

Herausstechende Merkmale der formalen Grundlagen der Quantentheorie

sind die **nichtkommutative Observablenalgebra** und das **Superpositionsprinzip** für die Zustandsfunktionen. Die Nichtkommutativität, wie wir sie bei der Heisenbergschen Vertauschungsrelation kennengelernt haben, verkörpert die quantenphysikalische Dialektik, die Quantenlogik. Bohr, Heisenberg, Pauli sprechen auch von Komplementarität. Das physikalisch qualitativ Neue gegenüber der klassischen Physik sind die **Quantenkorrelationen**.

Physikalisch beobachtbare Größen werden mathematisch durch selbstadjungierte Operatoren ausgedrückt. In einer abstrakten Observablenalgebra lassen sich durch Symmetrioperationen physikalische Strukturen implementieren. Beispielsweise können so die raumzeitlichen Symmetrieeigenschaften der speziellen Relativitätstheorie durch die erzeugenden Operatoren der Poincaré-Gruppe (Energieoperator, Impulsoperator, Drehimpulsoperator) eingeführt werden. Mittels einer sogenannten „Standarddarstellung“ lässt sich, ausgehend von der abstrakten Algebra, ein Hilbertraum und damit eine von Neumann-Algebra konstruieren.

Mit den Zustandsvektoren (oder Zustandsfunktionen, ψ -Funktion) des Hilbertraums lassen sich **Erwartungswerte der Observablen** bilden. Sie sind **Messwerte** der physikalischen Größen (Observablen), die in einem konkreten Zustand des betrachteten Quantensystems zu erwarten sind.

Die Wahrscheinlichkeitsinterpretation der ψ -Funktion ist logisch konsistent (und häufig hilfreich als Intuitionskrücke), jedoch nicht logisch zwingend. Sie gehört nicht zum Definitionsbestand des Hilbertraums. In der Wahrscheinlichkeitsinterpretation werden Erwartungswerte als Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen, Protonen, ... interpretiert.

Wird ein Teilchen durch ein Experiment räumlich lokalisiert, beispielsweise ein Photon auf einer Photoplatte, dann ist der „Aufschlagsort“ des Photons nicht prognostizierbar. Denn in diesem Fall ist der Impuls nicht bestimmt, so dass keine Bahn verfolgt werden kann. Räumlich betrachtet verhält sich ein einzelnes Photon zufällig. Dies zeigt, wie das a priori Festhalten am Raumbegriff den Zufall ins Spiel bringt.

I I. Die Atombombe als ethische, politische und wissenschaftliche Herausforderung

Nach der Entdeckung des Neutrons 1932 wandte Heisenberg die Quantenmechanik auf den Atomkern an. In drei Abhandlungen „**Über den Bau der Atomkerne**“ legte er die Grundlage für die Kernphysik. Mit weiteren Pionierleistungen trug er zur Entwicklung der Quantenfeldtheorie bei (Paarerzeugung aus dem Vakuum, S-Matrix, ...). Im Zweiten Weltkrieg beschäftigte er sich neben der **Kernreaktorentwicklung** mit der kosmischen Höhenstrahlung. Ab den 1950er Jahren galt seinen Forschungen der Elementarteilchentheorie und der nichtlinearen Spinortheorie („Weltformel“).

1936, 1937 öffentliche Angriffe der SS gegen Heisenbergs Person. Er wurde als „weißer Jude“ bezeichnet und mit dem Tode bedroht ([56],[98]).

1939 Einberufungsbescheid zur Wehrmacht. Heisenberg leitet das **Uranprojekt**.

1945 wurde im Pilot-Reaktor in Haigerloch Neutronenvermehrung erzielt. Der Reaktor blieb unterkritisch.

September 1941: Treffen mit Niels Bohr in Kopenhagen [54]. Das Gespräch mißlang, es konnte die Entwicklung der Atombombe nicht verhindern.

4. Juni 1942: Treffen mit dem für Rüstung zuständigen Reichsminister Speer. Neben Heisenberg nahmen u. a. der Industrielle und Erfinder Förster (Reutlingen) und der Luftwaffengeneral Milch teil [55]. Nach dem Vortrag und der Einschätzung Heisenbergs wurde von einem Atombombenprogramm Abstand genommen.

Auf Einladung von Paul Scherrer, Professor für Experimentalphysik an der ETH, hält Heisenberg im Dezember 1944 einen Vortrag in Zürich. Unter den Zuhörern sitzt der CIA-Agent Moe Berg. Er hat den Befehl, Heisenberg zu erschießen, falls es Anzeichen dafür geben sollte, dass Heisenberg an einer Atombombe arbeitet ([39], S. 598-600; [56], S. 120-122).

[54] Michael Frayn: „Kopenhagen. Stück in zwei Akten“. Wallstein-Verlag 2001.

[55] Persönlicher Hinweis von Monika Witte, geb. Förster, zum Protokoll des Treffens.

[56] Elisabeth Heisenberg: „Das politische Leben eines Unpolitischen“. Piper-Verlag München, 1980.

Mitte 1942 läuft in den USA das Manhattan-Projekt unter der Leitung von Robert Oppenheimer in vollem Umfang an [57]. Unter Einsatz von 2 Milliarden \$ und der Beteiligung von bis zu 150 000 Menschen führte es am

16. Juli 1945 zur ersten Test-Atombombenexplosion in Neu-Mexiko, am
06. August 1945 zum Abwurf der Uranbombe auf Hiroshima und am
09. August 1945 zum Abwurf der Plutoniumbombe auf Nagasaki.

