



Johannes Kepler: Gesang der Erde;  
„... *das habe ich ... über alle Erwartung für wahr befunden,  
dass all die Harmonie ... unter den himmlischen Bewegungen  
vorhanden ist ... und das ist nicht meine geringste Freude...*“  
Harmonices mundi 1619

## Harmonices mundi notitiae

R.W.S., Februar 2021

Klara Flieder gewidmet

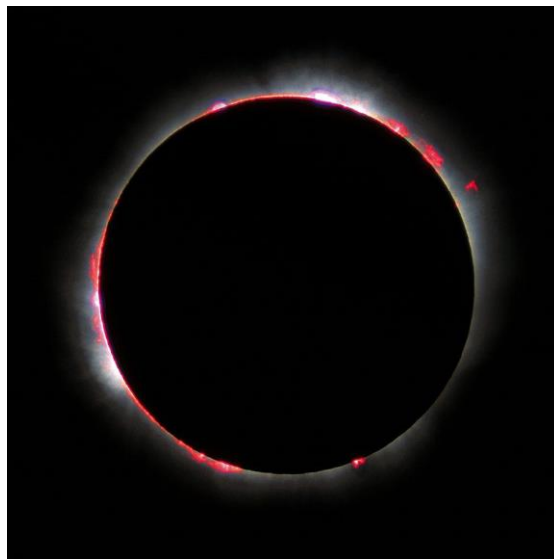
Ausgangspunkt alles Fragens, aller Philosophie, aber auch aller Religion ist das Staunen - so sagte es Prof. Wucherer-Huldenfeld in seiner Vorlesung zur Metaphysik, die ich in den 1970er Jahren hören durfte. Der Staunende fragt: „*Warum ist etwas und nicht vielmehr nichts?*“ Und ich musste dem Vortragenden recht geben, schon als Kind hatte ich mir selbst eine ähnliche Frage gestellt: Was wäre gewesen, wenn sich beispielsweise meine Eltern nicht kennengelernt hätten. Denn wäre ich nicht, dann wäre auch in gewisser Weise die Welt nicht, jedenfalls nicht für mich – oder? Das Nichts – einfach Dunkelheit, einfach Stille?

Ja, und wie lautet die Antwort auf diese Frage aller Fragen, so frage ich mich heute, beinahe 50 Jahre danach.

Der Morgen des 11. August 1999 war kein strahlender. Wolken, Wolken, Wolken. Für die Mittagszeit war eine Sonnenfinsternis vorausberechnet worden, die in Teilen Österreichs eine totale sein sollte. Dieses seltene Schauspiel wollte ich unbedingt sehen. In einer Karte des südlichen Niederösterreichs hatte ich die Grenze des Totalitätsstreifens eingezeichnet. Und dann studierte ich die Bewölkungsvorhersage. Im Westen sollte es eher zu einer Auflockerung kommen. Also bloß keine Zeit verlieren. Da auf den Straßen Verkehrsstaus zu erwarten waren, packte ich alles, was ich benötigte (Fotoausrüstung, Fernglas, Filter), hastig in einen Rucksack und schwang mich auf mein Fahrrad. Über den kleinen Semmering radelte ich ins Triestingtal, dann über den Gerichtsberg und das Gölsental hinunter bis zur Einmündung ins Traisental. Die Bewölkung wurde allmählich wirklich etwas dünner. Und gelegentlich gab es schon kurze Wolkenlöcher. Langsam ging's auf Mittag zu. Es wurde Zeit, einen geeigneten Standort für die Beobachtung zu suchen. Ich entschied mich dafür, hinauf auf die 521m hoch gelegen Meiselhöhe zu fahren.

Oben angekommen wurde mir bald klar, dass auch einige andere Sonnenfinsternisbeobachtungswillige die gleiche Idee gehabt hatten. Ich lehnte mein Rad an einen Strauch und kramte meine Ausrüstung aus dem Rucksack. Ab und zu ließ sich die Sonne hinter dünnen Wolken sehen. Die Verdeckung durch den Mond war bereits deutlich. Und es wurde dämmrig. In die Kuhherde auf der gegenüberliegenden Wiese kam Bewegung. Die Leitkuh strebte dem Kuhgatter zu. Einer der Umstehenden kommentierte: „Die wollen in den Stall. Die glauben, es wird Abend!“

Und dann war der Diamantringeffekt zu beobachten, wobei ich mich wunderte, dass selbst bei der bereits 99-prozentigen Abdeckung die Helligkeit noch so beachtlich war, dass es keinesfalls ratsam erschien, ungeschützt in die Quelle der Strahlen zu sehen. Und dann war es soweit. Die Sonnenkorona wurde sichtbar und einige nahe der Sonne stehenden Lichtpunkte, darunter wohl auch der Merkur! Ich begann die Sekunden zu zählen. Schnell stellte ich mein Fernglas scharf. Was ich sah, übertraf alle meine Erwartungen. Sicherlich hatte ich mich nicht genug auf diesen Moment vorbereitet. Denn ich war nicht darauf gefasst, wunderbar violett leuchtende Punkte in der Korona sehen zu dürfen: die Protuberanzen!<sup>1</sup> Ich war überwältigt. Dass ich einmal in meinem Leben direkt in die ungeheuren Ausbrüche der Sonnenmaterie sehen konnte! Hineinschauen in mehrere Millionen Grad heißen Gaswolken, die sich in ihrem Tanz um die magnetischen Feldlinien drehten, Resultanten einer im Inneren ablaufenden Verschmelzung von Wasserstoffatomen! Dieses Licht stammte letztlich aus dem innersten Kern und war schon Jahrtausende im Inneren der Sonne unterwegs gewesen, bevor es von der ca. 6000 Grad heißen Oberfläche entkommen war und in acht Minuten die 140 Millionen Kilometer von der Sonne zu uns hinter sich gebracht hatte.



