



Martin Quack

Wie kommt das Neue in die Naturwissenschaft?

In: Zuviel Mainstream oder: Wie kommt das Neue in die Wissenschaft? : Streitgespräche in den Wissenschaftlichen Sitzungen der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften am 5. Juni 2015 und am 27. November 2015. – Berlin: 2016, S. 29-58 (Debatte ; 15)

Persistent Identifier: [urn:nbn:de:kobv:b4-opus4-25572](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:b4-opus4-25572)

Die vorliegende Datei wird Ihnen von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Germany (cc by-nc-sa 3.0) Licence zur Verfügung gestellt.



Martin Quack

Wie kommt das Neue in die Naturwissenschaft?

Ich wurde gebeten, in meinem Beitrag zu unserer heutigen Debatte etwas aus der Sicht eines Naturwissenschaftlers zu sagen, der im Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie forscht, also:

Wie kommt das Neue in die Naturwissenschaft?

Hierzu will ich über einige Beobachtungen aus meiner Erfahrung berichten, mehr episodisch als systematisch. Mein Ansatz ist also: keine Doktrin, keine Wissenschaftstheorie oder -philosophie, sondern „Daten“, Tatsachen, Beispiele aus der Innensicht eines schon recht lange aktiv tätigen Naturwissenschaftlers. Wir Naturwissenschaftler sind ja quasi die Versuchstiere der Wissenschaftsphilosophen wie auch der Wissenschaftspolitiker und werden dabei durch diverse Doktrinen allerlei Zwängen unterworfen. Im Gegensatz zu anderen Versuchstieren können wir uns aber hierzu äußern und das will ich hier tun. Dabei stütze ich mich auch besonders auf frühere Vorträge, die in unterschiedlicher Weise verfügbar sind [1][2][3, 4].

Ich werde beginnen mit der Rolle von Entdeckungen beim Streben nach naturwissenschaftlicher Wahrheit. Dabei werde ich erläutern, dass es hier viele Wege gibt, nicht nur einen hervorgehobenen „Königsweg“. Dann will ich etwas zur Rolle naturwissenschaftlicher Revolutionen etwa im Sinne von Kuhn [5] sagen, ob es diese überhaupt gibt und etwas zum von mir bevorzugten Begriff des alten „Orthodigmas“ in der Naturwissenschaft im Gegensatz zum „neuen Paradigma“ („*novel paradigm*“ nach Kuhn), auch zur Frage der relativen Bedeutung der Eigenschaften „wahr“ und „neu“ in der Naturwissenschaft.

Als ein hervorgehobenes Beispiel werde ich dann über eine Entdeckungsgeschichte berichten, wo Neues bei der Wiederholung von Altem gefunden wurde, wobei ich mit der Frage beginnen werde: „Welcher Nobelpreis in Physik wurde für eine falsche Entdeckung verliehen?“ Schließlich werde ich kurz etwas zur Förderung durch inhaltliche Evaluation statt durch bürokratische Indices sagen, die in der Tat nur den Herdentrieb („*mainstream*“) fördern.

Hierzu habe ich mich in der Debatte vom November 2014 schon ausführlich geäußert [55]. Ganz zum Schluss will ich eine Anekdote zur Beziehung von Naturwissenschaftlern und Bürokraten erzählen und schließlich zu der uns auch gestellten Frage: Was kann die Akademie tun? Eine Antwort ist: Förderung durch Einsatz für Freiheit und mehr.

Lassen Sie mich zum ersten Punkt, den **Entdeckungen bei der Suche oder dem Streben nach naturwissenschaftlicher Wahrheit** mit einem Zitat von Paul Feyerabend beginnen, das ich hier leicht gekürzt wiedergebe [6]; es geht um „Kreativität“, die ja auch eine Quelle des Neuen in der Wissenschaft ist:

„Ich beginne meine Untersuchung mit einer kurzen Darlegung der Gründe, die **Einstein** gegeben hat, um zu zeigen, dass wissenschaftliche Theorien und Begriffe ‚Fiktionen‘ und ‚freie Schöpfungen des menschlichen Geistes‘ sind, wie er sich oft ausdrückte. ...

... *Logisch gesehen* sind die Begriffe mit der Gesamtheit der ausgewählten Sinneseindrücke nicht identisch, sie gehen weit über sie hinaus, sind also *freie Schöpfungen*. Als nächstes stellen wir Theorien über das Verhalten materieller Gegenstände auf. Diese Theorien sind schöpferisch in noch höherem Maße, ...

Theorien sind also nicht direkte Abbilder einer wirklichen Welt, sie sind *Fiktionen* und nur ein *tiefer Glauben*, eine *starke Religiosität* kann sie für brauchbare Repräsentanten der wirklichen Welt halten: die Kreativität des Wissenschaftlers ist eng verbunden mit seiner religiösen Haltung. Soweit eine kurze Zusammenfassung von **Ideen, die Einstein im Laufe seines Lebens oft vorgetragen hat. Auch Max Planck hat sehr ähnliche Ideen publiziert. Was ist von diesem Argument für die Kreativität in den Wissenschaften zu halten? Meine Antwort ist: nicht sehr viel. ...“**

Das ist die Meinung von Paul Feyerabend, die er auch ausführlich begründet. Der Leser wird sich dann sagen, aha, interessant, Paul Feyerabend versteht das besser als Einstein und Planck. Ich will hier gar nicht inhaltlich dazu Stellung nehmen, ob etwa eher Einstein und Planck oder eher Paul Feyerabend „Recht haben“. Vielmehr nehme ich das Zitat als beispielhaften Ausgangspunkt dafür, dass der Diskurs über Struktur und Funktion der Naturwissenschaften heute von Personen dominiert wird, die keine Naturwissenschaften betreiben. Als sehr einflussreiche Beispiele aus der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhun-

derts kann ich hier Karl Popper [7], Thomas Kuhn [5] und Paul Feyerabend [8] zitieren und das wird fortgesetzt in neuester Zeit etwa mit dem Buch von Paul Hoyningen-Huene [9]. Es gibt noch viel mehr Bücher zum Thema und meine Beispiele können als noch relativ „naturwissenschaftsnah“ bezeichnet werden. Es gibt auch extrem soziologisch-konventionalistische Positionen, die von anderen kritisch beleuchtet werden [10], und ich entschuldige mich hier ausdrücklich bei allen von mir nicht zitierten bedeutenden Autoren. Man kann in vielen Büchern ein ähnliches Muster erkennen: Es wird eine These aufgestellt, daraus eine Doktrin abgeleitet und das Ganze dann in einem Buch niedergelegt. Die Gefahr eines solchen Ansatzes besteht in einer gewissen Einseitigkeit, auch wenn das jetzt etwas verkürzt und überspitzt formuliert sein mag. Eine weitere Gefahr in einer solchen theoriegeleiteten „Außenansicht“ durch die betreffenden Autoren ist die große Entfernung von den tatsächlichen tagtäglichen Erfahrungen der Naturwissenschaftler, die ja gewissermaßen die „Daten“ einer Analyse der Naturwissenschaften bilden. Gerne zitiere ich hierzu Sir Arthur Conan Doyle: „It is a capital mistake to theorize before one has data. Insensibly one twists facts to suit theories instead of theories to suit facts.“ Er ermahnt uns, die Dinge zunächst einmal so zu sehen, wie sie sind, und nicht so zu drehen, wie sie sein sollen oder wie man sie gerne hätte. Mein Ziel hier ist, den Diskurs etwas zu beleben, mit meinen „eigenen“ Daten, den persönlichen Erfahrungen eines Naturwissenschaftlers, der aber auch seine Kolleginnen und Kollegen beobachtet. Es würde mich nicht wundern, wenn diese Belebung des Diskurses auch einigen Widerspruch erregt, da ich mich um eine deutliche Sprache bemühen werde. Ich will hier aber gar keine zusätzliche neue Doktrin aufstellen, sondern eher eine Art Reisebericht, die Beobachtungen eines Reisenden über seine Abenteuer, und einige Schlussfolgerungen daraus ziehen.

Wie kommt man zum Neuen in den Naturwissenschaften?

Die Antwort ist: Durch Entdeckungen, und als Kind hat mich „Das große Buch der Entdeckungen“ [11] sehr beeindruckt, eine eben eher kindgerechte Beschreibung geographischer Entdeckungen, die aber viele Elemente von Entdeckungen allgemein beschreibt:

Das Streben und die Suche nach Erkenntnis und Wahrheit ist die treibende Kraft für Neues in der Naturwissenschaft. Langfristige Wahrheit ist hier wichtiger als kurzfristige Neuigkeit und Sensation. Es gibt viele Wege im Streben

nach Wahrheit und Erkenntnis, aber wohl kein einfaches, allgemeingültiges Patentrezept. Das bedeutet allerdings nicht, dass „alles geht“ („anything goes“ nach Paul Feyerabend [8]). Zunächst einmal müssen wir hier zwei sehr komplexe Begriffe und ihre Beziehung besprechen: Naturwissenschaft und Wahrheit. Hierzu zitiere ich gerne Ludwig Wittgenstein, wo man im „Tractatus logico-philosophicus“ (1918) wörtlich findet [12]

- 4.1. Der Satz stellt das Bestehen und Nichtbestehen der Sachverhalte dar.
- 4.2. Die Gesamtheit der wahren Sätze ist die gesamte Naturwissenschaft.

In den Ohren eines Naturwissenschaftlers klingt das nicht so schlecht, allerdings würde ich ergänzen, dass auch der Irrtum, ein unwahrer Satz, Teil der Naturwissenschaft ist, aber man versteht schon, wie Wittgenstein seine Aussage meint. Wenn wir die tägliche Praxis der Naturwissenschaft beobachten, dann stellt man zunächst eine stillschweigend vorausgesetzte Prämisse fest: Es gibt eine Realität (die Natur, die Welt, ihren „Sinn“ usw., unabhängig von unserer individuellen Erfahrung, die reale Natur ist nicht einfach eine Illusion). Die Naturwissenschaft beschreibt diese Realität „wahrheitsgetreu“ (das ist der „Sinn“ des Lebens der Naturwissenschaft in der Welt, in gewisser Weise der Sinn der Welt). Im Grunde ist das eine Art Glaubenssatz, der effektiv so in der täglichen Arbeit in der Naturwissenschaft quasi-religiös praktiziert wird, nach meiner Erfahrung jedenfalls durch die überwiegende Mehrheit der ernsthaften Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen: Die Arbeitshypothese.