Das Manhattan-Projekt wurde gegenüber dem US-Kongress geheimgehalten. Den Befehl zum Einsatz der Atombombe gab US-Präsident Harry S. Truman (während der Potsdam-Konferenz mit Stalin und Churchill, die vom 17. Juli - 2. August 1945 stattfand), gegen den Rat der Oberkommandierenden der US-Streitkräfte, McArthur für den Bereich Pazifik und Eisenhower für den Bereich Atlantik.

1.11.1952: Wasserstoffbombentest auf Eniwotek („Mike“). 65 Tonnen schwer. 10,4 Mio t TNT-Äquivalent.

30.10.1961: „Zar-Bomb“, Nowaja Semlja. 57 Mio t TNT-Äquivalent.

Explosion in 4.000 m Höhe; Feuerball berührt den Erdboden.

Atompilz kurzzeitig bis 64 km Höhe. Druckwelle 2,5 mal um den Globus. Seismische Welle, Stärke 5,8. EMP.

[56] Elisabeth Heisenberg: „Das politische Leben eines Unpolitischen“. Piper-Verlag München, 1980.

[57] Richard Rhodes: „The Making of the Atomic Bomb“. A Touchstone Book, published by Simon & Schuster, New York, 1988.

Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs wurden zehn deutsche Atomphysiker ein halbes Jahr lang in Farmhill in England interniert. Der englische Geheimdienst hörte ihre Gespräche ab. Die Abschriften sind inzwischen öffentlich.

12. April 1957: Göttinger Memorandum von 18 Atomphysikern gegen den Bau von Atomwaffen und der nuklearen Bewaffnung der Bundeswehr, u. a. mit Otto Hahn, Werner Heisenberg, C. F. v. Weizsäcker [58].

[58] „Aber dann ist der Urkern zerplatzt“. Interview mit Carl Friedrich von Weizsäcker, geführt durch den Publizisten Dietrich Hahn, Enkel von Otto Hahn, Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 19.12.1998, Nummer 295, Ereignisse und Gestalten, S. III.

Materialsammlung

Zur Diskussion ergänzende Literaturangaben, siehe unten.

[97] Hinweis von Moritz Köllner:

http://www.zeit.de/wissen/geschichte/2016-12/ns-zeit-adolf-hitler-atombombe-entwicklung-werner-heisenberg-kernphysik?utm_content=zeitde_redpost_zon_link_sf&utm_campaign=ref&utm_source=facebook_zonaudev_int&utm_term=facebook_zonaudev_int&utm_medium=sm&wt_zmc=sm.int.zonaudev.facebook.ref.zeitde.redpost_zon.link.sf

[98] Michael Schaaf: „Heisenberg, Hitler und die Bombe. Gespräche mit Zeitzeugen“. Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin, Diepholz, 2001.

[99] Helmut Rechenberg: „Farm-Hall-Berichte. Die abgehörten Gespräche der 1945/46 in England internierten deutschen Atomwissenschaftler.“ S. Hirzel. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1994.

[100] Heinar Kipphardt: „In der Sache J. Robert Oppenheimer“. Bange Verlag, Hollfeld / Ofr., 1982.

War der von Werner Heisenberg geleitete „Uranverein“ unfähig, eine Atombombe zu entwickeln, wie dies von einer Reihe angelsächsischer Atomwissenschaftler dargestellt wird? Im Gegensatz zu den in den USA und in England tätigen Physikern? Gab es unter den deutschen Physikern ethische Skrupel, für Hitler eine Atombombe zu bauen? War es unmöglich, unter den Kriegsbedingungen in Deutschland die Bombe zu bauen?

Samuel A. Goudsmit war wissenschaftlicher Leiter der Alsos-Gruppe, die zugleich dem Manhattan-Projekt und dem US-Geheimdienst unterstand. Sie sollte die deutschen Kernphysiker festnehmen und ihre Anlagen und Unterlagen beschlagnehmen. Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs schreibt Goudsmit, nachdem er die Protokolle der in Farm Hall internierten abgehörten deutschen Physiker ausgewertet hatte (zitiert in [101], S. 112; Quelle: [102]):

[101] Atom-Museum Haigerloch. Geschichte deutscher Atomforschung. Der erste Atommeiler. Originalberichte der Wissenschaftler. Stadtverwaltung Haigerloch, 2. Auflage 1990.

[102] Samuel A. Goudsmit: „Alsos“. Henry Schumann Verlag, New York, 1947.

„Heisenberg brauchte einen vollen Tag nach der Ankündigung von Hiroshima, um zu verstehen, wie er und seine Kollegen vollständig das Prinzip der Atombombe verfehlt hatten. Erst dann verstand er endlich, daß wir den Uranpile [Uranmeiler] lediglich zur Produktion des Materials Plutonium gebraucht hatten und aus dieser neuen Substanz die Bombe gemacht hatten. Es war nie beabsichtigt, den Pile selbst als Bombe zu benutzen.

Heisenberg rief seine Kollegen zusammen und erläuterte ihnen den Zusammenhang. Sie waren erstaunt und niedergeschlagen. Es war alles so einfach; wie konnte man das übersehen und wie könnte man solch einen Schlag gegen das deutsche wissenschaftliche Prestige überleben?

