



Dieser Betonklotz in den Red Gate Woods bei Chicago warnt davor, an dieser Stelle zu graben, weil dort noch radioaktiver Müll vom ersten Kernreaktor und von anderen Experimenten liegt.

Foto: dpa/Jim Lo Scalzo

Aufbruch in die Apokalypse

Vor 75 Jahren setzte der italienische Physiker Enrico Fermi in Chicago erstmals einen Kernreaktor in Betrieb. Der Weg war damit frei für den Bau der Atombombe. *Von Martin Koch*

Bereits im September 1933, wenige Monate nach seiner Flucht aus Hitlerdeutschland, hatte sich der ungarische Physiker Leo Szilard eine folgenreiche Frage gestellt: Was würde geschehen, wenn man einen Atomkern mit Neutronen beschösse? Erstens, so vermutete er, entstünde dabei mehr Energie, als die Neutronen mitbrächten. Und zweitens würden bei dem Beschuss weitere Neutronen frei, sodass es letztlich zu einer nuklearen Kettenreaktion käme. Im März 1934 legte Szilard seine Ideen in einer Patentschrift nieder, die er allerdings nicht veröffentlichte, sondern der britischen Admiralität als Geheimpapier überreichte. Ansonsten passierte zunächst nichts, denn noch wusste niemand, welches Element sich für die Auslösung einer nuklearen Kettenreaktion eignet.

Fünf Jahre später gab es darauf eine Antwort: Uran. Am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin war es Otto Hahn und Fritz Straßmann gelungen, Kerne dieses Elements durch Neutronenbeschuss zu spalten. Wie von Szilard vermutet, wurde dabei eine enorme Energiemenge frei, und es entstanden pro Spaltprozess zwei oder drei weitere Neutronen. Eine nukleare Kettenreaktion schien damit möglich. Könnte man sie kontrollieren, käme die Menschheit womöglich in den Besitz einer nie versiegenden Energiequelle. Unkontrolliert hingegen, auch das war einigen Physikern rasch bewusst, böte eine solche Kettenreaktion die Grundlage für die Konstruktion einer Bombe mit beispielloser Zerstörungskraft.

Das Element Uran, das für die Wissenschaft lange keine sonderliche Bedeutung hatte, wurde so über Nacht zu einem der gesuchtesten Stoffe weltweit. Doch es gab eine Schwierigkeit: Nicht das auf der Erde am häufigsten vorkommende Uranisotop U-238 eignet sich als Spaltmaterial, sondern lediglich das seltene Uranisotop U-235, das in natürlichem Uran nur zu 0,7 Prozent enthalten ist. Das Problem, die Uranisotope zu trennen, erwies sich als höchst aufwendig und war eine der größten technischen Herausforderungen der frühen angewandten Kernforschung.

Als Szilard im Sommer 1939 erfuhr, dass man in Deutschland Uran hortete, befürchtete er das Schlimmste: Arbeiteten deutsche Wissenschaftler bereits an einer Atombombe? Kurz entschlossen fuhr er zu Albert Einstein, der gerade Urlaub auf Long Island (USA) machte, und schilderte ihm die Gefahren, die von einer nuklearen Kettenreaktion ausgehen könnten. Einstein war überrascht: «Daran habe ich gar nicht gedacht.» Schließlich unterzeichnete er einen gemeinsam mit Szilard verfassten Brief an US-Präsident Franklin D. Roosevelt, der darin vor einer deutschen Atombombe gewarnt wurde.

Als Roosevelt den Brief erhielt, hatte der Zweite Weltkrieg bereits begonnen. Er stimmte daher zu, etwas zu tun, »damit die Nazis uns nicht in die Luft sprengen«. In der Folge gab er grünes Licht für das später so genannte Manhattan-Projekt zum Bau der US-Atombombe.

