

Zeitenquantelung

Inhaltsübersicht

Widmung.....	1
Quantisierung der Zeit.....	2
Wie längliche und zeitliche Ausdehnung vermessen wird.....	3
"Mehr" oder "weniger" ausgedehnt?.....	5
Quantisierung einer Messgröße.....	6
Quantisierung von Mengen im allgemeinen.....	8
Quantisierung von Stoffmenge im besonderen.....	9
Die Messung stoffmöglicher Ausdehnung.....	9
Verwunderung.....	11
Die elementare Bedeutung möglicher Umwandlungsreaktionen für unser Verständnis von Raum und Zeit.....	12
Newtonsches Verständnis von Raum und Zeit.....	14
Enthemmung und Hemmung von Umwandlungsreaktionen.....	15
Staunen und Fragen – Fragen und Staunen.....	16
Literatur.....	17

Widmung

Gunnar Heinsohn hat stets darauf bestanden, dass man Antworten auf kerngewandte Fragen gerade dann besonders hartnäckig hinterfragen sollte, wenn diese das Licht der Welt aus einer Notdurft heraus erblickt haben, welche sich angesichts eines unlösbaren Rätsels einst auf ein so peinvolles Niveau gesteigert hatte, dass man letztlich bereit war, auch weniger zufriedenstellende Lösungen zu akzeptieren.

Um nun die Neubewertung alter Antworten nachhaltig anmahnen und gleichzeitig den Boden zur Aufnahme neuer Antworten vorbereiten zu können, hat es sich als günstig erwiesen, jenen emotionalen Zustand neu zu entfachen, auf dessen Schwingen es möglich wird, das Erleben auch außerhalb gewohnter Schemata neu zu ordnen – das Staunen.

Staunen hilft nicht nur, gewohnte Pfade zu verlassen, es unterstützt einen insbesondere darin, diejenigen Dinge, die bisher – aus welchen

Gründen auch immer – rätselhaft geblieben sind, in einen neuen intelligiblen Zusammenhang bringen zu können.

Genau so hat es uns Gunnar Heinsohn stets von Neuem demonstriert: Wenn die Bereitschaft zum Staunen unter den Streuschichten repetitiven Umgangs mit wenig lichten (oder sogar irrlichtenden) Antworten nicht nur einzubrechen, sondern – was das Schlimmste ist – auch noch von Gefühlen schnurrender Behaglichkeit erstickt zu werden droht, dann ist alle Kunst des Autors gefragt, den Leser zu locken, sich neuerlich in einen Zustand des Staunens versetzen zu lassen.

Albert Einstein [1997, 216] überlegte, dass der, der sich nicht mehr wundern, der nicht mehr staunen kann, "sozusagen tot und sein Auge erloschen" ist. Demnach wäre es der Staunende, der die Fackel der Erkenntnis tief in das Dunkel zu tragen vermag: "Das Staunen ist die Einstellung eines Mannes, der die Weisheit wahrhaft liebt, ja es gibt keinen anderen Anfang der Philosophie als diesen." [Platon 2007, Theaitetos 155 D]

Zu Ehren von Gunnar Heinsohn, einem verehrten Lehrer und Freund aus alten Tagen, möchte ich an dieser Stelle – im Kielwasser jener Einsichten über die Bedeutung des Staunens – Fragen zum Wesen des Fluidums jeglicher Geschichte, nämlich von Raum und Zeit, neuerlich aufwerfen, um sie aus einem (hoffentlich) gleichzeitig entfachten Zustand des Staunens einer neuartigen Beantwortung anheim zustellen.

Quantisierung der Zeit

Ein "Zeitensprung", also die Umdatierung eines Ereignisses durch einen Sprung auf der Zeitskala, kann – zumindest theoretisch – nicht unabhängig von der Quantisierung der Zeit gesehen werden. Denn das Mindestmaß eines solchen Zeitensprungs wäre durch eine solche unteilbare Portion mit zeitlicher Ausdehnung gegeben. Auch könnte jeder Zeitensprung nur als ganzzahliges Vielfaches eines Zeitenquants angesetzt werden.

Da die geschätzte Größenordnung für solche hypothetischen "Chrononen" zwischen 10^{-23} (Caldirola-Zeit) und 10^{-43} (Planck-Zeit) Sekunden

liegt, scheinen diese die Geschichtsschreibung nicht einmal mehr peripher zu tangieren. Im Hinblick auf die Physik ist es hingegen eine Frage von elementarer Bedeutung, ob sich hinter einer a priori angenommenen "reinen Form der sinnlichen Anschauung" [Kant 1787, (KrV) "Von der Zeit"] womöglich eine a posteriori erzeugte "physikalische Größe universellen Charakters" verbergen könnte.

