

Prozess als Permanenz der Häutung

Dr. Rainer Gruber, Schloss Gracht, 1. Dez. 2017

Workshop „Prozess und Prozessualität“ des SPP 1688 der DFG „Ästhetische Eigenzeiten“

1.

Die Physik wird öfters mit einem gewissen Nimbus versehen; er ruht auf zwei Säulen.

Er betrifft einerseits die enorme Fähigkeit der Physik zur Vorhersage: denken Sie an das Newtonsche Gravitationsgesetz, das zum Paradigma klassischer Physik wurde, weil es erstmals den Eindruck erweckte, der menschliche Geist vermöge einen Zipfel vom Schleier der Natur zu lüften und ihre Gesetzmäßigkeit aufzudecken. Oder denken Sie an die Elementarteilchenphysik, die mit erfolgreichen Vorhersagen der Existenz und der Eigenschaften mutmaßlicher Elementarteilchen verblüfft, sodaß dem sog. Standardmodell der Elementarteilchen heute ein ähnlich paradigmatischer Status zugesprochen wird wie vor 150 Jahren Newton's Gravitationsgesetz.

Zum zweiten ist da die bemerkenswerte Fähigkeit der Physik, ihre eigenen Grundlagen zu unterminieren. Spezielle Relativitätstheorie, allgemeine Relativitätstheorie und Quantenmechanik bieten frappierende Beispiele, wie die Denkvorstellungen der Physiker umgekrempt wurden. Darüber möchte ich mit Ihnen reden.

Ich möchte beginnen mit einer kleinen Geschichte, die den Nimbus der Vorhersagekraft unterminiert. Es ist eher ein Kommentar, wie etwas zu einer Geschichte wird; zu einem Narrativ, das einen Nimbus begründet. Ich werde das mit einem Blick auf die Situation der Elementarteilchen bekräftigen, dann auf die Konsequenzen des Unterminierens eingehen und schließlich darüber spekulieren, was diese Erfahrungen der Physik mit Prozessualität und mit einer den Prozessen zugesprochenen Temporalität zu tun haben und wie sie fruchtbar gemacht werden könnten.

2.

Wenn wir an den Himmel blicken, dann sieht unser geistiges Auge die Planeten um die Sonne kreisen. Warum tun sie das? Wegen der gravitativen Anziehungskraft der Sonne, sagt Newton. Die Physiker auf dem Kontinent hielten eine solche Fernwirkungskraft für Humbug und Newton äußerte sich in einem Brief ähnlich skeptisch. Aber die Argumentation ist einfach und die Evidenz überzeugend: wäre da keine Anziehungskraft, würden die Planeten geradewegs in die Weiten des Weltraums verschwinden. Tun sie aber nicht.

Die überraschend einfache Form der Newtonschen Anziehungskraft konnte eine Vielfalt an Sachverhalten erklären, die sie schließlich zu dem Paradigma klassischer Physik werden ließ: sie erklärt die Bahnen nicht nur der Planeten, sondern auch der Kometen, die Existenz von Ebbe und Flut, die Abplattung der Erde an den Polen, sogar die Präzessionsbewegung der Erdachse mit einer Periode von 26.000 Jahren (Gurzadyan 2002)! Eine überwältigende Fülle an beobachteter Evidenz.

3.

Dann kam die allgemeine Relativitätstheorie. Sie sagt: da existiert keine Kraft. Die Planeten fliegen kräftefrei. Ihre Bahn ist bedingt durch die Krümmung des Raumes. Denken Sie an Bobfahrer auf ihren gekrümmten Bahnen oder denken Sie an die Roulettekugel, die sich im Kreis bewegt. Kein Zentralgestirn übt eine Kraft auf sie aus.

Was geht da vor sich? Wenn wir der allgemeinen Relativitätstheorie Glauben schenken, dann haben wir in der klassischen Physik - als Vorurteil! - einen flachen Raum vorausgesetzt. Als Konsequenz erhalten wir eine Anziehungskraft, wo keine ist.

Die naheliegende Frage ist: was haben wir denn dann gemessen mit der Abhängigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes von der Distanz zum Zentralgestirn? Die Antwort ist verblüffend: der flache Raum unserer Vorstellung ist mathematisch durch eine quadratische Form bestimmt, ein quadratisches Summenglied für jede Dimension. Physikalisch erscheint diese quadratische Form als sog. Laplace-Gleichung; die elegante $1/r^2$ -Abhängigkeit der Newtonschen Kraft ist die Lösung dieser Gleichung. Das bedeutet: wir haben lediglich herausbekommen, was wir zuvor hineingesteckt haben: die Anschauungsform des Raumes.

Sir Arthur Eddington, der mit seiner Messung der Periheldrehung des Merkur die Vorhersage der allgemeinen Relativitätstheorie bestätigte und damit 1919 in Europa und den USA einen Sturm der Euphorie auslöste, nennt 1928 das Newtonsche Gravitationspotential – das wir für gewöhnlich als Naturgesetz bezeichnen – nüchtern einen put-up job (Eddington 1928, 145).

Eddington ist auf die Wurzel der Vorhersagekraft der Physik gestoßen. Tatsächlich ist in der Voraussetzung des flachen Raumes die „Bedingung der Möglichkeit des Messens“ kodiert. Jede erfolgreich durchgeführte Messung bedeutet folglich, daß die „Bedingung ihrer eigenen Möglichkeit“ praktisch realisiert wurde, also erfolgreich bestätigt wird.

4.