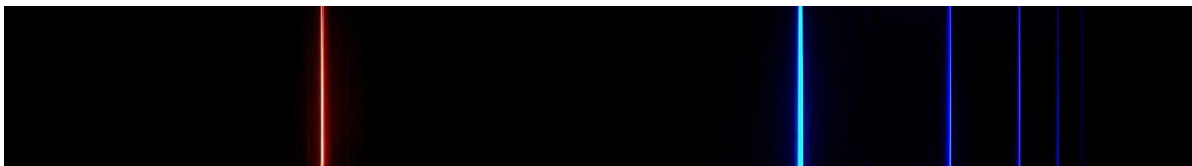
Sonnenfinsternis vom 11.8.1999: I, Luc Viatour, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=60794>

---

<sup>1</sup> 1999 war im 11-Jahre-Rhythmus der Sonne ein Jahr besonders intensiver Aktivität.

Tief prägte sich in mein Gedächtnis die geheimnisvolle rotviolette Farbe der Protoberanzen ein. Aber nie verschwendete ich auch nur einen Gedanken daran, was ich da eigentlich gesehen hatte und wieso die Protuberanzen ausgerechnet rotviolett leuchten. Dabei sah ich genau dieses Licht jedes Jahr immer dann, wenn ich 7. Klassen in Chemie unterrichtete. Im verdunkelten Chemiesaal legte ich Hochspannung an eine Röhre, die mit Wasserstoff gefüllt war. Da war es: das rotviolette Leuchten.

Irgendwann einmal erinnerte ich mich dann doch daran, eben dieses Rotviolett am 11. August 1999 gesehen zu haben. Und zwar ohne Hochspannung und ohne die mit Wasserstoff unter Unterdruck gefüllte Röhre. Das Licht der Protuberanzen war nichts anderes als **der heiße ionisierte atomare Wasserstoff** (aus dem ja die Sonne zu 92% besteht), der das Licht aussendet! Und mir wurde in diesem Moment noch einiges mehr klar. Die violette Farbe war im Grunde genommen eine Art Sinnestäuschung. Das Ganze ist ein Mischeffekt aus wenigen Farben:<sup>2</sup> aus einer intensiv roten Farbe, aus zwei blauen und einigen schwachen violetten. Das war schon von den Physikern des 19. Jahrhundert gezeigt worden: die berühmte Balmerreihe.



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visible\\_spectrum\\_of\\_hydrogen.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visible_spectrum_of_hydrogen.jpg)

H $\alpha$

H $\beta$

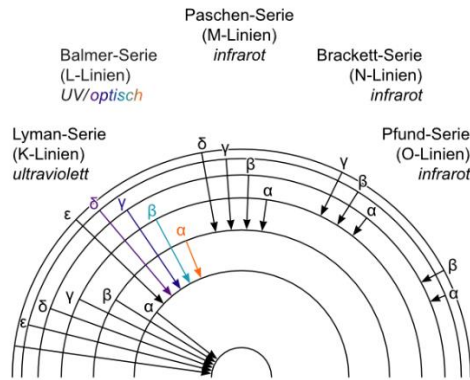
H $\gamma$  H $\delta$  ...

Johann Jakob Balmer hat 1885 beweisen können, dass die mithilfe eines Spektrometers zu sehenden Linien des Wasserstoffspektrums ganz streng einem einfachen mathematischen Gesetz folgen: dem einer mathematischen Reihe!

Es dauerte 28 Jahre bis ein junger dänischer Physiker, nämlich der 1885 geborene Niels Bohr, eine erste Erklärung für diese nach blau hin immer schwächer werdenden und immer näher beieinanderliegenden Linien gab. Bohr sagte: Das durch die Hochspannung mit hoher potentieller Energie versehene Elektron des Wasserstoffatoms fällt auf wenige für dieses Elektron mögliche Bahnen zurück und gibt beim Zurückstürzen seine Energie in Form von Licht ab. Was wir sehen, repräsentiert die Energie der möglichen Bahnen des Elektrons, das um den Atomkern des Wasserstoffs kreist.

---

<sup>2</sup> Hier besteht ein fundamentaler Unterschied bei der Wahrnehmung von akustischen und optischen Signalen. Während wir Menschen lernen können zwei oder mehr gleichzeitig erklingende Töne (also einen Akkord) zu erfassen, ist uns dies bei mehreren gleichzeitig in unser Auge einfallenden Farbreizen unmöglich: Wir sehen immer nur Mischfarben.

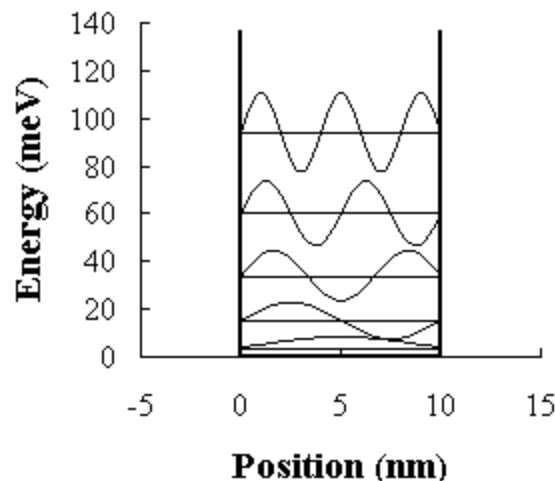


Elektronenbahnen des Wasserstoffatoms mit Übergängen nach Bohr. <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/1610>

Diese Erklärung war zunächst bestechend und relativ einfach zu verstehen. Das Wasserstoffatom stellte sich Bohr so vor wie ein Sonnensystem. Die Sonne – das war der Atomkern – und um ihn kreisen die Elektronen, im einfachsten Fall (wie beim Wasserstoff) eben nur ein Elektron, das durch die Hochspannung von seiner innersten Bahn angehoben wird und wie über eine Stufenleiter zurück auf sein tiefstes mögliches Niveau (die Bahn mit der Quantenzahl 1) fällt.