...

Dann hatten einige der jüngeren Leute die gute Idee, wie man ihr Versagen erklären könnte. Sie würden dieses Versagen zu ihrem Vorteil darstellen dadurch, daß sie leugneten, daß sie je eine Bombe versucht hätten. Nur wenige geheime Berichte hatten ja das Wort erwähnt. Sie würden herausstellen, daß sie nur an der Uranmaschine gearbeitet hätten und vergessen, daß diese direkt zu einer Bombe führen würde. Sie würden der Welt erzählen, daß die deutsche Wissenschaft nie, nie zugestimmt hätte, an einem so schrecklichen Ding wie der Bombe zu arbeiten.

Das also war nun das Thema für die deutsche Wissenschaft: ‚Deutschland arbeitete nur am Uranproblem für friedliche Zwecke; die Alliierten aber mit der Absicht für Zerstörung‘. Es war deshalb keine Überraschung, zumindest nicht für die Mitglieder der Alsos-Mission, als fast zwei Jahre nach Hiroshima Heisenberg zu einem Reporter der Associated Press sagte: ‚Deutschlands Uranpile, welchen ich versucht habe zu bauen, zur Erzeugung von Energie und nicht für Bomben ... Wie die Welt jetzt weiß, der Sprengstoff, Plutonium, wird in solch einem Uranpile produziert‘.

Heisenbergs Feststellung ist ein schönes Beispiel für den Gebrauch von Halbwahrheiten. Es ist wahr, daß die deutschen Wissenschaftler an einer Uranmaschine gearbeitet haben und nicht an der Bombe, aber es ist nur wahr, weil sie den Unterschied zwischen einer Maschine und einer Bombe nicht verstanden. Die Bombe ist es, was sie gesucht haben. Und was die ganze Welt jetzt weiß über Plutonium, wußten die deutschen Wissenschaftler nicht, bis es ihnen nach Hiroshima erzählt wurde.“

Rechenberg stellt in den von ihm herausgegebenen „Farm-Hall-Berichte“ dazu fest ([99], S. 40):

„Goudsmits Meinung beeinflusste wesentlich fast alle angelsächsischen Darstellungen der Ereignisse; sie geisterte seither auch durch die internationale und deutsche Presse. Ein genaues Studium der Farm-Hill-Berichte *FH4* und *FH5* zeigt aber, daß von einer besonderen Überheblichkeit der Gefangenen kaum die Rede sein kann, obwohl sie natürlich gewisse Hoffnungen bezüglich des Wertes ihrer eigenen Kenntnisse und Arbeiten gehegt hatten. ...“

Im Gespräch nach den 21-Uhr BBC-Nachrichten am 6. August 1945 mit der Meldung über die Hiroshima-Bombe äußerte selbst Otto Hahn in einer spontanen Reaktion in der Runde der internierten deutschen Atomphysiker: „Falls die Amerikaner eine Uranbombe haben, seid Ihr alle zweitklassig. Armer Heisenberg!“.
[99, S. 42/43]

Heisenberg hatte 1939 Goudsmit als Kollege und Freund in den USA besucht. Eine Photographie mit beiden stand auf Heisenbergs Schreibtisch in Hechingen, als der Alsos-Trupp Ende April 1945 die aus Berlin ausgelagerten Kaiser-Wilhelm-Institute für Physik und für Chemie in Hechingen und Tailfingen besetzte. Als Gefangener traf Heisenberg Goudsmit beim Verhör am 9. Mai 1945 in Heidelberg. Beim jetzigen Urteil Goudsmits über Heisenberg und über die deutschen Atomwissenschaftler spielt mit Sicherheit eine große Rolle, dass genau zu dieser Zeit Goudsmit die Nachricht erhielt, dass seine Eltern in Auschwitz vergast worden waren.

In Los Alamos war die Vorstellung einer Atombombe Hitlers die entscheidende Motivation zur Entwicklung der US-Bombe. Die amerikanischen und englischen Wissenschaftler, zusammen mit den aus Deutschland geflüchteten, bauten die Bombe. Und jetzt war sie in der Welt. Nun wollten sie sich nicht eingestehen, dass ihre Motivation keine Basis mehr hatte. Heisenberg und seine Kollegen hatten an einem Uranreaktor geforscht. Am Ende hatte Heisenberg es geschafft, dass im Zweiten Weltkrieg in Deutschland keine Atombombe entwickelt und gebaut wurde. Beim Urteil der angelsächsischen Wissenschaftler über ihre deutschen Kollegen werden jetzt mit Sicherheit psychologische Verdrängung und Projektion mit einfließen.

Die Sitzung am 4. Juni 1942 im Harnackhaus in Berlin, dem Zentrum der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, an der Heisenberg, Rüstungsminister Albert Speer, weitere Vertreter der Rüstung und der Wissenschaft teilnahmen (siehe S. 195), war für das deutsche Uranprojekt entscheidend. Hier Auszüge aus den „Erinnerungen“ Speers (Ullstein-Verlag, Berlin, 1969, zitiert in [101,] S. 88 ff.):

„Nach einigen Experimental-Vorträgen über verschiedene Forschungsgebiete berichtete Heisenberg ‚über Atomzertrümmerung und die Entwicklung der Uranmaschine und des Zyklotrons‘. Heisenberg klagte über die Vernachlässigung der Kernforschung durch das zuständige Erziehungsministerium, über den Mangel an Geldmitteln und Materialien und wies darauf hin, daß durch Einziehung wissenschaftlicher Hilfskräfte zum Wehrdienst die deutsche Wissenschaft auf einem Gebiet zurückgefallen sei, das sie noch vor einigen Jahren beherrscht habe: Auszüge aus amerikanischen Fachzeitschriften ließen vermuten, daß dort für die Kernforschung technische und finanzielle Mittel überaus reichlich zur Verfügung stünden. Amerika würde daher voraussichtlich bereits jetzt einen Vorsprung haben, der bei den umwälzenden Möglichkeiten der Kernspaltung außerordentlich folgenreich werden könne.

