

Kurs K 1005510 Mittwoch 20.15 h-22.00 h

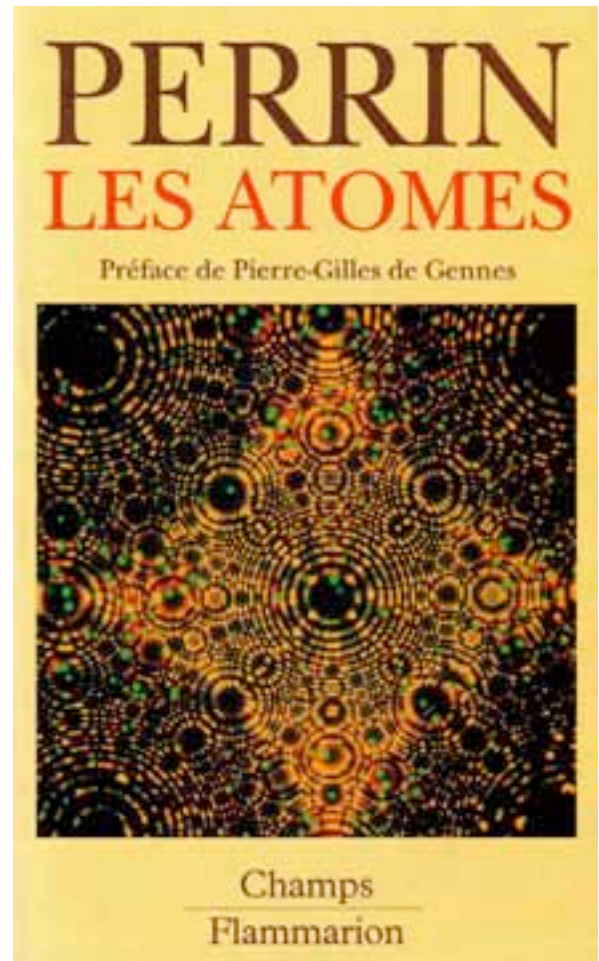
23. & 30. Januar, 20. & 27. Februar 2008. Heiri Schenkel

Phänomen, Modell und Wirklichkeit in der Physik

Der Mensch macht sich Bilder über die Natur

Anregende Experimente verleiten uns zum Nachdenken über die Geheimnisse der Natur. Zum Beispiel: Molekulare Bewegung, Regenbogen, Wellen in Optik und Akustik, Elektrischer Strom und Magnetismus, Atomspektren.

Ausgehend von der Beobachtung diskutieren wir Modelle und was "Wahrheit" und "Wirklichkeit" naturwissenschaftlich gesehen bedeuten. Vorstellungen über die Natur sind auch kulturell bedingt – dies lernen wir am Beispiel des Dialoges zwischen westlicher Wissenschaft und Buddhismus kennen.



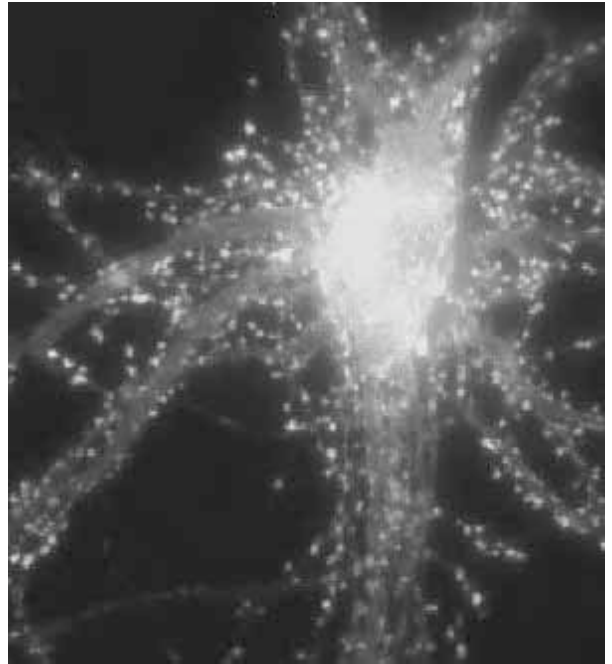
Die Themen der 4 Abende:

(Am Ende des ersten Abends werde ich eine kurze Umfrage durchführen, um Ihre Interessens-Schwerpunkte und ihre Erwartungen in den weiteren Abenden besser berücksichtigen zu können.)

- 23. Januar: Bewegung in der Materie**
- 30. Januar: Der Regenbogen**
- 20. Februar: Wellen in Akustik und Optik**
- 27. Februar: Magnetismus und Schwerkraft**

Dieses Dokument (in Farbe), wie auch jene der folgenden Abende, können sie unter <http://www.educare.ch> finden und herunterladen. Sie finden dort auch Dokumente von anderen Vorträgen und Weiterbildungskursen.

1.Aband: Bewegung in der Materie



Phänomene zum Einstieg: Experimente mit flüssigem Stickstoff

Was ist flüssiger Stickstoff?

Stickstoff ist mit 78 % der Hauptbestandteil der Gase der Luft. Er ist für die Lebewesen ein sehr wichtiges Element, das auf natürlichem Wege organisch gebunden wird. In organischer Form ist er als Baustein der Proteine ein wichtiges Hauptelement aller Organismen. Stickstoff ist ein zentrales Element im Stickstoffkreislauf der Ökosysteme und wird von den Lebewesen in einem energieintensiven Prozess organisch gebunden und verfügbar gemacht. Er kommt in Mineralien sehr selten vor. Auf der Erdoberfläche und in der Luft ist er wohl fast ausschließlich unabhängig von lebenden Organismen in der Anfangszeit der Erde entstanden und wurde erst später von den sich ausbreitenden Lebewesen gebunden.

Das Elementsymbol N leitet sich von der lateinischen Bezeichnung nitrogenium (von $\nu\tau\rho\nu\nu$, „Laugensalz“ und $\gamma\epsilon\nu\omicron\varsigma$ „Herkunft“) ab. Die deutsche Bezeichnung Stickstoff erinnert daran, dass er Flammen löscht, quasi erstickt oder dass ein Lebewesen in reinem Stickstoff ersticken wird.

Zur Herstellung von flüssigem Stickstoff wird Luft zunächst auf 200-fachen Atmosphärendruck verdichtet und die entstehende Wärme abgeführt. Durch schnelles Entspannen des unter Druck gesetzten Gases erniedrigt sich die Temperatur des Gases. Mit diesem Effekt konnte um 1895 erstmals Luft verflüssigt werden, was dem Erfinder LINDE an der Weltausstellung in Paris einen Preis einbrachte.