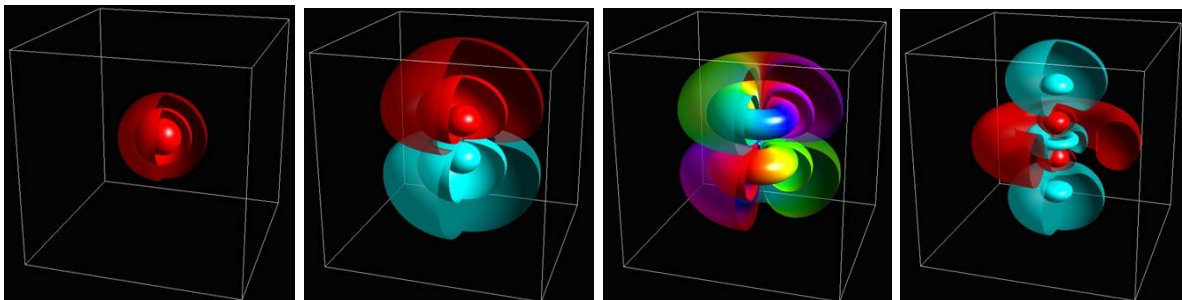
Und dann tauchten denn doch viele neue Fragen auf: Wieso soll es nur ganz bestimmte Bahnen geben, auf denen so ein Elektron kreisen kann? Und schließlich: Wer oder was hält denn überhaupt das negativ geladene Elektron davon ab in den positiv geladenen Atomkern zu stürzen?

Die Antworten auf diese Fragen sollten das gesamte Wissen, das Physik und Chemie bis dahin aufgehäuft hatten, in einem gänzlich neuen Licht erscheinen lassen. Um 1924 bzw. 1925 war es soweit. Der aus Wien stammende Erwin Schrödinger und der in Würzburg geborenen Werner Heisenberg fanden unabhängig voneinander die Lösung: Den Ideen Louis Victor de Broglies und den Erkenntnissen Albert Einsteins folgend kamen sie zur Einsicht, dass Elektronen nur dann richtig zu beschreiben sind, wenn man sie als Wellenphänomene auffasst.



Das Elektron „im Kasten“: erlaubte Energiezustände und Wellenlängen, die sich aus der „Kastenbreite“ ergeben: <https://ecee.colorado.edu/~bart/book/eband2.htm>

**Das Elektron entspricht in seinem Verhalten dem einer schwingenden Saite.** Möglich bei einer schwingenden Saite sind **nur ganz bestimmte** Schwingungen: die Grundschiwingung und die Oberschwingungen, die in den Intervallen Oktave (mit dem Verhältnis der Wellenlängen zur Grundschiwingung 1:2), Quint (1:3), Quart (1:4), große Terz (1:5) etc. zum jeweils tieferen Ton erklingen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass dem Elektron nicht nur eine Dimension zur Verfügung steht, sondern der ganze dreidimensionale Raum. Somit entsprechen den Knotenpunkten der eindimensionalen Saite die Knotenflächen der dreidimensionalen Elektronenzustände. Und es können jenseits der Nulldurchgänge genauso wie bei der schwingenden Saite immer nur zwei Vorzeichen (nämlich + für „Berg“ und – für „Tal“) auftreten.



Grafische Darstellung von vier (von unendlich vielen) Elektronenorbitalen des Wasserstoffs: Die Knotenflächen entsprechen den Knotenpunkten der schwingenden Saite:  
[graz.at/qms/Coulomb/Solution3D/StationaryStates/3230-Stehende-Wellen-3D1.html](http://graz.at/qms/Coulomb/Solution3D/StationaryStates/3230-Stehende-Wellen-3D1.html) (10.10.2018)

Die Schwingungsmöglichkeiten einer (zweidimensionalen) Fläche hat bereits 1787 der deutsche Physiker Ernst Florens Friedrich Chladni beschrieben, nachdem er eine Metallplatte eingespannt hatte, diese Platte mit Sand bestreut und mit einem Geigenbogen zum Schwingen gebracht hatte: Es entstanden, je nachdem an welcher Stelle der Bogen angesetzt wurde, unterschiedliche Muster (die Chladnischen Klangfiguren) und unterschiedlich hohe Töne.



Chladnische Klangfiguren.

Links: Illustration 1879: William Henry Stone (1879) *Elementary Lessons on Sound*, London, p. 26, fig. 12; Rechts: Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Chladnische\\_Klangfigur#/media/Datei:Chladni\\_plate\\_10.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Chladnische_Klangfigur#/media/Datei:Chladni_plate_10.jpg)

Nun ist klar, warum es beim leuchtenden Wasserstoff im sichtbaren Bereich nur wenige Linien gibt und dazwischen nichts anderes als Finsternis: So ein Wasserstoffatom kann (wie eine schwingende Saite) **nur bestimmte Schwingungsmodi mit ganz bestimmten Energien** annehmen. Alle anderen Schwingungen habe einander ausgelöscht. Und das gilt nicht nur für das Wasserstoffatom, das gilt für alle Atome.