Nach dem Vortrag fragte ich Heisenberg, wie die Kernphysik zur Herstellung von Atombomben anzuwenden sei. Seine Reaktion war keineswegs ermutigend. Zwar erklärte er, daß die wissenschaftliche Lösung gefunden sei und dem Bau einer Bombe theoretisch nichts im Wege stünde. Die produktionstechnischen Voraussetzungen dagegen wären frühestens in zwei Jahren zu erwarten, sofern von nun an jede verlangte Unterstützung geleistet würde. Die lange Dauer wurde von Heisenberg unter anderem damit begründet, daß in Europa nur ein einziges Zyklotron mit überdies minimaler Leistung in Paris zur Verfügung stehe, das zudem wegen der Geheimhaltung nur unvollkommen genutzt werden könne. Ich schlug vor, mit den mir als Rüstungsminister zu Gebote stehenden Machtmitteln ebenso große oder größere Zyklotrone zu bauen, wie in den Vereinigten Staaten; doch hielt Heisenberg mir entgegen, daß wir aus Mangel an Erfahrung zunächst nur einen relativ kleinen Typ bauen könnten.

Immerhin sagte Generaloberst Fromm die Freistellung einiger Hundert wissenschaftlicher Mitarbeiter zu, während ich selber die Forscher aufforderte, mir die Maßnahmen, die Geldsumme und die Materialien zu nennen, die notwendig seien, um die Kernforschung zu fördern. Wenige Wochen später wurden einige Hunderttausend Mark beantragt und Stahl, Nickel, und andere kontingentierte Metalle in unbedeutenden Größenordnungen angefordert; notwendig sei auch der Bau eines Bunkers, die Aufstellung einiger Baracken sowie die Entscheidung, alle Versuchsanordnungen und das bereits im Bau befindliche erste deutsche Zyklotron in die höchste Dringlichkeit einzustufen. Eher befremdet über die

Geringfügigkeit der Forderungen in einer so entscheidend wichtigen Angelegenheit, erhöhte ich die Geldsumme auf ein bis zwei Millionen und sagte entsprechende Materialmengen zu. Mehr jedoch konnte augenscheinlich zunächst nicht verarbeitet werden, und jedenfalls gewann ich den Eindruck, daß die Atombombe für den voraussichtlichen Verlauf des Krieges nicht mehr von Bedeutung sein werde.

Ich kannte Hitlers Neigung, phantastische Projekte mit unsinnigen Forderungen vorwärtszutreiben, so daß ich ihn am 23. Juni 1942 nur sehr kurz über die Kernspaltungskonferenz und unsere Unterstützungsmaßnahmen unterrichtete. Eingehendere und optimistischere Berichte erhielt Hitler über seinen Fotografen Heinrich Hofmann, der mit dem Reichspostminister Ohnesorge befreundet war, sowie wahrscheinlich auch über Goebbels. Ohnesorge interessierte sich für die Kernspaltung und unterhielt - genau wie die SS - einen selbständigen Forschungsapparat unter der Leitung des jungen Physikers Manfred von Ardenne. ...

... In den zweitausendzweihundert erhaltenen Punkten meiner Besprechungen mit Hitler taucht nur ein einziges Mal die Kernspaltung, noch dazu in lakonischer Kürze auf. Zwar beschäftigte er sich mitunter mit deren Aussichten, doch haben ihn meine Informationen über das Gespräch mit den Physikern in der Auffassung bestärkt, die Angelegenheit nicht intensiver zu verfolgen ...“

Demgegenüber wurde in den USA und in Großbritannien fast im gleichen Zeitraum 1942 das Manhattan-Projekt zum Bau der Atombombe durch Roosevelt entschieden und gleichzeitig mit Churchill abgestimmt [57].

Zur Rolle Heisenbergs in der Uranforschung Deutschlands während des Zweiten Weltkriegs ist ein Interview mit Edward Teller am 19. April 1995 in Frankfurt am Main aufschlussreich ([98], S. 114/115, S. 144). Teller:

„ ... Ich glaube, und ich glaube es auch in einer begründeten Weise, daß Heisenberg die Bombe nicht nur opponiert hat, daß er auch wirklich sabotierte.

... [Die deutschen in Farm Hall internierten Physiker] wurden abgehört. Diese Gespräche sind jetzt publiziert, auch auf Deutsch. Ich habe alles genau gelesen. Als diesen deutschen Physikern Hiroshima mitgeteilt wurde, haben sie es nicht geglaubt. Nach einigen Stunden rief Heisenberg die Gruppe zusammen, und er sagte: ‚Ja, es war eine Atombombe, und sie hat auf diese Weise funktioniert.‘ Und das war falsch! Ich bin selbst darauf [herein-]gefallen. Heisenberg hat einen Fehler gemacht! Und ich habe den selben Fehler gemacht, einige Jahre bevor die Atombombe explodierte. Es war ein natürlicher Fehler. Wir haben daran gearbeitet und den Fehler in mehreren Wochen aufgeklärt. Heisenberg war ein stolzer Physiker. Er hätte seinen Kollegen bewußt nie etwas Falsches über die Physik gesagt. Das ist eine Absurdität.

