis 1955, danach gingen seine Einzelteile an viele verschiedene Museen.

## 2.5 ENIAC-Aufbau und Funktionsweise

Der ENIAC war ein u-förmiger Zusammenbau aus 40 Teilen, der so geformt war, dass 30 Einheiten daraus gebildet wurden. 20 davon waren Akkumulatoren, einer ein Multiplizierer und ein Weiterer eine Kombination aus Dividierer und Wurzelzieher, sowie zu den arithmetischen Operationen. Für die Dateneingabe gab es einen Constant Transmitter, der in Verbindung mit einem IBM Lochkartenleser funktionierte. Damit wurden Standardkarten mit bis zu 80 Ziffern und 16 Zeichen eingelesen. Diese wurden dann auf Relais gespeichert, welche im Constant Transmitter untergebracht waren, seine Aufgabe bestand dann darin diese Daten als elektrische Signale verfügbar zu machen. Nach dem gleichen Prinzip lief auch die Ausgabe ab. Ein weiterer Bauteil war der schon erwähnte Programmspeicher, der

mit Schaltern an der Vorderseite des Rechners realisiert wurde. Er hatte lokalen Charakter, Befehle mussten an jede Einheit weitergereicht werden. Die Initial- und Zykluseinheit bildet eine nächste wichtige Instanz. Sie verwaltet die Operationen der einzelnen Einheiten. Die Initialeinheit hat dabei die Kontrolle über das Strom ein- und ausschalten, eine Berechnung einzuleiten oder die Maschine zu löschen bzw. Tests durchzuführen. Die Zykluseinheit hingegen liefert die grundlegenden Signale, mit denen andere Einheiten arbeiten oder synchronisiert werden konnten. Jeden 1/5000 Teil einer Sekunde wurde ein Muster ausgesendet, welches 9 spezielle Impulse und ein Gatter enthielt. Gemeint sind Spannungsänderungen im pos. und neg. Sinn, die sich in der Dauer unterschieden. Ein Impuls war etwa 2 Mikrosekunden lang ein Gatter hingegen mind. 10 Mikrosekunden. Ein bestimmter Impuls, der Central Programming Pulse, markierte Anfang und Ende eines solchen Zyklus. Schließt also eine Operation ab, so sendet die Einheit einen solchen CPP an die nächst folgende Einheit, die ihn als "Beginnimpuls" auffasst. Alle Einheiten sind so gebaut, dass sie immer ein Vielfaches dieser Zykluszeit benötigen für die Abarbeitung ihrer Aufgabe, um so synchrones Rechnen zu ermöglichen. Ebenso können parallel Operationen bearbeitet werden, da Stammleitungen für die Übertragung der Signale bereitstehen und die Daten immer aufnehmen und zur Verfügung stellen.

Da der Rechner wegen seiner Bauweise im Inneren oft sehr warm wurde und an einigen Stellen Baulücken aufwies, kam es zur Anekdote der bekannten *bugs*. Der ENIAC bot einen idealen Nistplatz für allerlei Kleintier, was häufig zu Rechenfehlern oder Komplettabstürzen führte. Als sie das erste Mal entdeckt und auf Papier festgehalten wurden, prägte sich der Begriff "bug". Eine Motte hatte sich im Bereich zwischen den Verbindungsleitungen der Akkumulatoren häuslich eingerichtet und dort die Datenübermittlung verhindert. Der *bug* gilt dabei noch heute als Bezeichnung eines Fehlers in Soft- oder Hardware. Man weiß heute, dass das Tier eigentlich eine Wanze war (bug = engl. Wanze).