Das ist aber natürlich überhaupt nicht selbstverständlich; es gibt ganz andere Ansichten hierzu, wobei ich als Beispiel eine sehr berühmte Rede von **Max Weber** zitiere (1919) [13]: „**Wer – außer einigen großen Kindern, wie sie sich gerade in den Naturwissenschaften finden – glaubt heute noch, dass Erkenntnisse der Astronomie, oder der Biologie oder der Physik oder Chemie uns etwas über den Sinn der Welt, ja auch nur darüber lehren könnten, auf welchem Weg man einem solchen ‚Sinn‘ – wenn es ihn gibt – auf die Spur kommen könnte**“, eine vernichtende Äußerung über die kindliche Naivität in den Naturwissenschaften, die er allerdings als Tatsache ebenso vorfindet, wie ich auch, nur vielleicht anders wertet. Effektiv findet man in der historischen Nachfolge von Max Weber heute sehr viel weitergehende und auch weit verbreitete „soziologo-philosophische“ Schulen, die naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Wahrheiten schlicht als konventionelle Abmachungen zwi-

schen Menschen im „Klub der Naturwissenschaft“ verstehen. Die Menschen wären dann die Richter über das, was wahr und unwahr ist. Ohne jede all-gemeingültige Wertung einer solchen Position, halte ich hier fest, dass dies nicht der tatsächlich gelebten Praxis in den Naturwissenschaften entspricht. Diese Art von Position würde in den Naturwissenschaften eher als „Un-Sinn“ der Welt betrachtet.

Natürlich führt uns die Aussage von Wittgenstein wie auch die tägliche Praxis der Naturwissenschaft zu der sehr komplexen Frage „Was ist Wahrheit?“. Zunächst einmal kann man feststellen, dass Erkenntnistreben und Wahrhaftigkeit die Primärtugenden der Naturwissenschaft sind (die oft auch als „Neugierde“ oder „curiosity“ bezeichnet werden). Man kann hierzu ein berühmtes Zitat von Albert Einstein erwähnen: „Das Streben nach Wahrheit und Erkenntnis gehört zum Schönsten, dessen der Mensch fähig ist“, wobei ich hier den meist unterschlagenen zweiten Teil des Zitats nicht verschweigen will: „...wenn auch der Stolz auf dieses Streben meist im Munde derjenigen ist, die am wenigsten von solchem Streben erfüllt sind“. Man könnte eine solche „Primärtugend“ als quasi-moralische, irrationale Qualität einstufen und sie mit den vier oder sieben klassischen Kardinaltugenden, den *virtutes cardinales* der griechisch-römischen und christlich-jüdischen Tradition vergleichen: *Weisheit (oder Klugheit), Gerechtigkeit, Mut (oder Tapferkeit), Besonnenheit (oder Mäßigung), ergänzt durch Glaube, Liebe, Hoffnung*. Erkenntnistreben und Wahrhaftigkeit kommen bei diesen sieben Tugenden nicht vor und Neugierde (oder Neu-Gierigkeit) ist in vielen Kulturen eine eher negativ belegte Untugend. Allerdings findet man Erkenntnis und Wahrhaftigkeit in den fünf chinesischen Tugenden nach Konfuzius: *Menschlichkeit, Gerechtigkeit, Sitte, Wissen, Wahrhaftigkeit*.

Die Frage nach der Wahrheit spielt natürlich auch in der christlichen Tradition eine große Rolle, wobei hier dann die göttliche Wahrheit gemeint ist. Mit dieser konfrontiert, stellt Pilatus seine berühmte skeptische Frage: „Was ist Wahrheit?“ (τί ἐστιν ἀλήθεια [14]). Über diese Frage sind unzählige, teils recht dicke philosophische Bücher geschrieben worden, von denen ich hier nur eines beispielhaft zitieren will [15], ergänzt etwa um eine verbreitete Enzyklopädie [16], ohne auch nur den Versuch einer inhaltlichen Auseinandersetzung zu wagen. Die Vieldeutigkeit des Wahrheitsbegriffes ist in der Menschheitsgeschichte vielfach diskutiert worden, es ist Teil der menschlichen Kultur jenseits von Wissenschaft und Philosophie, und als zwei besonders bemerkenswerte Beispiele aus neuerer Zeit will ich hier den Film „Rashomon“ von Akira Kurosawa (1950)

und das Schauspiel „Copenhagen“ von Michael Frayn [17] erwähnen, auch wiederum ohne auf die vielfältigen Deutungen dieser Werke in Bezug zur „Wahrheit“ einzugehen. Auch hier gibt es extreme Positionen im Sinne einer Deutung der Wahrheit als pure Illusion, Trugbild oder einfach Konvention.

Die Praxis des Naturwissenschaftlers ist sehr viel näher an dem naiven Wahrheitsbegriff aus dem täglichen Leben. In Anerkennung der Schwierigkeit einer genauen Definition der Wahrheit oder aller Schwierigkeiten, herauszufinden, was ganz genau das „Wahre“ ist, wissen wir intuitiv, dass es so etwas Ähnliches wie die Wahrheit gibt. Wenn ein Zeuge ehrlich und mit klarem Verstand vor Gericht die Wahrheit sagt, mag das subjektiv, möglicherweise nicht genau richtig und teilweise auch falsch sein, man kann es aber von einem schweren Irrtum oder einer blanken Lüge unterscheiden. Ich will hier die schwierige Frage vermeiden, ob es möglich ist, dass die Aussage eines Zeugen, der bewusst lügt, trotzdem näher an der Wahrheit ist als die Aussage eines Zeugen, der ehrlich seine subjektive Version der Wahrheit berichtet. Ein Detektiv, ein Richter oder ein Forscher „entdeckt“ hoffentlich durch seine Arbeit die Wahrheit als etwas, was den realen beobachteten Tatsachen und Indizien entspricht. Das griechische Wort für Wahrheit ist hier sehr bemerkenswert. ἀλήθεια enthält die Verneinung „α“ und kann von ἀ-λήθω (oder λανθάνω = verborgen sein) abgeleitet werden (auch vergessen). Die Wahrheit ist das, was un-verborgen, un-bedeckt oder auch ent-deckt, unverschleiert oder entschleiert oder unvergessen wird, mit verwandten Begriffen auch im Englischen (un-covered oder dis-covered, auch un-veiled). Die Entdeckung der Wahrheit ist für den tätigen Forscher auch subjektiv ein Glück, das ihn mit einem Glücksgefühl belohnt wie es sehr schön in einem Gedicht von Rose Ausländer [18] beschrieben wird, das ich gerne und wiederholt zitiere und die Antwort auf die Frage „Was ist Wahrheit?“ gibt:

Du bist
unwiderstehlich
Wahrheit
Ich erkenne dich
und nenne dich
Glück

Die „Wahrheit“ der Naturwissenschaft geht aber natürlich über das reine Sammeln von „wahren“ Tatsachen hinaus, wir versuchen tiefere zugrunde

liegende Gesetzmäßigkeiten zu entdecken, wie in einem Zitat von Henri Poincaré sehr schön zusammengefasst ist [19]:

„On fait de la science avec des faits comme on fait une maison avec des pierres; mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres est une maison.“

(„Wissenschaft wird aus Tatsachen aufgebaut, so wie ein Haus aus Steinen aufgebaut wird; aber eine Anhäufung von Tatsachen ist genauso wenig eine Wissenschaft, wie ein Steinhaufen ein Haus wäre.“ Übersetzung aus [4]).

Zu den Methoden wie die Naturwissenschaft dieses „Haus“ baut, habe ich an anderer Stelle mehr gesagt [4, 20], es ist hier kurz in Tabelle 1 und Abbildung 1 zusammengefasst.

Wir versuchen, die beobachteten Tatsachen durch Modelle, Hypothesen und Theorien zu ordnen, um zugrunde liegende „Gesetzmäßigkeiten“ herauszuschälen, die eine sehr große Zahl von beobachteten Tatsachen zusammenfassen (und noch unbeobachtete Tatsachen vorhersagen). Solche Gesetzmäßigkeiten (bisweilen auch „Naturgesetze“) sind dann selbst wiederum „übergeordnete“ (oder „zugrundeliegende“) Tatsachen. Viel ließe sich hierzu sagen, aber jedenfalls betrachtet die Naturwissenschaft diese Gesetzmäßigkeiten als Tatsachen, nicht als Konventionen (wohl aber ist die Repräsentation solcher Gesetzmäßigkeiten oft durch Konvention beeinflusst).

Tabelle 1: Naturgesetz – einige Worte und Begriffe [4, 20]

Griechisch	νόμος , θεσμός , βásiς, κáνων, στοιχιéιον, αρχή, λόγος
Latein	ius, lex, status, principium, principia naturae
Deutsch	„Gesetz“ und „Recht“, „Regel“, „Grundursache“, „Grundlage“
Französisch	„loi“, règle, principe
Englisch	Law, rule, underlying principles etc.
	<i>Es erben sich Gesetz und Rechte</i>
	<i>Wie eine ewige Krankheit fort ...</i>
	...
	<i>Vom Rechte, das mit uns geboren ist</i>
	<i>Von dem ist leider! nie die Frage</i>
	(Goethe: Faust [21])

Eine externe Realität vorausgesetzt, was auch immer das sein mag : Wie verstehen wir sie ?

