

Brigitte Pagana-Hammer:

Friedrich Dürrenmatt: Die Physiker

Die Physiker, laut Untertitel eine Komödie in zwei Akten, entstand im Jahr 1961 und wurde am 21. Februar 1962 unter der Regie von Kurt Horwitz im Schauspielhaus Zürich uraufgeführt.

Zeitliches Umfeld: 1962 (Kalter Krieg, Atombomben, Kernenergie, Wettlauf im All, ab 56 Halbleitertechnologien, Raketen)

Kurzinhalt:

Drei prominente Kernphysiker stellen sich verrückt und treffen in einem Irrenhaus zusammen (Einstein Tarnung eines Ostagenten, Newton Westagent, beide belauern Möbius, der vor 15 Jahren ins Irrenhaus geflohen ist und sich dort vor den Wirtschaftsbossen, Spitzenpolitikern und Militärs versteckt).

Titelfiguren sind drei Physiker, die als Patienten in einer privaten psychiatrischen Klinik leben. Einer von ihnen hat eine Entdeckung gemacht, die die Gefahr der Vernichtung der Welt in sich birgt und damit zur Grundfrage des Stücks nach der Verantwortung der Wissenschaft führt. Dürrenmatt verknüpft diese Thematik mit seiner Dramentheorie, nach der jede Geschichte, ausgelöst durch den Zufall, die schlimmstmögliche Wendung nehmen müsse. Daher werden die Physiker oft auch als Tragikomödie oder Groteske eingeordnet.

Bereits die Uraufführung der Physiker war ein Erfolg. In der folgenden Saison avancierte es zum meistgespielten Theaterstück im deutschen Sprachraum und gehört heute zu den größten deutschsprachigen Theatererfolgen nach dem Zweiten Weltkrieg.

Thematik: Wissenschaft – Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse, Ethik
Möbius' Weltformel: Von der Weltformel hängt die weitere Existenz der Menschheit ab. Der Wissenschaftler kann sich der Verantwortung nicht entziehen, kann aber auch die weltmachthungrigen Verrückten nicht loswerden, selbst, wenn er wie Möbius sich nicht mit ihnen einlässt. Die anderen Wissenschaftler verfolgen ihn und selbst als sie sich einigen, die Forschungen einzustellen, können sie den missbräuchlichen Gebrauch nicht verhindern: Frl. Dr. hat Möbius die Formel heimlich entwendet und hält somit das Schicksal der Erde in Händen. Sie ist die einzig wirklich Irre. Die typisch pessimistische Sicht bei Dürrenmatt (vgl. Brecht, vor allem Galilei)

Die Form: klassische gebaut, steigende Handlungsbogen, 3 Einheiten (Aristoteles - Problem von Raum und Zeit), Katastrophe, wenige Personen, knappe Sprache

Aber: gleichzeitig umfangreiche Regieanweisungen

Wirkungsvolle Kontraste und groteske Widersprüche

Konsequente Zweiteilung zeigt durchgehend den Widerspruch: 2 Akte, Musik (Kreutzer-Sonate- perfekte Sonate 2 Instrumente, Liebeslied von Kreisler 1910– Täuschungen, Stilimitationen Scheinplagiate aus dem 18. Jh.) bzw. Buxtehude (chaotisch, Orgel, Phantasie, expressiv, sehr persönlich,) und Bach (strenge Form der Poliphonie, Kontrapunkt, Harmonist - Fuge) Haus hat 2 getrennte Bereiche: Physiker hier - andere Patienten woanders, Personal: Einstein - Newton, wie der Möbius da hineinkommt wissen wohl nur wenige Zuschauer, Frl.Dr. – Polizist (Staat) einerseits, Physiker, Dialoge im 1. Akt (Ausnahme: Frau Rose mit Familie), 2. Akt: das Dreiergespräch schlechthin Polarisierung auch in wissenschaftlicher Hinsicht

Menschliche Regungen führen zwangsläufig zum Tod. Ermordete

Krankenschwestern sind nur Statisten. Sie treten entweder gar nicht auf oder handeln mechanisch (Puppen), haben weder Einfluss noch eine Meinung.

Wenn sie den Protagonisten auf die Schliche kommen und eingreifen wollen, werden sie liquidiert. (vgl. die Kriegs-, Nachkriegsereignissen und Kaltem Krieg betroffenen Menschen).

Die Komödie ist eine paradoxe Kriminalgeschichte mit immerhin 4 Morden!

Am Ende kann nur die Zerstörung der Welt stehen.

Möbius: S 86/87

Die Aussage:

Nicht der Inhalt sondern die Auswirkungen der Physik sind das Ziel des Dramas, denn:

*Der Inhalt der Physik geht nur die Physiker an,
die Auswirkungen alle Menschen*

Auswirkungen, die alle angehen und von allen gelöst werden müssen; den Auswirkungen kann man nicht entkommen, denn

Planmäßig vorgehende Menschen wollen ein bestimmtes Ziel erreichen. Der Zufall trifft sie dann am

Schlimmsten, wenn sie durch ihn das Gegenteil ihres Ziels erreichen: Das was sie befürchten, was sie zu vermeiden suchten

Das Paradoxe ist nicht zu vermeiden, denn im Paradoxen erscheint die Wirklichkeit

Die Auswirkungen der Physik werden vom Zufall bestimmt

Planmäßiges Verhalten sinnlos

Dem Paradoxen entkommt man nicht

Konsequenz nach Dürrenmatt:

Erkenntnis zurücknehmen, es gibt kein planmäßiges Verhalten, das nicht zum Scheitern verurteilt wäre, sogar die Strategie von Möbius sich als Salomon auszugeben scheiterte.

- *Je planmäßiger die Menschen vorgehen, desto wirksamer vermag sie der Zufall zu treffen (grotesk/verzerrt, überspannt, aber nicht absurd/sinnwidrig)*

Das Paradoxe: scheinbar widersinnige und zunächst nicht einleuchtende Behauptungen, die sich nachträglich als richtig herausstellen (Widerspruch gegen anerkannte Thesen, These und Antithese)

Absage an die Wissenschaft – Kapitulation vor der Wirklichkeit an statt sie planmäßig zu erforschen

Historischer Hintergrund: Wieso kommt Dürrenmatt auf die Idee?

Das Manhattan - Projekt

In den Jahren zwischen dem **Ersten** und **Zweiten Weltkrieg** stieg in den **Vereinigten Staaten** die wissenschaftliche Überlegenheit auf dem Gebiet der **Kernphysik**. Dazu trugen neben amerikanischen Physikern auch die Arbeiten von europäischen Immigranten (besonders Juden aus Deutschland und Ungarn, wie z. B. Albert Einstein, der zwar selbst nicht direkt mitarbeitete, aber durch sein Ansehen zur Förderung beitrug) bei. Bis zum Beginn des Zweiten Weltkrieges entwickelten sie mit dem **Zyklotron**, dem **Teilchenbeschleuniger** und den **Radioisotopen** die Grundlagen der Nuklearphysik

Die Entscheidung fiel kurz nach dem Angriff Japans auf **Pearl Harbor** am 7. Dezember 1941.

Wissenschaftliche Forschung und militärische Strategien

Während die Wissenschaftler die ständigen Herausforderungen der Erforschung immer neuer Gebiete annahmen und zu Lösungen gelangten und die Air Force immer neue Verfahren der Bombardierung entwickelte, musste die Entscheidung über den Einsatz der Bombe fallen. Die Aussichten der zivilen und militärischen Nutzung der Kernenergie nach dem Krieg wurden geprüft.

Der neue amerikanische Präsident, Harry S. Truman, schuf ein "Interim Committee", das über den Einsatz der Waffen entscheiden und ein Programm für die Zukunft entwerfen sollte. Unter anderem wurden die Alternativen einer internationalen Zusammenarbeit und eines amerikanischen Monopols abgewogen.

Die 'scientific communitiy' und ihre Einstellung zum Einsatz

der Bombe



Gen Groves und Oppenheimer, 1945

Anfang 1945 wurde es klar, dass die Alliierten den Krieg sowohl in Europa als auch im Pazifik gewinnen würden. Viele Wissenschaftler begannen die sozialen und politischen Auswirkungen der Atommacht und den Einsatz der Atombombe zum damaligen Zeitpunkt zu diskutieren. Im Juni schlug 1945 James Frank in seinem Bericht vor, Japan zu warnen und die zerstörerische Wirkung der Bombe durch einen Abwurf in unbewohntem Gebiet zu demonstrieren. Ein wissenschaftliches Gremium bestehend aus Compton, Fermi, Lawrence und Oppenheimer, das gegründet wurde, um das 'Interim Committee' zu beraten, legte einen Bericht über die unterschiedlichen Auffassungen der Wissenschaftler vor, hielt aber, nach dem sie alle Alliierten kontaktiert hatten, den direkten militärischen Einsatz der Waffe für unvermeidlich. Für die Zukunft fassten sie eine offene internationale Zusammenarbeit zur zivilen Nutzung der Atomkraft ins Auge.