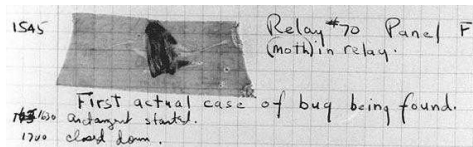


Abbildung 7: Der ENIAC-Bug auf Papier

## 2.6 ENIAC-Weiterentwicklungen

Der Electronic Discrete Variable Arithmetic Computer, der EDVAC ist eine solche Weiterentwicklung. Er gilt als die erste Umsetzung des Neumann-Prinzips. Er behandelte Programme wie Daten und ließ sie per Lochkarten ein. Erst der eigentliche Rechenvorgang wies ihnen dann ihre Bedeutung zu. Daten und Programme wurden also durch Zahlen repräsentiert, was gleichzeitig einen universellen Code darstellt. Sie wurden darüber hinaus im selben Speicher abgelegt, womit dieser Rechner dem theoretischen Konstrukt Turingmaschine sehr ähnlich war. Weiterhin wurde durch die serielle Abarbeitung der Opera-

tionen eine geringere zu verwendende Anzahl Röhren möglich, was den Bau erheblich erleichterte. Man hatte sich an das Prinzip des Babbage-Rechners erinnert, in dem die serielle Operationsabarbeitung zwar länger dauert aber weniger Röhren erfordert. Darüber hinaus ist der EDVAC sehr schnell wegen der elektronischen Schaltungsweise. Die Festlegung auf eine binäre Zahlencodierung war ein weiterer wichtiger Schritt, nicht nur, weil es nochmals die Zahl der Röhren verringerte. Doch auch an diesem Rechner hatte von Neumann wenig tatsächlichen Ingenieuranteils.

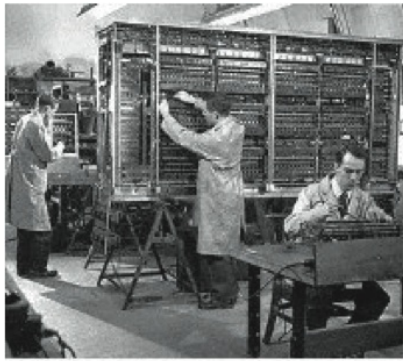
Der EDVAC und seine Bauweise gaben Anstoß zur britischen Rechnerentwicklung, die mit ihrem Gegenstück EDSAC auch 3 Jahre früher als Eckert und Co. fertig wurden. Grund könnten jedoch eher aufkeimende Streitigkeiten innerhalb der Moore School sein, so dass Eckert und Mauchly eine eigene Firma gründeten und dort ihren EDVAC dann 1952 fertigstellten. Doch trotz aller Verbesserungen gestaltete sich die Programmierung immernoch schwierig, da Befehlen Zahlenwerte per Hand zugeteilt werden mussten mit Hilfe von riesigen Tabellen. Dieser Umstand war die Geburtsstunde vom Hilfsprogramm Assembler, was gleichbedeutend ist mit einem ersten Schritt in Richtung Hochsprachen. Compiler waren bald entwickelt, in den 50ern dann auch FORTRAN oder COBOL als erste systemunabhängige Sprachen.

Von Neumann war nach dem ENIAC/EDVAC mit der Entwicklung seines eigenen Rechners, dem IAS beschäftigt und auch zunehmend Unternehmen engagierten sich in der Computertechnik, darunter General Electric, IBM, in Großbritannien Ferranti aber auch Universitäten waren dabei. Der bedeutendste Rechner in Amerika blieb aber der IAS, benannt nach dem Institute for Advanced Studies in Princeton, initiiert durch von Neumann und finanziert durch die RCA und die Regierung und Armee.