Heisenbergs Aussage zeigt, daß er über die Atombombe niemals ernstlich nachgedacht hat. Als er mit der Tatsache konfrontiert wurde, benahm er sich wie ein natürlicher Anfänger. Ich glaube, da gibt es keine andere Erklärung. Es ist nicht nur wahr, daß Heisenberg nicht erfolgreich sein wollte, er hat auch die wesentlichen Fragen praktisch nicht angeschnitten. Und ich kann sein Benehmen nicht anders ausdrücken.

Nun möchte ich noch eines sagen. Wenn ich daran denke, dann fühle ich - glaube ich - daß es in Heisenbergs Charakter lag, das niemals zu tun. Während des Krieges war der Umstand, daß er daran wirklich nicht dran war, ein tödliches Geheimnis, das er keinem mitteilen konnte, ohne sich selber und die anderen zu gefährden. Als der Krieg aus war, dann kam: ‚Ich habe daran nicht wirklich gearbeitet.‘ Das ist wiederum nicht alles, was Heisenberg zugegeben hätte.

Ein ausgezeichnete Mann, der aus Überzeugung den Nazis einfach nicht dienen wollte oder konnte, mußte es als einzelner Mann im vollen Geheimnis tun, und das, glaube ich, hat er in Wirklichkeit gedacht.“

Der Kernphysiker Manfred Popp, 1991-2006 Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Karlsruhe, beschäftigt sich kritisch mit den wichtigsten vorgebrachten Argumenten zur Rolle Heisenbergs während seiner Mitarbeit am deutschen Uranprojekt im Zweiten Weltkrieg und kommt zum Schluss [97]:

„Eine Woche später [nach dem Vortrag in Farm Hall unmittelbar nach der Meldung über die Hiroshima-Bombe] hält Heisenberg einen eindrucksvollen Seminarvortrag über die Physik der Bombe. Er hatte erstaunliche Fortschritte gemacht und viele wesentliche Aspekte richtig erkannt. ...

Die Farm-Hall-Protokolle untermauern das Ergebnis der Analyse der Dokumente: Den Mitgliedern des Uranvereins war die Funktionsweise einer nuklearen Explosion fremd. Heisenbergs Anfängerfehler belegen, dass er sie nie durchgerechnet hatte! Sein Seminarvortrag wiederum zeigt, dass ihm eine Woche genügte, um ein Grundverständnis der Physik der Bombe zu erlangen. Das ist der Gegenbeweis sowohl zu Roses Behauptung [Paul Lawrence Rose, Professor für Jüdische Studien und Europäische Geschichte, Pennsylvania State University], er sei dazu nicht fähig gewesen, wie auch zu Powers Theorie [Thomas Powers, Journalist, Schriftsteller, Pulitzer-Preis-Träger], er habe es schon früher gewusst. Nach dieser Feststellung drängt sich allerdings der Umkehrschluss auf, den keiner der Historiker gezogen hat: Offenbar hat Heisenberg während des Kriegs nicht einmal eine Woche lang ernsthaft über die Physik der Bombe nachgedacht.“

Ein kleiner Teil der deutschen Kernphysiker wurde am Kriegsende aus der sowjetischen Besatzungszone in die Sowjetunion gebracht. Dazu gehörte Manfred v.Ardenne (seit 1928 selbständig, Privatlaboratorium in Berlin-Lichterfelde, 600 Patente, 1931 vollelektronisches Fernsehen, 1937 Rasterelektronenmikroskop). Aus einem Gespräch mit Manfred v.Ardenne am 11. Oktober 1996 in Dresden [98]:

„Bei Kriegsende waren wir ein fertig funktionierendes Institut auf einem wichtigen Gebiet. Das führte dann zu der ‚Einladung‘ (Internierung) der sowjetischen Regierung, dort in Rußland ein physikalisches Institut aufzubauen, zu managen und zu leiten. Zunächst war mir gesagt worden, ich könnte auf den alten Gebieten weitermachen (der Isotopenmethode, aber vor allem auch der Elektronenmikroskopie). Dann kam der Abwurf der Hiroshima-Bombe. Wenige Tage danach wurde ich zu einer Sitzung bei Marschall Berija gerufen, dem zweiten Mann nach Stalin. Er war eine verbrecherische Natur, aber was half es, man war ihm ausgeliefert.“

„Berija eröffnete das Gespräch mit: ‚Wir möchten, dass sie in diesem Institut die Atombombe bauen!‘ Das war mir völlig klar, [doch] wir hatten uns schon in der Hitlerzeit von diesem Thema distanziert und deswegen machte ich ihm einen Gegenvorschlag. Ich hatte nur zehn Sekunden Zeit zu überlegen. Ich sagte, daß es doch eigentlich richtiger wäre, wenn wir deutsche Spezialisten (mit mir waren ja auch meine Mitarbeiter verbunden) das Verfahren zur industriellen Herstellung des Kernspaltstoffs entwickeln. Und das sei doch eigentlich schwieriger als die Atombombe selber. Ich schlug ihm vor, daß die berühmten sowjetischen Physiker (unter anderem Kurtschatow), die mit der Sitzung dabei waren, die große Tat für ihre Heimat machten und wir nur die Zubringersachen (Spaltstoffe). Dann ging der Marschall raus, kam zurück und sagte: ‚Ihr Vorschlag ist gut. Wir machen es so.“ ([98], S. 24.)