Die erste selbsterhaltenden Kettenreaktion



Die westliche Tribünen des Stagg Stadions der Universität Chicago unter denen der CP1 (Chicago Pile 1) gebaut wurde.

Enrico Fermis Erfahrungen mit immer besseren Reaktoren aus natürlichem Uran und aus Graphitmoderatoren ließ ihn hoffen, eine selbsterhaltende Kettenreaktion zustande zu bringen. Am **16. November 1942** begann er unter Mithilfe von Wigner, der die theoretischen Berechnungen durchführte, mit dem Bau eines Demonstrationsreaktors (CP1) in Chicago. Die selbsterhaltende Kettenreaktion gelang am 2. Dezember 1942 und bestätigte die Möglichkeit Kernspaltung zur Energieerzeugung und als Quelle für waffenfähiges Plutonium zu verwenden.

Der CP1 wurde sofort wieder abgebaut und das Material für einen größeren Reaktor, den CP2 in einem neuen Laboratorium im Wald von Argonne bei Chicago, verwendet, wo dannach eine industrielle Anlage zur Herstellung von Plutonium entstehen sollte.



Ein Film vom Bau des CP1. Der CP1 enthielt 400t Graphit, 6t Uran und 50t Uranoxyd.

Das Laboratorium von Los Alamos

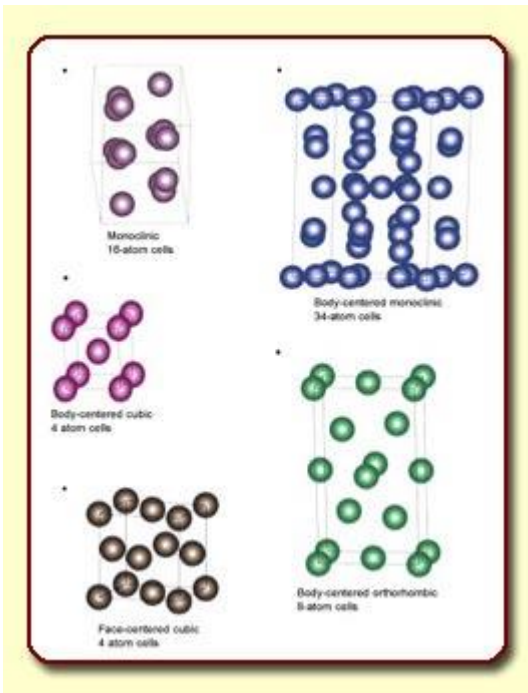
Für den endgültigen Entwurf der Bombe entschied **J. Robert Oppenheimer**, der wissenschaftliche Leiter des MED, die alle erforderlichen Wissenschaftler und Techniker in einem neuen geheimen Laboratorium zusammen zu holen, das im Winter 1942-43 in Los Alamos, in einer abgeschiedenen Hochebene in New Mexico unter der Leitung der Universität von Californien gebaut wurde. Im März 1943 ging das Laboratorium mit den grundlegenden Versuchen zum Bau einer einsatzfähigen Waffe in Betrieb. Verschiedene Apparaturen wurden aus den ganzen USA dorthin transportiert, da Zyklotron von Harvard, zwei Van de Graaff Beschleuniger aus Wisconsin, ein Cockcroft-Walton von Illinois... Die Bevölkerung von Los Alamos verdoppelte sich ungefähr alle 9 Monate und erreichte 1945 mehr als 5000 Einwohner.



Die Radioaktivitäts-Gruppe angeführt von Segrè in Los Alamos

Oppenheimer gelang es trotz der militärischen Zwänge den wissenschaftlichen Charakter der Institution aufrecht zu erhalten, und die Forschungsarbeiten für die Mitarbeiter zufriedenstellend zu gestalten. Das Leben dort war hart, aber aufregend und die Zusammenarbeit mit berühmten Kollegen war vor allem für junge Wissenschaftler eine einzigartige Chance.

Die Herstellung von Plutonium und das, was man daraus gelernt hat

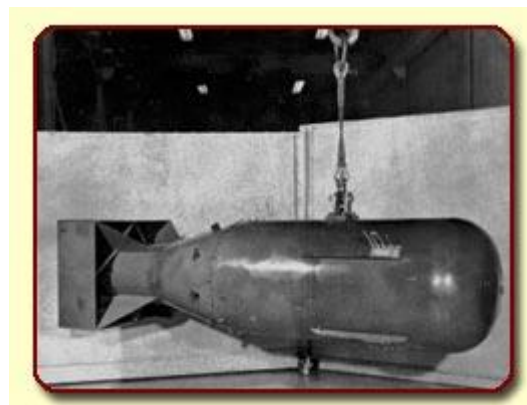


Die sechs Kristallstrukturen von Plutonium.

Der erste Schritt zur Herstellung von Plutonium besteht darin, dass man in einem Kernreaktor, der mit langsamen Neutronen arbeitet, ein Neutron durch ^{238}U absorbieren lässt. Nach den Prototypen CP1 and CP2, bauten Industriekonzerne in einem neuen geheimen Zentrum in Hanford (Washington) drei große Reaktoren und einen in Oak Ridge. Im Los Alamos gingen die Forschungen über die chemischen, physikalischen und metallurgischen Eigenschaften der neuen Metalle voran, kaum dass das erste Plutonium noch in der Größenordnung von wenigen Gramm vorlag. Ab dem Frühjahr 1945 gab es dann bereits genügend Plutonium, um drei Bomben zu bauen.

Die Uranbombe "Little Boy"

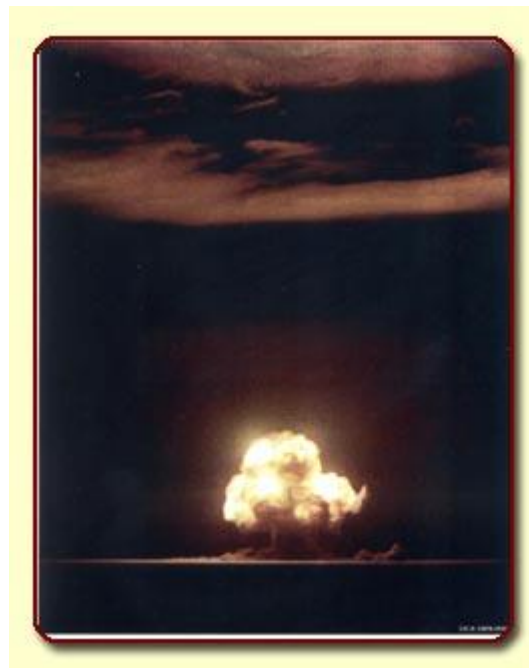
Am 3. Juli 1945 wurde in Los Alamos die ^{235}U Bombe "Little Boy" fertig gestellt. Das spaltbare Material war bei einer Menge von 60kg, die dreimal der kritischen Masse entsprach, auf 86% angereichert worden. Die Technik der Zündvorrichtung entsprach jener eines Geschützes von 453kg und einer Rohrlänge von 180 cm. Little Boy war ungefähr 3 m lang und hatte einen Durchmesser von 70cm, was klein genug war, um in den Bombenbehälter einer B-29 zu passen. Das Gesamtgewicht betrug 4000kg. Die Wissenschaftler waren sich des Funktionierens sicher, und man betrachtete Test als überflüssig.



"Little Boy", die Uranbombe

Der Trinity Test

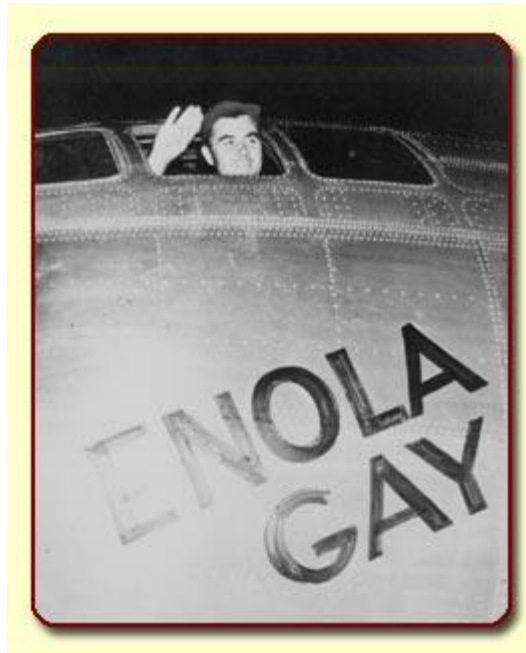
Die Implosionstechnik war komplett neu, und die vorläufigen partiellen Tests zeigten keine restlos zufriedenstellenden Ergebnisse. Da genug Plutonium vorhanden war, wurde am Morgen des **16. Juli 1945**, um 5 Uhr 29 ein abschließender Test der fertigen Bombe in Alamogordo, in der Wüste von New Mexico an einem Platz, der sich Trinity nannte, durchgeführt. Die Effizienz der Waffe betrug 17% mit einer Ausbeute von 22kt. Der Test ermöglichte auch die Überprüfung verschiedener technischer Details, aber das eigentliche Ziel war die direkte Erfahrung mit den Auswirkungen von Atombomben. Niemand der Anwesenden war auf das, was sich tatsächlich abspielte, vorbereitet: nicht auf den ersten lautlosen Blitz und den Feuerball, auf die Hitze des Lichtblitzes, die beidseitigen harten Schläge auf die Wangen, die Schockwell auf dem Wüstenboden bis hin zur Wolke aus Schutt, die sich in Form eines enormen Pilzes aufbaute.