Damit ist auch weiters klar: Die alten Pythagoreer haben es immer schon gewusst: Die gesamte Materie verhält sich wie ein Musikinstrument!

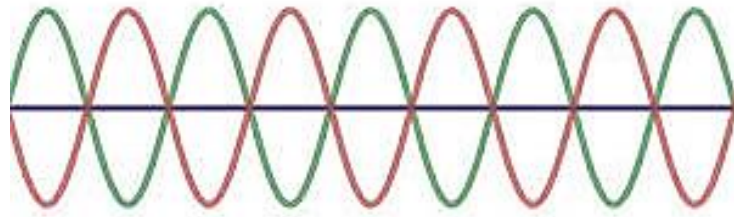
Eine besonders wichtige Erkenntnis der heutigen Quantentheorie besteht darin, dass die Eigenschaften der „Elementarteilchen“ (z.B. der Elektronen) erst durch Wechselwirkungen mit etwas anderem (also durch Relationen) entstehen. So muss man darauf hinweisen, dass die hübschen, meist farbigen Darstellungen der sogenannten Orbitale zunächst einmal nicht die Elektronen „sind“. Diese Orbitale werden erst gebildet bei der Anwesenheit eines Atomkerns und sind das Ergebnis einer Messung. Sie entstehen erst bei der Wechselwirkung, in ähnlicher Weise wie auch die Chladnischen Klangfiguren erst dann entstehen, wenn der Bogen die Platte in Schwingung versetzt.

Grundsätzlich gilt: Die Eigenschaften aller elementaren Bausteine der Materie werden durch ihre Relationen festgelegt. Und bei der Messung wird uns diese Eigenschaft (die in einer Relation besteht) bewusst. Das Bewusstsein stellt in einer Relation diese Relationen fest. Auf diese überraschende Nähe von Materie und Bewusstsein via Relation (die in einer Wechselwirkung besteht) hat zuletzt die norwegische Philosophin Hedda Hassel Mørch hingewiesen. Ob es ihr gelungen ist, das große Rätsel dadurch zu lösen, indem sie den gordischen Knoten einfach durchschlägt, mag jeder selbst beurteilen.<sup>3</sup>

An dieser Stelle sei nur noch einmal auf folgendes hingewiesen: Dass bei einer schwingenden Saite (bzw. einer schwingenden Platte) nur bestimmte Wellenlängen und damit auch **nur bestimmte Frequenzen möglich** sind, hängt mit einer bemerkenswerten Eigenschaft von Wellen zusammen: Wellen können **interferieren** – sie können einander **verstärken** oder - im Extremfall - sogar komplett **auslöschen**! Vernichten! Daraus resultiert auch, dass bei gegebener Spannung und gegebener Länge jede schwingende Saite nur einen Grundton erzeugen kann. (Alles andere wird gelöscht.)

---

<sup>3</sup> Hedda Hassel Mørch, „Wie kommt der Geist in die Natur?“ FAZ 24.1.2018  
<https://www.faz.net/aktuell/wissen/geist-soziales/eine-loesung-fuer-das-harte-problem-des-bewusstseins-15397757.html>

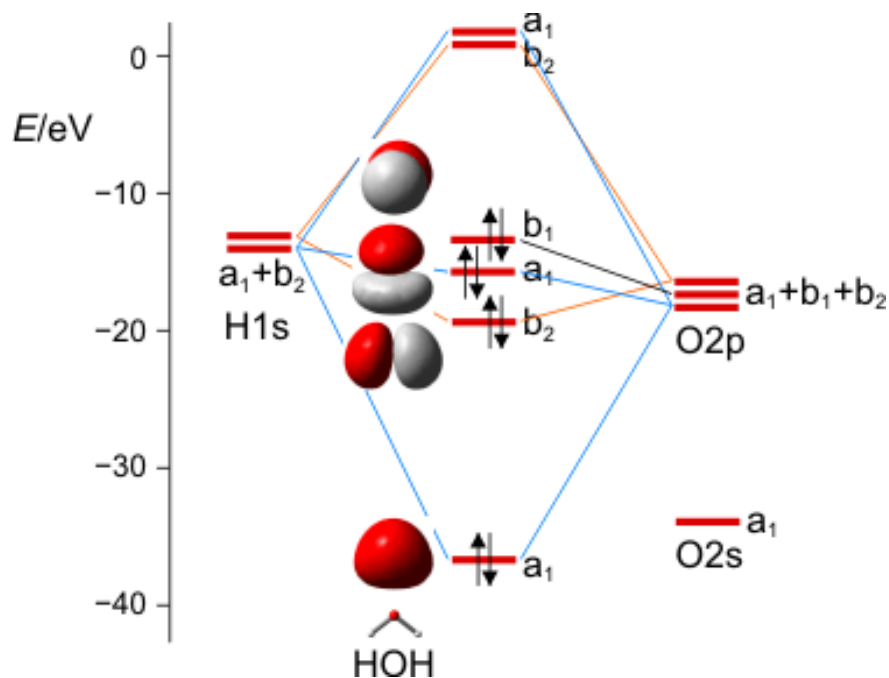


Zwei sich löschenden Wellenzüge.

<https://physikunterricht-online.de/jahrgang-11/wellenphaenomene/>

Im Fall des Zusammentretens von Atomen zu größeren Einheiten, nämlich zu Molekülen, kann es zwar nicht zu einer kompletten Vernichtung kommen, wohl hingegen **zu komplizierten neuen Schwingungsmustern**: den sogenannten Molekülorbitalen (MO).