Flüssige Luft hat eine Temperatur von etwa -200°C . Bei -196°C verdampft daraus der Stickstoff, bei -183°C der Sauerstoff.

Verwendung findet flüssiger Stickstoff in der Nahrungsmittelindustrie, in der Herstellung von Düngemitteln aber auch in der Medizin als Gefriermittel.



Das Bild zeigt die Linde'sche Maschine an der Weltausstellung 1900 in Paris.

Die Eigenschaften der Materie

Der messende Mensch hat in hundertern von Jahren das Verhalten der Stoffe studiert und bis heute einen grossen Schatz an gemessenen Stoffeigenschaften zusammengetragen. Wir staunen über die grosse Vielfalt und die Verschiedenheit der mechanischen, thermischen, elektrischen und optischen Eigenschaften, welche bei den Stoffen in der Natur vorkommen.

Das einzelne, isolierte Atom (oder Molekül) eines Stoffes hat keine stofflichen Eigenschaften! Erst wenn sehr viele von ihnen zu einem stofflichen Verband zusammen kommen, treten die stofflichen Eigenschaften hervor. Diese neuen Eigenschaften sind emergent, sie treten hervor – aber erst im Verband – sie können nicht aus den Eigenschaften der isolierten Atome her abgeleitet werden.

Hier drei einfache Tabellen mit den wichtigsten Stoffdaten für Stoffe, welche in unserem normalen Lebensraum entweder fest, flüssig oder gasförmig sind. Eine Aufzählung aller heute bekannten Stoffeigenschaften würde tausende von eng bedruckten Seiten benötigen!

Eigenschaften von Gasen

Gase	Dichte bei 0°C und 101.3 kPa	Druck-Zunahme zwischen 0-100°C	Spez. Wärme - kapazität bei 20°C	Molare Wärme - kapazität bei 20°C	C_p/C_v bei 20°C	Kondensationspunkt bei 101.3 kPa	Kritische Temperatur	Kritischer Druck	Kritische Dichte	Schalengeschwindigkeit
Symbol	ρ	γ	c_p	C_m	κ	T_s	T_k	p_k	ρ_k	c
Einheit:	kg/m ³	1/K	J/kg · K	J/mol · K		°C	°C	Pa	kg/m ³	m/s
		$\cdot 10^{-3}$						$\cdot 10^4$		
Ammoniak NH ₃	0.771	3.77	2160	36.8	1.31	-33.4	132.4	11.30	235	415
Argon	1.784	3.68	523	20.9	1.65	-185.9	-122.3	4.90	536	308
Azetylen C ₂ H ₂	1.175	3.73	1683	43.8	1.23	-83.8	35.5	6.05	231	
Chlor Cl ₂	3.214		477	33.8	1.35	-34.1	144.0	7.70	567	206
Deuterium H ₂	0.180		7240	29.2		-249.5	-234.8	1.67	67	
Freon C ₂ F ₂ Cl	6.890		687	106		-38	80.8	3.20	595	
Helium	0.179	3.66	5230	20.9	1.63	-268.9	-268.0	0.23	69	971
Kohlendioxid CO ₂	1.977	3.73	837	36.8	1.29	-78.5	31.0	7.38	468	258
Luft, trocken	1.293	3.67	1005	29.1	1.40	-191.4	-140.7	3.77	328	344
Methan CH ₄	0.717	3.68	2219	35.6	1.31	-161.5	-82.3	4.40	162	430
Neon	0.900	3.66	1031	20.8	1.64	-246.1	-228.8	2.65	484	433
Sauerstoff O ₂	1.429	3.67	917	29.3	1.40	-183.0	-118.3	5.08	430	315
Schwefeldioxid SO ₂	2.926	3.84	640	41	1.27	-10.0	157.8	7.87	525	212
Stickstoff N ₂	1.251	3.67	1038	29.1	1.40	-195.8	-146.9	3.39	311	334
Wasserstoff H ₂	0.090	3.66	14320	28.9	1.41	-252.8	-239.9	1.30	30	1286

Eigenschaften von Flüssigkeiten

Flüssigkeiten bei 20°C, 101325 Pa	Dichte	Koeffizient Volumänderung	Erstarrungspunkt	Siedepunkt	spezifische Wärmekapazität	spezifische Enthalpie	spezifische Verdampfungswärme	Schalengeschwindigkeit in Flüssigkeiten
Symbol	ρ	γ	t_f	t_b	c_m	L_f	L_b	c
Einheit:	kg/m ³	1/K	°C	°C	J/(kg · K)	J/kg	J/kg	m/s
		$\cdot 10^{-4}$				$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	
Aceton	791	1.49	-94.9	56.3	2160	0.98	5.25	1190
Äthylalkohol C ₂ H ₅ OH	789	1.10	-114.5	78.3	2430	1.08	8.40	1170
Benzol, reines	740	1.06	-60.0	200	2200			1170
Benzol C ₆ H ₆	879	1.24	5.5	80.1	1725	1.28	3.95	1320
Diäthyläther (C ₂ H ₅) ₂ O	714	1.62	-116.3	34.5	2310	0.93	3.84	985
Glycerin C ₃ H ₈ (OH) ₃	1261	0.50	18.4	291	2052	2.01	8.25	1823
Methylalkohol CH ₃ OH	792	1.20	-97.8	64.6	2390	0.92	11.00	1121
Olivöl, typisch	920	0.72	-6.0	200	1970			1380
Petroleum	850	0.86	-70.0		1972			1320
Quecksilber Hg	13546	0.18	-38.9	356.6	139	0.118	2.85	1421
Quecksilber Hg (100°C)	13352							
Schwefelsäure H ₂ SO ₄	1840	0.57	10.5	338	1360	1.09	5.12	1440
Tetrachloräthylenstoff	1594	1.23	-23.0	76.6	861	0.218	1.85	943
Toluol C ₇ H ₈	867	1.11	-95.0	111	1687	0.72	3.64	1308
Wasser H ₂ O, dest.	998.2	0.21	0.0	100	4182	3.337	22.66	1403
Wasser (0°C)	999.84	1.11						
Wasser (4°C)	999.97							
Wasser (100°C)	958.35							1543
Wasser, schwer H ₂ O	1105	0.20	3.8	101.4	4212	3.18	20.72	1383