Der erste sowjetische Atomtest erfolgte am 29. August 1949. - Bis zu diesem Zeitpunkt hatten die USA bereits 133 Atombomben produziert (siehe wikipedia.org/wiki/Curtis_E._LeMay).

v.Ardenne: „ ... Wir waren dann erfolgreich, und 1949 war die sowjetische Atombombe da. Wir arbeiteten ohne Bedenken an dieser Aufgabe, weil uns von vornherein klar war (jedenfalls mir und meinen Freunden), daß nur das atomare Gleichgewicht den nuklearen Weltfrieden erhält. ... Ich habe dann später meinen Vetter Graf Baudessin gefragt: ‚Habe ich eigentlich richtig gehandelt, daß ich den Russen half, die Atombombe zu beschleunigen?‘ Da sagte er ‚Ja, das war unbedingt richtig, denn letztlich hat das atomare Gleichgewicht den nuklearen Frieden bis zum heutigen Tag erhalten‘.“ ([98], S. 25.)

(Wolf Graf von Baudissin, Generalleutnant, war Mitbegründer des Konzepts der Inneren Führung der Bundeswehr, des Konzepts eines Staatsbürgers in Uniform. Eine Raison d'être, deutsche Streitkräfte nach dem Zweiten Weltkrieg überhaupt in Betracht zu ziehen. Von Baudissin war 1971 Gründungsdirektor des Hamburger Instituts für Friedensforschung.)

Bereits unmittelbar nach der Entdeckung der Kernspaltung durch Hahn und Straßmann (publiziert Anfang Januar 1939) sprechen Carl Friedrich von Weizsäcker und Georg Picht (der ein bedeutender Philosoph wurde) über die Bedeutung und Folgen einer Atombombe ([98], S. 120).

v. Weizsäcker: „ ... Ich hatte also kapiert - und zwar auf einer kleinen internen Seminarsitzung bei Hahn, die wahrscheinlich im Februar [1939] gewesen ist - daß Joliot in der Tat Sekundärneutronen gefunden hatte, und zwar so viele, daß eine Kettenreaktion möglich wäre. Damit war jedem Kernphysiker, der so etwas hörte, klar, daß möglicherweise Bomben entstehen würden.

Ich bin noch am selben Abend zu meinem Freund Georg Picht gegangen (Philosoph, ein Jahr jünger als ich; er war also 25 und ich war 26) und habe ihm das erzählt. Und zwar meine ich mich zu erinnern, daß ich gesagt habe: ‚Ich habe heute bei Hahn gelernt, daß man möglicherweise eine Bombe bauen kann, von der ein einziges Exemplar genügen würde, um ganz London zu zerstören. Was machen wir jetzt?‘

Dann haben wir darüber die halbe Nacht lang geredet und haben drei Konsequenzen gezogen. Erste Konsequenz: Wenn Atombomben möglich sind, wird es - so wie die Menschheit heute beschaffen ist - jemanden geben, der sie baut.

Zweitens: Wenn Atombomben gebaut sind, wird es - so wie die Menschheit heute beschaffen ist - jemanden geben, der sie militärisch verwendet.

*Drittens: Wenn das so ist, dann hat die Menschheit nur die Wahl, entweder sich selbst zugrunde zu richten oder den **Krieg als Institution abzuschaffen** [Hervorhebung E. M.]. ...“*

12. Interdisziplinäre Perspektiven

12.1 Der Pauli-Jung-Dialog [8], [103], [104]

Paulis Sicht auf Grundbegriffe C. G. Jungs (1875-1961)

Freud, „erster Entdecker und Erforscher des „Unterbewußten“, wollte es ursprünglich zurückführen auf aus dem Bewußtsein Verdrängtes, so dass dieses Unterbewußte durch Aufheben der Verdrängung wieder beseitigt werden kann.

Das „Unterbewußte“ erwies sich bald als von verwickelterer Struktur als ursprünglich angenommen wurde. Insbesondere führte *Jung* den Nachweis, daß es nur zum kleinen Teil aus Verdrängtem, zu einem wesentlichen Teil jedoch aus archaischen, kollektiven Inhalten besteht, die vorher niemals im Bewußtsein waren und eben die Autonomie und Eigengesetzlichkeit des „**Unbewußten**“ bedingen, wie es, zur älteren Terminologie der Philosophen zurückkehrend, nun wieder genannt wurde“ ([103], S. 114).

[103] Wolfgang Pauli: „Naturwissenschaftliche und erkenntnistheoretische Aspekte der Ideen vom Unbewußten“. In Wolfgang Pauli, „Physik und Erkenntnis“, Friedrich Vieweg & Sohn, Verlag, Braunschweig, 1984, S. 113-128. Zum 80. Geburtstag von C. G. Jung.

[104] Wolfgang Pauli und C. G. Jung, Ein Briefwechsel, 1932-1958, Hg. C.A. Meier, unter Mitarbeit von C. P. Enz und Markus Fierz. Springer-Verlag, Berlin, 1992.