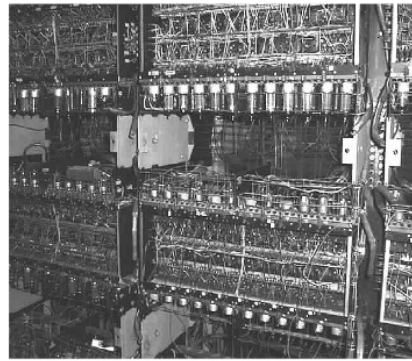
## 2.7 IAS

Seine Entwicklung begann 1949 und die die theoretischen Grundlagen bildeten der "First Draft" von von Neumann und Ideen aus der "Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument" verfasst von Goldstine und Burkes. Er war strikt konzipiert als Universalcomputer für alle denkbaren Programmieraufgaben. Die Funktionsweise war jedoch relativ einfach: In einem zentralen Prozessor, der Steuerwerk und Rechenwerk enthält, ist das Programm abgespeichert. Die CPU holt Befehle des Programms ab, decodiert sie und führt sie nacheinander aus. Der IAS hatte dafür nur 40 Kathodenstrahlröhren, die jeweils 1024 Bit speichern konnten, in etwa mit EDVAC vergleichbar. Allerdings war der IAS selbst Vater vieler Kinder. Teilweise während seiner eigenen Entwicklungszeit hatte man Varianten von ihm gebaut, darunter ILLIAC von der University of Illinois, der JOHNNIAC für die Rand Corporation (benannt nach von Neumann), den AVIDAC und nicht zu vergessen den MANIAC für Los Alamos, dessen Einsatzgebiet ganz explizit die militärischen Berechnungen der Waffen und Bomben war.

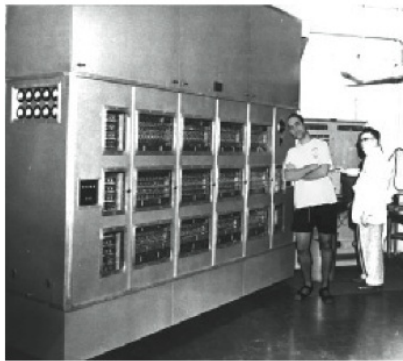
Der IAS sollte jedoch nach von Neumann nach seiner Fertigstellung vorerst nicht für Anwenderaufgaben zur Verfügung stehen, sondern für das Testen neuer wissenschaftlicher Experimente und Methoden. Darüber hinaus wollte er die Meteorologie mit ihm zu einer



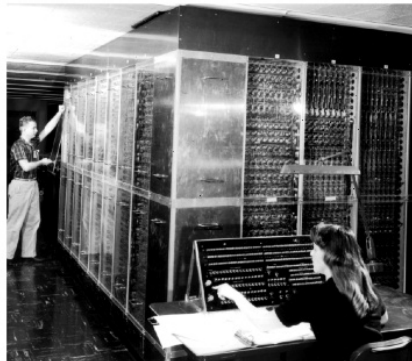
AVIDAC



JOHNNIAC



ILLIAC



MANIAC

Wissenschaft erheben. 1952 wurde der IAS dann doch eilig fertiggestellt und für Berechnungen der Wasserstoffbombe benutzt, wie auch schon länger von Los Alamos gefordert. 1960 dann folgte seine Demontage und Museumszeit.

## 2.8 MANIAC-der Wahnsinnige

Dieser Computer war speziell entworfen für Los Alamos. Er ging dort 1952 in Betrieb. Mit ihm wurden Berechnungen für die H-Bombe vorgenommen, ein Schachprogramm mit 6 mal 6 Feldern laufen gelassen aber auch erste Versuche zur Decodierung von DNA-Sequenzen unternommen und viele weitere Aufgaben. Er besaßen Speicher mit 1024 Worten zu je 40 Bit und rund 10000 Operationen waren mit ihm in der Sekunde möglich. Das Schachprogramm bspw. brauchte für einen Zug etwa 10 Minuten, obwohl nur immer zwei Züge vorrausberechnet wurden und es keine Springer gab.