Schauen wir uns diesen Zusammenhang genauer an:

Ein Maßstab, z.B. die Elle eines Tuchhändlers auf dem Markt, darf natürlicherweise seine Länge nicht ändern, wenn er statt waagrecht senkrecht oder schräg gehalten wird. Mathematisch heißt das: er muß invariant gegenüber Rotationen sein. Und er darf sich ebenfalls nicht ändern, wenn er von einer Ecke des Marktes in die andere getragen wird; er muß invariant gegenüber Translationen sein. Diese Invarianz gegenüber Rotationen und Translationen wird mathematisch durch eine quadratische Form repräsentiert. Es ist diese quadratische Form, die definiert, was wir mathematisch als den flachen Raum bezeichnen (die Tischoberfläche ist ein 2-dim flacher Raum, eine Kugeloberfläche dagegen ein gekrümmter Raum) .

Der flache Raum repräsentiert demnach nichts weiter als die Bedingung der Möglichkeit des Messens, wenn wir dem Messen einen materiellen Maßstab zugrunde legen. Es ist nicht verwunderlich, daß jede erfolgreich durchgeführte Messung diese Grundbedingung verifiziert.

Und so kann Eddington 1928 in einem seiner populärwissenschaftlichen Vorträge in London formulieren, daß die Sonnenfinsternis von 1999 – die wir alle miterlebt haben – so sicher ist wie der mathematische Sachverhalt, daß $2+2$ auch 1999 noch 4 ergibt (Eddington 1928, 288) .

5.

Kleine seitliche Arabeske:

Kant hat den zugrundeliegenden allgemeinen Zusammenhang bereits 1781 in seiner Kritik der reinen Vernunft formuliert:

"Die Ordnung und Regelmäßigkeit also an den Erscheinungen, die wir Natur nennen, bringen wir selbst hinein, und würden sie auch nicht darin finden können, hätten wir sie nicht ... ursprünglich hineingelegt."

(KdrV, 3,179 (A 125)) (zit.nach B.v.Greiff 1977,74)

und 2 Jahre später beschreibt er in den Prolegomena das, was später als seine kopernikanischen Wende bezeichnet wird:

"Der Verstand schöpft seine Gesetze (a priori) nicht aus der Natur, sondern schreibt sie dieser vor." (Kant 1783,91)

Wir haben es mit synthetischen Urteilen a priori zu tun. Was wir hinein gelegt haben, ist das a priori vorgegebene Konzept des flachen Raumes. Und dieses Konzept lesen wir verwandelt – in Form eines Gesetzes – wieder heraus.

Kant ging von einem 3-dim Raum aus. Wenn ich im folgenden den Terminus flacher Raum benutze, so ist stets die Zeit als 4. Dimension mitzudenken, eine Konsequenz der speziellen Relativitätstheorie . Die Erkenntnis Eddingtons enthält bereits, daß der Bestimmtheit des räumlichen Potentialverlaufs - die wir kommentarlos hinnehmen - eine ebensolche Bestimmtheit in zeitlicher Hinsicht entsprechen muß. Dem Denk-Konstrukt des flachen Raumes ist es prinzipiell egal, wie viele Dimensionen er umfassen soll. Wir werden sehen, was für eine wichtige Rolle das spielt.

6.

Der flache Raum hält nämlich überraschenderweise neben der Länge eine zweite Invariante bereit. Läßt man sogenannte komplexe Größen zu, d.h. läßt man zu, daß die Wurzel aus -1 eine Lösung hat, dann existieren Vektoren der Länge Null, die nicht selber Null sind, sog. isotrope Vektoren. Cartan, ein französischer Mathematiker, entdeckte 1913 einen Satz von Parametern, der es ermöglicht, den flachen Raum mithilfe solcher isotroper Vektoren aufzuspannen (Cartan 1913).

1928 blitzen diese Parameter per trial and error in der Gleichung auf, die Dirac erstmals ermöglichte, das relativistische Elektron adäquat zu beschreiben (Dirac 1928).

Jahrzehnte später tauchen diese Parameter überraschend als Basis einer physikalischen Theorie der Elementarteilchen auf. Spinoren genannt, sind sie heute die fest verankerte Grundlage dieser Theorie.

1937, lange bevor irgendjemand eine Ahnung von so etwas wie einer physikalischen Theorie der Elementarteilchen hatte, publizierte Cartan sein Buch „The theory of

spinors“ (Cartan 1937). Er entfaltet darin ein unerwartet reich verästeltes Bild eines flachen mathematischen Raumes, der nun nicht mehr primär durch Rotationen, sondern durch Spiegelungen bestimmt ist. Denn jede Rotation, so die neue Einsicht von Cartan, läßt sich durch zwei Spiegelungen repräsentieren.

Heute läßt sich konstatieren, daß die gesamte Theorie, wie sie das Standardmodell der Elementarteilchen aufbaut, bis in ihre tiefsten Verästelungen hinein die Struktur des flachen Raumes wiedergibt, sobald dieser mittels Spiegelungen konstituiert wird und sobald wir die Spinoren mit den materiellen Bausteinen der Elementarteilchen, den Fermionen, identifizieren.

Diese mathematische Struktur des flachen Raumes reproduziert nicht nur das Vorkommen der Elementarteilchen als Teilchen und Antiteilchen, und läßt sie in der Wirklichkeit als Triplets, Oktetts und Dekupletts bestimmter Symmetrien angeordnet sein; sie legt auch ihre Wechselwirkung fest mittels eines Prozesses, den wir heute als den Austausch von Bosonen bezeichnen.