In den Anfangsjahren des Krieges war indes noch unklar, ob sich eine nukleare Kettenreaktion praktisch überhaupt auslösen und kontrollieren lässt. Im Herbst 1942 machte sich ein Team um den italienischen Physik-Nobelpreisträger Enrico Fermi daran, diesen, wie manche glaubten, riskanten Nachweis zu führen. Auch Szilard beteiligte sich an dem Unternehmen, bei dem es vor allem darauf ankam, die für den Uranbeschuss vorgesehenen Neutronen vorab auf die richtige Geschwindigkeit abzubremesen. Denn die Kernspaltungsrate von Uran-235 liegt bei langsamen Neutronen höher als bei schnellen. Als Moderatoren zum Abbremsen der Neutronen kamen zwei Substanzen in Betracht: Kohlenstoff bzw. Graphit sowie schweres Wasser. Fermi und seine Kollegen probierten es mit Graphit.

Am Morgen des 2. Dezember 1942 wurde das Experiment, das die Welt verändern sollte, gestartet. Ort des Geschehens war ein Squashfeld unter der stillgelegten Tribüne eines Football-Stadions in Chicago. Hier hatte Fermi den knapp acht Meter hohen Kernreaktor aufbauen lassen, der die Bezeichnung »Chicago Pile 1« (von englisch pile = Haufen) erhielt. Er bestand aus 5,4 Tonnen Uranmetall, 45 Tonnen Uranoxid sowie 360 Tonnen Graphit, die in Blöcken kugelförmlich aufeinander geschichtet worden waren. Zur Steuerung der Kernreaktionen dienten Stäbe aus Kadmium, einem Element, das sich hervorragend als Neutronenfänger eignet. Besondere Sicherheitsvorkehrungen, wie man sie heute aus der Kerntechnik kennt, gab es nicht. Im Notfall hätte ein Mitarbeiter Fermis mit einer Axt ein Seil kappen sollen. Ein daran befestigter Kadmiumstab wäre daraufhin in den Reaktor gesaut, um die Kettenreaktion zu stoppen. Auf einer Plattform oberhalb des Reaktors stand überdies das sogenannte Himmelfahrtskommando bereit – drei Männer, die angehalten waren, bei einer Havarie die ganze Anlage mit einer Kadmiumlösung zu fluten.

Kurz vor 10 Uhr gab Fermi die Anweisung, die in den Uran-Graphit-Blöcken steckenden Kadmiumstäbe millimeterweise herauszuziehen, während er selbst den Neutronenstrom überwachte. Dieser stieg zunächst nur langsam an. Da es außerdem eine technische Panne gab, legten die Forscher zur Mittagszeit eine Pause ein. Anschließend zogen sie die Stäbe weiter langsam heraus. Um 15.22 Uhr war es so weit: Das dauerhafte Surren der Messgeräte zeigte an, dass eine sich selbsthaltende nukleare Kettenre-

aktion eingesetzt hatte. Etwa eine halbe Stunde ließ Fermi den ersten Kernreaktor der Welt laufen, der eine Leistung von einem halben Watt erzeugte. Dann wurde die Kettenreaktion durch das Einführen eines Kadmiumstabs zum Stillstand gebracht. Ein Mitarbeiter Fermis, der spätere Nobelpreisträger Eugene Wigner, holte eine Flasche Chianti aus der Tasche. Mit Pappbechern stießen die Wissenschaftler auf den denkwürdigen Tag an, von dem Szilard meinte, er könnte sich dereinst als »schwarzer Tag für die Menschheit« erweisen.

Auch in Deutschland war 1939 ein Uranprojekt ins Leben gerufen worden, in dem der Physik-Nobelpreisträger Werner Heisenberg als Cheftheoretiker fungierte. In einem Bericht an das Heereswaffenamt beschrieb er bereits Ende 1939, wie sich eine nukleare Kettenreaktion mit abgebremsten Neutronen realisieren ließe. Offen blieb zunächst die Frage nach der Art des Moderators. Am Kaiser-Wilhelm-Institut für medizinische Forschung in Heidelberg prüfte der Physiker Walther Bothe die Eignung von Graphit. Doch die Proben, die man ihm geliefert hatte, waren nicht rein, sondern mit dem Neutronenabsorber Bor verunreinigt. Bothe gelangte bei seinen Untersuchungen deshalb zu dem falschen Schluss, dass Graphit nicht als Moderator taugte. Heisenberg, der als Theoretiker zwar ein Genie, aber im Technischen wenig beschlagen war, entschied sich letztlich für schweres Wasser. Eine

Produktionsanlage hierfür existierte damals nur in Norwegen: bei der Firma »Norsk Hydro«. Sie wurde im November 1943 von den Alliierten bombardiert und so schwer beschädigt, dass die Nazis die Produktion einstellten. Die Reste an schwerem Wasser sollten daraufhin nach Deutschland verschifft werden. Doch norwegische Widerstandskämpfer sprengten die hierfür benutzte Fähre in die

Besondere Sicherheitsvorkehrungen, wie man sie heute aus der Kerntechnik kennt, gab es nicht.