Tatsächlich ist das Zeitquant unserer Anschauung völlig fremd, mit seiner Vorstellung somit weniger ein Staunen als vielmehr ein Befremden verbunden. Warum uns die Vorstellung von Zeitquanten und ebenso auch von Raumquanten fremd ist, zeigt sich in der Art, wie wir Raum und Zeit bemessen, weshalb wir uns das als erstes anschauen.

Wie längliche und zeitliche Ausdehnung vermessen wird

Am Anfang jeder physikalischen Messung¹ steht die Erkenntnis, dass wir immer nur Vergleichs-Relationen zwischen Portionen² betrachten:

- ... ist größer als ...
- ... ist kleiner als ...
- ... ist gleich wie ...

Bemaßt wird eine Portion grundsätzlich nur durch die Gleichheits-Relation, indem ihr nämlich durch die Feststellung *gleicher* Ausdehnung mit einer Maßstabsportion derselbe Zahlenwert wie dieser zugeordnet wird – "Gleiches mit Gleichem bemessen" lautet die Devise:

- Der hinsichtlich seiner Länge zu bemessende Abstand muss sich *länglich* genauso weit ausdehnen wie der Maßstabsabstand.

1 Um eine Diskussion über den hier unwesentlichen Unterschied zwischen Messgröße und physikalischer Größe zu vermeiden, soll grundsätzlich nur von länglicher und zeitlicher Ausdehnung gesprochen werden.

2 Der Portionsbegriff weist daraufhin, dass wir uns hier vorrangig mit mengenartigen Größen beschäftigen. Auch weil nicht-mengenartige Größen erst mit dem Verschwinden eines Mengenstromes gemessen bzw. definiert werden können, ist es geboten, sich eingangs auf mengenartige Größen zu konzentrieren.

- Der hinsichtlich seiner Dauer zu bemessende Vorgang muss sich *zeitlich* genauso weit ausdehnen wie der Maßstabsvorgang

Natürlich wirft die verlangte Gleichheits-Relation zwischen Objekten die Frage auf, wie man denn prüfen bzw. feststellen kann, ob sich Objekte länglich oder zeitlich *gleich weit* ausdehnen? Und als weitere Frage steht im Raum, wie man über die Feststellung gleicher länglicher bzw. zeitlicher Ausdehnung hinaus überhaupt das erste mal zu einem *Zahlenwert* für die Länge bzw. die Dauer kommt?

Zu einem solchen Zahlenwert kommen wir mit Hilfe einer gewissen Menge an Elementarportionen, also Elementarlängen bzw. Elementarvorgängen. Diese müssen zugunsten einer Messung so aneinander bzw. hintereinander gelegt werden, dass sie die fragliche Ausdehnung unter Verwendung der kleinstmöglichen Anzahl von Elementarlängen bzw. -vorgängen und mit kleinstmöglichem Überstand abdecken. Ein Maß für die Ausdehnung des Objektes ergibt sich dann aus der Anzahl der eingesetzten Elementarportionen. Diese Vorgehensweise beruht essentiell darauf, dass die Elementarportionen alle identisch ausgedehnt sein müssen, womit wir automatisch wieder vor die erste der eingangs aufgeworfenen Fragen gestellt sind: Wie stellt man Ausdehnungsgleichheit fest?

Im Prinzip wird die Gleichheit der Ausdehnung zweier Elementarportionen genauso³ überprüft wie die Gleichheit der Ausdehnungen eines beliebigen Objektes sowie eines Arrangements von Elementarportionen: Sie sollen sich wechselseitig grundsätzlich mit kleinstmöglichem Überstand, also mit Überstand "Null" bedecken. Der kleinstmögliche Überstand von "Null" ist jedoch dann und nur dann realisierbar, wenn absolut identische Elementarportionen bzw. Elementarquanten für das fragliche Merkmal sowohl in dem Maßstab als auch in dem zu bemaßenden Objekt vorliegen.

3 Zwischen dem Vergleich zweier Elementarportionen und zweier beliebiger Portionen (von denen eine aus Elementarportionen zusammengesetzt sein mag) besteht auch deswegen kein Unterschied, weil in einer kontinuierlichen Welt jegliche zur Elementarportion gemachte Portion am Ende selbst wieder in bruchstückhafte neue Elementarportionen aufgelöst werden kann.

Insofern länglichen bzw. zeitlichen Ausdehnungen ein lückenloser Vorrat an Werten aus dem Körper der reellen Zahlen (also schlicht "allen" Zahlen) zugedacht wird, ist es jedoch unmöglich, eine Deckungsgleichheit zweier entsprechender Portionen herzustellen bzw. nachzuweisen, d.h. es wird immer mit einem Überstand zu rechnen sein. Da derartige nicht-quantisierte Portionen in ihrer Ausdehnung also niemals gleich sein können, werden sie hilfsweise folgendermaßen bemaßt:

- Der zu bemessenden Portion wird dann derselbe Zahlenwert wie der Maßstabsportion zugeordnet, wenn der (prinzipiell immer vorhandene) Ausdehnungsunterschied zwischen ihnen kleiner als die Ausdehnung einer "Toleranzportion" ist.