Die Möglichkeit dieser Wechselwirkung ergibt sich aus der neuen Invarianten (Cartan 1937,90), die zu dieser Beschreibung einlädt: neben das traditionelle Skalarprodukt aus Längen tritt ein dreifaches Produkt aus zwei Spinoren und einem Multivektor. Es ist ein mathematischer Ausdruck, dem wir eine physikalische Bedeutung beilegen. Physikalisch interpretiert bildet diese Invariante das proto-typische Beispiel dessen, was heute als Yukawa-Wechselwirkung die Theorie der Elementarteilchen prägt.

7.

Das Bemerkenswerte dieser Darstellung ist: sie reproduziert die Auffächerung der bekannten Wechselwirkungen in eine elektro-magnetische, eine schwache und eine starke Wechselwirkung. Diese Auffächerung erscheint als Resultat des Sachverhalts, daß der flache Raum mit seiner Repräsentation der Dimensionen als eine fortlaufende Summe quadratischer Glieder eine Ausweitung auf mehr als vier Dimensionen mühelos nahelegt.

Wir finden die elektroschwache Wechselwirkung als Ausdruck der ersten vier Dimensionen. Wir finden die starke Wechselwirkung, wenn wir den Raum auf 6 Dimensionen erweitern. Das merkwürdige Phänomen, daß in der physikalischen Wirklichkeit jedes Elementarteilchen in Form von drei Generationen existiert, erschließt sich automatisch, wenn wir 8 Dimensionen einbeziehen (Cartan 1937,119). Mit dem Sachverhalt schließlich, daß sich alle 16 bekannten Elementarteilchen den Komponenten eines Spinors zuordnen lassen, dessen Dimension 10 Raumdimensionen entspricht, erreichen wir just die Anzahl an Dimensionen, die nötig sind, um die vier Dimensionen des gekrümmten Raumes der allgemeinen Relativitätstheorie mittels eines flachen Raumes zu simulieren.

Das erstaunliche Resultat unserer Überlegung ist: Praxis und Theorie des Standardmodells der Elementarteilchen erscheinen bis in ihre tiefsten Verästelungen hinein nur ein Abtasten der Physiognomie des flachen Raumes, sofern er durch Spiegelungen konstituiert wird.

In der Terminologie von Eddington können wir getrost auch das Standardmodell der Elementarteilchen als put-up job bezeichnen : wir finden nur auf, was wir zuvor hinein gesteckt haben.

Beide Befunde stellen das Konzept von Evidenz nachhaltig in Frage. Evidenz für was, ist die Frage. Was heißt Evidenz, wenn nur das evident ist, was wir zuvor hinein gesteckt haben? Es muß uns klar sein: Wir reden an diesem Punkt über die Fülle an Evidenz, die an Beschleunigerzentren wie dem CERN in Genf für das Standardmodell der Elementarteilchen angehäuft und theoretisch untermauert wird.

8.

Mit eins erschließt sich, wieso die Physiker in der Lage sind, so etwas wie das anomale magnetische Moment des Mü-Mesons - eines anscheinend x-beliebigen Teilchens, das in der Höhenstrahlung aus der leeren Weite des Weltalls in unseren Detektoren aufschlägt - bis auf 10 Stellen hinter dem Komma genau zu berechnen - und die Experimente bestätigen bis auf diese Genauigkeit, was die Theoretiker berechnen.

Wigner sprach 1960 von „*the unreasonable effectiveness of mathematics in natural sciences*“ (Wigner 1960) . Heute würde ich pointierter von: „*the unreasonable effectiveness of reason*“ reden.

Wir finden eine einfache Erklärung für diese Vorhersagbarkeit: Mittels ihres Raumkonzepts formuliert die Physik die Bedingung der Möglichkeit des Messens. Der erfolgreiche Vergleich der Ergebnisse der Experimente und der Beobachtungen mit den Vorhersagen beinhaltet nichts über die Bestätigung hinaus, daß die Bedingung der Möglichkeit des Messens, die Annahme eines flachen Raumes, erfüllt ist.

9.

Sobald wir die Spinoren mit den Elementarteilchen der Materie identifizieren, sind wir gezwungen zu akzeptieren, was auch die allgemeine Relativitätstheorie nahelegt: Materie entsteht als eine Emergenz des Raumkonzeptes, das wir zugrundelegen .

In der allgemeinen Relativitätstheorie ist es die Metrik des gekrümmten Raumes, die die schwarzen Löcher und die Kepler'schen Zentralgestirne und die Planeten samt ihrer gravitativen Wechselwirkung erstehen läßt (Eddington 1975,85ff).

In der Cartan-Theorie sind es die konstituierenden Parameter des über Spiegelungen definierten flachen Raumes, die die Elementarteilchen in die Welt bringen - gleichzeitig mit den mathematischen Gebilden der Multi-Vektoren, die als Bosonen die Wechselwirkung der Elementarteilchen konstituieren.

D.h. die Objekte der modernen Physik existieren nicht in der Raumzeit, als von ihr abgehobene autonome Entitäten a priori. Sie sind emergente Strukturen des jeweiligen Raumzeit-Konzeptes.

Dabei sind wir frei, dem Raum eine euklidische Metrik zu unterlegen, oder, wie es die spezielle Relativitätstheorie verlangt, eine pseudo-euklidische Metrik, die unter den Dimensionen die Zeit auszeichnet, indem sie ihr in der Summe der quadratischen

Glieder ein negatives Vorzeichen beilegt. Diese quadratische Summe ist die als Dispersionsrelation bekannte Signatur jeden Elementarteilchens. Sie wird als seine inertielle Masse bezeichnet.

10.