Bei der Suche nach einer Struktur des Unbewussten spielt im Pauli-Jung-Dialog der Begriff der „**Archetypen**“ eine prägende Rolle. Pauli stellt die Entwicklung, Benutzung und Veränderung dieses Begriffs bei Jung vor und zitiert ihn ([103], S. 119-121):

1921:

Das urtümliche Bild, das ich andernorts auch als „Archetypus“ bezeichnet habe, ist immer kollektiv, das heißt es ist mindestens ganzen Völkern oder Zeiten gemeinsam ...

Das urtümliche Bild ist ein mnememischer [Gedächtnis, sowohl vererbt als auch erworben, auch „Leibesgedächtnis“] Niederschlag, ein Engramm (Semon), das durch Verdichtung unzähliger, einander ähnlicher Vorgänge entstanden ist. Das urtümliche Bild ist Vorstufe der Idee, es ist ihr Mutterboden.

1928:

Archetypen sind typische Formen des Auffassens, und überall, wo es sich um gleichmäßige und regelmäßig wiederkehrende Auffassungen handelt, handelt es sich um einen Archetypus, gleichviel ob dessen mythologischer Charakter erkannt wird oder nicht.

1940:

... Sogar Träume sind zu einem sehr hohen Grade aus kollektivem Material gemacht, ebenso wie in der Mythologie und im Folklore verschiedener Völker gewisse Motive sich in fast identischer Form wiederholen. Ich habe diese Motive Archetypen genannt und verstehe darunter Formen oder Bilder kollektiver Natur, welche ungefähr auf der ganzen Erde als Konstituenten der Mythen und gleichzeitig als autochtone, individuelle Produkte unbewußten Ursprungs vorkommen. Die archetypischen Motive stammen wahrscheinlich aus jenen Prägungen des menschlichen Geistes, die nicht nur durch Tradition und Migration, sondern auch durch Vererbung überliefert werden. Die letztere Hypothese ist unerläßlich, da sogar komplizierte archetypische Bilder ohne jede Möglichkeit direkter Tradition spontan reproduziert werden können.

...

daß eine bestimmte unbewußte Bedingung als ein vererbtes Apriori vorhanden ist. Mit einer solchen Annahme meine ich natürlich nicht eine Vererbung von Vorstellungen, welche schwer, wenn nicht unmöglich zu beweisen wäre. Ich vermute eher, daß die vererbte Eigenschaft so etwas sei wie die formale Möglichkeit, dieselben oder wenigstens ähnliche Ideen wieder hervorzubringen. Ich habe die Möglichkeit „Archetypus“ genannt. Ich verstehe unter Archetypus demnach eine strukturelle Eigenschaft oder Bedingung, welche der mit dem Gehirn irgendwie verbundenen Psyche eigentümlich ist.

1946:

*Man muß sich stets bewußt bleiben, daß das, was wir mit „Archetypus“ meinen, an sich **unanschaulich** ist, aber Wirkungen hat, welche Veranschaulichungen, nämlich die archetypischen Vorstellungen, ermöglichen.*

*nicht nur Bild, sondern zugleich auch **Dynamis**, welche letztere in der Numinosität [Erhabenheit], der faszinierenden Kraft des archetypischen Bildes sich kundgibt.*

*... aus der Empirie abgeleitete Postulate , ..., deren Inhalte, wenn überhaupt solche vorhanden sind, nicht vorgestellt werden können. **Archetypen erscheinen erst in der Beobachtung** und Erfahrung, nämlich dadurch, daß sie **Vorstellungen anordnen**, was jeweils unbewußt geschieht und darum immer erst nachträglich erkannt wird.*

1951:

Archetypus ... Gestalt des menschlichen Instinktes.

1954:

„Archetypus“ ist eine erklärende Umschreibung des platonischen εἶδος [Idee].

Als Beispiel nennt Pauli den Begriff der Archetypen bei Kepler, der sie für mathematische Ideen benutzt ([103], S. 122). Für Kepler ist die Geometrie ein Archetypus der Schönheit der Welt. Dieser Archetypus widerspiegelt sich in Proportionen und Harmonien. In der Evolution zitiert Pauli Jungs Auffassung, dass die Archetypen ein hereditärer Niederschlag der Ahnenreihe seien.

Pauli weist auf „Korrespondenzen“ zwischen wissenschaftlichen Disziplinen hin ([103], S. 125):
„komplementäre Gegensatzpaare“ und „Ganzheit“ treten sowohl in der Physik als auch in den Ideen vom Unbewußten unabhängig auf. Das „Unbewußte“ selbst hat eine gewisse Analogie zu „Feld“ in der Physik und beide werden durch ein Beobachtungsproblem wesentlich ins Unanschauliche und Paradoxe gerückt. In der Physik ist zwar nicht die Rede von sich reproduzierenden „Archetypen“, sondern von „statistischen Naturgesetzen mit primären Wahrscheinlichkeiten“, aber beide Formulierungen treffen sich in der Tendenz, die alte engere Idee von „Kausalität (Determinismus)“ zu einer allgemeineren Form von „Zusammenhängen“ in der Natur zu erweitern, worauf auch das psychophysische Problem hinweist.

Diese Betrachtungsweise läßt mich erwarten, daß sich die Ideen vom Unbewußten nicht im engen Rahmen ihrer therapeutischen Anwendungen weiterentwickeln werden, sondern daß ihr Anschluss an den allgemeinen Strom der Naturwissenschaft der Lebenserscheinungen für sie entscheidend ist.