Der beginnende Feuerball der Atomexplosion

Hiroshima und Nagasaki

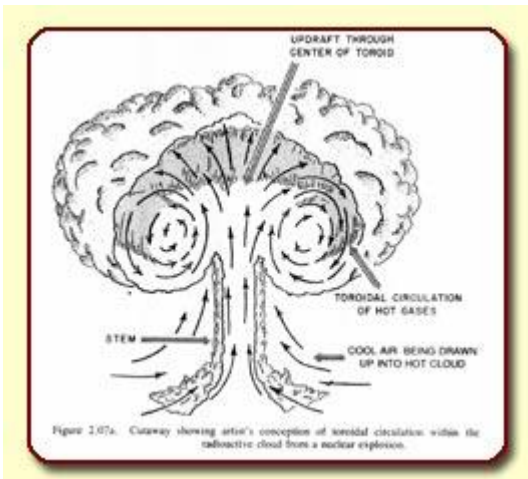
Am Morgen des 6. August 1945 um 8.15 Uhr wurde Little Boy mit einer Sprengkraft von 12 kt bis 15kt herkömmlichen Sprengstoffs 580m über auf Hiroshima gezündet. Am 9. August 1945 um 11.02 Uhr explodierte Fat Man in 503m über Nagasaki. Seine Sprengkraft lag über 22kt. Die beiden Städte wurden zerstört, mehr als 100 000 Menschen getötet und weitere 100 000 verletzt. Japan ergab sich und der zweite Weltkrieg war zu Ende. Die letzte Entscheidung über den Abwurf war sowohl eine militärisch als auch eine politische. Man wollte eine Invasion Japans, die viele eigene Opfer erfordert hätte verhindern, und außerdem den Krieg beenden, bevor die Sowjetunion im Pazifikraum expandierte.



Col. Paul W. Tibbets, Jr., in seinem "Enola Gay" B52 Bomber, vor seinem Start nach Hiroshima

Die radioaktive Wolke

Die Materie im Feuerball ist gasförmig. Wenn er sich abkühlt, kondensiert das Gas und bildet eine Wolke von festen Teilchen aus dem Schrott der Bombe und aus Tröpfchen, aus dem Wasser, das durch den aufsteigenden Feuerball aus der Luft abgesaugt worden war. Der Ball wird durch heftige innere Zirkulationströmungen ringförmig. Die kühle Luft wird in die heiße Wolke hineingezogen und reißt Schutt und Staub mit sich, wovon ein Teil radioaktiv wird. Nach einiger Zeit beginnen die Teilchen unter dem Einfluss der Schwerkraft auszufallen (radioaktiver Fallout).



Eine Darstellung der radioaktiven Wolke nach einer Atomexplosion



Die radioaktive Wolken über Nagasaki mit einer Höhe von über 18km

Der radioaktive Fallout

Der Fallout und die mit ihm verbundene Radioaktivität, die nur sehr langsam abnimmt, ist für die zurückbleibende radioaktive Verseuchung verantwortlich. Das Phänomen wirkt sich besonders bei Explosionen an der Erdoberfläche aus, wo es große Mengen an Material betrifft. Der Fall-out der 15 Mt Bombe, die am 1. März 1954 am Bikini Atoll getestet wurde, verursachte eine Verseuchung von einem Gebiet mit mehr als 18000 km². Die intensiven Testreihen während der fünfziger Jahre hatten einen Fall-out auf der ganzen Welt zur Folge.

Wenn du dem Link folgst, kannst du die **Abweichungen der jährlichen Dosis** sehen, die auf die Waffentests und auf den Unfall in Tschernobyl folgten.

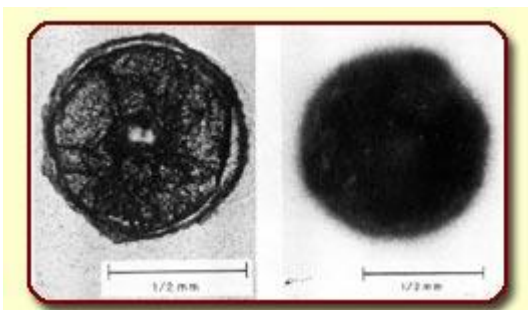
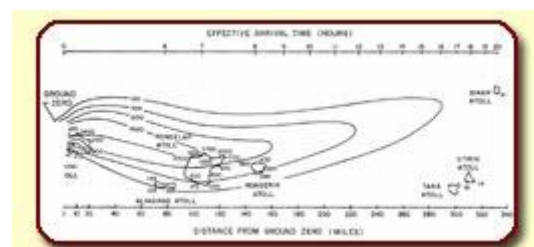
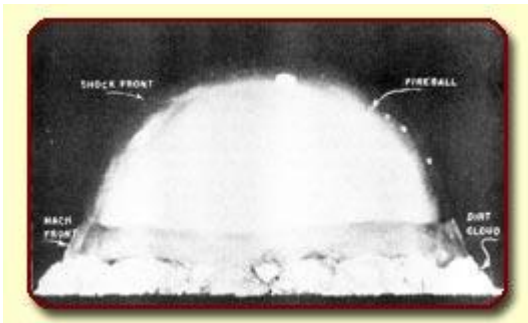


Foto und Auto-Radiographie eines dünnen Ausschnitts von einem Teilchen nach der Oberflächenexplosion in Eniwetok. Die Radioaktivität ist im ganzen Teilchen gleichmäßig verteilt.



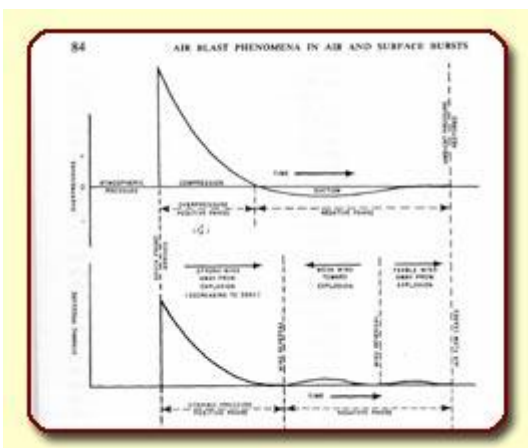
Geschätzte totale Dosis in rads 96 Stunden nach dem Test auf Bikini

Die Schockwelle



Die schwach leuchtende Front, die vor dem Feuerball zu sehen ist

Im Bruchteil einer Sekunde nach einer Atomexplosion entwickelt sich eine starke Druckwelle und bewegt sich vom Feuerball nach außen. Das erzeugt eine Schockwelle, die sich wie eine Mauer von Luft unter extrem hohem Druck sehr rasch bewegt, und die für die verheerenden Zerstörungen verantwortlich ist. Sie bewegt sich mit Überschallgeschwindigkeit. Sie wird von starke Windstößen mit Spitzngeschwindigkeiten von über 3000km/h begleitet. Die Effekte der Schockwelle und des Windes ergeben zusammen einen Strömungsdruck von bis zu 2 Millionen Pascal, der mit der Zeit und mit der Entfernung vom Zentrum der Explosion abnimmt.



Druckänderungen von statischem Überdruck und vom Strömungsdruck in Abhängigkeit von der Zeit an einem bestimmten Punkt



Der Schutt nach der Explosion von Hiroshima

Die Wärmestrahlung

In der Schockwelle werden grob geschätzt 35% bis 45% der gesamten Energie als Wärmestrahlung abgegeben, die im Feuerball in zwei Phasen entsteht: Die erste ist kürzer aber intensiver und besteht hauptsächlich aus ultravioletter Strahlung. In die zweiten Phase aus sichtbarem und infrarotem Licht besteht. Die zweite Phase führt vor allem zu Verbrennungen bei allen Personen, die sich im Unkreis von 19km befinden, und führt zu Bränden.