Eigenschaften fester Stoffe

für feste Stoffe bei 20°C, wo nichts anderes vermerkt.										
	Dichte	Koeffizient Längendehnung	Schmelzpunkt bei 1013 hPa	Siedepunkt bei 1013 hPa	spezifische Wärmekapazität	spezifische Schmelzwärme	Zugfestigkeit	Elastizitäts-Modul	Schallgeschwindigkeit Längswellen	Wärmeleitfähigkeit
Symbol:	ρ	α	t_f	t_b	c_p	L_f	σ	E	c	λ
Einheit:	kg/m ³	1/K	°C	°C	J/(kg·K)	J/kg	N/m ²	N/m ²	km/s	W/(m·K)
		$\cdot 10^{-6}$				$\cdot 10^3$	$\cdot 10^7$	$\cdot 10^{10}$		
Aluminium	2700	23.8	660	2447	896	3.97	15	7.1	6.4	239
Beton, etwa	2200	12.0			840		5	4	4.2	0.6
Blei	11340	31.3	327	1750	129	0.23	1.4	1.7	1.2	35
Diamant	3510	1.3	>3500		525					
Eis (bei 0°C)	917	37.0	0	100	2050	3.34			3.2	2.2
Eisen	7870	12.0	1535	2750	450	2.77	21.5	21.9		80
Germanium	5350	6.0	959	2830	322	4.1		8.1	3.9	60
Glas, normal	2500	8.5			800		6	7.2	2.8	0.75
Glas, Quarzglas	2200	0.5			710		9	7.5	5.4	1.36
Gold	19290	14.3	1063	2707	129	0.64	11	7.7	2.0	312
Graphit	2240	7.9	3650		710					150
Gummi	1450									0.17
Gusseisen	7200	10	1200		540					
Hartholz (längs Faser)	700	6			1500		14	1.5		0.3
Hartholz (quer zur Faser)	700	50			1500		0.7	0.15		0.15
Kalkstein, Marmor	2700	11						7.2	3.8	2.8
Kochsalz	2150	40	800	1460	860	5				
Kork	250				1900				0.5	0.05
Kupfer	8960	16.8	1083	2595	383	2.05	22	12.4	3.8	384
Messing	8470	18.0	905		380		28	11	3.5	111
Natrium	970	71.0	98	890	1228	1.13				138
Nickel	8900	12.8	1453	2730	448	3.03	44	20	6.0	81
Paraffin	900									0.26
Platin	21500	9.0	1769		133	1.11	14	17	2.8	70
Plexiglas	1180	7.5			1300		7	0.3	2.7	0.18
Porzellan	2450	3.5						6	4.9	1
Quecksilber (-39°C)	13960		-39		140	0.118				
Radium	5000		700	1140		0.367				
Schwefel	2070		119	445	705	0.067				0.26
Silber	10500	19.7	961	2180	235	1.045	16	8	2.8	428
Silizium	2420	7.6	1415	2355	730	1.654		10		150
Stahl	7900	16.0	1450		450		64	19.1	6.0	
Styropor, ca.	20									0.04
Uran	18700	14.5	1130	3930	115	0.828	31	17.8	3.4	27
Ziegelstein, ca.	1800	5.0								0.7
Zink	7130		420	907	385	1.11	14	9.3	3.8	112
Zinn	7290	27.0	232	2687	227	0.596	1.4	5.3	2.7	640
Zucker	1590	83.0	186		1242	0.561				
Symbol:	ρ	α	t_f	t_b	c_p	L_f	σ	E	c	λ

Lektüre zum Thema

Die Idee, dass die Materie aus kleinsten Bausteinen zusammengesetzt ist

Vorbemerkung

Richard Feynman, ein bekannter Physiker, meinte einmal: Wenn man einer fremden Zivilisation das wichtigste Ergebnis der Naturwissenschaften des 20. Jahrhunderts mitzuteilen hätte, so müsste man sagen: *"Die Welt ist aus Atomen aufgebaut."*

Dies mag einleuchten, aber auch wenn man von der Existenz der Atome überzeugt ist, so ist damit die erstaunliche Komplexität der Natur noch nicht „erklärt“: Wie kommt es, dass diese Atome den „unbändigen Willen“ haben, sich in unendlich vielen Variationen miteinander zu verbinden und



Wassermoleküle, Eiweiße, Fledermäuse, Bergkristalle, Viren, Menschen zu bilden und Sinneswahrnehmungen, Denkprozesse, Trauer, und Freude ermöglichen?

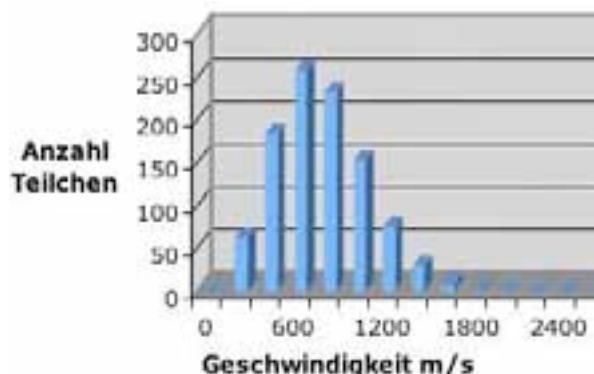
Der Physikalismus möchte alle Erscheinungen der Welt auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Grundbestandteile (sofern es solche gibt) zurückführen. Dieses Reduzieren der komplexen Welt auf wenige Grund-„Tatsachen“ steht heute wieder vermehrt in der Kritik, auch von PhysikerInnen, wie der vor kurzem publizierte Artikel von ROBERT LAUGHLIN zeigt, der gleich nachfolgend auf *Seite 6* eingefügt ist.

Die **Mathematik** steht für die heutige Wissenschaft, vor allem für die Physik, an zentraler Stelle. Sie wird als der unbestechliche Prüfstein für die „Wahrheit“ von Theorien angeschaut. Je exakter die mathematische Formel die gemessenen Aspekte der Natur beschreibt und voraussagt, umso „wahrer“ erscheint das (mathematische) Modell, welches für die Behandlung eines Teilaspekts der Natur verwendet wird.

Ein Beispiel:

$$f(v) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \left(\frac{m}{kT}\right)^{1.5} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{m \cdot v^2}{2kT}}$$

Die Aussage dieser mathematischen Beziehung („Formel“) ist: Sie beschreibt, welche Geschwindigkeiten bei den Teilchen eines Gases wie häufig vorkommen. Ihre Aussage lässt sich graphisch darstellen und diese sieht dann für Wasserstoffteilchen bei Raumtemperatur so aus:



Es ist immer sehr erhellend und auch interessant, die Geschichte einer Idee oder einer Modellvorstellung von den frühen Anfängen bis heute zu verfolgen, und so findet sich im Folgenden ab *Seite 7* ein kurzer Abriss der „Idee Atom“. Mehrere der Texte stammen aus dem leider vergriffenen Buch von ROMAN SEXL. Die Texte wurden teilweise gekürzt und überarbeitet.

Die Geschichte der Idee Atom

1. Demokrit spekuliert über Atome

Wie kann man über Atome denken? Weshalb gerade in jenem 6. Jahrhundert BC gerade im ionischen Griechenland die Frage über den Aufbau der Materie gestellt wurde? Man weiss es nicht.

"Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter. In Wirklichkeit gibt es nur Atome und den leeren Raum."

Diese zentrale Aussage des DEMOKRIT (geboren 470 BC), die wohl auch seinem Vorgänger LEUKIPP entspricht, drückt das aus, was auch noch heute Programm ist: Die Erscheinungen der Welt aus dem Verhalten der "vollen" Atome zu erklären. Schon Demokrit musste, um den Reichtum der Naturerscheinungen zu deuten, eine Vielzahl von verschiedenen Atomformen annehmen, runde, eckige, solche mit Haken und Ösen.

Lange glaubte man, die Griechen hätten auf das Experiment, auf den konkreten Bezug zur Realität wenig Wert gelegt – dem ist aber wohl nicht so. Auch Demokrit versuchte, z.B. das Ausbreiten von Düften und die Dialyse von Wasser durch das Verhalten und die Form der Atome zu erklären, er ging also durchaus auch von der Empirie, von der Erfahrung aus.

PLATON kritisierte das fast mathematische (zumindest geometrische) und materialistische Konzept von Demokrit. Die Ursprünge der Welt ($\alpha\rho\chi\alpha\iota$) sah er "idealistisch" und legte dies in seinem Werk "Timaios" dar. Der Kosmos ist erfüllt von Sinn und als beseelter Organismus durch den göttlichen Demiurgen geschaffen worden. Der pythagoreischen Auffassung folgend sind unveränderliche Zahlen und geometrische Verhältnisse Ausdruck der Harmonie des Kosmos. Die reale Welt ist ein unvollkommenes Schattenbild der Welt der Ideen, welche die wahre Welt bedeuten. Diese Frage nach der wahren Welt zieht sich bis in unsere Zeit – und sie wird sich wohl, solange Menschen über Natur und Existenz denken, weiter bestehen.

2. Aristoteles bekämpft die Atomisten

ARISTOTELES gab die Lehre des Demokrit wieder, ohne sie zu akzeptieren, denn er war Gegner des Vakuums und einer diskontinuierlichen, körnchenhaften Materie. Die Atome bedingten ja neben ihrer Vollheit das Nicht-Sein, das Leere, das Vakuum.

Für Aristoteles waren die sinnlich feststellbaren Qualitäten das Wirkliche und Primäre, nicht die Ideen. Seine organische Gesamtsicht und Denkkargumente liessen ihn die Atome ablehnen: Die Teilung hört ja nie auf, es gibt immer ein noch kleineres. Und die Vielfalt der Atome, welche zur Erklärung der Naturvielfalt benötigt wird, ist intellektuell unbefriedigend. Dass das "Nichts" existieren soll, findet er auch absurd: horror vacui. Erst im 17. Jahrhundert verlor man die Angst vor dem Vakuum.

Die Tugend des Denkens beschränkte Aristoteles auf reife, männliche Erwachsene und niemals auf Frauen, Kinder oder Barbaren, also Nichtgriechen. Gemäss Aristoteles fehle der Frau etwas und sie sei „ein unvollständiger Mann“. „Der Mann gibt die „Form“, die Frau den „Stoff“. Mit „Form“ meint er hierbei, dass der Mann alle Eigenschaften für das Kind in seinem Samen trägt und die Frau nur die Hülle liefert. Aus diesem Grund ist die Frau nur passiv, der Mann aktiv gebend. Das Unerfreuliche an seinen Ansichten ist, dass diese im Mittelalter maßgeblich das Bild der Frau prägten. Die Gründe, weshalb die Offenbarungsreligionen ein so negatives, verzerrtes Bild der Frau entwickelten, sind vielleicht durch die Angst des Mannes vor dem Matriarchat bedingt und die Wurzeln dazu wurden wohl im Christentum mit Bezug auf die Autorität des Aristoteles sehr früh gelegt.

Die Gedanken Demokrits nahm der Atomist und Epikureer LUKREZ (LUCRETIVS CARUS 96-55 BC) wieder auf und er ist sogar der Meinung, auch Seele und Geist seien atomar. Sein Lehrgedicht aus *"De rerum natura"* auf der nächsten Seite ist beeindruckend und erstaunlich modern.¹

¹Lucretius Carus war bestrebt, eine Philosophie zu vermitteln, die dem Menschen Gemütsruhe und Gelassenheit gibt und ihm die Furcht vor dem Tode und den Göttern nimmt, die aus der Unkenntnis des Menschen über seine Stellung in der Welt, über die Natur und das Wesen entspringt und folglich durch Aufklärung überwunden werden muss. Lucretius Carus nimmt, im Gegensatz zu Epikur, Anteil an den gesellschaftlichen Ereignissen seiner Zeit, verurteilt den sittlichen Verfall des Adels,

QUAE IN SOLIS RADIIIS APPAREANT	SONNENSTÄUBCHEN
Cuius, uti memoto, rei simulacra et imago ante oculos semper nobis versatur et instat.	Folgendes Gleichnis und Abbild der eben erwähnten Erscheinung Schwebt uns immer vor Augen und drängt sich täglich dem Blick auf.
contemplator enim, cum solis lumina cumque inserti fundunt radii per opaca domorum:	Laß in ein dunkles Zimmer einmal die Strahlen der Sonne Fallen durch irgendein Loch und betrachte dann näher den Lichtstrahl:
multa minuta modis multis per inane videbis corpora misceri, radiorum lumine in ipso,	Du wirst dann in dem Strahl unzählige, winzige Stäubchen Wimmeln sehn, die im Leeren sich mannigfach kreuzend vermischen,
et vel ut aeterno certamine proelia pugnas edere turmatim certantia nec dare pausam, conciliis et discidiis exercita crebris; conicere ut possis ex hoc, primordia rerum quale sit in magno lactari semper inani. dum taxat, rerum magnarum parva potest res exemplare dare et vestigia notitiae.	Die wie in ewigem Kriege sich Schlachten und Kämpfe zu liefern Rottenweise bemühen und keinen Moment sich verschlafen. Immer erregt sie der Drang zur Trennung wie zur Verbindung. Daraus kannst du erschließen, wie jene Erscheinung sich abspielt. Wenn sich der Urstoff stets im unendlichen Leeren bewegt, Insofern auch das Kleine von größeren Dingen ein Abbild Geben und führen uns kann zu den Spuren der wahren Erkenntnis.
Hoc etiam magis haec animum te advertere par est corpora quae in solis radiis turbare videntur, quod tales turbae motus quoque materiae significant clandestinos caecosque subesse. multa videbis enim plagis ibi percita caecis	Um so mehr ist es recht, daß du diese Erscheinung beachtest, Wie in dem Sonnenstrahle die winzigen Körperchen wimmeln, Weil dergleichen Gewimmel beweist, auch in der Materie Gibt's ein unsichtbares, verborgenes Weben der Kräfte. Denn bei den Stäubchen erkennst du, wieviele die Richtung verändern,
commutare viam retroque repulsa reverti, nunc huc nunc illoc, in cunctas undique partis.	Trifft sie ein heimlicher Stoß, und wie sie sich rückwärts wenden, Hierhin und dorthin getrieben nach allen möglichen Seiten.
scilicet, hic a principis est omnibus error. prima moventur enim per se primordia rerum; inde ea quae parvo sunt corpora conciliata et quasi proxima sunt ad viris principiorum, actibus illorum caecis impulsa cientur, ipsaque prospero paulo maiora lacessunt.	Merke, die ganze Bewegung beginnt hier bei den Atomen. Denn es erhalten zuerst die Urelemente den Anstoß. Hierauf werden die Körper, die wenig Verbindungen haben Und in der Kraft sich am nächsten den Urelementen vergleichen. Durch unmerkliche Stöße von diesen dann weiter getrieben, Und sie führen dann selbst den Stoß auf die größeren weiter. So geht von dem Atom die Bewegung empor und sie endet Mählich bei unseren Sinnen, bis endlich auch das sich bewegt, Was wir im Lichte der Sonne mit Augen zu schauen vermögen, Ohne doch deutlich die Stöße zu sehn, die Bewegung erregen.
sic a principis ascendit motus et exit paulatim nostros ad sensus, ut moventur illa quoque, in solis quae lumine cernere quimus nec quibus id faciant plagis apparet aperte.	

Trotzdem war dann für die christliche Welt Aristoteles der verbindliche Naturphilosoph und erst im 12. Jahrhundert konnte man beginnen, ihn zaghafte zu kritisieren.

4. Ein Seitenblick: Auch die Hindus und die Buddhisten dachten über Atome nach

Das buddhistische Denken war so ausschliesslich mit dem Erfahren des Menschen und seiner spirituellen Entfaltung beschäftigt, dass es schien, die „äussere physische“ Welt sei darob fast vollständig vergessen worden. Dies folgte aus einer Grundannahme des buddhistischen Denkens: Das einzig reale unserer Welt sind unsere mentalen Zustände. Durch diese erfahren wir die Welt, welche folglich nicht so unmittelbar real ist. Es gibt mentale Zustände, aber keine mentale Existenz. Mentale *Zustände* sind real, aber nicht der Geist oder die Seele.

Die westliche Naturwissenschaft ist in den letzten hundert Jahren auch zu der Erkenntnis gelangt, dass Beobachter und Beobachtetes nicht getrennt werden können und das Denken Bestandteil des Erfahrenen ist. Es gibt also nicht eine scharfe Trennung zwischen dem Denken und der „Welt da draussen.“

Trotzdem wird auch im Buddhismus anerkannt, dass es Situationen des Erfahrens gibt, wo wir im Kontakt mit Dingen sind, welche nicht auf unsere mentalen Zustände reduziert werden können – aber es wird die Frage gestellt, ob man aus der Erfahrung auf die reale Existenz eines Objekts schliessen dürfe. Das in einer bestimmten Wahrnehmungssituation Erscheinende ist einen historischen Strom eingebettet und kann deshalb nicht momentan in seiner Wirklichkeit erfahren werden.

Aufbauend auf hinduistischen Erkenntnissen, sind Atome in der buddhistischen Philosophie nicht einzeln denkbar, sondern bilden Verbände. Die kleinste Struktur besteht nach dieser Ansicht aus 8 Atomen, ist aber allein nicht beständig, sondern muss mit mindestens 7 weiteren solcher Einheiten verbunden sein. Diese 8 Einheiten (eine Oktade) bilden die 4 „grossen elementaren Qualitäten“ Solidifikation, Kohäsion, Temperatur und Bewegung und die 4 sekundären, nämlich Farbform, Geruch, Geschmack und Tasten. Im Organismus sind diese Qualitäten dann direkt verknüpft mit dessen Eigenschaften und der gesamten Organisation.² Diese Organisation wird durch eine weitere Grösse, der „Lebenskraft“ zur Nonade ergänzt. Schliesslich gesellt sich dazu noch die Sinnesorganisation und wir haben eine Dekade: Augendekade, Ohrdekade, Herzdekade, usw

Zwischen zwei Denkrichtungen, Sarvastivada und Sautrantika, war ein Disput darüber, ob sich die Atome berühren oder ob ein Zwischenraum sei. Oder: Ob kein Zwischenraum sei und sie sich doch nicht berühren. So oder so, die Idee war doch, die Sinnesfähigkeiten mit den Eigenschaften der Atome zu „erklären“: Die Sehsinnatome hätten so Augenform wie Kümmelblüten, die Ohratome wie Birkenblätter, die Geschmacksinn-Zungenatome wie Halbmonde, die Körperatome Körperform, etc.

Es wurde dabei übersehen, dass solche Gesetze und Konzepte nie Ereignisse und deren Struktur erhellen können, geschweige denn die Ganzheit eines Organismus. Dort setzte dann auch die Kritik an diesem reduktionistischen Entwurf ein. Da das Atom nicht bewiesen sei, könne man damit nicht die Eigenschaften von Aggregaten verstehen wollen. Es wurde auch argumentiert, dass man mit dem Begriff des isoliert existenten Atoms nicht die Erscheinungen in ihrer Vielfalt erklären könne. Erst im Zusammenwirken entstehen die wahrgenommenen Eigenschaften. Was die Atome zusammenhalte sei das Karma der „sentient beings“.

Es muss aber deutlich gesagt werden: Im Abidharma³ wird nicht versucht, aus statischen mechanischen Einheiten das Ganze zu „erklären“, weil nach buddhistischer Ansicht ohnehin alles im Fluss ist und Dinge wie Oktaden, Nonaden etc eben Ereignisse und nicht statische Entitäten sind. Sie erscheinen und vergehen im ständigen Fluss und strukturieren sich ständig neu.

Nach diesem kleinen interkulturellen Seitenblick nach Asien kehren wir in das europäische Mittelalter zurück.

² In buddhistischer Konzeption wird die Fähigkeit der Sinneswahrnehmung als ein Organ gesehen.

³ Das Abidharma, das manchmal als "buddhistische Psychologie" bezeichnet wird, beinhaltet die systematische Aufzeichnung der gedanklichen Auseinandersetzung mit Erkenntnissen, wie sie aus der Praxis der Einsichtsmeditation gewonnen wurden. In dieser Übung wird Unterscheidungsfähigkeit geweckt, entwickelt und angewandt, die zu grundlegenden Einsichten in die Natur des menschlichen Geistes, menschlicher Erfahrung führt. Diese über 2500 Jahre alten Lehren beziehen sich somit auf ein Gebiet, das auch die westliche Psychologie erforscht.

5. Die Atome werden katholisch

Nachdem der christliche Hofphilosoph Aristoteles, der Vorläufer Christi im Weltlichen, fest etabliert war, waren die Atome als Idee tot. Die regellose Bewegung der Atome, wie sie LUKREZ erahnte, widersprach dem Allwissen Gottes und häretische Atomisten endeten bis ins 17. Jahrhundert auf dem Scheiterhaufen.

PIERRE GASSENDI (1592-1655) machte dann die Atome wieder hoffähig, indem er den Beginn ihrer Bewegung Gott (eine Art Demiurg wie bei Plato) zuschrieb.

"Im folgenden müssen wir die Ansicht aufgeben, Atome würden von Ewigkeit her ziellos umherirren und es immer noch tun. Wir können zugeben, dass Atome in Bewegung sind: sie werden bewegt durch eine treibende und handelnde Kraft, die ihnen Gott bei der Schöpfung mitgegeben hat (...)"

Die Atome waren so in den göttlichen Plan aufgenommen und JEAN MAGNIEN (Joannes Chrysostomus Magnus, ca. 1600-1670) durfte nun sogar diskutieren, aus wievielen Atomen ein Weihrauchkorn besteht!

»Mehr als einmal habe ich beobachtet, wie sich der Rauch eines verbrannten Weihrauchkornes so verbreitet, daß er einen Raum erfüllt, der mehr als 700 Millionen mal größer ist als das Korn selbst. Da es nun in diesem mit Weihrauch erfüllten Raum keine feststellbare Luftmenge gab, welche keine Dünste enthielt und das Weihrauchkorn etwa die Größe einer Erbse hatte, welche ohne Feuer in mindestens tausend noch vom Auge feststellbarer Teilchen geteilt werden kann, so folgt daraus daß die Anzahl noch feststellbarer duftender Teilchen in diesem Raum 700 000 000 000 betrug. Aber auch jene einzelnen Teilchen waren ein Konglomerat von verschiedenen Partikeln, und mit großer Wahrscheinlichkeit enthielt jedes von ihnen mindestens eine Million Atome. Aus dieser Berechnung ergibt sich also, daß in diesem Weihrauchkorn, obgleich es selbst nicht größer als eine Erbse war, mindestens 700 000 000 000 000 000 000 000 Elementaratome enthalten waren. Daraus kann man ersehen, wie winzig ein Atom ist, und kann erahnen, wie groß die Anzahl der Atome im ganzen Universum sein muß.«¹⁹

6. Die Chemie entdeckt das Atom

Feuer, Luft, Wasser, Erde waren die aristotelischen Elemente der Welt. Zu Beginn des 18. Jahrhunderts löste das Phlogiston, der flüchtige Wärmestoff, das Element Feuer ab. Ab 1750 begann man die Luft des Aristoteles zu kritisieren: Es brauchte mehrere deutlich verschiedene "Lüfte", um die Beobachtungen zu deuten und Antoine LAVOISIER postulierte 1789

in seinem "Traité élémentaire de chimie" 23 Elemente – tragischerweise brauchte die Revolution keine Chemiker und er wurde, aus politischen Gründen, hingerichtet.

Die Zahl der notwendigen Elemente nahm zu, aber diese Komplikation ermöglichte die Formulierung einfacher Gesetzmässigkeiten durch AVOGADRO und DALTON: Es sah so aus, als ob sich die Bestandteile der bei chemischen Reaktionen verbindenden Stoffe in immer gleichen Mengenerhältnissen zusammenfanden.

7. Der hundertjährige Krieg beginnt

Jetzt ging es darum, das sich Verbinden von Atomen auf Grund von Kräften zu verstehen, wobei man vor allem enorme Mühe hatte, Kräfte zwischen gleichen Atomen zu akzeptieren. Es sind doch Gegensätze, die sich anziehen! Auch die Erklärung des Druckes mit abstossenden Kräften bei Newton war für die atomare Bindung nicht förderlich. Trotzdem: Die Atomhypothese hatte eine so stark ordnende Wirkung in der Vielfalt der chemischen Phänomene, dass 1860 in einem Chemikerkongress in Karlsruhe deren Existenz quasi „beschlossen“ wurde.

Die Chemie hatte nun Atome, die Physik keine! Dies wohl deshalb, weil man sich in der Physik vom mechanistischen Denken abgewandt und den romantischen Ideen von SCHELLING und HEGEL zugewandt hatte, dann aber auch dem Positivismus gefolgt war, wo in erster Linie vom Experiment, der direkten Beobachtung ausgegangen wurde, und nicht von Mythen, als welches das Atom empfunden wurde. Die Wiener Schule mit der einflussreichen Person von ERNST MACH hatte hier grosse Bedeutung.

8. Warum drücken Gase?



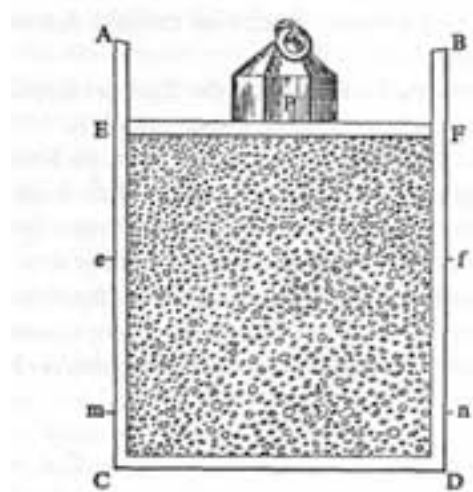
Die falschen Vermutungen BOYLE's und NEWTONS wurden u.a. erst vom Basler DANIEL BERNOULLI 1738 berichtigt: Er wagte es (wieder), die Atome der Luft als bewegt anzunehmen und konnte so bereits bekannte Gesetze für die Gase „verstehbar“ machen. Es dauerte aber noch mehr als 100 Jahre, bis man die Bewegung der Moleküle akzeptieren konnte. Die *kinetische Gastheorie* von KRÖNIG zeigte, dass die Moleküle sich rasend schnell bewegen mussten (siehe Beispiel auf Seite 5), aber dauernd durch Zusammenstöße abgelenkt und abgebremst werden. Viele Erscheinungen fanden nun durch diese Vorstellung eine selbstverständliche "Erklärung" und die Frage stellte sich, wann man die Existenz der Atome als erwiesen annehmen dürfe, obwohl man ahnte, dass möglicherweise der Atomismus nicht die einzig mögliche Erklärung für die beobachteten Phänomene war.

Hier folgt ein *Originaltext* des berühmten Baslers (wohl in modernisiertem Deutsch, möglicherweise aus dem Lateinischen übersetzt):

Der Gasdruck und die Hypothese von den Korpuskeln

1. Wenn wir jetzt die elastischen Flüssigkeiten betrachten, so wird es erlaubt sein, ihnen eine Konstitution beizumessen, die mit allen uns bis jetzt bekannt gewordenen Eigenschaften im Einklang steht, so daß uns auch der Zugang zu den übrigen offen steht, die noch nicht hinreichend untersucht worden sind. Die besonderen Eigenschaften der elastischen Flüssigkeiten aber bestehen darin, (1.), daß sie Schwere besitzen, (2.), daß sie sich auf den ganzen Raum ausbreiten, wenn sie nicht zusammengehalten werden, und (3.), daß sie sich beständig mit wachsenden Druckkräften mehr und mehr zusammenpressen lassen. So ist die Luft beschaffen, auf die sich hauptsächlich unsere gegenwärtigen Überlegungen erstrecken sollen.

2. Man stelle sich somit ein lotrechtes zylindrisches Gefäß ACDB vor und in ihm einen beweglichen Deckel EF, auf dem ein Gewicht aufgesetzt ist. Der Raum ECDF enthalte kleinste Körperchen, die in rapider Bewegung hin und her gejagt werden. Auf diese Weise bilden die Körperchen, während sie gegen den Deckel EF prallen und diesen durch ihre ständig wiederholten Stöße stützen, eine elastische Flüssigkeit, die sich bei entferntem oder vermindertem Gewicht P ausdehnt, die sich bei erhöhtem Gewicht verdichtet und die den waagrechten Boden CD ebenso belastet, als wäre sie mit keiner elastischen Kraft versehen. Mögen nämlich die Körperchen ruhen oder umhergejagt werden, so ändert sich doch ihre Schwere nicht, so daß der Boden einmal dem Gewicht und dann auch der Elastizität der Flüssigkeit standzuhalten hat. Wir werden also eine solche Flüssigkeit, die mit den oben genannten Eigenschaften elastischer Flüssigkeiten übereinstimmt, der Luft gleichsetzen und werden somit die einen, die schon für die Luft entdeckt worden sind, entwickeln und die anderen Eigentümlichkeiten, die noch nicht genügend untersucht worden sind, eingehender erläutern.



Der Gasdruck in einem zylindrischen Gefäß

3. Wir sehen die in einem zylindrischen Hohlraum eingeschlossenen Körperchen der Zahl nach gleichsam als unendlich an, und wenn sie den Raum ECDF einnehmen, dann sagen wir, daß sie den natürlichen Zustand der Luft darstellen, auf deren Beschaffenheit alles zurückzuführen ist. Somit unterscheidet sich das Gewicht P, das den Deckel in der Lage EF festhält, nicht von dem Druck der darüber liegenden Luft, den wir daher im folgenden mit P bezeichnen werden.

Es sei aber bemerkt, daß dieser Druck keineswegs gleich ist dem absoluten Gewicht eines lotrechten Luftzylinders, der auf dem Deckel EF in der Atmosphäre lastet, was bis jetzt die Autoren irrtümlich behauptet haben, sondern dieser Druck ist gleich der vierten Proportionalen zur Erdoberfläche, zur

Größe des Deckels EF und dem Gewicht der ganzen Atmosphäre, die auf der Oberfläche der Erde lastet. [. . .]

6. Indessen kann die Elastizität der Luft nicht nur durch Verdichtung erhöht werden, sondern auch durch Steigerung der Wärme, und weil es ja feststeht, daß sich die Wärme allenthalben durch wachsende innere Bewegung der Partikeln steigert, so folgt, daß die bei unverändertem Raum erhöhte Elastizität der Luft deutlich eine intensivere Bewegung der Luftpartikeln zeigt, was mit unserer Hypothese richtig übereinstimmt. Offenbar ist nämlich ein umso größeres Gewicht P zum Zusammenhalt der Luft in der Lage ECDF erforderlich, mit je größerer Geschwindigkeit die Luftpartikel hin und her gejagt werden. Es ist sogar nicht schwierig zu erkennen, daß das Gewicht P dem Quadrat ebendieser Geschwindigkeit proportional ist, und zwar deshalb, weil durch die erhöhte Geschwindigkeit einmal die Zahl der Stöße und dann auch deren Intensität auf gleiche Weise wächst und weil jedes für sich aber dem Gewicht P proportional ist. (...)

9. Ein Kampf in Wien und seine Tragik

Die philosophische Auseinandersetzung um die Existenz der Atome wurde heftiger und betraf die Möglichkeit von Erkenntnis. ERNST MACHS (1838-1916) Bemerkung "Habens schon eins gesehen?" bezüglich der Atome bedeutet, man solle sich auf direkt Beobachtbares beschränken und in der Physik keine Metaphysik betreiben. Er war ein überzeugter *Positivist*. Die Aufgabe der Wissenschaft sei es, die Fülle des Wahrgenommen denkökonomisch (also möglichst einfach) zu strukturieren. Das "Ich" und seine inneren Bilder werden dadurch unwichtig, "das ich ist unrettbar". Die Stimmung gegen das Metaphysische wurde wohl auch genährt durch den oft als zweifelhaft erlebten Siegeszug von Technik und Industrialisierung.

Sogar ein eminenten Chemiker wie WILHELM OSTWALD wollte auf Atome und kinetische Theorie verzichten und alle Erscheinungen auf die Grösse Energie zurückführen. 1895 scheint sich das entscheidende Duell zwischen Boltzmann (der Nachfolger Machs geworden war) und Ostwald in Wien zugetragen zu haben: Ersterer siegte, wie einer der ihn Unterstützenden berichtete. Es dauerte aber noch weitere 15 Jahre, bis die Zeit für das Atom auch bei der Physik reif war. Boltzmann verzweifelte tragischerweise vorher und nahm sich in Triest das Leben.

10. Die Existenz des Atoms wird in Brüssel „beschlossen“

Es war dann schliesslich in den Laboratorien, wo die Entscheidung fiel: 1895 entdeckte RÖNTGEN seine durchdringenden Strahlen, ein Jahr später BECQUEREL die Radioaktivität und nach einem weiteren Jahr wies THOMSON die Kathodenstrahlen als einen Teilchenstrom nach. Bruchteile, Trümmer von Atomen liessen also die Atome selber dahinter vermuten. Die von Brown mehr als 70 Jahre zuvor beobachtete Bewegung der Materie wurde von EINSTEIN und SMOLUCHOWSKY im Sinne von LUKREZ als Folge der molekularen Bewegung interpretiert und auch die mathematische Analyse stimmte mit den Beobachtungen überein, welche vor allem JEAN PERRIN mit grosser Akribie in Sedimentationsexperimenten anstellte.

So kam es zu der berühmten, vom Industriellen SOLVAY gesponserten Konferenz im Hotel Métropole in Bruxelles im Jahre 1911 (siehe Bild nächste Seite), bei der die Existenz der Atome auf Grund der eindrücklichen Erkenntnisse aus vielen Ländern sozusagen "beschlossen" wurde.

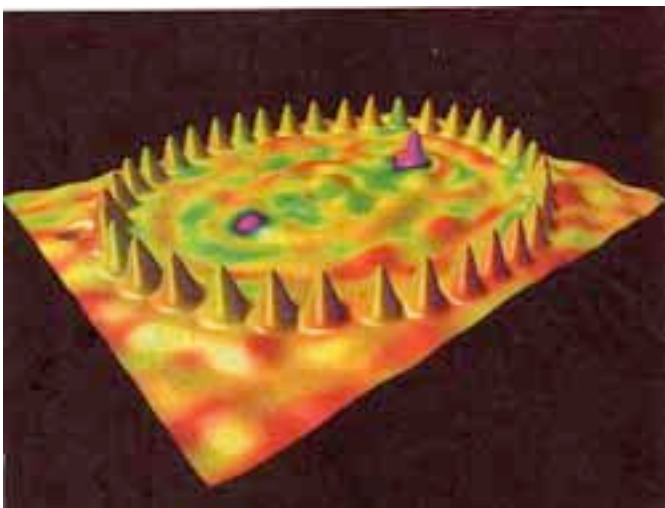


Nur gerade zwei Jahre später bestätigte MAX VON LAUE mit der Beugung und Interferenz von Röntgenwellen an Kristallen diesen Beschluss auf eindruckliche Weise: Die kurzwelligeren Röntgenwellen zeigten an den regelmässig angeordneten Atomen eines Kristallgitters dieselben Interferenzerscheinungen wie Licht an optischen Gittern.

11. Das Atom: Mythos des 20. Jahrhunderts?

Elektronenmikroskopie, Doppelhelix und was noch scheinen die Existenz der Atome zu zementieren - es gibt sie wirklich! Gibt es sie? Sie wurden doch frei von einer Inquisition in einem wissenschaftlich-demokratischen Prozess auf Grund von Vernunft und sorgfältigster Analyse beschlossen. Aber ein strenger Existenzbeweis steht noch aus - ist wohl oder sicher nicht führbar. (Wer beweist, dass man nie wird beweisen können?) Unser Wissen vom Weltraum und von der Welt des Kleinen wird instrumentell erschlossen. Der Design der Instrumente ist Theoriegeleitet und deshalb wohl auch nicht objektiv. Wo ist die Grenze zum nicht mehr Instrumentellen? Man kann nur tendenziell etwas aussagen: Je weiter wir vom Alltag weg sind, umso mehr Hypothesen setzen wir beim Beobachten voraus. Wenn es uns egal ist, ob diese Hypothesen wahr sind und sie als denkökonomisch sinnvoll und für Anwendungen als sehr praktisch, anschauen, ohne uns um den Wahrheitsgehalt zu kümmern, so fallen wir in den Instrumentalismus - und diese Reduktion des Sinns von Wissenschaft ist schwer zu akzeptieren. Galilei konnte sie nicht akzeptieren - für ihn ging es um Wahrheit.

Auffallend ist allerdings, wie die Grösse dieser hypothetischen Atome bei allen Messungen in den verschiedensten Gebieten wie Thermik, Radioaktivität, Elektrizität, Spektrallinien, Chemie etc immer auf denselben Zahlenwert für Naturkonstanten führt. Dieses quantitative Argument („die Zahlen stimmen“) ist, zumindest für die Naturwissenschaftler, sehr überzeugend und deutet auf eine wirkliche Einsicht, also Wahrheit.



Die heutigen Bilder von Tunnelmikroskopen sind schon sehr suggestiv: Wir beginnen nun doch zu glauben, das es diese Kügelchen "wirklich" gibt, wenn ihr Abbild beim Abtasten der Rasterspitze nach und nach auf dem Bildschirm erscheint und sie wie bei diesem Bild einzeln sichtbar sind – und sogar einzeln verschoben werden können. Es wird schwer sein, sich je wieder von diesem Bild des Atoms zu lösen...

(Der Kreis dieser Atome ist etwa 5000 mal kleiner als der Durchmesser eines Haares.)