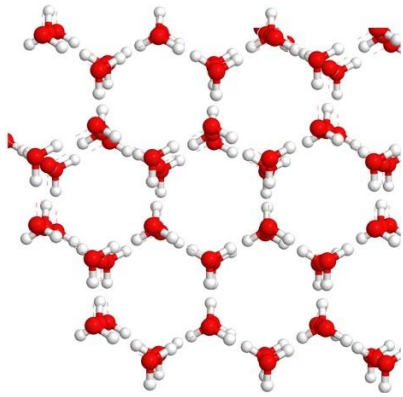
Hier das MO-Schema mit den Elektronenenergien und den mit Elektronen besetzten Orbitalen für das im Wasserdampf auftretende H<sub>2</sub>O-Molekül:



[https://www.cup.lmu.de/ac/kluefers/homepage/L\\_laf\\_vorlesung.html](https://www.cup.lmu.de/ac/kluefers/homepage/L_laf_vorlesung.html)

Bei sinkender Temperatur treten viele kleine H<sub>2</sub>O-Moleküle zusammen und formen wesentlich größere Gebilde, zunächst flüssiges Wasser, bei weiterer Abkühlung einen Schneekristall.<sup>4</sup> Aber auch ein Schneekristall ist nichts anderes als das Resultat eines Schwingungsmusters!

<sup>4</sup> Eine erste geniale Erklärung der hexagonalen Tracht der Schneeflocken gab Johannes Kepler in seinem Traktat „Strena seu de nive sexangula“ (1611). Dabei entdeckte er die hexagonal dichteste Kugelpackung.



Links: Blick in einen aus ca. 80 H<sub>2</sub>O Molekülen gebildeten Eiskristall, Vergrößerung ca. 1: 10 Millionen;  
<https://tidesofgod.files.wordpress.com/2014/02/snow-structure-of-ice-crystal-exp.jpg>



Rechts: Blick auf einen aus Trilliarden H<sub>2</sub>O -Einheiten gebildeten Schneekristall, Vergr. ca. 1:10;  
[http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/photos3/w050207\\_a055.jpg](http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/photos3/w050207_a055.jpg)

In Atomen und Molekülen - aber auch in Form von Licht - tritt uns Energie immer nur in kleinen Portionen entgegen: den Quanten. Diese Quanten können wir uns als Wellenzüge vorstellen. Wollen wir die Eigenschaften der Materie, so wie sie uns im Alltag begegnet und aus der wir selbst bestehen, verstehen, so müssen wir uns ebenfalls die Wellennatur der beteiligten Spezies immer vor Augen halten. Tun wir dies, so werden die unterschiedlichsten Phänomene verständlich: auftretenden Farben, Spiegelungen, die Fähigkeit den elektrischen Strom zu leiten usw. usw.

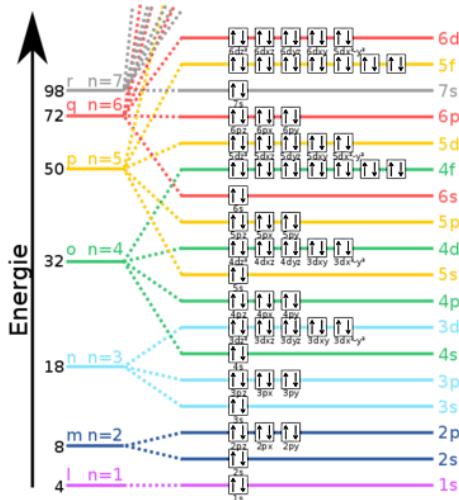
Sogar die Tatsache, dass Elektronen normalerweise nicht in den Atomkern stürzen, ist von diesem Standpunkt aus gesehen zu erklären: Eine Annäherung des Elektrons an den Kern entspricht einer fortschreitenden Verkürzung der schwingenden Saite, z.B. einer Geige: Immer höhere Töne (Energien) treten auf, die Länge der Saite geht gegen Null, die Energie gegen unendlich. Wenn aber so hohe Energie nicht zur Verfügung steht, so stürzt auch das Elektron nicht in den Kern.

Nicht nur Elektronen müssen als Wellen verstanden werden, auch die Atomkerne mitsamt ihren Bauteilen. Und daher stellt denn auch das sogenannte „Periodensystem der Elemente“ ein perfektes Schema dieser möglichen (aller Lösungen entgangenen) Schwingungsmuster im Raum dar. Und nach dem heutigen Verständnis kann es kein Element – sagen wir – zwischen dem Element 25 (Mangan) und 26 (Eisen) geben. Hier erfolgt immer nur destruktive Interferenz. Daher gibt es kein Element 25,5! Eine Erweiterung des Periodensystems ist nur nach immer noch schwereren künstlichen Elementen hin möglich. (Derzeit suchen wir nach dem Element Nr. 119.)

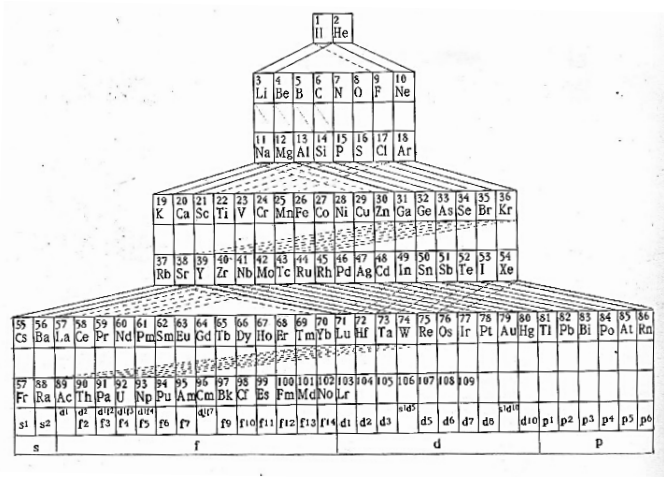
	s (l=0)	p (l=1)			d (l=2)					f (l=3)							
	m=0	m=0	m=±1		m=0	m=±1		m=±2		m=0	m=±1		m=±2		m=±3		
	s	p <sub>z</sub>	p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	d <sub>z<sup>2</sup></sub>	d <sub>xz</sub>	d <sub>yz</sub>	d <sub>xy</sub>	d <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>	f <sub>z<sup>3</sup></sub>	f <sub>xz<sup>2</sup></sub>	f <sub>yz<sup>2</sup></sub>	f <sub>xyz</sub>	f <sub>z(p<sup>2</sup>-y<sup>2</sup>)</sub>	f <sub>x(p<sup>2</sup>-3y<sup>2</sup>)</sub>	f <sub>y(3x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup>)</sub>	
n=1	•																
n=2	•																
n=3																	
n=4																	