Auch wenn die längliche bzw. zeitliche Ausdehnung eines Objektes in einer kontinuierlichen Welt keiner "exakten" Messung zugänglich ist – solange Vergleiche wie "kürzer/länger" bzw. "früher/später" möglich sind, können die Ausdehnungen hinsichtlich entsprechender Toleranzausdehnungen eingegrenzt und hilfsweise bemaßt werden. Und mehr strebt die experimentelle Physik auch nicht an.

Doch ist es überhaupt möglich, Nichtgleichheits-Relationen physikalisch sinnvoll festzustellen?

"Mehr" oder "weniger" ausgedehnt?

Die Relationen von Größer/Kleiner und Früher/Später sind uns im Alltag völlig geläufig und werden von uns in aller Regel auch widerspruchsfrei angewendet. Doch wie lassen sich diese Nichtgleichheits-Relationen (in der Ausdehnung zweier Portionen hinsichtlich eines gewissen Merkmals) im physikalischen Sinne korrekt feststellen? Folgende Schlussfolgerung scheint uns ein nahe liegendes Kriterium zu liefern:

- Wenn einer Portion A (z.B. der Ausdehnungsdifferenz zweier Portionen) etwas hinzugefügt werden muss, um sie genauso ausgedehnt wie eine Portion B (z.B. eine Toleranzportion) zu machen, dann ist A weniger ausgedehnt als B.

Da wir jedoch gerade festgestellt, dass es so etwas wie "gleiche Ausdehnung" bei nicht-quantisierten Größen gar nicht gibt, ließe sich dieses Kriterium im strengen Sinne gar nicht anwenden. Mit folgender entsprechend abgeschwächt formulierter Conclusio lässt sich die unmögliche Gleichheits-Relation wohl vermeiden:

- Wenn einer Portion A etwas hinzugefügt werden muss, um die Ausdehnungsdifferenz zu einer Portion B zu verringern, dann ist A weniger ausgedehnt als B.

Ist so das Problem gelöst, wie die Ausdehnungen zweier Portionen physikalisch sinnvoll in eine Nichtgleichheits-Relation zu setzen sind? Nein, es ist nicht gelöst, da wir das Problem lediglich auf die Frage abwälzen konnten, wie nunmehr die Ausdehnungen zweier Portions*differenzen* (zwischen A und B vor und nach dem Hinzufügen einer gewissen Portion zu A) physikalisch sinnvoll in eine Nichtgleichheits-Relation zu setzen sind. Wir können das in einem unendlichen Regress immer weiter treiben und so auch in immer "kleinere" Bereiche vorstoßen. Doch praktisch gesehen muss dieser Regress, um zu einem Zahlenwert der fraglichen Messgröße zu gelangen, durch Anschauung oder durch Empfindung abgebrochen werden.

Die Messung nicht-quantisierter Größen beruht also auf einer heuristischen Vorgehensweise: Zwar ist es anschaulich klar (und von daher auch messtechnisch anweisbar), wann die Ausdehnung einer Portion ausreichend nahe der Maßstabsausdehnung ist, um die Zahlenwerte der beiden Ausdehnungen miteinander gleich setzen zu können. Es lässt sich jedoch keine Schlussfolgerung angeben, nach der dies physikalisch sinnvoll in *einem* Vorgang entschieden werden könnte.

Als nächstes werden wir die Messung quantisierter Größen dahingehend untersuchen, ob denn derartige Portionen physikalisch sinnvoll bemaßt werden können. Zuerst wollen wir klären, was die "Quantelung" oder auch "Quantisierung" einer Messgröße grundsätzlich bedeutet.

Quantisierung einer Messgröße

Eine weithin geläufige Definition besagt, dass eine Messgröße dann als "gequantelt" oder als "quantisiert" gilt, wenn ihr bei Messungen nur

ausgewählte Zahlenwerte zufallen, d.h. wenn der Wertevorrat für die Messgröße diskret ist (also nur aus vereinzelt Zahlenwerten besteht). Dieser Zusammenhang gibt die Bedeutung von Quantisierung im physikalischen Sinne jedoch nicht erschöpfend wieder. In der Physik können wir es nämlich auch dann mit Quanten zu tun haben, wenn deren Ausdehnung in den sie betreffenden Merkmalen grundsätzlich beliebig ist bzw. sich nicht in einer diskreten Verteilung erschöpfen muss (vgl. nächsten Abschnitt).