Der Rücken der Patientin ist in einem Muster verbrannt, das den dunklen Stellen ihres Kimonos entsprach, den sie zur Zeit der Explosion in Hiroshima getragen hatte.



Ein Abdruck auf einer Wand in Nagasaki

Anfängliche radioaktive Strahlung

Der Spaltungsprozess, der die Explosion auslöst, emittiert sofort große Mengen an Neutronen und an Gamma-Strahlen. Zusätzlich werden Gamma-, Beta- und Alpha-Strahlen im Feuerball erzeugt oder von den Spaltprodukten emittiert.

Während die Alpha- und die Beta-Strahlen innerhalb von einigen Metern absorbiert werden, breiten sich die Gamma-Strahlen und die Neutronen über größere Distanzen aus und haben auf alle lebenden Organismen schädliche Wirkung.

Obwohl die radioaktive Strahlung nur ungefähr 3% der gesamten Explosionsenergie ausmacht, hat sie wesentlichen Anteil an den Todesfällen. Tatsächlich ist der Schutz vor Neutronen- und Gamma-Strahlung schwierig. So wird z.B. bei der Explosion einer Atombombe mit einer Sprengkraft von 1Mt in einer Entfernung von 1.6 km die radioaktive Strahlung noch für einen Großteil der Menschen, die von einer Wand mit 60cm Stahlbeton geschützt sind, tödlich sein.

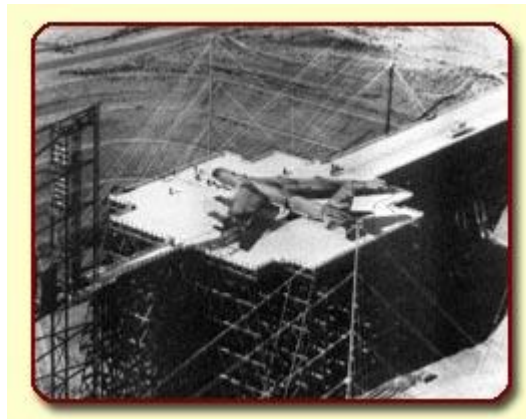
Casualty rates at Hiroshima and Nagasaki depending on distance from ground zero.
The fatality numbers include those who died from radiation effects within a few months after the explosions. (After Glasstone and Dolan, 1977, Table 11.09, p. 544.)

Distance from Epicenter	Population	% Killed	% Injured
Hiroshima			
0–1.0 km	31,200	86%	10%
1–2.5 km	144,800	27	37
2.5–5.0 km	80,300	2	25
Total	256,300	27	30
Nagasaki			
0–1.0 km	30,900	88%	6%
1–2.5 km	27,700	34	29
2.5–5.0 km	115,200	11	10
Total	173,800	22	12

Todesfälle nach der Bombardierung von Hiroshima und Nagasaki

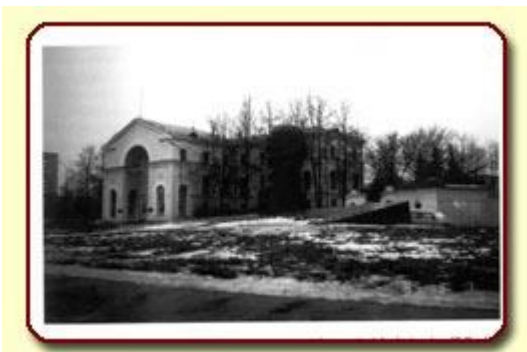
Die elektromagnetische Welle

Die radioaktive Strahlung bei Explosionen in großen Höhen ionisieren die Bestandteile der Luft. Die große Zahl der Elektronen und positiven Ionen, die dabei erzeugt werden, beeinträchtigen die Radio- und die Radarsignale wesentlich. Die freien Elektronen, die mit dem Erdmagnetfeld in Wechselwirkung treten, können auch so starke elektromagnetische Felder erzeugen, dass die elektronischen Geräte in weitem Umkreis unterhalb der Explosion beschädigt werden. Diese elektromagnetischen Wellen umfassen ein breites Spektrum von sehr niedrigen Frequenzen von nur einigen Hundert Mhz bis zum Bereich der Radiofrequenzen. Nachdem sie in kürzester Zeit ihr Maximum erreichen, fällt das Feld in einigen wenigen Zehntausendstel von Sekunden in sich zusammen. Spezielle Waffen wurden genau dafür entwickelt, das elektromagnetische Feld so stark wie möglich zu machen, um die Kommunikationsmöglichkeiten des Feindes zu zerstören.



Eine A B-52 auf einem Simulator für elektromagnetische Wellen. Es werden 10 Millionen Volt EMP erzeugt, um die Wirkung einer Atomexplosion auf das Flugzeug und seine elektronische Ausstattung zu testen.

Die sowjetische Atombombe



Stalin sah in der Bombardierung von Hiroshima eine Störung des Gleichgewichts der Macht zwischen der Sowjetunion und den USA und gab daraufhin dem sowjetischen Atomprojekt die höchste Dringlichkeitsstufe als eine Angelegenheit der nationalen Sicherheit.

Kurchatov konnte mit umfangreichen Mitteln, mit Material und mit Experten aus Deutschland rechnen, wie **Gustav Hertz**, aber vor allem auf eine entschlossene Gruppe sowjetischer Physiker, die schon vor dem Krieg außerordentliche Fortschritte gemacht hatten. Bis Mitte, hatte der Chef des

NKDV, Lavrenti Beria, die alleinige Verantwortung für alle Arbeiten an dem Atomprojekt.

Das Kurchatov Laboratorium in Moskau

The Soviet atomic bomb (cont.)



The secret laboratory Arzamas-16

The design of the first Soviet atomic bomb was based on a description of the first American bomb, which the Soviet Union obtained through the efforts of **Klaus Fuchs** and Soviet intelligence, after the experts from Arzamas-16 confirmed that the information was reliable.



The RDS-1 (Joe-1 in the West), the first Soviet fission bomb test, August 29, 1949

Gegenwärtige Kernwaffenarsenale

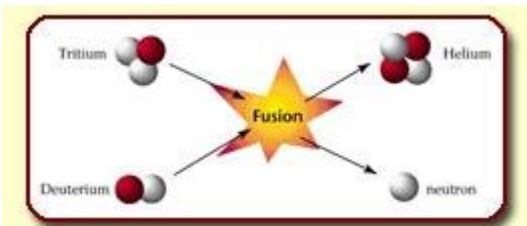


Start einer ballistischen interkontinentalen US MX Rakete

Die Anzahl der gegenwärtig bereitstehenden Kernwaffen: USA: 7500, Russland: 8200, UK: 200, Frankreich: 350, China: 400, Indien: 30 bis 40, Pakistan: 30 bis 40 und in Israel und Umgebung: 200. Die amerikanischen, chinesischen und russischen nuklearen Streitkräfte umfassen Bomber, ballistische Interkontinentalraketen in Bunkern oder auf U-Booten, . The US, Chinese and Russian nuclear forces include bombers, intercontinental ballistic missiles in silos and on submarines, Wasserbomben und Kurzstreckenflugzeuge.

Am 24. Mai 2002 unterzeichneten die USA und Russland einen Vertrag zum Abbau strategischer Offensivwaffen, welcher die Partner verpflichtet, die Anzahl der einsatzbereiten strategischen nuklearen Sprengköpfe bis zum 31. Dezember 2012 auf je 1700-2200 zu reduzieren.

Die Wasserstoffbombe

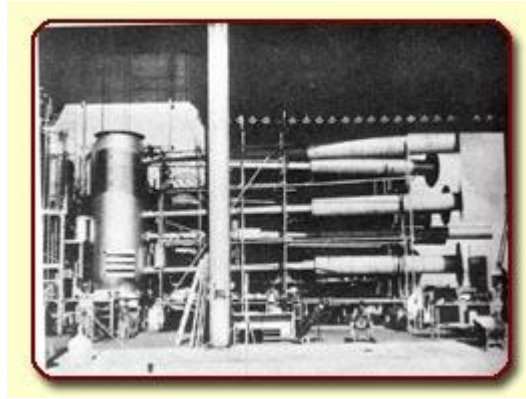


Das Schema einer Deuterium-Tritium Fusionsreaktion

Die Fusion von Deuterium und Tritium zu Helium erfordert weit höhere Energien als die Spaltung schwerer Elemente. Allerdings ist die Fusion pro Masseneinheit 40 Millionen mal effizienter als die einer TNT Explosion. Es ist keine kritische Masse nötig, und daher gibt es auch keine Grenze für die Wirkung einer Fusionsbombe.