Orbitale (Vorzeichen der Orbitalloben + rot, - blau) für die Hauptquantenzahlen von 1 bis 4: Zahl der Elektronen pro Hauptquantenzahl:  $2n^2$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ ; Nebenquantenzahl  $z = 4l + 2$ ; magnetische Quantenzahl  $-l \geq m \geq l$ ; Besetzung der Zustände mit Elektronen bei den Elementen in der Zeile 1: H, He; Zeile 2: Li, Be; B, C, N, O, F, Ne; Zeile 3: Na, Mg; Al, Si, P, S, Cl, Ar; Zeile 4: K, Ca, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn; La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb;

Ich denke, dass es schon eine unglaubliche Leistung des menschlichen Geistes war, zu entdecken, dass die gesamte strahlende Materie des Nachthimmels bis hinaus in die tiefsten Tiefen und damit auch in die fernste Vergangenheit durch Leuchteffekte an immer nur wenigen Bausteinen der Materie (eben den Elementen) zustande kommt.

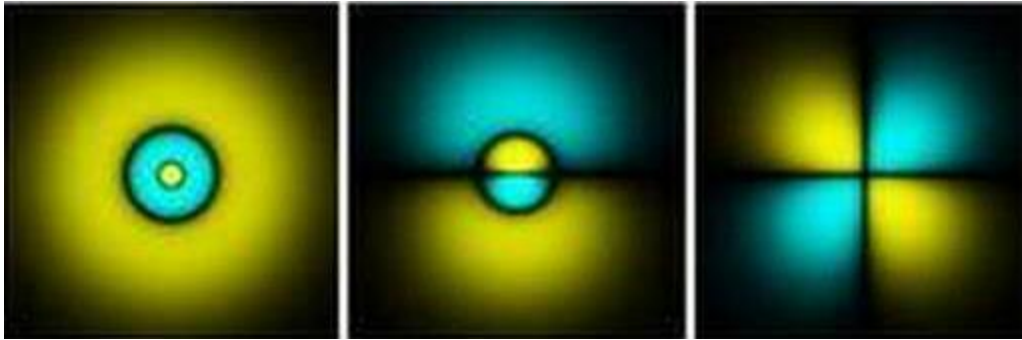


Energien einiger Orbitale;



Periodensystem der Elemente nach Niels Bohr;

Alle Elektronenorbitale sind durch bestimmte **Symmetrien** charakterisierbar. Manche (z. B. die sogenannten s-Orbitale) sind hochsymmetrisch: sie weisen eine Kugelsymmetrie auf, andere haben ein Symmetriezentrum bzw. Symmetrieebenen.



Drei verschiedene Orbitale mit unterschiedlichen Symmetrieeigenschaften: <http://greiterweb.de/weltverstehen/0-082-Zur-wahren-Natur-aller-Quanten.htm>

Nach dem heute immer noch diskutierten Standardmodell stehen auch alle elementaren Bestandteile der Materie zueinander in einem bestimmten Symmetrieverhältnis. Das Elektron (e) befindet sich gemäß seiner diversen Eigenschaften (wie Spin, Ladung und Masse) in einem Symmetrieschema neben all den anderen „Elementarteilchen“ (wie z.B. dem „Lichtteilchen“  $\gamma$ ).

In seinem Aufsatz „Symmetrien im Standardmodell“ sagt Thomas Naumann: *„Symmetrien schaffen nicht nur Ordnung unter den Bausteinen der Welt, auch die Struktur der Kräfte des Universums gehen aus der Symmetrie hervor.“*<sup>5</sup>

Es war bei der Sommerschule für theoretische Chemie im September 1980 in Graz, als ich mich zum ersten Mal mit Fragen der Symmetrie konfrontiert sah. Einen großen Eindruck hatte auf mich eine Bemerkung des Tübinger Professors für Mineralogie W. J. von Engelhardt gemacht. Er sagte: *„Wie ein verborgener Plan liegt die Symmetrie den wirklichen Strukturen zugrunde und schimmert mehr oder weniger deutlich unter der vordergründigen Unordnung hervor. Wenn wir sie im Wirklichen erkennen, so erscheint es uns, als ob wir damit ein im höheren Sinne Wirkliches und das wahrhaft Seiende gefunden haben... Wir werden deshalb die Symmetrie am treffendste kennzeichnen, wenn wir sie eine Idee im Sinne Platons nennen.“*<sup>6</sup> Das Ganze beeindruckte mich derart, dass ich in den 1980er Jahren versuchte, aus Symmetriebetrachtungen wesentliche Moleküleigenschaften abzuleiten. 1993 war es dann soweit, dass mein Kollege Manfred Kerschbaumer und ich ein Skriptum *„Die Symmetrie von Molekülen. Die Anwendung der Gruppentheorie auf ein physikalisch-chemisches Problem“* verfassten. In der Schlussbetrachtung konnten wir der Versuchung nicht widerstehen, ein Beispiel für eine Spiegelung eines musikalischen Themas an einem Zwischenraum zweier Notenlinien aus der „Kunst der Fuge“ von Johann Sebastian Bach anzuführen:

<sup>5</sup> <https://www.weltderphysik.de/thema/symmetrien/symmetrien-im-standardmodell/>

<sup>6</sup> E. Nachbaur, „Symmetrie – Wesen und Bedeutung“, Symmetrieregeln für Chemische Reaktionen, Graz 1980, S. 3;

Contrapunctis I: Das Thema (der dux):

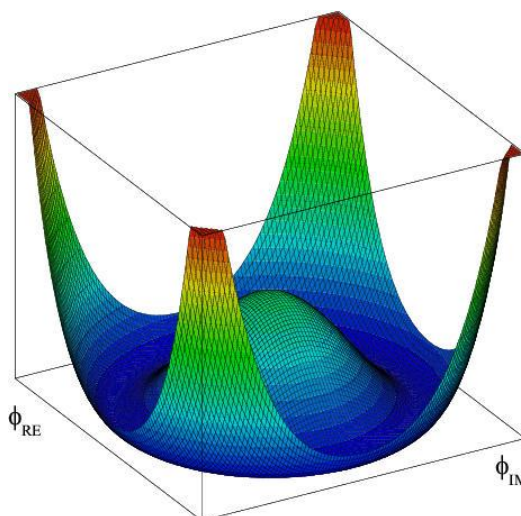


Contrapunctis IV:  
Spiegelung des dux um den 1. Zwischenraum:



In diesem Beispiel kommt die zeitliche Dimension hinzu. Auch die Physik kennt Symmetriebetrachtungen, die über den 3D-Raum hinaus gehen. Es gilt: Auch zeitliche Veränderungen müssen (z.B. nach dem **Konzept der spontanen Symmetriebrechung**) unter dem Aspekt der Symmetrie betrachtet werden.

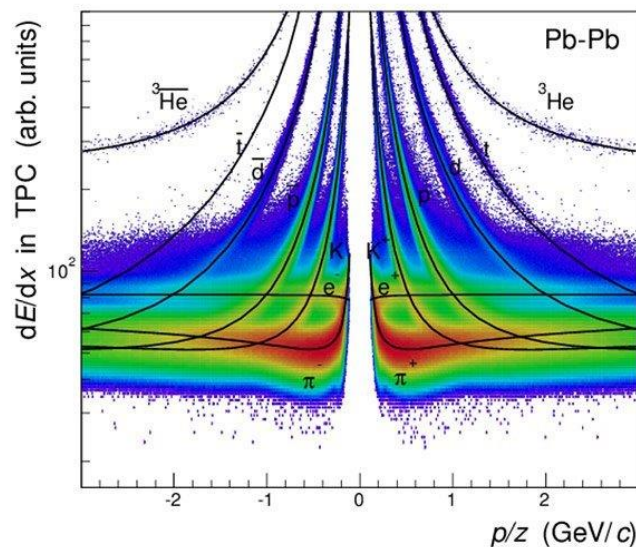
Wir gehen nun zeitlich weit zurück. An den Anfang. Die griechischen Philosophen sagten: „*Am Anfang war chaos (der gähnende Spalt)*“. In der weit älteren ägyptischen Vorstellung war da aber etwas ganz anderes. Im gnostischen „Nag-Hammadi-Codex“, der etwa um 300 n.Chr. abgefasst wurde, wird darauf angespielt: „*Weil alle... behaupten, es gebe nichts vor dem chaos, will ich dagegen beweisen, dass sich alle geirrt haben... Es (das chaos) ist etwas aus einem Schatten; man hat es „Finsternis“ genannt...*“ (NHC II 5,9) In der ägyptischen Vorstellung herrschte vor dem Akt der Schaffung eines Raumes, in den hinein etwas (alles) existieren kann, „Kekuzemau“, die lichtundurchlässige Urfinsternis und das unbegrenzte Urgewässer “Nun“. Es war demnach alles gefüllt. Das erinnert an die Vorstellung der heutigen Kosmologie, dass bei der Entstehung des Universums erst einmal die ständigen Löschungsvorgänge zu beenden gewesen sind, dass demnach das Universum dank einer Instabilität eines Löschungsvorganges entstanden sei!



Higgs-Potential: [https://de.wikipedia.org/wiki/Higgs-Mechanismus#/media/Datei:Mecanismo\\_de\\_Higgs\\_PH.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Higgs-Mechanismus#/media/Datei:Mecanismo_de_Higgs_PH.png)

So wird in der heutigen Kosmologie argumentiert: Sei angenommen, dass sich eine Kugel, auf dem obersten Punkt eines rotationssymmetrischen Potentials befindet. Bei der geringsten Störung wird die Kugel von diesem Punkt weggrollen und schließlich an einem Punkt auf dem Minimumkreis liegenbleiben. Die Konfiguration hat damit die ursprüngliche Symmetrie verloren, was als „Symmetriebrechung“ bezeichnet wird. Ein derartiger (Higgs)-Mechanismus wird heute auch ins Treffen geführt, wenn die Eigenschaft der Masse bestimmter Elementarteilchen erklärt werden soll. Und: Ein Übergang von der symmetrischen Phase in die gebrochene Phase wird auch für die **Entstehung der Materie** in den ersten Picosekunden des Universums diskutiert. Materie und Antimaterie vernichten einander. Ist aber ein geringer Überschuss von Materie vorhanden, dann – ja dann ist ein (bzw. das) Universum entstanden.

Bei dem im folgenden Diagramm festgehaltenen Ergebnis eines Experiments am CERN aus dem Jahre 2015 ist es (noch) nicht gelungen die anfängliche Symmetriebrechung nachzuweisen. Hier besteht (noch) Symmetrie zwischen Materie und Antimaterie, wie vor dem sogenannten „Urknall“:

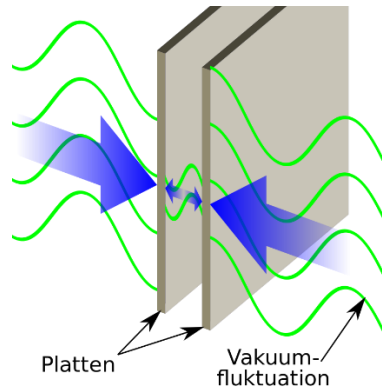


Energieverlust im ALICE-Detektor bei CERN für Antimaterie (links) und Materie (rechts) 2015:  
<https://www.scinexx.de/news/technik/antimaterie-suche-nach-symmetriebruch-geht-weiter/>

Das also wäre die Antwort auf die Frage „Warum ist etwas und nicht nichts?“ Das ständig mit destruktiver Interferenz befasste **Nichts** hat so viele negative Eigenschaften, dass es sogar **nicht** stabil ist! Diese Antwort erschien mir lange Zeit als zu platt und zu kurios, als dass ich sie ernst genommen hätte.

1948 hat der niederländische Physiker Hendrik Casimir vorausgesagt, dass sich zwei parallele leitenden Platte, abgesehen von allen anderen zwischen ihnen wirkenden Kräften, auch deshalb schwach anziehen, weil zwischen ihnen bestimmte Quantenfluktuationen mit nur ganz bestimmten Wellenlängen möglich sind, außerhalb dieser Platten keine derartigen Beschränkungen

vorliegen. Dieser Effekt ist in den letzten Jahren experimentell überprüft worden. Da ist ein messbarer Effekt. Seither halte ich auch die Theorie des Higgs-Mechanismus als nicht so absurd, wie sie auf den ersten Blick erscheinen mag.

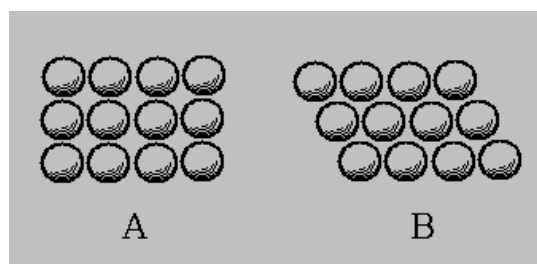


Casimir-Kraft auf zwei parallele Platten:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Casimir-Effekt#/media/Datei:Casimir-Effekt.svg>

Merkwürdige Eigenschaften des Vakuums werden auch bemüht, wenn es um die Frage geht, was denn eigentlich schwingt, wenn es um die Elektronenorbitale an Atomkernen geht. Die Antwort, die gegeben wird: Es ist der Raum, der schwingt. Und so sind die Schwingungsmuster, die die eine oder andere Lösung der Schrödingergleichung repräsentieren, nichts anderes als Darstellungen der Schwingungsmöglichkeiten des 3-D-Raumes (womöglich sogar des n-D-Raumes,  $n = 1, 2, 3 \dots$ )

Johannes Kepler hat sich im November 1610, als es in Prag zu schneien begann und er am Traktat „De nive sexangula“ schrieb, das lateinisch – (umgangssprachlich)-deutsche Wortspiel „nix (Schnee) – „Nix“ (Nichts) nicht entgehen lassen. Denn er präsentiert uns in dieser Schrift letztlich eine Theorie des Wechselspiels von Atomen mit dem leeren Raum. (Es stellte sich heraus, dass die von ihm damals entdeckte hexagonal dichteste Kugelpackung wirklich einem Minimum an leerem Raum entspricht. Kepler irrte allerdings, als er dieses Kristallgitter dem Schnee zuschrieb.)



J. Kepler, „Strena seu de nive sexangula“ (1611)

A: quadratische; B: hexagonale Anordnung von Kugeln in einer Ebene

## Schlussbemerkung

Die erstaunlichste Eigenschaft des „Nichts“ ist wohl dessen Instabilität und die Notwendigkeit des (Phasen)-Übergangs in einen Zustand niedriger Symmetrie. Ist man bereit abstrakt zu denken und nochmals die Analogie - ja eigentlich Übereinstimmung - von akustischen Phänomenen mit allen anderen Wellenphänomenen zu bedenken, so könnte man auf die Idee kommen, das Erklingen eines einzelnen Tones in die Stille hinein als Brechung der zuvor vorhandenen Symmetrie (des Nichts) aufzufassen. Man muss nur die Stille als vollkommenen Löschvorgang unendlich vieler Schwingungen betrachten und wenn dann doch ein Ton quasi übrigbleibt, dann ist eine Symmetriebrechung erfolgt. Jeder neue Ton entspricht so gesehen jeweils einem neuen Universum.

Und wenn wir zuhören, ja was passiert dann? Ich glaube, es war Béla Bartók, der darauf hingewiesen hat, dass jeder Ton aus der Stille kommt und letztlich dort ruht. In einer seiner Kompositionen soll er in die Partitur nach dem Schlussakkord noch etliche Pausenzeichen geschrieben haben. So zwingt uns Bartók einzugestehen, dass Musik aus der Stille kommt und in sie zurückkehrt. Und wir müssen lernen die Stille auszuhalten. Um so vielleicht wieder zur ursprünglichen Symmetrie zurückzufinden.