Für den Fall, dass gequantelte Zahlenwerte einer Messgröße vorliegen, wird auf die Existenz diskreter (d.h. vereinzelt vorkommender) *Systemzustände* geschlossen. Ein historisch bedeutsames Beispiel besteht in der signifikanten Licht-Emission von Wasserstoff bei charakteristischen Frequenzen, die Johann Jakob Balmer 1885 durch eine einfache Gleichung wiedergeben konnte. Erst knapp 30 Jahre später (1913) fand dieses Phänomen mit dem bohrschen Atommodell eine Erklärung, welches gewisse charakteristische Zustände annimmt, zwischen denen ein Wasserstoffatom unter Emission (bzw. Absorption) von Lichtquanten wechseln kann, wobei deren photonische (also die Wellenlänge bzw. Frequenz betreffende) Ausdehnung ganz entsprechend nur bestimmte Zahlenwerte annehmen wird, in ihnen also diskontinuierlich verteilt auftreten muss.

Die Frequenz elektromagnetischer Strahlung tritt insbesondere dann gequantelt auf, wenn die Strahlung mit den quantisierten Anregungszuständen von Teilchen wechselwirkt. Geht es indessen um eine Wechselwirkung mit deren Impuls, so wird das Spektrum der involvierten elektromagnetischen Strahlung kontinuierlich verteilt sein – jedenfalls solange Raum und Zeit (und damit Geschwindigkeit und Frequenz) ungequantelte Messgrößen sind.

Dagegen tritt elektrische Ladung bei jeglichen Wechselwirkungen stets nur als ganzzahliges Vielfaches eines einzigen Ladungsquantums auf, welches auch "elektrische Elementarladung" genannt wird. Das Spektrum an Elementarladungen, also an unterscheidbaren elektrischen Elementen, ist also auf ein Element begrenzt (bzw. auf zwei, wenn das Positron als Anti-Teilchen mitgezählt wird).

Für den Stoff wiederum treten unter beliebigen Wechselwirkungen stets nur Mitglieder einer gewissen Familie von Stoffquanten auf. Das Spektrum an unterscheidbaren stofflichen Elementarquanten umfasst die sog. chemischen Elemente, von denen (ohne Berücksichtigung ihrer Isotope) unter irdischen Bedingungen 80 Elemente zeitlich unbegrenzt existieren können, 12 Elemente davon zeitlich begrenzt vorkommen und bisher 26 äußerst kurzlebige Elemente künstlich erzeugt wurden. (Die Einbeziehung anderer Quanten in die Stofffamilie, etwa die Kernbausteine, ist nicht geboten, weil diese nicht wie die chemischen Elemente akkumulierbar sind.)

Quantisierung von Mengen im allgemeinen

Unabhängig davon, ob ihre Frequenzwerte diskret oder kontinuierlich verteilt sind – elektromagnetische Strahlung ist tatsächlich deswegen quantisiert, weil jede Lichtmenge in endlich viele körperlose (ruhemasse) Lichtträger, den Photonen, individualisiert ist. Ebenso ist der Impuls quantisiert, weil jede Impulsmenge in endlich viele körperhafte (ruhemassebehaftete) Impulsträger individualisiert ist.

Stoffmenge, Lichtmenge, Energiemenge, Ladungsmenge, Impulsmenge, Drehimpulsmenge und Widerstandsmenge – all das liegt deswegen quantisiert vor, weil sich diese Mengen überhaupt in Elementarmengen unterscheiden lassen, und zwar unabhängig davon, wie umfangreich das Spektrum an unterscheidbaren Elementarmengen gleichen Merkmals an sich ausfällt. Formal zeigt sich das beispielsweise im planckschen Strahlungsgesetz, aber auch in der maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung: Es sind nicht die Zahlenwerte von Frequenz bzw. Geschwindigkeit gequantelt, sondern die Anzahl ihrer Träger⁴.

Aus allen (quantisierten) Mengen ragt die Stoffmenge heraus, weil sie *unter allen Umständen* nur eine begrenzte Anzahl bestimmter Komponenten an den Tag legt. An ihr können wir exemplarisch lernen, wie mengliche Ausdehnungen *exakt* vermessen können.

4 Die "Quantenrevolution" Max Plancks kam durch die Annahme zustande, die Energie eines Systems nicht wie üblich als unbeschränkt teilbare Größe anzusehen, sondern als Größe, die auf eine ganz bestimmte Anzahl endlicher Teile verteilt ist. Über den Wert, den ein einzelnes Teil in diesem Merkmal dann aufweist, ist nichts gesagt.