Wilhelm Just, Psychoanalytiker der Jungschen Schule, skizziert Jungs Ansatz ([8], S. 187):

„Das **Kernstück des Beitrags Jungs zur modernen Psychologie** ist die Hypothese des **kollektiven Unbewußten**. In ihr ist eigentlich schon alles weitere enthalten:

das objektiv Psychische,
die psychoide Natur der Archetypen,
Synchronizität [Gleichzeitigkeit nicht kausaler Ereignisse],
Projektion,
Individuationsprozess,
und damit auch die Verbindung zum Religiösen und Mythologischen.

Die Hypothese des kollektiven Unbewußten markiert einen ähnlich revolutionären Wandel des Weltbildes, wie es die Wende vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltverständnis war oder der Übergang von der klassischen Physik zur Quantenphysik, oder der Gödelsche Satz in der Mathematik.

Um den zeitlichen Rahmen, in dem sich die Wandlung vollzog, in Erinnerung zu rufen:

Hypothese des kollektiven Unbewußten, 1912 / Typologie, 1920,
abschließende Formulierung der Quantenmechanik, 1926,
Gödelscher Satz, 1931.“

Bei der *Typologie* geht Jung von vier psychischen Grundfunktionen aus ([8], S. 186):

Denken / Fühlen und Intuition / Empfinden.

Eine die Physik übergreifende Wissenschaft

Aus Brief von Pauli an Jung vom 27. Mai 1953 ([104], S 119):

... Allerdings meinen die Träume nicht einfach die heutige gewöhnliche Physik, sondern sie bauen mir synthetisch eine Art correspondentia auf zwischen psychologischen und physikalischen Sachverhalten. Dabei werden die physikalischen und mathematischen Begriffe symbolisch ausgedehnt bis in das Unbewusste im Allgemeinen und in die Individualpsyche im Besonderen.

Aus Brief von Pauli an Jung vom 27. Februar 1953 ([104], S. 93): Analogien zwischen Physik und Psychologie:

Quantenphysik

einander ausschließende komplementäre Versuchsanordnungen zur Messung des Ortes einerseits, der Bewegungsgröße andererseits.

Unmöglichkeit, die Versuchsanordnung zu unterteilen, ohne das Phänomen wesentlich zu ändern.

Psychologie des Unbewussten

naturwissenschaftliches Denken - intuitives Fühlen.

Ganzheitlichkeit des aus Bewusstsein und Unbewusstsein bestehenden Menschen.

Quantenphysik

Unberechenbarer Eingriff bei jeder Beobachtung.

Das Resultat der Beobachtung ist eine irrationale Aktualität des Einmaligen.

Die neue Theorie ist die objektive, rationale und eben deshalb symbolische Erfassung der Möglichkeiten des Naturgeschehens, ein genügend weiter Rahmen, um auch die irrationale Aktualität des Einmaligen aufzunehmen.

Psychologie des Unbewussten

Veränderung des Bewusstseins und des Unbewussten bei jeder Bewusstwerdung, speziell beim Vorgang der Coniunctio [Vereinigung von Gegensätzlichem, das wechselseitig komplementären Bezug hat.].

Das Resultat der Coniunctio ist das infans solaris [105], die Individuation.

Die objektive, rationale und eben deshalb symbolische Erfassung der Psychologie des Individuationsprozesses, weit genug, um die irrationale Aktualität des einmaligen Menschen aufzunehmen.

[105] Kind der Sonne. Ein symbolischer Ausdruck aus der mehr als 4000 Jahre alten ägyptischen Tradition.

Quantenphysik

Zu den Hilfsmitteln der Theorie gehört ein abstraktes mathematisches Zeichen Ψ , komplexe Zahlen (Funktionen) in Abhängigkeit vom Raum (oder von noch mehr Veränderlichen) und von der Zeit.

Die zur Anwendung kommenden Naturgesetze sind statistische Wahrscheinlichkeitsgesetze. Der Wahrscheinlichkeitsbegriff enthält wesentlich das Motiv „das Eine und die Vielen“.

Der Dialog zwischen dem Quantenphysik-Pionier Wolfgang Pauli und dem Begründer eines innovativen Teils der Psychoanalyse, Carl Gustav Jung war stark geprägt durch das Messprozess-Problem der Kopenhagener Interpretation der Quantentheorie. Im Lichte der neuen konstruktivistischen Interpretation der Quantentheorie wird die interdisziplinäre Stringenz zwischen beiden Disziplinen noch deutlicher.

Psychologie des Unbewussten

Das Hilfsmittel der Theorie ist der Begriff des Unbewussten. Man soll nicht vergessen, dass das „Unbewusste“ unser symbolisches Zeichen ist für die Möglichkeiten des Geschehens im Bewusstsein, gar nicht so unähnlich jenem Ψ .

Es wird eine Verallgemeinerung des Naturgesetzes vorgenommen durch die Idee einer sich selbst reproduzierenden „Gestalt“ des psychischen oder psychophysischen Geschehens, auch „Archetypus“ genannt. Die hierdurch zu Stande kommende Struktur des Geschehens kann als „Automorphismus“ bezeichnet werden. Sie ist psychologisch gesprochen „hinter“ dem Zeitbegriff.