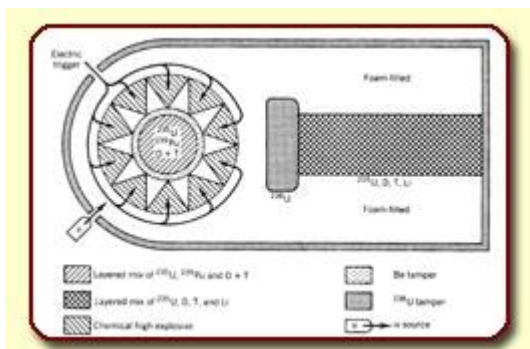
Der Bau einer Fusionsbombe erschien auf Anhieb extrem schwierig und von ihrer Entwicklung, die in Los Alamos von **Edward Teller** seit 1942 heftig unterstützt wurde, wurde zugunsten der leichter umzusetzenden Kernspaltungsbombe Abstand genommen.

Das grundsätzliche Problem ist es, gleichzeitig dieselbe hohe Dichte und Temperatur des Brennstoffs zu erzeugen, der schon bei Normalbedingungen nur gasförmig existiert. Eine zusätzliche Schwierigkeit ist durch die kurze Lebensdauer von Tritium gegeben. Eine Kernspaltungsexplosion kann nur für die nötige hohe Temperatur sorgen. Eine feste Verbindung von Deuterium, und Lithium-6 Deuteriden wird zum Ausgangsmaterial der Fusion. Das Lithium kann durch Neutronenbeschuss auch Tritium erzeugen.



Die Mike Anlage für den ersten thermonuklearen Test hat ein Gewicht von 62t, das sich aus der supraleitenden Anlage ergibt, die dazu dient, den thermonuklearen Brennstoff, das Deuterium auf einer Temperatur zu halten, bei der es flüssig ist.

Wie eine Wasserstoffbombe funktioniert



Schema einer Wasserstoffbombe, die Deuterium und Tritium zur Fusion bringt.

Die Details der Teller-Ulam Anordnung unterscheiden sich noch weiter. Im grundlegenden Schema der anlage für eine Spaltungs-Fusions-Spaltungsreaktion liegt an einem Ende eine Implosions-Spaltungsbombe mit einem Kern aus eine besonderen Kette von implosion ^{239}Pu , ^{238}U , Beryllium, natürlichem Uran, Deuterium und Tritium Fusionsverstärkern und hoch explosiven Stoffen.

Wenn die chemische Explosion ausgelöst wurde, wird Kettenreaktion der Spaltung durch einen Neutronenschauer aus einem Hochspannungsgenerator ausgelöst. Röntgenstrahlen aus der Spaltungsreaktion werden durch eine Styroporschaum auf die Fusionskomponenten am anderen Ende der Anlage gerichtet, die vor der Druckwelle durch eine ^{238}U Dämpfung geschützt ist. Der Strahlungsdruck der Welle des Schaums komprimiert und erhitzt den Fusionszylinder, der auch etwas spaltbares Material enthält. Die Neutronen aus der ersten Spaltungsreaktion erzeugen das Tritium, aus dem ^6Li als Brennstoff für die Fusionsreaktion. Hochenergetische Neutronen aus der Fusionsreaktion spalten dann den Uran-Dämpfer, der die zylindrische Öffnung der H-Bombe freigibt.

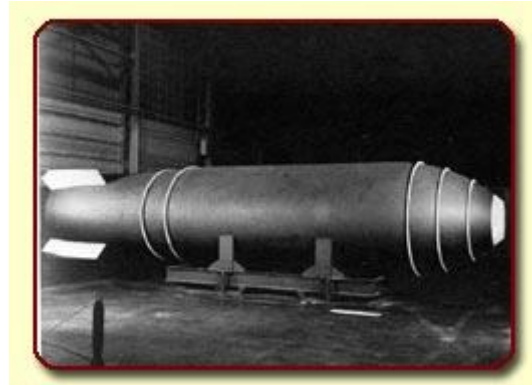
Wissenschaftler gegen Wissenschaftler: die Debatte um die H-Bombe

Die Wissenschaftler vom General Advisory Committee (GAC) unter dem Vorsitz von Oppenheimer bis hin

zur Atomenergiekommission haben das Programm zur Erzeugung der Wasserstoffbombe, das von Teller und Lawrence heftigst unterstützt wurde, zwischen 1945 und 1949 immer wieder aus technische, militärischen, politischen und ethischen Gründen zurückgewiesen. Die GAC war der Ansicht, dass die neue Generation der Kernspaltungswaffen völlig ausreichend für die Sicherheit der USA sein würde, selbst dann, wenn die Sowjetunion eine H-Bombe bauen würde.



1954 wurde im Pazifik eine Serie von Tests mit thermonuklearen Waffen mit hoher Sprengkraft durchgeführt. Die so genannte Bravo Explosion auf dem Bikini Atoll am 24. Februar 1954, mit einer Sprengkraft von 17 Mt herkömmlichen Sprengstoffs verursachte das größte Strahlenunglück in der Geschichte der USA. Einige der Marshallse Inseln wurden mit einer Schicht radioaktiven Fall-outs überzogen. Das gesamte Bikini Atoll wurde verseucht und eine große Anzahl der Beschäftigten wurden einer extrem hohen Strahlungsdosis ausgesetzt.



Die Mk-17, die erste amerikanische thermonukleare Bombe, die abgeworfen werden konnte, wurde 1956 getestet. sie wog nur 21 Tonnen hatte aber eine Wirkung im Megatonnenbereich.

Die ethischen Bedenken schlossen ein, dass man mit der Sowjetunion zu einer Vereinbarung hätte kommen können, auf den Bau von Wasserstoffbomben ganz zu verzichten. Auch Fermi und Bethe waren unter den Gegnern. Die Nachricht von der sowjetischen Spaltungsbombe und der Druck durch die Regierungsbeamten überzeugten Präsident Truman am 3. Jänner 1950 ein forciertes Programm zur Entwicklung der amerikanischen H-Bombe zu starten. 1954 wurde Oppenheimer beschuldigt, ein Sicherheitsrisiko zu sein, sein Unbedenklichkeitsattest wurde zurückgezogen, und er wurde daran gehindert, seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Beobachter auszuüben.

Die Wissenschaftler und die Regierungen nach der Bombe



Die Eröffnung des Instituts für nukleare Studien in Chicago (September 1945) Samuel K. Allison warnte davor, dass die Sicherheitsvorkehrungen der Armee die Wissenschaftler dazu zwingen könnten, ihre Studien auf "Schmetterlingsflügel" zu beschränken. An der Eröffnung nahmen auch Urey, Fermi und Teller teil.

Der militärische und politische Erfolg der Atombombe und die wirtschaftlichen Aussichten durch die Kernenergie verschafften der 'scientific community' überall Öffentlichkeit und Gehör. Das UK, Russland und Frankreich benötigten Wissenschaftler zum Ausbau ihres eigenen nuklearen Systems. In den USA erhielten die Wissenschaftler große finanzielle Unterstützung, und es gelang ihnen, das militärische Establishment bei der Kontrolle der Kernenergie auszuschalten. Die Kernenergie-Politik der USA wurde in der Atomenergie Kommission unter zivile Kontrolle gestellt.

Der zweite Weltkrieg war ein Wendepunkt in der Beziehung zwischen Wissenschaftlern und den Regierungen. Die Wissenschaftler haben nicht nur neue Waffen erfunden und gebaut, sondern sie haben ihren Einsatz gefordert und an der Entscheidung darüber mitgewirkt, wodurch sie vollwertige Partner im politischen Prozess wurden.



Präsident Truman unterzeichnet das Dokument zur Gründung der US Atomic Energy Commission, 1. August 1946

Die Föderation amerikanischer Wissenschaftler

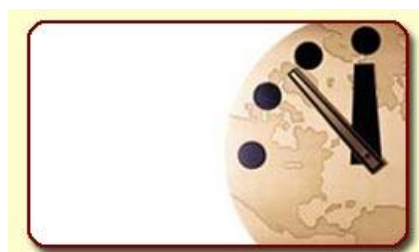
Als der 2. Weltkrieg vorbei war, sahen sich die Wissenschaftler in der Lage, ihre Meinung und ihre tiefe Sorge über die Perspektiven einer nuklearen Welt frei zum Ausdruck zu bringen. In den Laboratorien des Manhattan Projekts wurden Vereinigungen von Wissenschaftlern gegründet. Im Oktober 1945 verbanden sie sich mit der Föderation der Atomwissenschaftler, die es sich zum Ziel gesetzt hatten, die Kernenergie unter zivile Kontrolle zu bringen. Im Jänner 1946 öffnete sich die Föderation auch für andere Wissenschaftler und wurde zur Federation of American Scientists (FAS). FAS setzte sich dafür ein, eine weltweite Kontrolle der Kernenergie auf Basis einer rückhaltlosen Zusammenarbeit der Nationen zu erreichen. FAS bemüht sich bis heute, die wissenschaftliche Meinung in den USA vor allem hinsichtlich der Kernwaffen zu beeinflussen.



Die FAS web site

Das Bulletin der Atomwissenschaftler

Das Bulletin ist eines der wichtigsten Medien für die Debatte über den Rüstungswettlauf und die Rolle der Wissenschaftler dabei. Seit seinem ersten Erscheinen im Dezember 1945 hat das **Bulletin of Atomic Scientists** die Ideen und die Aktionen der Wissenschaftler in der ganzen Welt beeinflusst. Es wurde von Hyman H. Goldsmith und Eugene Rabinowitch gegründet. Das Hauptziel des Bulletin ist es, die "scientific community" und die breite Öffentlichkeit über alle Belange, die die Interaktion zwischen Wissenschaft und Gesellschaft betreffen, zu unterrichten, insbesondere hinsichtlich der Waffen und der Abrüstung. Das Bulletin ist ein Sprachrohr für die wissenschaftliche Meinung über diese entscheidenden Probleme.



Das Bulletin of the Atomic Scientists hat der Welt seit 1947, als diese Uhr das erste Mal auf der Titelseite erschien, informiert, "wieviel es geschlagen hat". Seit damals wurde diese Uhr nach vor gestellt und wieder **zurück, und zeigte so den Stand der internationalen Sicherheit an. 2002 wurde das Symbol für die nukleare Gefahr von 9 auf 7 Minuten gegn Mitternacht gedreht**, genau auf den selben Wert, mit dem die uhr ihr Debüt feierte.

Die erste Ausgabe des Bulletin of Atomic Scientists

Die Welt Föderation der Wissenschaftler

Die Weltföderation der Wissenschaftler wurde im Juli 1946 mit einer Konferenz in London unter dem Vorsitz von **Patrick Blackett** gegründet. Ihr erster Präsident war **Frédéric Joliot-Curie**.

Die Hauptziele der Föderation sind

- **die Arbeit für die Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnis zur Förderung des Friedens und des Wohlstandes für die ganze Menschheit to**
- **die Förderung der internationalen Zusammenarbeit**
- **die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse und ihrer gesellschaftlichen Auswirkungen**

WFSW setzt sich sowohl aus **wirtschaftlichen Unternehmen als auch aus einzelnen Wissenschaftlern** zusammen. Es ist die größte Organisation von Wissenschaftlern, aber ihre Wirksamkeit wurde durch den Versuch einer politischen Vereinnahmung durch kommunistische Ideologien stark geschwächt.

Atome für den Frieden

Am 8. Dezember 1953 richtete der US Präsident Dwight D. Eisenhower eine Botschaft über die Probleme der Nukleartechnologie an die Generalversammlung der Vereinten Nationen. Die Welt sah sich durch die Kernwaffen von immer zerstörerischer Kraft vor vor dem Szenario des Wettlaufs zwischen Ost und West an allen Fronten vor einer veränderten Situation. Mit dem Ziel, die internationalen Spannungen abzubauen und das Wettrüsten zu verlangsamen, schlug er vor, vertrauensbildende Abrüstungsgespräche zu beginnen und die friedliche Anwendung der Kernenergie international zu fördern. Er schlug die Gründung einer internationalen Atomenergie Agentur unter der Ägide der Vereinten Nationen vor, die mit spaltbarem Material und dem Know-how der Atommächte ausgestattet werden sollte. In der Verantwortung der Agentur sollte es liegen, in allen Ländern der Welt Methoden zur friedlichen Nutzung des spaltbaren Materials zu entwickeln.



Die Welt-Föderation der Wissenschaftler **web page**



Der amerikanische Präsident Dwight D Eisenhower schlägt im Dezember 1953 vor der Generalversammlung der Vereinten Nationen einen Plan zur internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der friedlichen Nutzung der Atomenergie vor.



Eine Erinnerungsmarke aus 1955 an das "Atome für den Frieden" - Programm

Die internationale Konferenz zur friedlichen Nutzung der Atomenergie in Genf 1955

als Folge des "Atome für den Frieden" Vorschlags beriefen die Vereinten Nationen eine international Konferenz über die friedlichen Anwendungen der Kernenergie ein. Zur Organisation der Konferenz wurde ein Komitee eingesetzt, in dem Brasilien, Kanada, Frankreich, Indien, die Sowjetunion, das UK und die USA vertreten waren. Die Konferenz fand in Genf in der Schweiz im August 1958 statt. 73 länder entsandten 1428 Delegierte.

Zum ersten Mal präsentierten und diskutierten Wissenschaftler aus Ost und West ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Kernforschung. Die Konferenz war äußerst erfolgreich und es begann hinsichtlich der Atomenergie ein Tauwetter in den internationalen Beziehungen. Auch Eisenhower besuchte die Konferenz. Im selben Jahr wurde noch eine zweite Konferenz in Genf abgehalten, an der fast doppelt so viele Delegierte teilnahmen. Dabei kündigten die USA an, ihre Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Erzeugung von Atomenergie durch Kernfusion zu veröffentlichen.

Das Einstein-Russel Manifest

Ende 1954 lud Bertrand Russell Einstein ein, auf Basis seiner Weihnachtssendung in der BBC 1954 unter dem Titel "Die Gefahr für die Menschheit" eine Erklärung zu verfassen, die von prominenten Wissenschaftlern unterstützt werden und sich an die Wissenschaftler vieler Länder verschiedener Weltanschauung wenden sollte, um sich zusammenzufinden, und die durch die Massenvernichtungswaffen entstandenen Gefahren zu prüfen und nach Wegen zu suchen, diese Gefahren abzuwenden.



Die Proklamation des Russell-Einstein Manifests in Caxton

Hall, London am 9. Juli 1955

Einstein antwortete enthusiastisch und bat Russell um einen Entwurf der Erklärung. Das Russell-Einstein Manifest wurde auch von M. Born, P.W. Bridgman, L. Infeld, J.F. Joliot-Curie, H.J. Muller, L. Pauling, C.F. Powell, J. Rotblat und H. Yukawa unterschrieben und in London bei einer großen Pressekonferenz am 9. Juli 1955 veröffentlicht. In dem Manifest wurden die Wissenschaftler der ganzen Welt dazu aufgerufen, die Gefahren eines neuerlichen Einsatzes von der Kernwaffen abzuwenden. Die Unterzeichner richteten auch einen dringenden Appell an alle Regierungen einzusehen, dass die Menschheit in eine neue Ära eingetreten war, in der Konflikte mit friedlichen Mitteln gelöst werden könnten:

"Angesichts der Tatsache, dass Kernwaffen die weitere Existenz der Menschheit zu gefährden drohen, fordern wir die Regierungen auf der ganzen Welt auf, einzusehen und öffentlich zu erklären, dass ihre Notwendigkeit nicht länger mit einem Weltkrieg begründet werden kann, und wir fordern sie weiters auf, friedliche Mittel zur Beilegung von Konflikten zu finden."

Die Pugwash Konferenz



22 Wissenschaftler nahmen an der ersten Pugwash Konferenz teil. Sie kamen aus den USA, der USSR, Japan, dem UK, Kanada, Australien, Österreich, China, Frankreich und Polen.

Als Antwort auf das Russell-Einstein Manifest gründete Rotblat 1957 die Pugwash Konferenz, die nach einem Dorf in Kanada benannt ist, wo das erste Treffen stattfand.

Die Konferenz diente als Forum für die Wissenschaftler, die sich um die Anschaffung von Atomwaffen und um die friedliche Lösung internationaler Konflikte bemühten.



Über 100 Wissenschaftler nahmen an der 14. Pugwash Konferenz im August 1983 in Venedig teil.

Joseph Rotblat wurde der erste Generalsekretär der Organisation. Unter seiner über 40 Jahre währenden Führung hat Pugwash den Kampf gegen Kernwaffen weitergeführt und war einer der engagiertesten Anwälte für Abrüstung und Entspannung. Die Konferenz stellte eine Plattform für die Auseinandersetzungen - und manchmal auch für die Übereinkommen über Maßnahmen zur Verlangsamung des Wettrüstens dar. In den früheren Jahren war Pugwash nur ein Kanal für Gespräche zwischen wohl informierten und einflussreichen Wissenschaftlern aus Ost und West. Eine weitere Rolle spielte Pugwash bei der unabhängigen Forschung zur Lösung internationaler Sicherheits- und Abrüstungsfragen.