Quantisierung von Stoffmenge im besonderen

Die Quantisierung von Portionen mit stoffmenglicher Ausdehnung bedeutet, dass wir eine jede solche Portion durch ein Arrangement stoffmenglicher Elementarportionen "punktgenau" abdecken können, d.h. wir würden zu jeder Portion mit stoffmenglicher Ausdehnung ein Arrangement von Elementarportionen kreieren können, welches *exakt* dieselbe stoffmengliche Ausdehnung besitzt. Für eine Impulsmenge bekämen wir das nur hin, wenn auch deren Komponenten gequantelt wären, wenn also die Menge an Elementen mit voneinander unterscheidbaren Impulsen begrenzt bzw. abzählbar endlich wäre, was unter Umständen mit der Quantisierung von Raum und Zeit zusammenhinge.

Stoffmengliche Ausdehnungen unterschiedlicher Portionen könnten mithin immer ohne "Überstand" angepasst werden. Es bliebe – anders als es insbesondere für die längliche und zeitliche Ausdehnung angenommen (bzw. hingenommen) wird – nicht der Bruchteil einer Elementarportion übrig, in welchem sie sich unterscheiden müssten. Eine bereits an dieser Stelle sich regende Verwunderung über die Asymmetrie in der unterstellten Quantelung könnte durchaus die Frage hervor treiben, ob Raum und Zeit aus Symmetriegründen nicht ebenfalls gequantelt sein könnten.

Bevor wir diese Frage aufgreifen, schauen wir uns zuerst an, wie stoffmengliche Ausdehnung vermessen wird, um ein Gefühl für die Tragweite dieser Frage bzw. dieser Hypothese zu bekommen. Dadurch lernen wir auch, wie Portionen nicht mehr dadurch miteinander gleichgesetzt werden, dass ihr Überstand kleiner als ein Toleranzüberstand ist, sondern dadurch, dass sie sich miteinander *restlos vernichten* lassen.

Die Messung stoffmenglicher Ausdehnung

Auch für die stoffmengliche Ausdehnung muss gelten, dass wir sie physikalisch gesehen nur im Rahmen einer Gleichheits-Relation betrachten bzw. erkennen können:

- Der hinsichtlich seiner Menge zu bemessende Stoff muss sich *stoffmengenlich* genauso weit ausdehnen wie die Maßstabsstoffmenge.

Dem scheint der Umstand zu widersprechen, dass wir die mengenliche Ausdehnung eines Objektes grundsätzlich durch das Auszählen der in ihm enthaltenen Elementarportionen – Mengenquanten wie Atome oder Moleküle – bestimmen können, dass also der Vergleich mit einem Maßstab unnötig zu sein scheint. Tatsächlich sind es die mengenlichen Bestandteile des Objektes, die sich zum verlangten Maßstab zusammensetzen vermögen:

- Der hinsichtlich seiner Menge zu bemessende Stoff dehnt sich *stoffmengenlich* genauso weit aus wie die in ihm enthaltenen (stoffmengenlich ausgedehnten) Elementarportionen.

Beim Auszählen der enthaltenen Elementarportionen sind wir allerdings vor die Aufgabe gestellt, unterschiedliche Elementarportionen jeweils separat zu zählen. Die stoffmengenliche Ausdehnung eines Kohlenstoffatoms ist zwar identisch mit der eines Wasserstoffatoms, doch der Unterschied zwischen ihnen muss in die Zählung natürlich einfließen.

Nun gibt es (theoretisch jedenfalls) eine ganz einfache Methode, den jeweiligen Unterschied festzustellen: Man misst die Masse einer jeden fragmentierten Elementarportion und weiß damit, um welches Atom oder um welches Molekül es sich handelt (wobei auch hier die Frage physikalisch korrekter Zuweisung eines Zahlenwertes an eine kontinuierliche Messgröße im Raume steht). Die Tragweite der Hypothese, dass Raum und Zeit gequantelt sein könnten, erlassen wir jedoch erst, wenn wir verstehen, wie stoffmengenliche Ausdehnungen direkt miteinander verglichen werden, bzw. wie Komponenten *direkt* miteinander verglichen und dadurch⁵ identifiziert werden.

5 Physikalisch betrachtet können wir niemals sagen, das "Objekt da" sei beispielsweise ein Kohlenstoffwürfel. Wir wären immer darauf beschränkt, die Gleichheit des "Objektes da" (in der Ausdehnung gewisser Merkmale) mit einem anderen "Objekt dort" festzustellen. Umgekehrt muss sich – wiederum physikalisch betrachtet – hinter jeder Bezeichnung eines Objektes tatsächlich ein Anweisungskatalog verbergen, wie eine (gewisse) Gleichheit dieses Objektes mit anderen Objekten festgestellt werden kann.

Stoffmengliche Ausdehnungen können direkt – also beispielsweise ohne Messung der Masse – miteinander verglichen werden, indem eine Portion A mit vorgegebener stoffmenglicher Ausdehnung in eine chemische Reaktion mit einer anderen stoffmenglich *derart ausgedehnten* Portion B getrieben wird, so dass sich unter *restlosem Verbrauch* von A und B eine von diesen beiden verschiedene dritte Portion C herausbildet (welche ebenfalls eine gewisse stoffmengliche Ausdehnung besitzt).