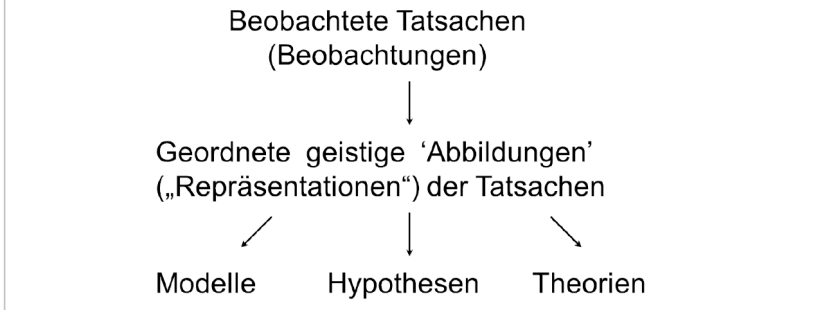


Abb. 1: Ordnung der „Tatsachen der Realität“ durch Modelle, Hypothesen und Theorien [4, 20]

Das Goethe-Zitat zu Tabelle 1 weist darauf hin, dass es sogar im menschlichen Recht neben dem konventionellen Recht eine Art „natürliches“ Recht gibt, und der schwierigen Frage, ob dieses natürliche Recht, „das mit uns geboren ist“, vielleicht sogar eine „Naturgesetzmäßigkeit“ im Sinne der Naturwissenschaft ist, wollen wir hier lieber nicht nachgehen.

Eine wesentliche Quelle der beobachteten Tatsachen in den Naturwissenschaften ist das Experiment, wobei stets das Bewusstsein des Zweifels und der Unsicherheiten verbleibt wie in einem Zitat nach Leonardo da Vinci, der auch Naturwissenschaftler war, zusammengefasst ist, das ich hier dreisprachig (im Original und in seiner englischen Übersetzung nach Cyril Hinshelwood und meiner deutschen Übersetzung wiedergebe:

Nissuna humana investigatione si puo dimandare vera scientia, se essa non passa per le matematiche dimostrazioni e se tu dirai, che le scientie, che principiano e finischono nella mente habbiano verità, questo non si concede, ma si niega, per molte ragioni e prima, che in tali discorsi mentali non accade esperientia, senza la quale nulla da di se certezza.

[No human inquiry can claim the status of true knowledge without passing through mathematical demonstration: and if you say that sciences which begin and end in the mind possess truth, this cannot be allowed, but must be denied for many reasons: and first of all because experi-

ence does not enter into such mental exercises, and without it there is no certainty.]

(Leonardo da Vinci, wie durch Cyril Hinshelwood zitiert und übersetzt.)

[Keine Untersuchung von Menschen kann behaupten, wahres Wissen zu erlangen, außer durch mathematischen Beweis, und wenn Du nun sagst, dass Wissenschaften, die im Kopfe beginnen und enden, die Wahrheit besitzen, dann akzeptiere ich das nicht, sondern verneine es aus vielen Gründen, und vor allem weil keine Erfahrung (über die Realität) in solche Gedankenspiele einfließt, und ohne solche Erfahrung gibt es keine Sicherheit.]

Man kann dieses sehr komplexe Zitat von Leonardo als eine Auseinandersetzung mit einer theoretisch-mathematischen Beschreibung sehen, die zwar innerhalb des Gedankengebäudes der mathematischen Theorie im Prinzip einen sicheren mathematischen Beweis zulässt, der aber keine Erkenntnis über die Realität der Natur zulässt, die durch „Erfahrung“ (esperientia, „Experiment“) erschlossen wird. Indirekt enthält das Zitat allerdings auch die Aussage, dass es überhaupt keine absolute Sicherheit über die Realität gibt. Die Unsicherheiten werden auch in einem Satz von Louis Pasteur sehr gut wiedergegeben:

Ce qui fait le mérite d'une théorie nouvelle,
ce n'est pas d'être vraie;
il n'y a pas de théories vraies;
c'est d'être féconde.

[Der Wert einer neuen Theorie liegt nicht darin, dass sie wahr ist, es gibt keine wahren Theorien, ihr Wert liegt in ihrer Fruchtbarkeit.]

(Louis Pasteur)

Wenn es schon keine „wahren“ Theorien gibt, so können sie doch fruchtbar für die Wissenschaft sein. In einem gewissen Sinne ist hier die „Fruchtbarkeit im Dienste der Erkenntnis“ eine Art bescheidener, pragmatischer naturwissenschaftlicher Wahrheitsbegriff.

Die „Wahrheiten“ der Naturwissenschaft erheben nicht denselben Absolutheitsanspruch wie mathematische oder religiöse Wahrheiten. Pasteur verwischt in seinem Satz auch die Grenze zwischen dem Begriff „Theorie“ und dem bescheideneren Begriff des Modells. Bevor ich hierauf zurückkomme, möchte ich noch etwas über die relative Bedeutung des „Neuen“ im Vergleich

zum „Wahren“ in den Naturwissenschaften sagen. Das Neue ist ja unser Thema – hierzu zitiere ich einleitend eine etwas boshafte Buchbesprechung Pagels [22] über Prigogine und Stengers [23] wie in [24] diskutiert. Pagels schreibt über dieses Buch:

„For while this book contains much that is new and correct, all too often that which is correct is not new and that which is new is not correct.“

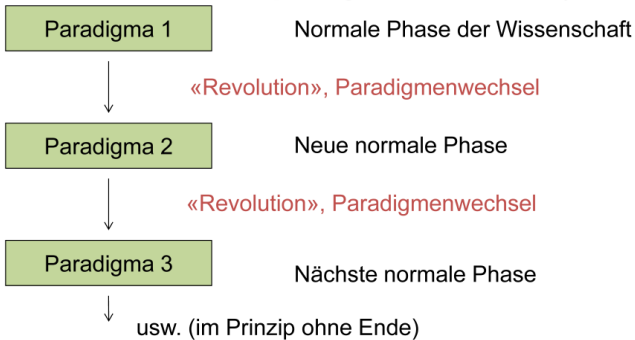
In dem Buch von Prigogine und Stengers wurden einige neue (ja „neuartige“) Theorien zur Irreversibilität vorgestellt, die Pagels für falsch (ja unsinnig) hält. Ohne darauf einzugehen, wie berechtigt seine Kritik ist, ist sie ein gutes Beispiel dafür, dass „Neuigkeit“ und „Neuartigkeit“ keine Werte in den Naturwissenschaften sind, wenn sie nicht mit „Wahrheit“ (wenigstens in dem bescheidenen Sinne von Pasteur) verbunden sind.

Das führt bekanntlich auch zur Kritik an wissenschaftlichen Sensationsblättern wie Science und Nature, die zwar hohe „impact factors“ und „h-indices“ haben, aber auch hohe „retraction indices“ und hohe „error indices“, von den hohen Fälschungsindices ganz zu schweigen. Es gibt allerdings eine sehr einflussreiche Beschreibung der historischen Entwicklung der Naturwissenschaften, wo die Bedeutung neuartiger, ja revolutionärer Entwicklungen stark betont ist.

Das führt mich zu einer Diskussion der **Rolle naturwissenschaftlicher Revolutionen**, etwa nach Thomas Kuhn [5]. Die Betonung der Bedeutung „revolutionärer“ Entwicklungen, der „novel paradigms“ nach Thomas Kuhn (Abb. 2) hatte erheblichen Einfluss auf eine gewisse Subkultur in den Naturwissenschaften der vergangenen Jahrzehnte, wie sie durch Science und Nature repräsentiert wird, aber auch in anderen Zeitschriften auftaucht, wo von den Artikeln nicht mehr verlangt wird, dass sie richtige und neue Ergebnisse berichten, sondern sie müssen „neuartig“ („novel“), möglichst auch revolutionär und sensationell sein. Als Forschungsrat im Schweizerischen Nationalfonds bin ich zunehmend mit Forschungsprojekten konfrontiert worden, wo mindestens ein „novel paradigm“ (gelegentlich auch gleich zwei oder drei) versprochen wurden. Dieser Einfluss auf die Entwicklung der Naturwissenschaften erscheint mir nicht unproblematisch, da er ein sehr verzerrtes Bild der relativen Bedeutung des „Neuen“ im Vergleich zum „Wahren“ in den Naturwissenschaften entwirft (Abb. 2). Ich kann hier nur verkürzt die populäre Variante von Kuhns Theorie wiedergeben. Hier gibt es „normale“ (ruhige) Phasen der Wissenschaft, die im Rahmen eines „alten Paradigmas“ (1 in Abb. 2) Experimente

Historischer Weg der Naturwissenschaft 1

(als soziologisches Phänomen, «Revolution»,
«the novel paradigm» nach T. S. Kuhn)



Paradigma von παραδειγμα = Vorbild, Beispiel,
Genauer παρα-δεικνυμι oder παραδεικνω, eigentlich daneben-zeigen
(zum Vorschein bringen, lehren) «Man trifft immer daneben»
Ein 'Paradigma' ist eine Art 'Mode' oder eben Parawissenschaft

Abb. 2: Vereinfachte schematische Darstellung des Paradigmenwechsels nach Kuhn

ausführt und theoretisch interpretiert, ohne dass sich viel ändert. Dann kommt eine „Revolution“ mit einem neuen Paradigma (2 in Abb. 2), welche die alte Ordnung komplett umstößt und durch eine neue Ordnung ersetzt, innerhalb derer nun alles neu interpretiert wird, neue Experimente in diesem Rahmen neu interpretiert werden, was dann die neue normale Phase beschreibt usw. Ich glaube nicht, dass das ein gutes Bild der Entwicklung der Naturwissenschaft ist. So hat etwa die oft zitierte „Revolution durch die Quantentheorie“ das alte Gebäude in keiner Weise umgestoßen. Der Bereich der alten klassischen Mechanik wurde überhaupt nicht durch die neue Entwicklung verändert oder gar umgestoßen. Auch heute berechnen wir Planeten- und Satellitenbahnen im Rahmen der klassischen Mechanik (wo nötig mit relativistischen Korrekturen). Allerdings hat die Quantentheorie gezeigt, dass in einem durch neue Beobachtungen und Entdeckungen hinzugekommenen Bereich der mikroskopischen Dynamik der Atome und Moleküle neue Gesetze gelten, die zu den alten Gesetzen hinzugefügt werden (diese eventuell auch einschließen).