Es gibt gewichtige Gründe, die besagen, daß das Konzept der Spinoren an den flachen Raum gebunden ist. Cartan hat - nicht unwidersprochen - vehement diese Position vertreten (Schneider 2010, 298). Das würde bedeuten, daß den Elementarteilchen keine permanente Existenz zukommt, sondern eine konditionierte. Nur dort und nur dann, wo und wenn wir einen flachen Raum hypothetisieren können, werden wir Elementarteilchen vorfinden.

Zum Vergleich: wir kennen einen ähnlichen Sachverhalt für das Konstrukt der Expansion des Universums. Obwohl die Raumzeit des Universums expandiert, gilt es als sicher, daß unser Sonnensystem nicht expandiert und auch nicht unsere Galaxie und auch nicht die Raumzeit der Galaxiencluster. Wieso das? Expansion kann nur abgeleitet werden unter der mathematischen Voraussetzung, daß der Raum homogen ist und in alle Richtungen gleich aussieht, ein sog. Friedmann-Universum. Für ein Universum, in dem wir über alle Galaxien mitteln, trifft diese Voraussetzung zu. Für lokale Bereiche wie unser Sonnensystem oder die Galaxien trifft sie nicht zu.

In gleicher Weise ist m.E. die Existenz von Elementarteilchen an Voraussetzungen gebunden. Wir müssen das ontologische Konzept einer Permanenz der Existenz fallen lassen und stattdessen das Konzept wechselseitiger Konditionierung in seinem ganzen Umfang in den Blick bekommen.

11.

Zu den in 4 Dimensionen als Bosonen vorfindlichen Objekten zählt der Bivektor, eine aus zwei Vektoren zusammengesetzte antisymmetrische Struktur des Raumes. Physikalisch legt sie eine Interpretation als e.m. Feld nahe. Die mathematische Struktur läßt sich in zwei Anteile zerlegen, einen polaren und einen axialen Anteil. Der entscheidende Sachverhalt ist: wir können diesen Bivektor, der im Konzept des flachen Raumes angelegt ist, dann und nur dann physikalisch als Kombination eines elektrischen und eines magnetischen Feldes interpretieren, wenn wir dem Raum eine pseudo-euklidische Metrik unterlegen (Cartan 1937, 132).

Das bedeutet: unser Verlangen, diesen mathematischen Bivektor in die uns geläufigen elektrischen und magnetischen Anteile aufzuspalten, ist der Grund, der uns ermöglicht und zwingt, die Zeit als gesonderte Dimension zu erkennen und anzuerkennen. Tatsächlich ist an keiner anderen Stelle der Elementarteilchentheorie eine Unterscheidung von Raum und Zeit zwingend.

Die pseudo-euklidische Metrik, die das Wesen der speziellen Relativitätstheorie ausmacht, ist ein bemerkenswerter Hinweis darauf, in welcher intimer Art und Weise der Raum und die in ihm aufgefundenen Objekte sich wechselseitig bedingen.

Gleichzeitig zeichnet sich ein Hinweis ab, weshalb wir unsere Wirklichkeit als 4-dimensional wahrnehmen. Einzig die Wechselwirkung, die die ersten 4 Dimensionen

spiegelt, – die elektroschwache – ist langreichweitig. Sie bestimmt all das, was unsere Wahrnehmung als Welt bezeichnet. Die starke Wechselwirkung, die die Atomkerne zusammen hält, dringt nicht in unsere Wahrnehmung. Und auch die übrigen Dimensionen erschliessen sich lediglich der apparativen physikalischen Nachforschung.

12.

Wir befinden uns hier in einem Strang der Entwicklung der Physik, der auf eine zunehmende Differenzierung hinausläuft, weil ein je anderes Raumkonzept benötigt wird zur Realisierung der Bedingungen des Messens.

Quantenmechanik und allgemeine Relativitätstheorie formulieren beide in ihren Grundgleichungen die Bedingung des Messens unter der pikanten Bedingung, daß kein materieller Maßstab zur Verfügung steht. Was tun in einem solchen Fall?

Das trifft bspw. auf die Situation des leeren Universums ohne Materie zu. Dies ist der originäre Bereich der allgemeinen Relativitätstheorie. Sie greift ersatzweise auf die (gerichteten) Krümmungsradien des gekrümmten Raumes als Eichmaßstab zurück. Eddington hat darauf hingewiesen, daß die mathematische Formulierung dieses Sachverhalts just den Inhalt der Einstein'schen Feldgleichungen für das leere Universum ausmacht (Eddington 1975,153). Wie wir das nun schon kennen, führt auch hier die Festlegung des Raumes als Mittel der Messung unmittelbar zu den Vorhersagen, die den triumphalen Erfolg der allgemeinen Relativitätstheorie begründeten: die Periheldrehung des Merkur, die Ablenkung des Lichtes und seine Rotverschiebung im Gravitationsfeld (Eddington 1975,85ff).

Auch für Messungen unterhalb der Distanz von Atomabständen haben wir es natürlicherweise mit dem Fehlen jedweden materiellen Maßstabs zu tun. Dies ist das Feld der Quantenmechanik geworden. Sie greift ersatzweise auf die Wellennatur des Lichtes als Eichmaßstab zurück, d.h. sie stützt sich auf die Messung der Frequenzen des Lichts. Die Quantenmechanik führt ein meßtheoretisch begründetes kovariantes Konzept des Raumes ein. Es liefert unmittelbar die Gleichungen, die das Schrödingerbild der Quantenmechanik konstituieren (Jauch 1968,210).