Der Befund⁶, dass sich chemische Elemente immer im gleichen Verhältnis ihrer stoffmenglichen Ausdehnung miteinander umwandeln, erlaubt es, die stoffmenglichen Ausdehnungen aller drei Objekte in eine quantitative Beziehung zueinander zu setzen, indem beispielsweise die stoffmenglichen Ausdehnungen der Edukte, also der Ausgangsstoffe, gleich gesetzt werden.

Ein derartiges Verfahren erlaubt es grundsätzlich, Objekte danach zu unterscheiden, mit welchen anderen Objekten sie chemisch reagieren, bzw. sie dann als gleiche Elemente zu betrachten, wenn sie mit anderen Objekten gleich reagieren. Insofern es möglich ist, das restlose Verschwinden einer Portion physikalisch sinnvoll festzustellen, ist das eben geschilderte Verfahren im Gegensatz zur Bemessung nicht-quantisierter Portionen nicht-heuristisch und damit physikalisch.

Zwar ist es in der Chemie auch üblich, Kriterien wie Aussehen, Gewicht, Geruch etc. zur Unterscheidung von "Mengen" heranzuziehen. Gleichwohl ist und bleibt die Untersuchung des Umwandlungsverhaltens das zentrale Werkzeug der analytischen Chemie, um "herauszufinden, *was es ist und wieviel es ist*".

Verwunderung

An dieser Stelle möchte ich die Asymmetrie ansprechen, die in der Behandlung länglicher und zeitlicher Ausdehnung einerseits und mengli-

⁶ Das "Gesetz der konstanten Proportionen" besagt, dass die Elemente in einer bestimmten chemischen Verbindung immer im gleichen Mengenverhältnis vorkommen. Es wird normalerweise verifiziert, indem die Massenproportionalität der Menge vorausgesetzt wird. Natürlich können wir theoretisch auch die Elementarportionen auszählen, und das Gesetz auf diese Weise überprüfen.

cher Ausdehnung andererseits zu beobachten ist: Mengliche Ausdehnung, insbesondere die von "Stoffen" d.h. von Mengen chemischer Elemente, gilt im Gegensatz zu länglicher und zeitlicher Ausdehnung als gequantelt.

Insofern nicht nur der Abstand und die Periode sondern auch die Stückzahl – der Messgröße für das Merkmal stoffmenglicher Ausdehnung – als Basismessgrößen gelten, aus denen sich alle anderen physikalischen Größen ableiten lassen, dürfen wir darüber staunen, dass sie sich hinsichtlich der Quantisierung grundsätzlich unterscheiden sollen.

Ergreifen wir also die Gelegenheit, uns aus einem Gefühl von Verwunderung heraus die elementare Bedeutung menglicher Umwandlungsreaktionen für unser Verständnis von Raum und Zeit zu nutze zu machen.

Die elementare Bedeutung menglicher Umwandlungsreaktionen für unser Verständnis von Raum und Zeit

Wir haben hervorgehoben, dass jede Portion mit stoffmenglicher Ausdehnung aus einer endlichen Anzahl entsprechender Portionsquanten besteht, die nicht mehr weiter teilbar sind. Diese Unteilbarkeit müssen wir noch etwas genauer fassen. Nehmen wir an, ein solches Portionsquant bestünde aus einem Atom, z.B. einem Kohlenstoffatom. Selbstverständlich ist ein Kohlenstoffatom (wie jedes andere Atom auch) weiter teilbar, nämlich in seine Kernbestandteile⁷ Protonen, Neutronen und Elektronen. Doch auch wenn ein Kohlenstoffatom in dieser Weise *dissoziierbar* ist, so kann es doch nicht mehr in Portionen *geteilt* wer-

⁷ Auch die Kernbestandteile sind dissoziierbar und es lässt sich ad hoc kein Grund zur Annahme finden, dass "nach unten hin" ein Dissoziationshorizont existiert. Auch wenn wir von der Existenz eines Vermengungshorizontes ausgehen müssen, jenseits dessen die Menge nämlich aus dem Ereignishorizont eines Beobachters gerät, gibt es auch keinen Grund anzunehmen, dass "nach oben hin" ein Assoziationshorizont existiert.

den, von denen jede nach wie vor die Eigenschaften⁸ von Kohlenstoff hätte.

Auf einen Nenner gebracht ist es das Umwandlungsverhalten, welches sich ab einem bestimmten Unterteilungsgrad schlagartig und charakteristisch ändert.