Luft, sodass die Fässer größtenteils auf den Meeresgrund sanken.

Für Kurt Diebner, der als Konkurrent von Heisenberg an einem eigenen Kernreaktor arbeitete, war »die Auslöschung der Schwerwasserproduktion eine der wesentlichen Ursachen dafür, dass Deutschland bis Kriegsende nicht zu einem selbsttragenden Reaktor kam«. Allerdings mangelte es den deutschen Atomforschern auch an anderen wichtigen Ressourcen, zum Beispiel an Uran. Darüber hinaus setzte die NS-Führung ab Oktober 1942 vorrangig auf die Entwicklung von Raketen. Den letzten Versuch, eine kontrollierte nukleare Kettenreaktion auszulösen, unter-

nahm Heisenberg Ende Februar 1945 im württembergischen Haigerloch. Dabei kamen 1,5 Tonnen Uran und gleichviel schweres Wasser zum Einsatz. Doch der Reaktor erreichte nicht den kritischen Punkt. Nach dem Krieg wurden die Misserfolge des deutschen Uranprojekts gelegentlich so gedeutet, als hätten Heisenberg und seine Kollegen die Arbeit daran bewusst verzögert, um Hitler keine Atombombe in die Hand zu geben. Belastbare Belege dafür gibt es jedoch keine.

In den USA dienten Kernreaktoren anfangs vor allem dazu, waffenfähiges Plutonium zu erbrüten. Denn dieses Element ist leichter spaltbar und einfacher zu gewinnen als U-235. Bereits die erste in den USA entwickelte Atombombe, die am 16. Juli 1945 in der Wüste von New Mexico getestet wurde, enthielt Plutonium. Gleiches gilt für die Bombe, die Nagasaki zerstörte. Dagegen beruhte die Hiroshima-Bombe auf Uran.

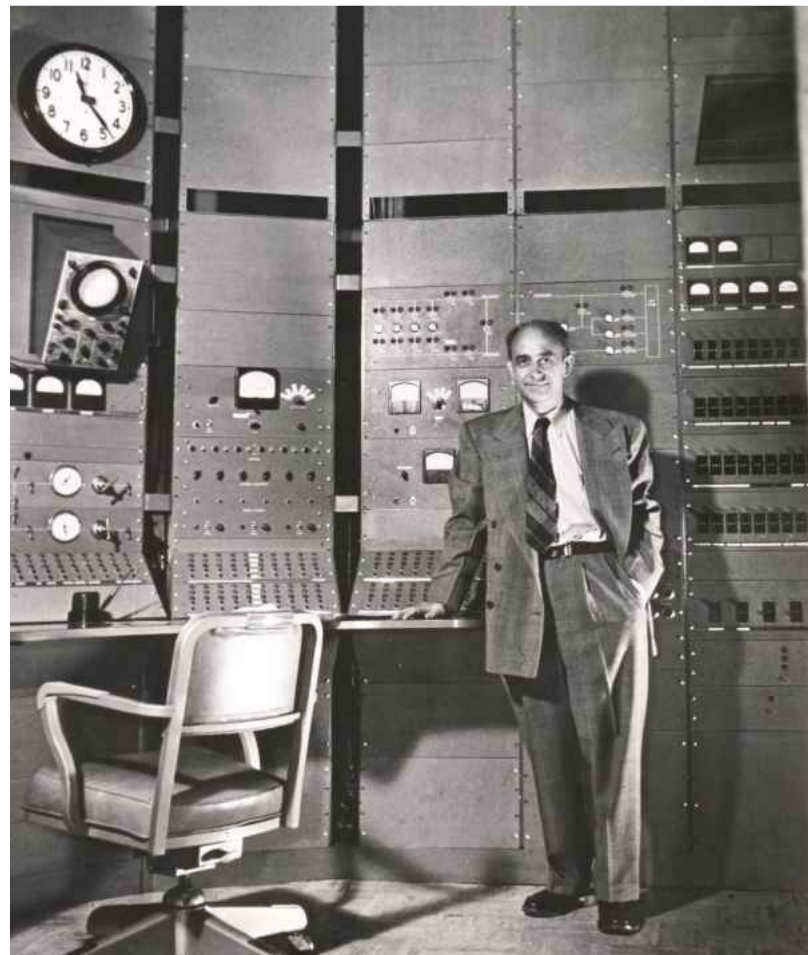
Dass sich mithilfe von Kernreaktoren auch Elektrizität gewinnen lässt, hatten Physiker zwar schon früh erkannt. Doch erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurde diese Option mit Nachdruck verfolgt. Der erste Kernreaktor, der elektrischen Strom erzeugte, war der 1951 im US-Bundesstaat Idaho errichtete Versuchsreaktor EBR-I, der mit hochangereicherterem Uran arbeitete. Das Ergebnis fiel bescheiden aus, denn der gewonnene Strom genügte gerade, um ein paar Glühlampen zum Leuchten zu bringen. Drei Jahre später, am 25. Juni 1954, nahm das erste zivile Kernkraftwerk der Welt seinen Betrieb auf: in Obninsk bei Moskau. Es lieferte fünf Megawatt ins Netz. Als Kernbrennstoff diente angereichertes Uran, als Moderator wurde Graphit, als Kühlmittel Wasser verwendet.

In der Bundesrepublik begann das atomare Energiezeitalter am 13. November 1960: Unweit von Aschaffenburg wurde das Kernkraftwerk Kahl in Betrieb genommen. Sechs Jahre später verfügte auch die DDR über ein eigenes Kernkraftwerk – in Rheinsberg. Es besaß einen Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart und lieferte eine Nettolistung von 62 Megawatt. Beide Anlagen wurden inzwischen stillgelegt. In den letzten Jahren kam es aufgrund der sich häufenden nuklearen Störfälle zum Abschalten zahlreicher weiterer Kernkraftwerke. Trotzdem sind weltweit noch immer 446 Kernreaktoren in Betrieb. Die meisten befinden sich in den USA (99) und Frankreich (58). Platz drei war lange für Japan reserviert – bis zur Katastrophe von Fukushima. Von den 54 japanischen Kernreaktoren liefern heute nur noch fünf elektrischen Strom. In Deutschland liegt die entsprechende Zahl bei acht. Oder anders formuliert: Von ehemals 36 deutschen Kernkraftwerken wurden bisher 28 vom Netz genommen.

Enrico Fermi

Enrico Fermi wurde am 28. September 1901 in Rom geboren. Er studierte Physik in Pisa und lehrte nach Forschungsaufenthalten in Deutschland und den Niederlanden ab 1926 als Professor an der Universität Rom. Hier verfasste er wichtige Arbeiten zur Quantenmechanik und entwickelte die Theorie des radioaktiven Betazerfalls. Beim Beschuss von Uran mit Neutronen glaubte er sogenannte Transurane, also Elemente mit einer höheren Ordnungszahl als 92, erzeugt zu haben. Das war, wie sich herausstellte, ein Irrtum. Gleichwohl erhielt Fermi für seine Neutronenversuche 1938 den Physik-Nobelpreis. Im selben Jahr verließ er wegen der in Italien erlassenen Rassengesetze seine Heimat und emigrierte mit seiner jüdischen Frau über Stockholm in die USA, wo er als Professor an die New Yorker Columbia University berufen wurde.

1944 ging er nach Los Alamos, um sich am Bau der amerikanischen Atombombe zu beteiligen. Nach dem Krieg lehrte Fermi an der Universität Chicago und widmete sich unter anderem der Erforschung der kosmischen Strahlung. Nach einer Europareise wurde bei ihm Magenkrebs diagnostiziert. Eine Operation brachte nicht die erhoffte Besserung. Mit 53 Jahren starb Fermi am 28. November 1954 in Chicago. Ihm zu Ehren erhielt das Transuran mit der Ordnungszahl 100 den Namen Fermium. mak



Enrico Fermi im Jahre 1938 an der Uni Chicago Foto: imago/United Archives International