## 2.9 Fazit

Erste Ergebnisse der Berechnungen durch ENIAC und dem Prototypen des IAS für die H-Bombe liefen auf die Nichtmachbarkeit hinaus. Doch der "George"-Test 1951 zeigte, dass sie es doch ist. Dieser Test lief noch mit einer sehr kleinen Menge Deuterium ab und mit einer großen A-Bombe. Doch die Weiterentwicklung beinhaltete eine viel größere Zerstörungskraft: der "Mike"-Test auf dem Eniwetok-Atoll 1952. Diese hatte 10 000 000 kt = 10 Mt TNT Sprengkraft was 1000mal stärker als die in Hiroshima explodierte Bombe ist. Doch das Deuterium musste vorher gekühlt werden mit einem Apparat so groß wie ein ganzes Haus, damit war sie auf ein Flugzeug nicht montierbar. Im März 1954 gelang aber auch das mit dem "Castle"-Test. Diese Bombe hatte eine Sprengkraft von unglaublichen 15 Mt und war vom Flugzeug transportier- und abwerfbar.

Man muss zugeben, dass auch wenn anfängliche Berechnungen nicht der Realität entsprachen, die eigentliche Entwicklung solcher grauenvoller Bomben ohne Computer nicht denkbar gewesen wäre. Die Rechnerentwicklung und die Arbeit von von Neumann war damit auch ein nicht zu unterschätzender Teil der Superbombenzündungen und Massenvernichtungen. Gerade von Neumann macht deutlich, dass Politik und Wissenschaft in dieser Größenordnung nicht trennbar sind und sich damit ein sehr großes zerstörerisches Potential bietet. Die Frage nach der wissenschaftlichen Verantwortung für das eigene Tun und den darauf basierenden Ergebnissen stellt sich in diesem Zusammenhang seit Jahren ohne Erfolg. Man muss wohl aber anschliessen, dass die Rechnerentwicklung im Laufe der Jahre auch viele positive Ergebnisse hervorgebracht hat, und heute viele Menschenleben rettet. Die Entwicklungsgeschichte jedoch ist bezeichnend und darf nicht ausser Acht gelassen werden.

## 3 Quellen

- Nagasaki Peace Deklaration  
[http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/abm/abm\\_e/index.html](http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/abm/abm_e/index.html)
- Hiroshima Peace Site  
<http://www.pcf.city.hiroshima.jp/peacesite/indexE.html>
- Scientific History of the Atomic Bomb  
<http://www.hcc.mnscu.edu/programs/dept/chem/abomb/index.html>
- Trinity Atomic Web Site  
<http://www.cddc.vt.edu/host/atomic/index.html>
- RAND Corporation  
<http://www.rand.org>
- "No more war!" Linus Pauling 1964

- “John von Neumann” Norman Macrae 1994
- “Prisoner’s Dilemma” William Poundstone 1992

### 3.1 IAS

- <http://www.icb.uni-essen.de/SysMod/lehre/StudArbeiten/vNR/Texte/VNR.html>
- [http://www.susas.de/neumann\\_01.htm](http://www.susas.de/neumann_01.htm)
- [http://www.informatik.hu-berlin.de/apolze/LV/RA\\_LiN/Lecture\\_2/lektion2.html](http://www.informatik.hu-berlin.de/apolze/LV/RA_LiN/Lecture_2/lektion2.html)
- <http://www.jens-rudolph.de/proseminar/dsp.htm>
- Maurer, Margarete. “Weibliche Wissenschaft – Frauen als Mutter der Bombe?”, Druckfassung erschienen in: PCnews, Nr. 50, Jg. 11, Heft 5, Wien, November 1996, S. 15-18. – Nach der elektronischen Version auf der RLI-Homepage:  
<http://igunnext.tuwien.ac.at/rli/Seiten/natwi/bombe.htm>  
am 05.07.2004

### 3.2 MANIAC, ENIAC, EDVAC, IAS

- <http://www.prog-docs.de/geschichte/computer/maniac.html>
- <http://il0www.ira.uka.de/lehre/rvg-sommer1998/eniac/eniac-Contents.html>
- <http://www.wikipedia.org>
- “The Computer-From Pascal to Neumann” Herman H. Goldstine 1972
- “Die Wundermaschine: die unendliche Geschichte der Datenverarbeitung...” Herbert Matis 2002