Die Schwierigkeit ist beidemal, daß es kovariante Größen sind, auf die diese Meßtheorien gezwungenermaßen zurück greifen müssen. Diese drücken sich in reziproken Einheiten aus, $[\text{cm}]^{-1}$ und $[\text{s}]^{-1}$. Das besagt sie stehen nicht einfach für eine Messung zur Verfügung. Sie müssen notgedrungenmaßen in eine Beziehung zu den gewohnten kontravarianten Meßgrößen der klassischen Mechanik gebracht werden. Die einfachste Relation, mit der sich eine konsistente Interpretation herstellen läßt, ist die lineare Übersetzung mittels eines Proportionalitätsfaktors. In der allgemeinen Relativitätstheorie übernimmt diese Funktion die Newton'sche Gravitationskonstante. In der Quantenmechanik betritt das Planck'sche Wirkungsquantums die Bühne, dessen Rolle es ist, die kovarianten Wellengrößen mit kontravarianten Teilchengrößen in Beziehung zu setzen.

Es besteht folglich kein Grund, die Quantenmechanik zu mystifizieren. Die Unschärfe zwischen Ort und Impuls ist dem Umstand geschuldet, daß wir in kleinen Dimensionen, wo kein materieller Maßstab existieren kann, trotzdem messen wollen

und dazu das Licht, ein kovariantes Wellenphänomen, benutzen. Es läuft auf einen Irrtum hinaus, die Konsequenz zu ontologisieren und einer ominösen Quanten-Natur des Raumes das Wort zu reden.

13.

Neben diesem Strang einer zunehmenden Differenzierung gibt es einen zweiten Entwicklungsstrang der Vereinheitlichung, der auf die Beseitigung der Scheidungen hinausläuft, die zum Charakteristikum der klassischen Physik geworden waren.

Die spezielle Relativitätstheorie beseitigt die klassische Newton'sche Scheidung von Raum und Zeit.

Erinnern wir uns: Scheidung des Raumes von der Zeit bedeutet, daß der Raum zeitlos wird; er wird zur Geometrie, der wir eine zeitlose Schönheit bescheinigen. Umgekehrt bedeutet die Scheidung der Zeit vom Raum, daß die Zeit als universal angesehen wird; mit der kleinen kolonialen Arabeske, daß dieses universale Zeitverständnis notwendigerweise die ganz andere Zeitvorstellung des traditionellen China als bestenfalls rudimentär einschätzen muß.

Mit der speziellen Relativitätstheorie wuchsen Raum und Zeit in der Physik zu einer unlöslichen Einheit, der Raumzeit zusammen, ohne ihre je spezifische Eigenheit aufzugeben.

Die allgemeine Relativitätstheorie wiederum beseitigt die Scheidung der Materie von der Raumzeit, d.h. die Vorstellung, Raum und Zeit seien wie ein Gefäß, in dem sich die Materie autonom bewege. Gemäß den Einstein'schen Feldgleichungen krümmt die Materie den Raum, der seinerseits die Bewegung der Materie bedingt.

Die Metrik, die den gekrümmten Raum beschreibt, stellt sich als identisch mit dem gravito-inertialen Feld heraus, das wir umgangssprachlich als Gravitationsfeld bezeichnen. Unter speziellen Symmetriebedingungen führt sie unmittelbar zur Existenz schwarzer Löcher und Keplerscher Zentralgestirne sowie zu deren Wechselwirkung. Wie bei den Elementarteilchen entsteht die Materie aus der spezifischen Bestimmung des Raumkonzepts.

Wir können sagen: in der modernen Physik tritt anstelle der Scheidungen ein Prinzip der wechselseitigen Bedingtheit. Mehr noch: nach 7 Jahrzehnten intensiver Debatte über das Wesen der allgemeinen Relativitätstheorie schälte sich als ihr entscheidendes Alleinstellungsmerkmal die konsequente Ablehnung jeglicher Strukturen heraus, die wirken, aber nicht selbst bewirkt werden (Norton 1993,848). Wenn wir möchten, können wir darin die Grundbedingung jeder Dialektik erkennen. Ausgegrenzt werden alle a priori Strukturen, sog. absolute Objekte.

Als Beispiel: In der klassischen Mechanik finden wir als solche Struktur die absolut gesetzte Scheidung der Zeit vom Raum. In der speziellen Relativitätstheorie bildet die Minkowski Metrik ebenfalls eine a priori, d.h. absolut gesetzte Struktur. Genuin haben beide Strukturen in der allgemeinen Relativitätstheorie keinen Platz.

Das hat eine wesentliche Konsequenz: die Zeit verliert ihre ausgezeichnete Bedeutung als Zeit. Diese taucht nurmehr dann auf, wenn es gilt, den Übergang zu den Vorläufer-Theorien zu bewerkstelligen. In der Entwicklung der modernen Physik erleben wir,

daß die Bedeutung der Zeit als einer ausgezeichneten Dimension abnimmt, je ausgefeilter das Darstellungskonzept des Gesamt-Raumes wird. In der speziellen Relativitätstheorie hängt sie nur noch an einem seidenen Faden, dem Minus-Zeichen in der Metrik. In der allgemeinen Relativitätstheorie kann es keine Auszeichnung der Zeit geben.

Auch Koordinatensysteme mit imaginierten Geraden als Achsen gehören zu den a priori - Strukturen, deren Rigidität in der allgemeinen Relativitätstheorie keinen angemessenen Platz finden kann. Einstein sprach belustigt von Mollusken, die an die Stelle der rigiden Koordinatensysteme treten.

Traditionelles Messen aber beruht auf rigiden Maßstäben mit einer Länge ungleich Null. Wir sehen, daß auch in der allgemeinen Relativitätstheorie die Physik ihre eigenen, auf Messen mit rigiden Maßstäben basierenden Grundlagen unterminiert – ähnlich wie in der Cartan'schen Theorie der Elementarteilchen mit ihrer Betonung der essentiellen Bedeutung von Objekten der Länge Null. Das Konzept des Messens selbst wird durch die moderne Physik untergraben.

14.

Die wechselseitige Bedingtheit aller beteiligten Größen und Objekte wird zum Markenzeichen der modernen Physik. Das trifft insbesondere auf die Quantenmechanik zu, in der der Übergang zu einer anderen Logik offen zutage tritt. Die Quantenmechanik beseitigt die begriffliche Scheidung der Wellen von den Teilchen, eine Scheidung, die durch das Merkmal der Lokalisierbarkeit hervorgerufen wird - einer Grundvoraussetzung klassischer Messprozesse. Teilchen sind definiert als lokalisierbare Einheiten, während Wellen grundsätzlich nicht lokalisierbar sind. Die Quantenmechanik beseitigt diese Scheidung - mit drastischen Konsequenzen.

Frage ich ein Elektron: bist du ein Teilchen, antwortet es entschieden: ja, und zwar mit der und der Masse. Frage ich dasselbe Elektron: bist du eine Welle? So antwortet es ebenso entschieden: ja, und zwar mit der und der Wellenlänge. Beide Antworten sind nach allen Regeln der klassischen Physik wahr und reproduzierbar. Sie widersprechen sich aber und geben sichtlich jeweils nur die eine Hälfte der Wahrheit wider.

Die Physik sieht sich gezwungen, das Exklusionsprinzip der verwendeten Logik - etwas ist entweder so oder so, ihr „tertium non datur“ – fallen zu lassen. Sie müßte sich an einer Dialektik orientieren. Den Physikern fällt das schwer.

Ihr Begriff von Wissenschaftlichkeit hängt am Exklusionsprinzip. Fragestellungen gelten dann als wissenschaftlich, wenn sie es erlauben, mit einem klaren Ja oder Nein zu antworten.

Das Problem verschärft sich, wenn wir berücksichtigen, daß die Physik mit ihrem Wahrheitsanspruch ganz wesentlich auf eine Rückkopplung an das Experiment angewiesen ist. Das Problem ist, daß auch ein Experiment traditionell genau dann als wissenschaftlich gilt, wenn seine Antworten erlauben, befragte Sachverhalte klar nach ja oder nein zu diskriminieren.

Für traditionelle Physiker ist Dialektik eine Zumutung. Sie können ihr in der Quantenmechanik nur mithilfe eines Formalismus beikommen, dessen Angemessenheit aber Unverständnis sie nicht müde werden zu betonen. Dabei ist die Dialektik von Allmählichkeit und Sprung, von Kontinuität und Diskontinuität, dem quantenmechanischen Formalismus eingeschrieben.

Bereits wechselseitige Bedingtheit als Prinzip zu fassen, hält für die Physik - und gegebenenfalls für das Thema dieses Workshops - einschneidende Konsequenzen bereit. Es ist nicht mehr sinnvoll und nicht mehr möglich, die Phänomene entlang einer linear fortschreitenden Zeit zu ordnen. Ein lineares temporales Konstrukt erlaubt keine Wechselseitigkeit.

Eine lineare Zeitanordnung taugt zur Darstellung eines Prinzips von Ursache und Wirkung, demzufolge die Ursache immer zeitlich vor der Wirkung kommt. Dieses Prinzip entspricht der säuberlichen Scheidung - Ursache hier, Wirkung dort - eines Zusammenhangs, der – wenn wir die moderne Physik ernst nehmen – in der physikalischen Wirklichkeit das Konstrukt der wechselseitigen Bedingtheit erfordert. Der gewohnte Begriff der Zeit wird obsolet.

15.

Fassen wir zusammen: Unser Blick auf die moderne Physik enthüllt zwei parallel laufende Tendenzen:

Überall dort, wo sie ihr Wesensprinzip, das Messen, im Konzept eines vorweg konstituierten Raumes verankert, sehen wir die blendenden Erfolge ihrer Fähigkeit zur Vorhersage. Wo sie Leuchttürme aufrichtet, findet die Physik in Wahrheit das wieder, was sie zuvor hineingesteckt hat. Das klingt nur einem vorgefassten Blick negativ. Fern davon, mit leeren Händen heimzukehren, ermöglicht das der Physik, CD-Player und Navigationsgeräte zu bauen und Satelliten durch den Weltraum zu steuern. Man könnte versucht sein zu sagen: auch der Umweg ist das Ziel.

Zum andern unterminiert die Physik ihre eigenen Grundlagen und verweist auf Zusammenhänge, die dialektischer Natur sind. Wechselseitige Bedingtheit kennzeichnet diese andere Logik sowie die Ablehnung von a priori Strukturen und einer ontologischen Fundierung ihrer Objekte.

Wenn wir versuchen wollen, diese Einsichten eines fremden Fachgebietes in der Denkfigur der Prozessualität zu berücksichtigen, so scheint wechselseitige Bedingtheit ein wichtiges Moment ihrer Konstruktion zu sein. Auf die Temporalität eines Prozesses angewandt, würde das die Verwendung der traditionellen linearen Zeitanordnung ausschließen - auch in Form der seitlichen Arabeske der Eigenzeiten der speziellen Relativitätstheorie.

16.

Was ist die Alternative? Bergson insistiert in seiner Auseinandersetzung mit der speziellen Relativitätstheorie darauf, Zeit als das schöpferische Entstehen von Neuem zu begreifen (Bergson). Nehmen wir die Vorhersage der Sonnenfinsternis von 1999, so ist unmittelbar klar, daß diese Vorhersage auf einer linearen Zeitskala basiert, der

nichts dazwischen kommen darf. Kein intragalaktischer Komet darf in der Zwischenzeit den Mond treffen. Auch die Sonne darf nicht vorher zu einem Roten Riesen anschwellen. Die Unbedingtheit der Vorhersage, die Eddington mit der a priori Gültigkeit von $2+2=4$ vergleicht, basiert auf dem stillschweigenden Stillstellen aller produktiven Momente, die Bergson unter dem Begriff der Durée anspricht.

Unter fruchtbarer Prozessualität können wir uns die eben skizzierte Entwicklung der Physik vorstellen: ein Prozess produktiver Häutungen, die als das Abwerfen alter Vorstellungen daher kommen. In der modernen Physik ist es vor allem die Vorstellung von Permanenz, die unterminiert wird - das tragende Prinzip, das allen Erhaltungssätzen und Symmetrien, allen ontologischen Vorstellungen und Rigiditätsstrukturen der klassischen Physik zugrundeliegt.

17.

Was hat es auf sich mit dem Denkkonstrukt der Scheidungen, der Permanenz und den Rigiditätsstrukturen, die die moderne Physik verabschiedet? Dieser Workshop ist interdisziplinär angelegt und so lassen Sie mich am Ende meines Vortrags kurz die Disziplin wechseln. Der Soziologe Sohn-Rethel hat uns einen Schlüssel zum Verständnis an die Hand gegeben, aufbauend auf den Überlegungen von Kant (Sohn-Rethel 1971).

Kant stellte die Frage nach der Bedingung der Möglichkeit der Synthesis des Mannigfaltigen unter Einheitsgesichtspunkten, d.h. er fragte sich, wie es möglich sei, daß als solipsistisch anzusehende Subjekte in der Lage seien, so etwas wie den inneren Zusammenhang, den nexus rerum einer Gesellschaft zu konstituieren.

Sie erkennen die strukturelle Ähnlichkeit mit der drängenden Frage, die in der Einladung zu diesem Workshop ausgesprochen wurde: wie es denn zu denken sei, daß die Welt oder das Universum nicht auseinanderfalle, wenn es nichts jenseits des Ereignisses gäbe.

Kants Antwort auf seine Frage war: qua eines Vermögens, nämlich des rationalen Denkvermögens, das den Menschen a priori gegeben sei mit seinen Kategorien, Schemata und Formen der Anschauung. Von Nietzsche wurde dieser Versuch, ein Vermögen mithilfe eines Vermögens zu erklären, prompt als Niaiserie allemande verspottet.

Sohn-Rethel präzisiert Kants Fragestellung: was ist die Bedingung der Möglichkeit von Gesellschaft, so fragt er, unter der Bedingung von solipsistischen Privateigentümern, d.h. unter der Wirkung des Exklusionsprinzips „Mein und nicht Dein“ des privaten Eigentums. In einer warenproduzierenden Gesellschaft bilden diese Privateigentümer Gesellschaft mittels des Äquivalententausches, der - seinem Postulat nach - den Wert des jeweiligen Privateigentums unangetastet läßt. Sohn-Rethel weist nach, daß die Kategorien, Schemata und Anschauungsformen, die Kant dem rationalen Denken attestiert, der Tauschabstraktion entstammen, die hinter dem Rücken der Tauschenden jedem sinnlichen Gebrauchswert einen abstrakten, nurmehr quantitativer Differenzierung fähigen Tauschwert beigesellt. Sie erkennen in Umrissen das Prinzip der Abstraktion, das die Physik auszeichnet.

18.

Die Schlußfolgerungen im Hinblick auf Physik lassen sich leicht ausbuchstabieren:

Die in der Waren-Ökonomie grundlegende Scheidung des Tauscherts vom Gebrauchswert schafft eine Verdoppelung der Welt in eine sinnlich-stoffliche Welt - die uns das Wasser im Mund zusammen laufen läßt, wenn wir eine Birne sehen - und eine parallel existierende abstrakte Welt, in der die Birne zur Ware geworden ist, der nurmehr ein quantitativ bestimmter Wert, der abstrakte Tauschwert, zukommt. Es ist diese in der Realabstraktion des Äquivalententausches stattfindende Verdoppelung der Welt, die wir in der Physik wiederfinden, insoweit sie jedes ihr zugängliche Ding abstraktifiziert zu einem nurmehr quantitativer Bestimmung zugänglichen Objekt.

Niemand aber kann tauschen ohne ein Bewußtsein von Mein und nicht Dein zu besitzen. Dieses Exklusionsprinzip finden wir in der Ja-oder-Nein-Logik der klassischen Physik verankert. Die Kette von Tauschhandlungen, die eine Münze durchläuft, ist bestimmt vom Postulat, daß bei jedem Tauschakt der Tauschwert sich selbst gleich bleibt. Diese Permanenz des Tauscherts wird zur Grundlage des Lebensnervs der klassischen Physik, dem Erhaltungssatz der Energie. Die in der Kette von Tauschakten stattfindende unaufhörliche Aneinanderreihung des sich selbst Äquivalenten ist das Gründungsprinzip der rigiden Koordinatensysteme, die als endlose Aneinanderreihung des sich selbst Äquivalenten definiert sind.

Die von jeder konkreten Örtlichkeit und jeder konkreten Zeitlichkeit abstrahierende Gültigkeit des Tauschpostulats bewirkt die eigentümliche Konsistenz eines homogenen Raums und einer homogenen Zeit, bar jedes konkreten Hier und Jetzt. Die damit einhergehende Zeitvorstellung kennt ein wohldefiniertes Vorher und Nachher – vorher ist der Verkäufer der Besitzer der Ware, nachher ist es der Käufer –, unsere lustvolle Gegenwart indes schrumpft auf einen Punkt, das abstrakte Ereignis des Tauschakts.

Von außen erscheint es, als ob die Physik dieser Warenwelt auf den Leib geschneidert sei. Der Eindruck täuscht. Er entsteht nur einem Blick, dem das Aussen zur zweiten Natur geworden ist. Das rationale Denken ist die Existenzbedingung dieser Warenwelt, und diese die Existenzbedingung des rationalen Denkens, so Sohn-Rethel.

Wenn ich also das Bild der Häutung verwende, so meine ich damit den Prozess, mit dem die Physik alle Strukturelemente der Rigidität, der Permanenz, der Exklusionslogik und der aus ihr resultierenden Denkfigur der Scheidung abstreift, die ihrem rationalen Denken von der ökonomischen Tauschabstraktion in die Wiege gelegt wurden. Die Philosophie und die Kulturwissenschaften haben hier schon viele Schneisen geschlagen. Gleichwohl scheinen mir manche ihrer Vorstellungen von Zeit in denselben Häutungsprozess verstrickt. Aufeinander zu blicken kann für uns beide hilfreich sein.

Literatur:

- Bergson, Henri (2014), *Dauer und Gleichzeitigkeit. Über Einsteins Relativitätstheorie*, Philo Fine Arts, Hamburg 2014 (1923) (insbes. Einleitung: Christina Vagt)
- Cartan, Élie (1913) *Les groupes projectifs qui ne laissent invariante aucune multiplicité plane*, Bulletin de la S.M.F., tome 41 (1913), p.53-96
- Cartan, Élie (1981), *The Theory of Spinors*, Dover Publ. New York 1981 (1937)
- Dirac, P.A.M. (1928), *The Quantum Theory of the Electron*, Proc.R.Soc.Lond. A 1928 117, p.610-624
- Eddington, Arthur, Stanley (1975), *The mathematical Theory of Relativity*, Chelsea Publ. Comp. New York, 3rd ed. 1975 (1923)
- Eddington, Arthur, Stanley (1942), *The Nature of the Physical World*, J.M.Dent & Sons Ltd., London 1942 (1928); s.also annotated edition: Callaway, H. G., *Arthur S. Eddington: The Nature of the Physical World. Gifford Lectures of 1927*, Cambridge Scholar Publ. Newcastle 2014
- Greiff, Bodo v. (1977), *Gesellschaftsform und Erkenntnisform. Zum Zusammenhang von wissenschaftlicher Erfahrung und gesellschaftlicher Entwicklung*, 2.Aufl. Campus Frankfurt/NewYork 1977
- Gurzadyan, G.A. (2002), *Space Dynamics*, Taylor and Francis, London, New York 2002
- Jauch, Josef M. (1968), *Foundations of Quantum Mechanics*, Addison-Wesley Series in Advanced Physics, Addison-Wesley Publ. Comp., London 1968
- Kant, Immanuel (1783), *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können*, §36: *Wie ist Natur selbst möglich?* in: Immanuel Kant, *Werke in sechs Bänden*, Bd.3, p.91, Könnemann Köln 1995
- Norton, John, D. (1993), *General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of dispute*, Rep. Prog. Phys. 56 (1993), p.791-858
- Schneider, Martina R. (2010), *Die physikalischen Arbeiten des jungen B.L. van der Waerden*, <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20100287>
- Sohn-Rethel, Alfred (1971), *Geistige und körperliche Arbeit. Zur Theorie der gesellschaftlichen Synthesis*, Suhrkamp Frankfurt/Main 1971 (1970)
- Wigner, Eugene (1960), *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences*, Commun. in Pure and Appl.Math., Vol.13, no.1, John Wiley & Sons, New York 1960

zur Rolle des Sprungs in der Dialektik Hegels:

Hühn, Lore, *Sprung im Übergang. Kierkegards Kritik an Hegel im Ausgang von der Spätphilosophie Schellings*, in: Jochem Hennings (Hrg.), *Kierkegaard und Schelling: Freiheit, Angst und Wirklichkeit*, de Gruyter, Berlin-NewYork 2002

zu Hegel's Dialektik:

Arndt, Andreas, Iber, Christian (Hrg.), *Hegels Seinslogik. Interpretationen und Perspektiven*, Akademie-Verlag, Berlin 2000

zu Aspekten der modernen Physik in Verbindung mit der chinesischen Kultur:

Gruber, Rainer, *Die China-Konnection - Wirklichkeiten von Zeit und Raum im Spiegel moderner Physik*, in: Band 46 der Reihe Berliner China-Hefte, *Zeit und Raum und die Wirklichkeiten Chinas*, Lit Münster 2015

zur Ertaubung Europas unter dem Einfluss von Kants Formen der Anschauung:

Sonnemann, Ulrich, *Zeit ist Anhörungsform: Über Wesen und Wirken einer kantischen Verkennung des Ohrs*, in: Kamper, Dietmar, Wulf, Christoph (Hrg.), *Die sterbende Zeit. Zwanzig Diagnosen*, Luchterhand, Darmstadt, Neuwied 1987