Die Pugwash web site ist: www.pugwash.org

Die Göttinger Erklärung der 18 und die VDW



Die 18 Unterzeichner der Göttinger Erklärung

Um 1956 überlegte die Regierung der BDR die Möglichkeit eigene Atomwaffen zu entwickeln. Das rief eine Gruppe von hochkarätigen Kernphysikern auf den Plan, die 1957 eine Erklärung abgaben, dass sie an keinen Projekten teilnehmen würden, die in Verbindung mit Kernwaffen stünden. Zu ihnen gehörten: Max Born, Otto Hahn, Werner Heisenberg und Karl von Weizsäcker. Die Göttinger Erklärung fand in der deutschen scientific community ein starkes Echo und wurde von vielen Wissenschaftlern unterstützt. 1959 gründete eine Gruppe von ihnen die "Vereinigung Deutscher Wissenschaftler" (VDW).

Die International Atomic Energy Agency (IAEA)

Die Internationale Atomenergie Agentur, die 1953 von Präsident **Eisenhower** vorgeschlagen wurde, wurde schließlich 1957 gegründet. Die Hauptaufgaben der Agentur bestehen in der Überwachung der Kernenergie und der damit verbundenen Sicherheit sowie der Transfer von nuklearer Sicherheit und von Technologie. 1961 hat die IAEA ihr Laboratorium in Seibersdorf (A) eröffnet. Das Abkommen über die Nicht-Verbreitung von Kernwaffen stärkte die Agentur bei der Aufstellung von Sicherheitsparametern und dabei, zu verhindern, dass die kommerzielle Nutzung der Kernenergie auch für militärische missbraucht wird.



Das IAEA Hauptquartier in Wien (A)

Der teilweise Atom-Test-Sperrvertrag

Das wiederholte Testen von immer größeren Atomwaffen führte zu einem weltweiten Fall-out. Ende der fünfziger Jahre begannen öffentliche Demonstrationen gegen die Nukleartests, zu denen sehr oft von

einzelnen Wissenschaftlern oder ihren Organisationen aufgerufen und von diesen angeführt wurden. Im Jänner 1958 legte Linus Pauling dem UN -Generalsekretär Dag Hammarskjöld, eine Petition von 9235 Wissenschaftlern aus 49 Ländern vor, in der die Einstellung der Atomtests gefordert wurde. Ein wichtiger Beitrag dazu kam von der Plugwash Konferenz, wo die technischen Aspekte der Überwachung von unterirdischen Atomtests geklärt wurden.



Proteste gegen Atomtests. Im April 1962 postierte Linus Pauling mit anderen Demonstranten Posten vor dem Weißen Haus, um gegen die Wiederaufnahme der Atomtests in der Atmosphäre zu protestieren.

Der teilweise Atomtest-Sperrvertrag, der Atomtests in der Atmosphäre verbot, wurde am 5. August 1963 von 125 Nationen unterzeichnet. Frankreich setzte seine Tests in der Atmosphäre bis 1974 fort und China führte den letzten Test im Oktober 1980 durch. Seit damals werden die Kernwaffen unterirdisch getestet. Mehr als 1500 unterirdische Tests wurden schon durchgeführt.

Angelangt im Jahr 1963: Zurück zum Stück!

Die handelnden Personen:

Einstein und Newton zumindest dem Namen nach bekannt. Wer aber war Herr Möbius?

Gödel, Escher, Bach – ein Endloses Geflochtenes Band (kurz GEB) ist ein Buch von **Douglas R. Hofstadter**

Kurt Gödel (* 28. April 1906 in Brunn (tschechisch: *Brno*) , Österreich-Ungarn, heute Tschechien; † 14. Januar 1978 in Princeton, New Jersey) war Mathematiker und Logiker. Gödel wird von vielen als der bedeutendste Logiker des 20. Jahrhunderts angesehen. Er hat maßgebliche Beiträge im Bereich der Prädikatenlogik (Entscheidungsproblem) sowie zum klassischen und intuitionistischen Aussagenkalkül geleistet.

Nach seiner Einreise in die USA und dem Beginn seiner Arbeit am Institute for Advanced Study in Princeton begann sich Gödel immer mehr mit philosophischen Problemen zu beschäftigen und sich von der formalen Logik abzuwenden. 1941 verfasste er seine letzte Arbeit zu einem logischen Problem, die er aber erst 1958 veröffentlichte. 1942

lernte Gödel **Albert Einstein** näher kennen und begann mit ihm über physikalische Probleme wie die **Relativitätstheorie** oder über philosophische Themen zu diskutieren. Gödel gab die erste Lösung der **Allgemeinen Relativitätstheorie** mit geschlossenen zeitartigen Weltlinien an, die also zeigt, dass „Zeitreisen“ rein theoretisch in dieser Theorie möglich wären^[1].

Penrose Dreieck - Tribar genannt, ist die wahrscheinlich berühmteste unmögliche Figur. Es zeigt drei Balken, die jeweils im rechten Winkel zueinander stehen und dennoch zu einem Dreieck verbunden sind. Damit verstößt es gegen mehrere Gesetze der Euklidischen Geometrie, unter anderem gegen jenes, das besagt, dass die Winkelsumme in einem Dreieck stets 180° beträgt. Der Betrachter einer Tribar-Darstellung ist mit der Schwierigkeit konfrontiert, seine Entfernung zu den Teilen des Tribars und ihre Lage im dargestellten Raum immer wieder neu interpretieren zu müssen.

Newton und die Schwerkraft:

Auch die Grundsteine der **klassischen Mechanik**, die drei **Grundgesetze der Bewegung** und die Konzepte von **absoluter Zeit**, **absolutem Raum**, der **Fernwirkung** sowohl auf der Erde wie auch am Himmel gültig waren - Keplers drei **Gesetze Kopernikus**, **Kepler** und **Galilei** überzeugend bestätigt

Newton befasste sich über 30 Jahre lang mit den Vorstellungen von **Raum** und **Zeit**. Einerseits war sein Hauptwerk *Principia* ein Gegenentwurf zu der Naturphilosophie Descartes' mit ihren an Aristoteles orientierten Ansichten zu Raum, Zeit und Bewegung. Andererseits kam Newton durch das von ihm erstmals formulierte Relativitätsprinzip in Argumentationsnöte: es scheint den von ihm für unabweisbar gehaltenen absoluten Raum nicht zu geben.

1821 kurz nachdem der dänische **Chemiker Ørsted** das Phänomen des **Elektromagnetismus** entdeckt hatte, baute Faraday zwei Vorrichtungen um das herzustellen, was er *elektromagnetische Rotation* nannte: eine konstante kreisförmige Bewegung einer magnetischen Kraft um einen Draht. Zehn Jahre später, **1831**, begann er mit einer Serie von Experimenten, die schließlich am **29. August** zur Entdeckung der **elektromagnetischen Induktion** führten.

Maxwell: **Differentialgleichungen**.

1864 in der Royal Society veröffentlicht. Zusammen beschreiben sie das Verhalten sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern, sowie ihre Wechselwirkung mit Materie. Maxwell Wellen von schwingenden elektrischen und magnetischen Feldern voraus, die sich

durch den leeren Raum bewegen. Die **Wellentheorie** wurde später durch Experimente von **Heinrich Rudolf Hertz** bestätigt
 Die quantitative Verbindung zwischen Licht und Elektromagnetismus wird als ein großer Triumph der Physik des 19. Jahrhunderts angesehen.
 Noch immer fixes Bezugssystem :Verneinung des Lichtäthers –
 Spezielle Relativitätstheorie

Differentialgleichungen Maxwellgleichungen beschreiben das Verhalten sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern, sowie ihre Wechselwirkung mit Materie. Darüber hinaus sagte Maxwell Wellen von schwingenden elektrischen und magnetischen Feldern voraus, die sich durch den leeren Raum bewegen. Die Geschwindigkeit konnte er aus einfachen elektrischen Experimenten vorhersagen; indem er die Daten benutzte, die damals zur Verfügung standen, berechnete er die Ausbreitungsgeschwindigkeit zu 310.740.000 m/s. Maxwells Vorhersage war richtig. Die **Wellentheorie** wurde später durch Experimente von **Heinrich Rudolf Hertz** bestätigt. Die quantitative Verbindung zwischen Licht und Elektromagnetismus wird als ein großer Triumph der Physik des 19. Jahrhunderts angesehen. Darüber kein absolutes Bezugssystem, in welchem die Gleichungen gültig waren, zu benötigen. Dies hätte zur Folge gehabt, dass die Gleichungen für einen bewegten Beobachter eine andere Form gehabt hätten. Diese Schwierigkeit regte Einstein zur Formulierung der **speziellen Relativitätstheorie** an.

In der Natur leicht zu beobachten Gewitter – Blitz - Kompassnadel dreht sich
 Photoeffekt (Nobelpreis)

Der Ritt auf dem Lichtstrahl: $c = \text{Konst.}$

Licht steht still, Zeit steht still Widerspruch: Bewegung ist systemabhängig!

Das bedeutet, dass die Zeit für den bewegten Beobachter langsamer vergeht! ($v=s/t$, für $v=\text{konst}$ muss bei veränderlichem s die Zeit veränderlich ist.)

Langsamer gehende Uhren in Verkehrsflugzeugen nachgewiesen.

Einstein und die Gravitation

Selbst in einem Gravitationsfeld gibt Bezugssysteme, in denen die Spielregeln der gravitationsfreien Physik gelten, und damit die Physik der Speziellen Relativitätstheorie Anwendung auf die Masse: allgemeine Relativitätstheorie

freien Fall: geschlossenen Kabine, abgeschnitten von der Außenwelt.
 Körper, die Sie fallen lassen, fallen beschleunigt zu Boden, genau so,

wie Sie es von der Erde gewohnt sind. Können Sie daraus schließen, dass Sie sich samt Kabine tatsächlich in einem Schwerfeld wie jenem der Erde befinden, wie in der folgenden Abbildung skizziert?

Nein, denn alles könnte auch ganz anders sein. Theoretisch könnten Sie sich auch im Weltraum befinden, weit entfernt von allen größeren Massenansammlungen und deren Gravitationseinfluss. Dann nämlich, wenn Ihre Kabine sich an Bord einer Rakete befindet, die durch ihr Triebwerk gerade mit $9,81 \text{ Metern pro Sekunde-Quadrat}$ beschleunigt wird, wie hier skizziert

In solch einer Situation würde der Kabinenboden auf alle Objekte, die Sie loslassen, beschleunigt - mit genau der gleichen Beschleunigung, mit der die Gravitation Objekte hier auf der Erde zu Boden fallen lässt. Aus Ihrer Sicht als Beobachter in der Kabine sind die beiden Situationen - die Gravitation lässt Objekte beschleunigt zu Boden fallen, der Kabinenboden bewegt sich beschleunigt auf Objekte zu - nicht unterscheidbar.

Ebenso verhält es sich mit der Schwerelosigkeit. Angenommen, Sie schweben frei in der Kabine, und um Sie herum schweben auch alle anderen Körper frei in der Gegend herum - können Sie daraus schließen, dass Sie sich in so gut wie gravitationsfreier Umgebung befinden, im Weltraum, weit entfernt von allen Sternen, Planeten und sonstigen großen Massen?

Wieder ist die Antwort Nein. Es könnte schließlich sein, dass Sie und die Kabine sich sehr wohl im Gravitationsfeld einer Masse befinden, etwa in jenem der Erde, allerdings im freien Fall. Da Sie, die Kabine und alle Gegenstände in diesem Gravitationsfeld in gleicher Weise beschleunigt werden, ist in der Kabine selbst keine Wirkung der Gravitation zu spüren. Relativ zur Kabine behalten die in trauter Eintracht fallenden Gegenstände und auch Sie ihre relativen Positionen getreulich bei. Auch Sie selbst fühlen sich schwerelos. Im Alltag fühlen Sie die Schwerkraft schließlich dadurch, dass sie Ihren Körper in Richtung Fußboden, nach unten zieht. In der Kabine dagegen fallen Ihr Körper und der Kabinenboden nebeneinander her:

Am Verhalten frei fallender Körper kann man demnach nicht entscheiden, ob man sich in einem Schwerfeld befindet oder nicht. Mit keinem Experiment, anhand keines physikalischen Gesetzes, so postulierte er, kann man feststellen, ob man sich beispielsweise im gravitationsfreien Raum oder in einer fallenden Kabine im Schwerfeld befindet. *Einstein'sches Äquivalenzprinzip* genannt.

schwachen Äquivalenzprinzip, der Aussage, dass alle Körper, die sich an ein und demselben Ort im Gravitationsfeld befinden, gleich schnell fallen.

Lichtablenkung durch Gravitation (Allgemeinen Relativitätstheorie)

Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie würde ein von links kommender Lichtstrahl so nach innen gebogen, dass die Richtung, aus der das Licht den rechts befindlichen Beobachter erreicht, um einen bestimmten Winkel (den Ablenkungswinkel α , siehe die Abbildung unten) von der ursprünglichen Richtung des Lichts abweichen würde. Die Größe des Ablenkungswinkel ist proportional zum Kehrwert der kleinsten Entfernung (d) vom Lichtstrahl zum Mittelpunkt der Massekugel:

Ein Beobachter auf der Erde kann die Ablenkung von Licht eines (naturgemäß weit entfernten) Sterns durch die Sonne daran nachweisen, wie sich die Position des betreffenden Sterns am Himmel im Laufe eines Jahres verändert.

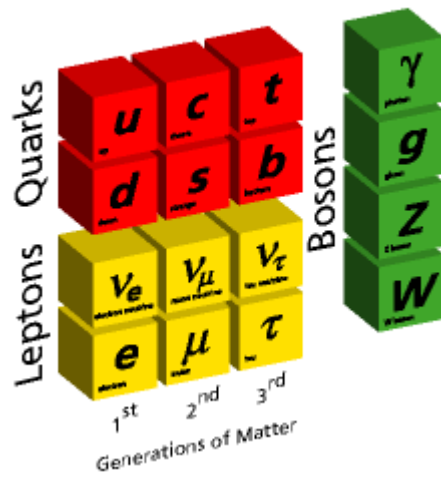
Sonnenfinsternis im Mai 1919 photographische Aufnahmen der Sonnenumgebung an und verglich die Positionen der darauf erkennbaren Sterne mit Aufnahmen des gleichen Himmelsabschnitts, die im Juli 1919 angefertigt wurden, als die Sonne weitergewandert war und sich aus der betreffenden Himmelsregion entfernt hatte. Die Auswertung zeigte, dass das Sternenlicht tatsächlich abgelenkt worden war, und zwar in einem Maße, die mit den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie

Astronomie! Gravitationslinse wirken, gehören inzwischen zu den Standardwerkzeugen der Astronomie. Sie helfen den Astronomen, die Massen kosmischer Objekte und die Struktur und Ausdehnung des Universums als Ganzes zu bestimmen. Mit ihrem Vergrößerungseffekt lassen sich die Gravitationslinsen außerdem nutzen, um die Eigenschaften weit entfernter Galaxien und Quasare zu bestimmen. Big Bang erst jetzt denkbar – „groteske“

Verzerrungen – Raumkrümmung am Fussballbeispiel:

Zurück zum Stück: Die Welformel

Elementary Particles



Forces

Electro-
magnetic

atoms
molecules
optics
electronics
telecom.

inverse
square law

Weak

beta
decay

solar
fusion

short
range

Strong

nuclei

particles

short
range

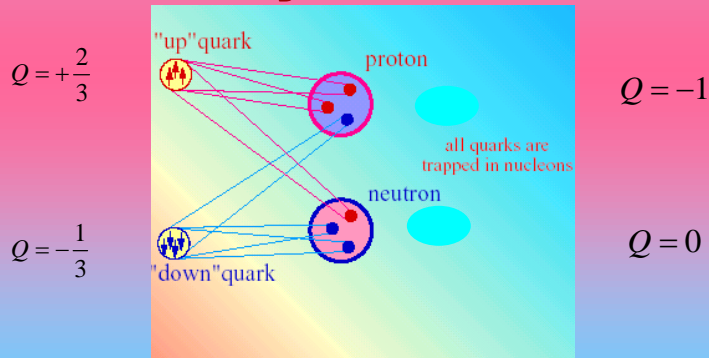
Gravity

falling
objects
planet
orbits
stars
galaxies

inverse
square law

Quarks

Fundamental building block of baryons and mesons



Austauschteilchen: Schwach: Bosonen (Quarks, Leptonen); Neutrino!

Nur SchW

Stark: Gluonen

Vereinheitlichung:

Sprung vom Hausdach

Probleme mit dem Standardmodell:

Probleme des Standardmodells

- ❖ Ursprung der Masse? (kann das Higgs-Szenario lösen?)
- ❖ Das Standardmodell enthält 18 freie Parameter
+ 7, wenn man die Neutrinomassen und deren
Kopplungen mit einbezieht.
- ❖ Mit 25 Parametern kann man vieles beschreiben.
- ❖ Warum gibt es drei Teilchengenerationen?
- ❖ Das Standardmodell sagt nichts über die Gravitation.
- ❖ Die Materiedominanz im Universum kann durch
CP-Verletzung nicht erklärt werden.
- ❖ Hierarchie-Problem: warum z.B. ist die schwache Kraft
 10^{32} mal stärker als die Gravitation?