Diese Unterscheidung von Dissoziieren und Unterteilen (bzw. Assoziieren und Vermengen) führt uns an eine wesentliche Ebene der Quantenwelt heran: Quanten sind dadurch charakterisiert, dass sie im Gegensatz zu beliebigen Mengen zwar nicht mehr *autopoietisch*⁹ geteilt werden können. Jedoch ist es – unabhängig von jeglicher Dissoziierbarkeit – möglich, sie ineinander umzuwandeln, sie dabei also sowohl zu vernichten als auch zu erzeugen.

An diesem Akt der Umwandlung, diesem Akt von Vernichtung *und* Erzeugung, müssen wir etwas ganz Entscheidendes erkennen: Es sind dabei nicht nur Quanten eines einzigen Merkmals – sei es stoffmengliche, impulsive oder photonische, am Ende sogar längliche und zeitliche Ausdehnung – einbezogen. An jeglichem menglichen Umwandlungsakt sind Quanten unterschiedlicher Merkmale beteiligt!

Das beste Beispiel dafür ist die chemische Reaktion, unter der nicht nur Edukte mit stoffmenglicher Ausdehnung vernichtet und Produkte mit stoffmenglicher Ausdehnung erzeugt werden, sondern jeweils auch Edukte und Produkte mit impulsiver und photonischer Ausdehnung (besser bekannt als Explosion bzw. Implosion und Reaktionswärme bzw. -kälte).

Aus dem Umstand, dass bei chemischen Umwandlungsreaktionen immer auch impulsive und photonische Umwandlungsreaktionen beteiligt sind, sollte nicht nur Staunen sondern zugleich auch konzentrierte Auf-

8 Allgemein betrachtet ist bei einer Portion mit stoffmenglicher Ausdehnung zu unterscheiden, ob Fragmente dieser Portion noch eine stoffmengliche Ausdehnung besitzen oder nicht. Im ersten Fall muss unterschieden werden, ob es sich um dieselbe Komponente handelt wie die Ausgangsportion (stoffmengliche Unterteilung) oder nicht (chemische Dissoziation eines Moleküls). Im zweiten Fall liegt eine Portion vor, die durch kernchemische Dissoziation eines Atoms entstanden ist.

9 altgriech. αὐτός "selbst" und ποιέω "schaffen, bauen"

merksamkeit folgen: Sofern Länge und Zeit a) quantisiert wären und b) als Komponenten vorlägen, müsste es längliche bzw. zeitliche Umwandlungsreaktionen geben, die dann gleichermaßen von Umwandlungsreaktionen begleitet sind, die mit Portionen gewisser anderer Merkmale als eben länglicher bzw. zeitlicher Ausdehnung verbunden sind. Wäre es beispielsweise möglich, längliche bzw. zeitliche Umwandlungsreaktionen mit photonischen oder impulsiven (oder anderen bisher unmerkten) Umwandlungsreaktionen zu verbinden, könnten sich bedeutende Möglichkeiten zur Darstellung nutzbarer Energieströme ergeben.

Newtonsches Verständnis von Raum und Zeit

Würde Raum bzw. Zeit ein Mengencharakter mit Quanten als Elementarportionen zuwachsen, dann könnten ihre (u.U. vorhandenen) Komponenten in Wechselwirkung mit Mengen anderer Merkmale treten. Das widerspricht elementar dem newtonschen Verständnis von Raum und Zeit [Newton 1687], welches unsere Anschauung beherrscht und sowohl Raum als auch Zeit ohne Beziehung auf etwas anderes existieren lässt:

- Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.
- Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich.

Wie wir bereits mehrfach ausgeführt haben (z.B. auch Fußnote 5), sind physikalische Größen stets "durch Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand" definiert. Unsere Verwunderung über die Asymmetrie der physikalischen Basisgrößen im Hinblick auf ihre Quantisierung könnte auch noch dadurch eine Steigerung erfahren, dass die beiden explizit kontinuierlich gedachten Größen Raum und Zeit in einen explizit unphysikalischen Kontext eingebettet sind.

Andererseits scheint es evident zu sein, dass wir längliche und zeitliche Ausdehnungen messen, *ohne* irgendwelche Portionen mit anderen Aus-

dehnungsmerkmalen durch Umwandlung mit einzubeziehen (jedenfalls merken wir bislang nichts davon).

Ein möglicher Grund dafür könnte darin bestehen, dass die Umwandlung von Portionen mit länglicher bzw. zeitlicher Ausdehnung (weitgehend) enthemmt ist. Die Bedeutung der Hemmung bzw. Enthemmung von Umwandlungsreaktionen [Falk o.J., 15] können wir ermesen, wenn wir erneut chemische Reaktionen betrachten.