Ein viel besseres Bild der Entwicklung von Neuem in den Naturwissenschaften scheint mir durch Abbildung 3 und 4 gegeben. Es gibt einen bekannten Teil der Natur, der Welt, der mit den bestehenden Mitteln dargestellt wird, so wie etwa der Globus von Martin Behaim (Abb. 3) in der vorkolumbianischen Zeit kartographiert wurde.

Entdeckung, Irrtum und Erkenntnis

Map 1492 (Martin Behaim)

FIG. 9.—BEHAIM'S GLOBE

Columbus 1492: Eine Abenteuerreise nach Indien führt zur Entdeckung von Amerika

1. Die bekannte Landkarte von Europa wurde hierdurch nicht geändert (sie war ja im Wesentlichen richtig, altes Orthodigma 1)
2. Die Interpretation des gefundenen Landes als Indiens (Ostasiens) vorgelagerte Inseln war falsch (Irrtum : Pseudodigma)
3. **Die richtige Interpretation als neuer Kontinent hat die Landkarte der Realität erweitert (Erkenntnis : Orthodigma 2)**
4. Daran haben dann auch weitere Entdeckungen nichts geändert, die neue Landkarte war dauerhaft richtig (wahr, jedenfalls in der Praxis dienlich). Es gab hier nie einen „Paradigmenwechsel“, wohl aber eine große Entdeckung.

Abb. 3: Entdeckungsreise von Columbus und Martin Behaims Globus von 1492 (nach der Abbildung in der Encyclopedia Britannica)

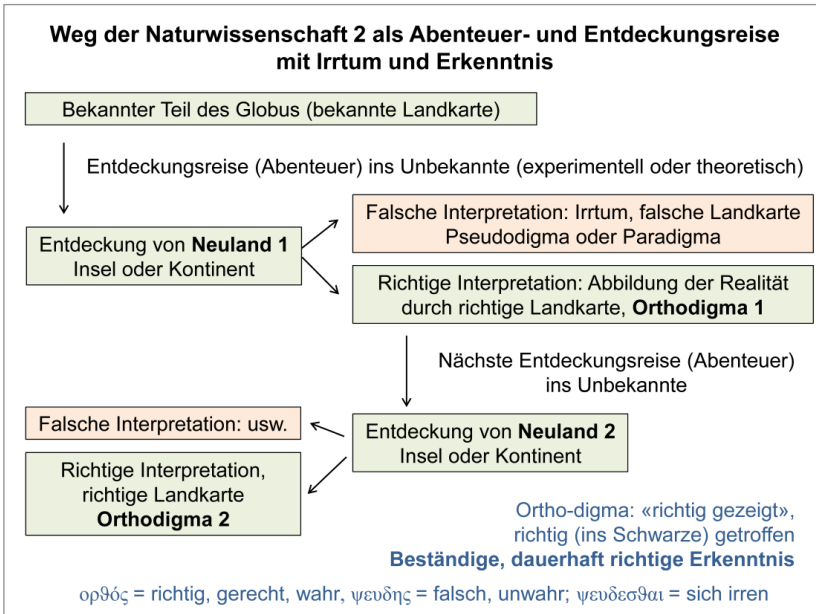


Abb. 4: Wege der Naturwissenschaft mit Entdeckungen und Irrtümern [1]

Hier fehlen Teile der Welt (etwa die Struktur und Dynamik von Atomen und Molekülen oder der Kontinent Amerika). Durch eine Entdeckungsreise wird dann ein neuer Teil der Welt erschlossen, bei Atomen und Molekülen etwa die mikroskopische Struktur und Dynamik mit Hilfe der Spektroskopie oder auf dem Globus die Reise des Kolumbus nach Westen. Hier kann es natürlich zu Irrtümern kommen, wie die Vermutung auf der ersten Reise des Kolumbus seien die Indien vorgelagerten Inseln erreicht worden („Westindien“ heute noch) [25]. Diese Interpretation wäre dann ein neues „Paradigma“ oder ein Pseudodigma. Nach Korrektur des Irrtums wird jedoch der neu entdeckte Kontinent ein fester Bestandteil der Landkarte, ein „Orthodigma“, genauso wie zuvor die Karte der alten Welt während dieser ganzen Zeit unverändert richtig als „Orthodigma“ bestehen bleibt. Die alte Ordnung wird keinesfalls durch eine neue ersetzt, wohl aber die Landkarte und unser Weltbild insgesamt erheblich erweitert und durch die Erweiterung verändert. Die Analogie mit der Entdeckung der Quantenmechanik in Bezug zur klassischen Mechanik ist offensichtlich, die Quantenmechanik ist die Landkarte der Dynamik der „neuen,

mikroskopischen Welt“, die alte makroskopische Landkarte der Dynamik des Planetensystems der „Alten Welt“ bleibt bei der neuen Entdeckung im Wesentlichen unverändert.

Die Beschreibung der Wissenschaft durch eine Sequenz mit Paradigmenwechseln, wo ein neues Paradigma das alte durch eine Revolution ersetzt, so wie etwa das Zarenreich mit seiner Aristokratie durch das kommunistische System in einer „Revolution“ (mit Mord und Vertreibung) ersetzt wurde, erzeugt eher das Bild einer „Parawissenschaft“.

Demgegenüber ist das „Orthodigma“ ein fester, dauerhafter und beständiger Teil der Naturwissenschaft. Der Eindruck einer „Revolution“ mit Umsturz des alten Systems der Naturwissenschaften kann entstehen, wenn für lange Zeit ein Irrtum, ein Pseudodigma, geherrscht hat, der dann schließlich beseitigt wird. Auf die Rolle des Irrtums komme ich später nochmals zurück, hier ist zunächst festzuhalten, dass eine naturwissenschaftliche Wahrheit („das Orthodigma“) in diesem Sinne dauerhaft, nachhaltig richtig, *fruchtbar* und *dienlich* ist (in dem tieferen Sinne Pasteurs wie auch ganz praktisch). Sie ist universell gültig, sie ist international gültig (auch ohne irgendwelche Verträge). Sie ist interkonfessionell (interreligiös) und interkulturell gültig. Das Periodensystem der Elemente ist dasselbe für Atheisten, Christen, Juden und Muslime, für Europäer, Chinesen und Afrikaner.

Die naturwissenschaftliche Wahrheit ist interplanetar, interstellar und intergalaktisch gültig: Wenn es gelingen sollte, Nachrichten von anderen Zivilisationen aus anderen Galaxien zu empfangen und zu verstehen, so gehen wir davon aus, dass sie uns über dieselbe Chemie der Elemente berichten werden, wenn auch die Namen und Symbole für die Elemente ganz anders sein werden. Das wissen wir aus spektroskopischen Beobachtungen der Chemie interstellarer Wolken. Ob die Biochemie der Lebewesen gleich oder ähnlich ist wie unsere, wissen wir allerdings nicht: Hier gäbe es wohl **Neues zu entdecken** [26].

Ich will hier noch kurz auf zwei Wege bei der Entdeckung von Neuem mit Hilfe der Instrumente Modell und Theorie eingehen [4]. Der eine Weg geht von beobachteten Tatsachen aus, mit deren Hilfe ein Modell, eine verfeinerte Hypothese und schließlich eine Theorie der betreffenden Phänomene entwickelt werden. Als Beispiel kann man hier die Entdeckung der Chiralität organischer Moleküle durch Pasteur (1848 [27]) nennen. Durch Beobachtung der enantiomeren Kristallstruktur von Salzen der Weinsäure, Trennung dieser „händigen“ chiralen Kristalle „von Hand“, Auflösung der getrennten Kristalle

Realität, Modell und Theorie

Instrumente des menschlichen Geistes, um die Realität (die reale äußere Welt) „abzubilden“:

1. Theorie – θεωρία = „Sicht, Schau“
„treue, exakte“ Abbildung der Realität (bei umfassender Kenntnis)
2. Hypothese – (vorläufige Theorie bei eventuell unvollständiger Kenntnis der Tatsachen)
3. Modell: Vereinfachte Abbildung entweder mangels umfassender Kenntnis oder als Vereinfachung trotz umfassender Kenntnis (bei vorhandener exakter Theorie)

Zwei Wege:

- A. Beobachtete Tatsachen \Rightarrow Modell \Rightarrow Hypothese \Rightarrow Theorie
(„Induktiv“, ausgehend von Beobachtung und Experiment)
- B. Theorie \Rightarrow Modell \Rightarrow Vergleich mit beobachteten Tatsachen
(„Deduktiv“, mit anschließender Prüfung durch das Experiment)

Abb. 5: Wege zur Beschreibung der Realität mit Modell und Theorie [4, 20]

und Beobachtung der optischen Aktivität der Lösung zog Pasteur den Schluss, dass die Chiralität eine Eigenschaft der betreffenden Moleküle war. Er vermutete aus einigen Beobachtungen sogar (richtig, wie wir heute wissen), dass konsistente Homochiralität [26,28] der Moleküle ein einfaches Indiz für die Chemie von Lebewesen war (im Gegensatz zur „Organischen Chemie“, deren zwingende Verbindung mit Lebewesen durch Wöhlers Harnstoffsynthese widerlegt war). Pasteurs großartige Entdeckung wird oft als „Zufallsentdeckung“ beschrieben, die gemäß den Worten Pasteurs allerdings auf einen „vorbereiteten Verstand“ traf, der hier durch den Zufall als Weg zur Erkenntnis begünstigt wurde. Ein geeignetes Molekülmodell für chirale Moleküle fehlte Pasteur, dies folgte viel später durch van't Hoff und le Bel auf der Grundlage einer raffinierten Analyse weiterer Beobachtungen, die eine Grundlage der Stereochemie legten [27, 29]. Eine wirklich korrekte Theorie der molekularen Chiralität besitzen wir erst seit der Formulierung der Quantenmechanik [30-32] und schließlich der Theorie der molekularen Paritätsverletzung [33] mit zum Teil bis heute noch nicht experimentell geprüften Vorhersagen. Die Landkarte unserer Kenntnis der Stereochemie wurde auf diesem langen Wege schritt-

weise ergänzt, zum Teil mit ungeahnten neuen Kontinenten und man muss nicht annehmen, dass diese Entdeckungsgeschichte beendet ist.

Eine ganz analoge Geschichte könnte man erzählen etwa mit der Entwicklung des Verständnisses der Struktur „aromatischer“ Moleküle, beginnend mit der Entdeckung der Struktur von Benzol durch Kekulé (zuerst als Hypothese auf der Grundlage weniger Beobachtungen formuliert).

Für den umgekehrten Weg von der bestehenden Theorie zum vereinfachten Modell und schließlich der Vorhersage und experimentellen Beobachtung eines wichtigen Phänomens kann ich ein Beispiel aus meiner eigenen Forschung anführen. Von molekularem Wasserstoff existieren zwei „Modifikationen“ oder Kernspinisomere, was schon sehr früh entdeckt und im Rahmen der frühen Quantenmechanik erklärt wurde [33, 34] [35]. Es wurde auch früh verstanden, dass diese „Isomere“ gegenüber Stößen ohne Reaktion stabil sind, etwa



oder



wobei o und p für das „ortho“- und „para“-Isomere stehen. In der Tat kann man unter geeigneten Bedingungen etwa para-Wasserstoff während Monaten in Flaschen für Gase aufbewahren. Es gibt eine „Auswahlregel“, die für Stabilität sorgt.

Wenn jedoch atomarer Wasserstoff H zugegen ist, kommt es zum „Austausch“ von H-Atomen mit den H₂-Molekülen und Umwandlung zwischen ortho- und para-Wasserstoff nach dem zweiten Schema



neben der ersten Möglichkeit der Erhaltung von para-Wasserstoff (analog zu Gl.(1)). Für lange Zeit nahm man irrtümlich an, dass solche Austauschreaktionen auch bei komplexeren Reaktionen die Auswahlregeln aufheben. Im Prinzip hätte man in der Quantenmechanik eine Theorie gehabt, um dies theoretisch korrekt vorherzusagen. Allerdings wären die Rechnungen zu aufwendig gewesen, um sie tatsächlich auszuführen. Mit einem vereinfachten Modell aufgrund der approximativen Symmetrien der vollständigen quantenmechanischen Theorie konnten jedoch solche komplexeren Reaktionen behandelt werden und man kann zeigen, dass trotz der Möglichkeit des

Austauschs von H-Atomen etwa in der astrophysikalisch wichtigen Reaktion (4) eine Auswahlregel bestehen bleibt [36].



Das Modell sagt ohne exakte rechnerische Ausführung der Theorie vorher, dass para-H₂ mit para-H₂⁺ nur para-H₃⁺ ergibt (kein ortho-H₃⁺) [33, 36] und das wurde später experimentell bestätigt [37]. Dies ist nur ein Beispiel für viele solche „Auswahlregeln“ und für den Weg von Theorie zu Modell zur Vorhersage von Beobachtungen. In dem Beispiel wird auch klar, wie ein intuitiver Irrtum (aufgrund einer unbegründeten Annahme bei Unmöglichkeit einer exakten Durchführung der tatsächlich schon bestehenden Theorie) korrigiert wurde. Das war keine Revolution, wohl aber eine Entdeckung durch Beseitigung eines Irrtums.

Bevor ich zu einem weiteren Beispiel zur Rolle des Irrtums bei der Erkenntnis komme, will ich noch eine wichtige Entdeckung in der Chemie besprechen: Die Entdeckung der Atomspektroskopie. Diese begann nicht mit einem Irrtum, sondern mit einem astrophysikalischen Rätsel, der Beobachtung der sogenannten „Fraunhofer Linien“ im Sonnenspektrum (Abb. 6). Der Ursprung dieser

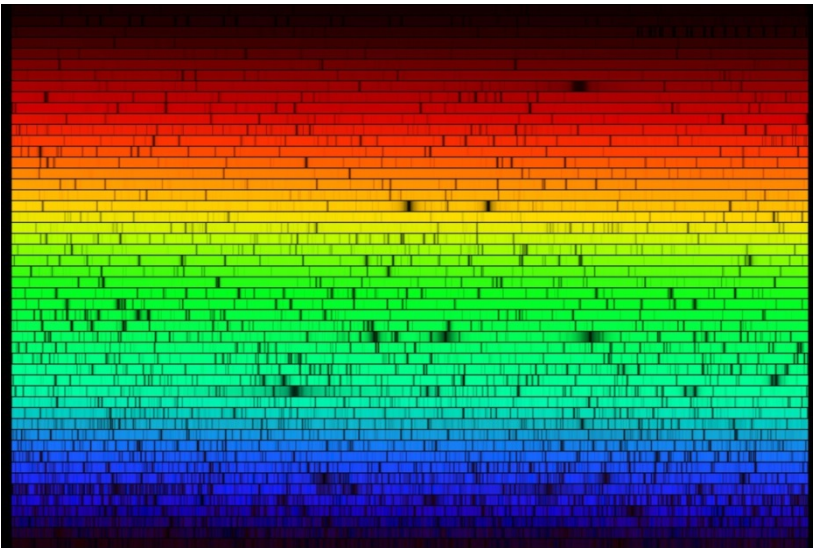


Abb. 6: Sonnenspektrum mit den Regenbogenfarben und den dunklen Fraunhofer Linien [39] (siehe auch [38])

Linien war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts völlig unklar. In der Tat ist die Suche nach der Erklärung unerklärter, rätselhafter Beobachtungen eine offensichtliche Quelle von möglichen Entdeckungen auch heute [38]. Bunsen und Kirchhoff gingen dieser Frage in Laborexperimenten an dem Spektrum der Bunsenbrennerflamme nach und fanden, dass die Fraunhofer Linien chemischen Elementen zugeordnet werden konnten, und die Beobachtung neuer Linien führte zur Entdeckung neuer Elemente, Cäsium und Rubidium und später vieler weiterer Elemente mit dieser Methode der Atomspektroskopie. Mehr zu dieser Geschichte findet man in [38].

Die Entdeckung neuer Elemente mit unterschiedlichsten Methoden gehört offensichtlich zum Kern von Entdeckungen in der Chemie [40, 41].

Dies führt uns zu einem sehr bemerkenswerten Beispiel **einer Entdeckung bei der Wiederholung von Altem, mit Irrtum und Erkenntnis** [3]. Das Beispiel gehört wegen seiner großen Bedeutung zu den historisch hervorragend dokumentierten Entdeckungen, aber erstaunlicherweise wissen nur sehr wenige vom ungewöhnlichen Ablauf dieser Geschichte, die mit einem großen Irrtum begann, einem spektakulären, aber völlig falschen Ergebnis, das sogar mit einem Nobelpreis ausgezeichnet wurde und dessen Korrektur dann auch mit dem Nobelpreis geehrt wurde (gefolgt von einem dritten Nobelpreis zum selben Problem). Wenn ich die Frage „Welcher Nobelpreis für Physik wurde für ein falsches Ergebnis verliehen?“ in privaten Gesprächen oder in Vorträgen an Physiker und Chemiker, Wissenschaftshistoriker eingeschlossen, stelle, so ist die Statistik richtiger Antworten im sehr tiefen Bereich zwischen 1 und maximal 5 Prozent, obwohl man eigentlich denken sollte, dass ein so bemerkenswertes Beispiel zur wissenschaftshistorischen Allgemeinbildung gehören sollte. Die Geschichte wird ausführlich in [3] erzählt und ich gebe sie hier nur stichwortartig wieder.

Es geht um die Entdeckung der Kernspaltung, die mit einem Fehler, der irrtümlich vermuteten Entdeckung der Transuranelemente 93 und 94 „Ausonium“ und „Hesperium“ durch Enrico Fermi begann, die 1938 sogar mit dem Nobelpreis an Enrico Fermi ausgezeichnet wurde. Abbildung 7 und 8 geben Auszüge aus den entsprechenden Dokumenten wieder.

L'Académie royale des sciences a décidé, le 10 novembre 1938, que le prix Nobel de *physique* pour l'année 1938 serait attribué à

ENRICO FERMI

pour sa découverte de nouveaux éléments radioactifs, développés par l'irradiation des neutrons, et sa découverte à ce propos des réactions de noyaux, effectuées au moyen des neutrons lents.

Le même jour l'Académie a décidé de ne pas distribuer le prix Nobel de *chimie* pour l'année 1938 et de le réserver pour l'année suivante.

Abb. 7 : Bekanntmachung des Nobel-Komitees, (Les Prix Nobel en 1938, Stockholm, Imprimerie Royale, P. A. Norstedt & Söner, p. 6)

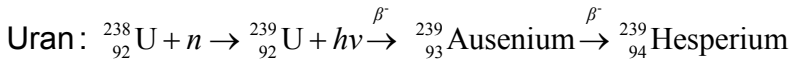
Le processus que FERMI a trouvé être la règle lorsque les substances lourdes sont soumises au bombardement des neutrons a pris un intérêt tout particulier quand il fut appliqué par lui au dernier élément de la série, l'urane, dont le numéro d'ordre est 92. Suivant ce processus, le premier produit désintégré doit être une substance ayant 93 électrons positifs et on aura ainsi trouvé une nouvelle substance hors de l'ancienne série. Les recherches entreprises par FERMI sur l'urane ont en effet permis de supposer qu'il existe au moins une série de nouveaux éléments qui se trouvent au delà de la substance considérée ici comme la plus lourde, l'urane. FERMI a en effet réussi à produire deux nouveaux éléments, dont les numéros d'ordre sont 93 et 94, éléments auxquels il a donné le nom d'ausénium et d'hespérium.

Abb. 8 : Aus Rede von Prof. Pleijel, Präsident des Nobelkomitees für Physik (Les Prix Nobel en 1938, Stockholm, Imprimerie Royale, P. A. Norstedt & Söner, p. 19-23)

Abbildung 9 zeigt in moderner Schreibweise die Interpretation der Experimente von Fermi und seinen Mitarbeitern aus den Jahre 1934 (siehe [42]). Die künstliche Erzeugung von neuen Elementen jenseits des bis dahin als „schwerstes Element“ bekannten Elementes Uran war natürlich spektakulär und diente zur Begründung der Verleihung des Nobelpreises.

Allerdings schien es mehreren Gruppen, dass man diese Experimente besser, sorgfältiger und beweiskräftiger ausführen konnte. Neben anderen begannen Lise Meitner und Otto Hahn mit Fritz Strassmann solche Experimente mit dem

**Die Vermutung und Behauptung von Enrico Fermi (1934)
und des Nobelkomitees (1938) (in moderner Schreibweise)**



Plausibel: Uran 238 hat ca. 99.3 Prozent Anteil in der Isotopenmischung. Dieser Prozess ist theoretisch vernünftig und existiert nach heutiger Kenntnis prinzipiell, wurde aber von Fermi nicht beobachtet.

Fehler: Überinterpretation der Daten (es wurden nur die Strahlungseigenschaften, Lebensdauern von radioaktiven Produkten vermessen, was kein Identitätsbeweis ist).

Abb. 9: Die vermutete (falsche) Entdeckung der Transuranelemente (siehe [3])

erklärten Ziel, Fermis Experimente zu wiederholen, zu verbessern und die Ergebnisse mit größerer Sorgfalt zu bestätigen. Es kann hier bemerkt werden, dass solche „Wiederholungswissenschaft“ alles andere als spektakulär ist. Oft wird heute die Publikation solcher Arbeiten (und auch die Finanzierung solcher Projekte) mit der Begründung abgelehnt, es sei „nicht genügend neu“, schon gar nicht neuartig oder spektakulär. Hahn, Meitner und Strassmann hatten auch nicht das Ziel, irgendeine Sensation zu erzeugen, sie wollten durch die Wiederholung nur „gute Wissenschaft“ machen, was einen angemessenen Richtigkeitsbeweis für die Entdeckung von Fermi bedingte. Sie hatten keinesfalls die Absicht, Fermi zu widerlegen. Allerdings waren sie durch ihre frühere Entdeckung des radioaktiven Elementes Protactinium hervorragend ausgewiesene Experten für eine Bestätigung Fermis. Fermi hätte aber jedenfalls die Priorität für die Entdeckung von Ausonium und Hesperium behalten. Es folgt für Hahn, Meitner und Strassmann ein mühevoller Wege von vier Jahren durch ein Dickicht von Irrtümern und schwierigen Experimenten, die alle keine wirkliche Bestätigung von Fermis Resultaten ermöglichen und in einer ganzen Reihe von sehr unspektakulären Publikationen dokumentiert werden. 1938 muss Lise Meitner aus Deutschland fliehen und geht nach Kopenhagen. Hahn und Strassmann führen die Experimente alleine fort, bleiben aber in Briefkontakt mit Lise Meitner. Hahn und Strassmann vermuten schließlich aufgrund der chemischen Eigenschaften der neuen radioaktiven Isotope, dass es Erdalkali-Metalle sein sollten, was einer Interpretation als Transuranelemente 93 und 94 widerspräche, aber im Einklang mit der Erzeugung neuer Isotope des bekannten Elementes Radium in der Nähe von Uran

gewesen wäre. Weitere Experimente führen allerdings zum Schluss, dass es Bariumisotope sind. Dies teilen sie Lise Meitner in einem Brief am 19. Dezember 1938 mit, eine Woche nach der Nobelpreisrede von Fermi (unter anderem über „Ausemium“ und „Hesperium“). Der spannende zeitliche Ablauf ist in Abbildung 10 und 11 gezeigt. Es lohnt sich, aus dem Manuskript von Hahn und Strassmann [43] wörtlich zu zitieren:

„... Es bleibt also, wenn man das Barium selbst außer Betracht lässt, nur das Radium übrig ...“

„... Nun müssen wir aber noch auf einige neuere Untersuchungen zu sprechen kommen, die wir der seltsamen Ergebnisse wegen nur zögernd veröffentlichen.“

„...Als Chemiker müssten wir eigentlich sagen, bei den neuen Körpern handelt es sich nicht um Radium, sondern um Barium.“

Selten ist über eine so große Entdeckung mit so vorsichtigen Worten berichtet worden. Dieses Ergebnis war sicher nicht das Ziel der Untersuchung gewesen, aber die experimentellen Ergebnisse erzwangen den Schluss, dass der Uranatomkern durch Neutronenbeschuss gespalten wurde. Lise Meitner arbeitet

Der zeitliche Ablauf

Nobelpreisrede von Fermi 12.12.1938

Herbst 1938 fortdauernde Experimente von Hahn und Strassmann:
Barium-Isotope!

19.12.1938 Brief von Otto Hahn an Lise Meitner: Ba möglich?

21.12.1938 Antwort von Lise Meitner: notfalls denkbar!

22.12.1938 Einreichung des Hahn-Strassmann Manuskriptes bei Naturwissenschaften

Weihnachtsfeiertage:

Lise Meitner und Otto Frisch arbeiten an einer Theorie der Kernspaltung auf der Basis des Bohrschen Tröpfchenmodells

09.01.1939 Hahn-Strassmann Manuskript erscheint im Druck

16.01.1939 Frisch-Meitner Manuskript wird bei Nature eingereicht
(erscheint am 11. Februar)

28.01.1939 2. Manuskript von Hahn und Strassmann

Abb. 10: Die Entdeckung der Kernspaltung (siehe [3])

Die korrekte Interpretation: Niels Bohr

07.02.1939 Manuskript eingereicht: „Resonance in Uranium and Thorium Disintegrations and the Phenomenon of Nuclear Fission“
(erscheint in Phys. Rev.55 (1939) 418-419)

Er zeigt, warum Uran 238 nicht spaltbar und Uran 235 spaltbar ist.

Enrico Fermi fügt (1939, aber wann genau?) eine Fußnote in die gedruckte Version seiner Nobelpreisrede ein:

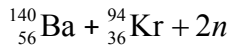
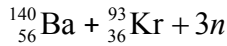
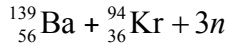
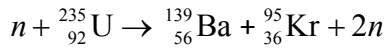
„The discovery of Hahn and Strassmann of Barium among the disintegration products of bombarded uranium, as a consequence of a process in which uranium splits into two approximately equal parts, makes it necessary to **reexamine all the problems of the transuranic elements, as many might be found to be products of a splitting of Uranium.**“

Abb. 11: Die Erklärung der Kernspaltung und die Korrektur einer Nobelpreisrede (siehe [3])

schon über die Weihnachtsfeiertage mit ihrem Neffen Otto Frisch eine erste Theorie der Kernspaltung aus [44–46] und Niels Bohr [47], der von Otto Frisch informiert wurde, gab schließlich die richtige Erklärung, dass nämlich das Isotop $^{235}_{92}\text{U}$ die Kernspaltung durch Neutronen zeigt, und die so entstandenen radioaktiven Spaltprodukte in den Experimenten von Fermi beobachtet und fälschlich neuen Elementen zugeordnet wurden. Da $^{235}_{92}\text{U}$ nur mit 0,7% Häufigkeit im natürlichen Uran vertreten ist, das hauptsächlich aus dem Isotop $^{238}_{92}\text{U}$ besteht, kann man sagen, dass Fermi das Opfer eines typischen „Dreckeffekts“ wurde (Abb. 12).

Abbildung 13 zeigt den von Fermi theoretisch erhofften Prozess, der später von McMillan und Seaborg auch gefunden wurde, die auch einen Nobelpreis erhielten, nachdem Hahn einen Nobelpreis für die Entdeckung der Kernspaltung erhalten hatte. Man kann also sagen, dass Fermi drei Nobelpreise ausgelöst hat, einen, der ihm für sein falsches Resultat verliehen wurde, einen zweiten, der an Hahn ging für die Korrektur des Fehlers (und die damit verbundene Entdeckung) und einen dritten an McMillan und Seaborg für die korrekte Ausführung der Experimente nach der ursprünglichen Idee. Dementsprechend heißen die neuen Elemente heute nicht Ausenium und Hesperium, sondern Neptunium und Plutonium, da erst die wirkliche Entdeckung zur Namensgebung neuer Elemente berechtigt.

„Dreckscheffekt“ der Uranspaltung

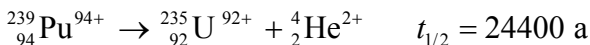
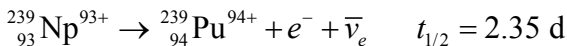
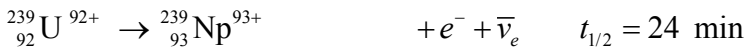


usw.

+ weitere Paare (La/Br), (Cs/Rb), (Xe/Sr), (I/Y)

Abb. 12: Beispiele für die Reaktionen von Neutronen mit dem Uranisotop der Massenzahl 235

„Transurane“



(nach 1940/41 nachgewiesen).

Die von Fermi und später Curie und Savitch sowie Hahn, Meitner und Strassmann beobachtete Radioaktivität beruhte aber auf einem „Dreckscheffekt“ von den 0,7 % Uran 235.

Abb. 13: Die Bildung der Transuranelemente Neptunium und Plutonium (siehe [3])

Der Bericht wäre unvollständig, ohne zu erwähnen, dass eine Chemikerin, Ida Noddack, als Expertin in Elemententdeckung (sie ist die Mitentdeckerin des Elementes Rhenium) schon kurz nach Erscheinen der Arbeit von Fermi im Jahr 1934 darauf hingewiesen hatte, dass man für den zuverlässigen Nachweis radioaktiver Transuranelemente experimentell hätte ausschließen müssen, dass leichtere radioaktive Fragmente des Uranatomkerns entstanden [48, 49]. Fermi und Hahn wie Meitner nahmen diesen Hinweis nicht ernst, wie Otto Hahn in seiner Nobelpreisrede anerkannte [50]. Wir sollten auch ergänzen, dass Fermi im selben Jahr 1934, in dem er seine falsche „sensationelle Entdeckung“ der Transuranelemente in Nature publizierte [42], auch eine korrekte Arbeit ganz

unspektakulär in der Zeitschrift für Physik publizierte [51], die über die Entdeckung der schwachen Wechselwirkung („schwache Kernkraft“) als einer neuen, fundamentalen Wechselwirkung berichtet. Diese hätte neben anderen Arbeiten von Fermi einen Nobelpreis gerechtfertigt, wurde aber vom Nobelkomitee nicht gewürdigt. [3]

Die Entdeckungsgeschichte der Kernspaltung ist ein sehr gutes Beispiel dafür, wie nicht die krampfhaftige Suche nach „Neuartigem und Sensationellem“ zum wirklich wichtigen (und auch neuen) Ergebnis führt, sondern das beständige Streben nach sicherer Erkenntnis und naturwissenschaftlicher Wahrheit. Man kann auch sagen, dass mit der Suche nach den Transuranen ein Weg nach Indien gesucht wurde, wobei überraschend ein neuer Kontinent der Wissenschaft entdeckt wurde (der Prozess der Kernspaltung). Über die schnelle und sehr vielfältige Bestätigung für diesen neuen Prozess wird in [3] berichtet, ebenso über die schnelle Erkenntnis der Kettenreaktionen bei der Kernspaltung und die Konsequenz der Nutzung in Reaktoren und Kernwaffen [52]. An dieser Stelle will ich es nicht unterlassen, auf die beiden größten bekannten globalen Risiken der Menschheit hinzuweisen: Atomkrieg und anthropogener Klimawandel [53] (Abb. 14). Die Herstellung und Lagerung riesiger Kernwaffenarsenale, die das unmittelbare Risiko einer Vernichtung großer Teile der Menschheit (wenn nicht sogar der Menschheit insgesamt) in sich bergen, ist ein Verbrechen an der Menschheit: *Ceterum censeo*, Kernwaffen müssen vernichtet werden.

Richard N. Zare, der meine Ansicht zu den beiden Menschheitsrisiken kennt, hat mir in diesem Zusammenhang ein Bild für meine Vorträge geschenkt (Abb. 15). Wenn die Menschheit in der Nuklearpolitik und in der Klimafrage auf ihrem gegenwärtigen Kurs fortfährt, sind Katastrophen mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Die Risiken sind so groß, dass nur vollkommene Torheit und Verantwortungslosigkeit die Augen davor verschließen kann. Abbildung 15 zeigt anschaulich die Konsequenzen solcher Torheit.

Als drittes globales Menschheitsrisiko nenne ich das exponentielle Wachstum der Bürokratie [3]. Hierzu gibt es eine passende Anekdote über Fermi, die ich hier nach [3] wiederhole wie ich sie von P. O. Löwdin („fast aus erster Hand“) gehört habe [54], und die vielleicht wahr ist. In dem großen Projekt zur Nutzung der Kernreaktionen zur Energiegewinnung und dem Bau von Kernwaffen war E. Fermi ein wesentliches Verbindungsglied an der Schnittstelle zwischen den Wissenschaftlern und Technikern einerseits und der Bürokratie der US-Regierung auf der anderen Seite, mit recht verschiedenen Kulturen. Es soll

**Die zwei größten bekannten Risiken der Menschheit (MQ Berlin 2011):
Atomkrieg und Klimawandel sind im Prinzip leicht vermeidbar**

Russisches
Roulette ist
zu vermeiden
Kernspaltung
Kernfusion
Kernwaffen



Spurengase
OCO
Methan
NNO
FCKW
Ozon

Abb. 14: Aus der Rede des Ersten Vorsitzenden der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie anlässlich der 110. Hauptversammlung in Berlin 2011 [53]

**The Perils of doing 'Business as Usual':
the future**



Slide by Dick Zare 2005: ,especially made for Martin Quack'



Abb. 15: Die Konsequenzen bei unbeirrtem Fortschreiten auf dem ,Normalweg' der Menschheit in die Katastrophe

sich dann ergeben haben, dass die Bürokratie feststellte, dass die Wissenschaftler nicht zu den normalen Arbeitszeiten erschienen. Fermis Antwort: Die Wissenschaftler kommen eben, wann sie gut und kreativ arbeiten können, manche früh, andere spät, die aber dann auch bis spät nachts arbeiten. Die Bürokratie löste dieses Problem durch Einführung von Stechuhren, die es erlaubten, die Arbeitszeiten zu erfassen. Allerdings stellte man dann fest, dass besonders die Theoretiker nicht auf ihre täglichen 8 (oder 9, 10?) Stunden Arbeitszeit kamen. Fermis Kommentar: Theoretiker können oft besser zu Hause arbeiten, dort haben sie mehr Ruhe für kreative Arbeit. Auch dieses Problem wurde bürokratisch einwandfrei gelöst, indem man den Theoretikern kleine, tragbare Stechuhren mitgab, die sie zu Hause betätigen konnten, immer wenn sie dort arbeiteten. Nach einer Weile kam Fermi dann und meinte, dass er persönlich als Theoretiker folgende Angewohnheit habe: Nachts wache er oft auf, arbeite für einige Stunden, und lege sich dann wieder schlafen. Ob er dann in diesen Stunden nachts wohl auch die häusliche Stechuhr bedienen dürfe? Er wisse, dass es auch anderen Theoretikern so gehe. Antwort, ja, da er dann in diesen Nachtstunden doch arbeite. Nach einigen Wochen klopfte Fermi wieder bei der Bürokratie an: Er habe noch eine Frage, die ihn nur ganz persönlich betreffe: Seine besten Ideen habe er oft im Traum, ob er die häusliche Stechuhr auch vor dem Schlafengehen betätigen dürfe? Hierbei wurde er dann schließlich verstanden und die Bürokratie gab das Projekt der genauen Arbeitszeiterfassung der Wissenschaftler auf. Vielleicht ist die Geschichte wahr, aber jedenfalls sollte sie sehr gut zum Genie Fermi passen: „Se non è vero è ben trovato“. Dass ein Traum tatsächlich einen Weg zu Neuem in der Naturwissenschaft eröffnete, wird allerdings durchaus ernsthaft in anderen Fällen berichtet.

In [3] sind weitere Beispiele aufgeführt, wo durch sorgfältige Überprüfung eines irrtümlichen „alten“ Ergebnisses schließlich eine neue Entdeckung gemacht wurde. Diese wollen wir hier nicht wiederholen.

Vielmehr will ich hier zu einem weiteren Punkt kommen, der mit dem Entstehen von Neuem in der Naturwissenschaft verknüpft ist: **Der Förderung der Naturwissenschaft durch seriöse inhaltliche Evaluation** statt durch Maßzahlen und bibliometrische oder andere Indices. Hierzu habe ich in einer früheren Debatte sehr ausführlich Stellung genommen [55] und will das hier nicht wiederholen. Es ist völlig klar, dass die Verwendung etwa von bibliometrischen Indices und Sensationsblättern wie Nature, Science und dergleichen genau die

falschen Anreize setzt in Richtung einer Förderung von Herdentrieb (Mainstream) und unseriöser Sensationswissenschaft. Das korrumpiert die Wissenschaft und es sei hier doch zusammenfassend wiederholt: Ceterum censeo: Bibliometriam esse delendam.

Das will ich hier in Kürze ergänzen durch eine Entdeckung ganz anderer Art. Als der große Humphry Davy, der durch viele Entdeckungen in der Chemie im 19. Jahrhundert bekannt ist, gefragt wurde, was seine größte Entdeckung war, antwortete er: „**Michael Faraday**“. Diese Anekdote erinnert uns daran, dass wir als Naturwissenschaftler auch akademische Lehrer und Kollegen sind. Neues kommt in die Wissenschaft auch durch neue, junge Köpfe. Es ist hier unsere Aufgabe, unseren wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, nicht durch unseriose und schlampige Evaluationen mit falschen Daten und Zählen von Zitaten mit h-Indices, sondern indem wir die Publikationen des Nachwuchses lesen, seine wissenschaftliche Arbeit verfolgen und begleiten, sie angemessen beurteilen und wertschätzen und das **Vortreffliche fördern**.

Was kann hier die Akademie tun?

Als erstes will ich den nachdrücklichen Einsatz der Akademie für alle Grundwerte der Wissenschaftsfreiheit in der öffentlichen Diskussion wie auch sonst nennen. Eine Aufgabe der Akademie könnte auch die Herausgabe wissenschaftlicher Zeitschriften sein, die vortreffliche Ergebnisse unbürokratisch und schnell publizieren, wie es früher einmal mit den Sitzungsberichten der Fall war [56] und man könnte diese frei zugänglich machen, als Vorbild für „Open Access“. Man kann auch an die Beschaffung großzügiger Finanzierung „freier“ Forschung denken, zum Beispiel mit Akademieprofessuren wie sie seinerzeit von unserer Akademie Albert Einstein und anderen gewährt wurden. Schließlich könnte die Akademie auch Hilfe geben bei der Beschaffung von Fördermitteln für grundlegende Projekte, wie ich sie gerne auch selbst etwa für mein Projekt zur molekularen Chiralität hätte [4, 24, 26, 33], das zwar schon recht gut durch die ETH, ERC und den Schweizerischen Nationalfonds gefördert wird, aber eine Zusatzförderung durch die Akademie oder mit Hilfe der Akademie durch weitere Institutionen wäre sicher hilfreich.

Literatur

- 1 Quack, M.: Naturwissenschaft als Beruf und Abenteuer – Servir sans disparâitre (Abschiedsvorlesung 27.5.2014, letzte offizielle Vorlesung an der ETH), noch nicht im Druck verfügbar, aber die Vorlesung ist über das Internet als Audio-Video abrufbar:
<http://www.multimedia.ethz.ch/speakers/lecture/?doi=10.3930/ETHZ/AV-7f8b9b8c-78e6-4051-9bf5-6f963118eae9&autostart=true>
- 2 Quack, M.: „Was wäre, wenn niemand nachgemessen hätte: Irrtum als Weg zur Erkenntnis (grosse und kleine Irrtümer in der Wissenschaft, je ein Nobelpreis für ein falsches Resultat und dann für seine Korrektur“, Diskussionsforum Molekulare Wissenschaften, Collegium Helveticum, Semper Sternwarte, Freitag, 19. Oktober 2012 (siehe auch Vorlesung „Chemische Reaktionskinetik“, M. Quack, HS2012, Kapitel 2.10, Zur Entdeckungsgeschichte der Kernspaltung, im Druck als Essay erschienen in [3].
- 3 Quack, M.: *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52 (2013), S. 9362-9370; Irrtum und Erkenntnis: Wenn Wiederholen neu ist. In: *Angew. Chem.*, 125 (2013), S. 9530-9538.
- 4 Quack, M.: *European Review*, 22 (2014), S. 550-586.
- 5 Kuhn, T. S.: *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1962.
- 6 Feyerabend, P.: *Kreativität – Grundlage der Wissenschaften und der Künste oder leeres Gerede?* In: Feyerabend, P. & C. Thomas (Eds.): *Kunst und Wissenschaft*, Vdf (Verlag der Fachvereine, Vdf Publishers), Zürich., 1984, S. 190.
- 7 Popper, K.: *Logik der Forschung (1934, 1959)*, 7. Auflage Verlag J. Mohr, Tübingen 1982.
- 8 Feyerabend, P.: *Against Method*, New Left Books (Wider den Methodenzwang 1975, 1976, 1983), Suhrkamp Verlag, Frankfurt 1983).
- 9 Hoyningen-Huene, P.: *Systematicity. The nature of science*, Oxford University Press, New York, 2013.
- 10 Sokal, A. D. & J. Bricmont: *Eleganter Unsinn. Wie die Denker der Postmoderne die Wissenschaften missbrauchen*, Beck, München, 1999, (Deutsche Übersetzung von „Impostures Intellectuelles“, Jacob, Paris 1997).
- 11 Herrmann, P.: *Das große Buch der Entdeckungen*, Ensslin & Laiblin Verlag, Reutlingen, 1958.
- 12 Wittgenstein, L.: *Tractatus Logico-philosophicus*, Logisch-philosophische Abhandlung, Suhrkamp Verlag 1963.
- 13 Weber, M.: *Wissenschaft als Beruf (Vortrag 1919)*. Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre, Verlag J. Mohr, Tübingen, 1968.
- 14 P. Pilatus, Joh. 18, V.38 (Zürcher Bibel, Theologischer Verlag Zürich 2007). *Novum Testamentum Graece*, Editio quarta, Eberhard Nestle, Stuttgart 1903.
- 15 Jaspers, K.: *Von der Wahrheit*, Piper, 1947, 3. Auflage, München 1983.

- 16 Mittelstrass, J. (Ed.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Verlag J. B. Metzler, Stuttgart, 1996.
- 17 Frayn, M.: Copenhagen, Anchor books, New York, 1999.
- 18 Ausländer, R.: Und nenne dich Glück. Gedichte, 5. ed., Fischer Verlag, Frankfurt, 2002.
- 19 Poincaré, H.: La Science et l'Hypothèse, Ernest Flammarion Editeur, Paris, 1917, Engl. Translation, Science and Hypothesis (1952), (Dover Publ.).
- 20 Quack, M.: Modelle in der Chemie. In: Der Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (Hg.): Modelle des Denkens, Streitgespräch in der Wissenschaftlichen Sitzung der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften am 12. Dezember 2003, Debatte Heft 2, Berlin 2005, S. 21-33.
- 21 Goethe, J. W.: Faust 1.
- 22 Pagels, H. R.: Physics Today, 38 (1985), S. 97-99.
- 23 Prigogine, I. & Stengers, I.: Order out of Chaos, Bantam Press, New York, 1984.
- 24 Quack, M.: Nova Acta Leopoldina, 81 (1999), S. 137-173.
- 25 Granzotto, G.: Christoph Kolumbus eine Biographie, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1985.
- 26 Quack, M.: Adv. Chem. Phys., 157 (2014), S. 249-290, Chapter 18.
- 27 Bourgois, C. (Ed.): A. Werner, Louis Pasteur, Jacobus Henricus van't Hoff, Recherches sur la dissymétrie moléculaire (1860-1883). Collection Epistème, Dole, 1986.
- 28 Quack, M.: Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 41 (2002), S. 4618-4630, Angew. Chem. 2002, 114, S. 4812-4825.
- 29 van't Hoff, J. H.: Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie, Band 2, Vieweg Verlag, Braunschweig, 1899.
- 30 Hund, F.: Z. Phys., 43 (1927), S. 788-804.
- 31 Hund, F.: Z. Phys., 43 (1927), S. 805-826.
- 32 Merkt, F. & Quack, M.: Molecular Quantum Mechanics and Molecular Spectra, Molecular Symmetry, and Interaction of Matter with Radiation. In: Quack, M. & Merkt, F. (Eds.): Handbook of High-Resolution Spectroscopy, Vol. 1, Chapt. 1, Wiley, Chichester, New York, 2011, S. 1-55, ISBN 978-0-470-06653-9, (siehe auch Vorwort zu diesem Handbuch).
- 33 Quack, M.: Fundamental Symmetries and Symmetry Violations from High Resolution Spectroscopy. In: Quack, M. & Merkt, F. (Eds.): Handbook of High Resolution Spectroscopy, Vol. 1, Chapt. 18, Wiley, Chichester, New York, 2011, S. 659-722, ISBN 978-0-470-06653-9.
- 34 Bonhoeffer, K. F. & Harteck, P.: Naturwissenschaften, 17 (1929), S. 182-182.
- 35 Heisenberg, W. The Development of Quantum Mechanics. In Nobel Lectures, Physics 1922–1941; Elsevier Publishing Company: Amsterdam, The Netherlands, 1965. Siehe auch Les Prix Nobel en 1933, Imprimerie Royale Stockholm 1935, besonders Seite 6 wo hingewiesen

- wird auf: „la découverte des formes allotropes de l'hydrogène“ und W. Heisenberg
Z. Physik 1927, 41, S. 239–267.
- 36 Quack, M.: Mol. Phys., 34 (1977), S. 477-504.
- 37 Uy, D., Cordonnier, M. & Oka, T.: Phys. Rev. Lett., 78 (1997), S. 3844-3847.
- 38 Quack, M.: Frontiers in Spectroscopy. Faraday Discussions, Vol. 150 (2011), S. 533-565.
- 39 Sharp, N. A., NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF, http://www.noao.edu/image_gallery/html/im0600.html
- 40 Trueb, L. F.: Die chemischen Elemente, ein Streifzug durch das Periodensystem, Hirzel, Stuttgart etc., 1996.
- 41 Scerri, E.: A tale of seven elements, Oxford : Oxford University Press, 2013.
- 42 Fermi, E.: Nature, 133 (1934), S. 898-899.
- 43 Hahn, O. & Strassmann, F.: Naturwissenschaften, 27 (1939), S. 11-15.
- 44 Meitner, L.: Advancement of Science, 19 (1963), S. 363-365, reprinted from IAEA Bulletin.
- 45 Meitner, L.: Naturwissenschaftliche Rundschau: NR, 16 (1963), S. 167-169.
- 46 Frisch, O. R. & Wheeler, J. A.: Physics Today, 20 (1967), S. 43-52.
- 47 Bohr, N.: Phys. Rev., 55 (1939), S. 0418-0419.
- 48 Noddack, I.: Angew. Chem., 47 (1934), S. 653-655.
- 49 Noddack, I.: Naturwissenschaften, 27 (1939), S. 212-213, (mit einer Zusatzbemerkung des Herausgebers).
- 50 Hahn, O.: From the natural transmutations of uranium to its artificial fission (Nobel Lecture 13 Dec. 1946). Les Prix Nobel en 1945, Stockholm 1946.
- 51 Fermi, E.: Z. Phys., 88 (1934), S. 161-177.
- 52 Flügge, S.: Naturwissenschaften, 27 (1939), S. 402-410.
- 53 Quack, M.: Bunsen-Magazin, 13 (2011), S. 138-143 (gedruckte Version einer Rede).
- 54 Quack, M.: Time and Time Reversal Symmetry in Quantum Chemical Kinetics. In: Brändas, E. J. & Kryachko, E. S. (Eds.): Fundamental World of Quantum Chemistry. A Tribute to the Memory of Per-Olov Löwdin, Vol. 3, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004, S. 423-474.
- 55 Quack, M.: Über Autonomie und Freiheit der Wissenschaft: Mythen, Risiken und Chancen bei der Evaluation und Förderung der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung. In: Der Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (Hg.): Autonomien der Wissenschaft? Streitgespräch in der Wissenschaftlichen Sitzung der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften am 28. November 2014, Debatte Heft 14, Berlin 2015, S. 21-41.
- 56 Einstein, A.: Sitzber. Preuss. Akad. Wiss. Phys.-Math. Kl., (1931), S. 235–237 sowie (1916) S. 688-696 und (1918) S.154-167.