Enthemmung und Hemmung von Umwandlungsreaktionen

Wie würde die Welt aussehen, wenn die Umwandlung chemischer Elemente restlos enthemmt wäre? Die Welt wäre ein einziger chemischer Brei, da sich aus einem Ausgangsgemisch beliebiger Zusammensetzung immer (sofort) ein Gemisch aus allen¹⁰ chemischen Elementen herausbildete – jegliche Portionen wären nur noch von ihrer schieren Menge her, jedoch nicht mehr chemisch unterscheidbar.

Insbesondere geschähe chemisch nichts mehr, wenn man 2 beliebige Portionen mit stoffmenglicher Ausdehnung gegenüberstellte oder vermengte: Je ähnlicher sich die Mischungen sind (oder physikalischer ausgedrückt: je ähnlicher ihr chemisches Potential ist), desto weniger würde passieren – sie könnten letztlich miteinander verglichen oder miteinander gemischt werden, ohne Umwandlungsreaktionen mit Portionen anderer Merkmale verzeichnen zu können. Messungen stoffmenglicher Ausdehnungen liefen dann genauso ab wie die uns geläufigen Messungen länglicher oder auch zeitlicher Ausdehnung.

So absurd diese Vorstellung angesichts einer chemisch differenzierten Welt auch erscheinen mag, physikalisch betrachtet ist das alles "nur" eine Frage der Randbedingungen. Die Astrophysik hat derartige Modelle entwickelt: In Super Novae herrschen Bedingungen, unter denen sich ein Mix aus wenigen leichten Kernen zwangsläufig in einen Mix aus Kernen umwandeln muss, der einen erheblichen Anteil des möglichen

10 Dazu müssten nicht nur Moleküle sondern auch Atome in Atome aufspalten, genauso wie sich Atome nicht nur zu Molekülen, sondern auch zu neuen Atomen zusammenfinden müssten. Eine Trennung zwischen Chemie und Kernchemie wäre dann aufzuheben.

Spektrums chemischer Elemente umfasst. Es scheint deshalb geboten zu sein, für Raum und Zeit (und auch für andere physikalische Größen) umgekehrt zu prüfen, ob Randbedingungen realisiert werden können, unter denen eine Hemmung der Umwandlungsreaktionen zwischen Komponenten von Raum und Zeit einsetzen würden.

Hemmung und Enthemmung chemischer Reaktionen ist das A&O der Chemie. Erwächst aus einer möglicherweise gegebenen umfänglichen Enthemmung der Umwandlung von Quanten mit länglicher bzw. zeitlicher Ausdehnung eine bislang nicht bemerkte Scheuklappe der Physik hinsichtlich der Natur von Raum und Zeit?

Staunen und Fragen – Fragen und Staunen

Mit Rücksicht auf die fundamentale Bedeutung, die der Hemmbarkeit von Umwandlungsreaktionen zwischen Elementarquanten aller Ausdehnungsmerkmale möglicherweise zukommt, sollte die Quantisierung von Raum und Zeit keineswegs ohne Augenmerk auf folgende Fragen diskutiert werden:

- Kann man Randbedingungen herstellen, unter denen die Umwandlung zwischen Längen- bzw. Zeitquanten gehemmt wäre?
- Kann man Längen- und Zeitquanten separieren und wieder zusammenführen?
- Kann man Randbedingungen herstellen, unter denen die Umwandlung zwischen Längen- bzw. Zeitquanten wieder enthemmt wäre?
- Kann man dann neben der Umwandlung von Längen- bzw. Zeitquanten auch die Umwandlung anderer Quanten feststellen?
- Kann man die konzertierten Umwandlungsreaktionen technisch, insbesondere energietechnisch nutzen?

Der Autor hofft, dass die schlussendlich aufgeworfenen Fragen vor dem emotionalen Hintergrund des Staunens (um an dieser Stelle das Wort "Erregungshintergrund" zu vermeiden) nicht sofort vom Tisch gewischt,

sondern als Anstoß für weitergehende Überlegungen genommen werden.

Berlin, 11. November 2008
post@cbloess.de

Literatur

Einstein, Albert (1997): "Einstein sagt. Zitate, Einfälle, Gedanken"; München, Zürich: Piper Verlag

Falk, Gustav (o.J.): "Was ist eigentlich Atomistik? oder: Die physikalische Größe »Menge«", Konzepte eines zeitgemäßen Physikunterrichts, Heft 2; Karlsruhe

Kant, Immanuel (²1787): Kritik der reinen Vernunft, Online-Ausgabe des Projektes Gutenberg (<http://gutenberg.spiegel.de/>)

Newton, Isaac (1963): *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, mit Bemerkungen und Erläuterungen herausgegeben von J.Ph. Wolfers; Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft; unveränd. fotomechanischer Nachdruck der Ausgabe, Berlin 1872

Platon (2007): Saemtliche Werke 3. Kratylos, Parmenides, Theaitetos, Sophistes, Politikos, Philebos, Briefe; Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag