

# ZENON HEUTE

Herbert Pietschmann (Ordinarius für theoretische Physik, Universität Wien)  
„Das Ende des naturwissenschaftlichen Zeitalters“; P.Zsolnay, Wien-Hamburg 1980  
Auszug aus dem 8. Kapitel

## 8

### Ausweglose Situationen

Vor etwa zweieinhalb Jahrtausenden lebte in Elea (in Unteritalien) ein Schüler des Parmenides, Zenon. Seine Betrachtungen über die Bewegung rufen noch heute zwiespältige Gefühle hervor, sind sie doch einerseits offensichtlich unsinnig, andererseits aber nicht zu widerlegen.

Zenon faßte seine Überlegungen in verschiedenen Formen zusammen. Er behauptete zunächst: „Der fliehende Pfeil kann sein Ziel nicht erreichen!“, und war sogar bereit, diesen unsinnigen Satz zu beweisen. Denn wenn der Pfeil vom Ausgangspunkt zum Ziel kommen soll, muß er jedenfalls vorher den Mittelpunkt der Strecke erreichen. Hat er das geschafft, wird der Mittelpunkt zum Ausgangspunkt einer neuen Strecke der zweiten Hälfte der ursprünglichen Distanz. Auch diese neue Strecke hat einen Mittelpunkt, der erst erreicht werden muß, dann aber sofort zu einem weiteren Ausgangspunkt wird. Wie oft wir dies auch machen, vor dem Pfeil liegt *immer* eine Strecke, wenn sie auch sehr schnell kürzer wird. Diese Strecke hat *immer* einen Mittelpunkt, der noch vor dem Ziel erreicht werden muß. Dagegen läßt sich nichts einwenden; mit den Worten Gerhard Schwarz: „Eine unendliche Zahl von jeweils halben Wegstrecken kann nie in einer endlichen Zeit durchlaufen werden. Und unendlich ist die Zahl der Wegstrecken, da jede Halbierung eines Ausgedehnten wieder zu einem Ausgedehnten führt. Man kann das Beispiel noch exakter fassen, wenn man es umdreht: Bevor das Bewegte (der Pfeil) zum Mittelpunkt kommen kann, muß es zuerst die Hälfte der ersten Hälfte durchlaufen, aber auch zu diesem Punkt kann es nicht gelangen, da vorher ebenfalls eine unendliche Zahl von Zwischenräumen zu durchlaufen wären. Das heißt, das zu Bewegende kann eigentlich den Ausgangspunkt gar nicht verlassen. Genau das will Zenon sagen: es gibt keine Bewegung.“

So sagt es auch Aristoteles (im 6. Buch der *Physik*): „Es gibt vier Aporien des Zenon bezüglich der Bewegung, die denen, die sie erklären wollen, große Schwierigkeiten bereiten: das erste ist, daß Bewegung nicht stattfindet, weil das Bewegte früher zur Hälfte des Weges gelangen muß als bis zu dessen Ende.“

Aristoteles bezeichnet die Aussagen des Zenon als „Aporien“. Wir wollen vorläufig dieses Wort, das in der philosophischen Tradition eine gewichtige Rolle spielt, einfach als Bezeichnung einer verwirrenden Situation hinnehmen; es genauer zu verstehen, wird Ziel dieses Kapitels sein.

Die weiteren unsinnigen Behauptungen Zenons sind eigentlich nur Umformungen der ersten. So etwa, wenn Zenon darauf besteht, selbst Achilles könne eine Schildkröte, die vor ihm läuft, nicht einholen. Aristoteles schildert uns dies so:

„Der zweite Beweis ist der sogenannte Achilles, daß nämlich auch das langsamste Tier im Laufe nicht eingeholt werden könne vom schnellsten, da der Verfolger immer erst dahin kommen müsse, von wo das fliehende Tier fortgelaufen ist, so daß das langsamere immer einen Vorsprung behalte. Dies ist derselbe Grundgedanke wie bei der Halbierung des Weges, der Unterschied liegt nur darin, daß nicht immer wieder die Hälfte dazukommt.“

In unseren Tagen beschreibt etwa P. Lorenzen diese Zenonsche Behauptung mit den Worten: „Es gibt den berühmten ‚Beweis‘ des Zenon im 5. Jahrhundert, daß Achilles die Schildkröte, die einen gewissen Vorsprung hat, nicht einholen kann. Denn in der Zeit, in der er den Vorsprung aufholt, gewinnt die Schildkröte einen neuen, wenn auch kleineren Vorsprung. Wird auch dieser aufgeholt, so ergibt sich trotzdem wieder ein neuer, und so weiter ohne Ende. Also, so sagt Zenon, kann Achilles die Schildkröte niemals einholen.“

Nun ist es wohl nicht mehr schwer, auch die weiteren Fassungen des Zenon — wenn auch lächelnd ungläubig — hinzunehmen. Hören wir dazu wieder Gerhard Schwarz, wie er die dritte Aporie beschreibt:

„Der fliegende Pfeil ruht, da er sich immer an einem Hier und in einem Jetzt befindet. Hier wird die Unmöglichkeit eines Überganges von einem Ort zu einem anderen ganz deutlich ausgesagt. . . Denn wie sollte er vor sich gehen? Fliegt der Pfeil bei einem Ort weg und

kommt er ein wenig später in einem anderen Ort an? Wo ist er dann dazwischen? Ist er dazwischen an einem ortlosen Ort in einer jetztlosen Zeit oder ist er *immer* in einem Jetzt an einem Ort? Wenn er immer an einem Ort ist zu einem Jetztpunkt, dann ruht er — wie Zenon behauptet. Denn Ruhe heißt, zu einem Zeitpunkt an einem Raumpunkt zu sein. Bewegung aber würde heißen, einen Ort verlassen zu können und — für kurze Zeit — ohne Platz zu sein, um an einem anderen Ort anlangen zu können. Es würde heißen, das Jetzt zu verlassen und nach — wie soll man sagen? nach nichts — wieder in einem anderen Jetzt zu sein. Beides ist ein undenkbarer Gedanke. Wenn aber Ort und Jetzt nicht gewechselt werden können, gibt es keine Bewegung.“

Das Schlimme an diesem Unsinn ist daß er sich nicht widerlegen lässt. Zenon hat keinen Fehler gemacht, selbst wenn das von zeitgenössischen Wissenschaftlern manchmal (um der Beruhigung willen) behauptet wird. Und doch steht dieser Beweis im offensichtlichen Widerspruch zu unserer täglichen Erfahrung. Diogenes hat dies schon damals so schön demonstriert; als er von Zenons Aporien hörte, stand er auf und ging einfach hin und her!

Fast jeder Mathematiker, Wissenschaftler, Logiker, Philosoph hat irgendwann zu den Zenonschen Aporien Stellung nehmen müssen. So kindisch, so unsinnig sie scheinen, sagen sie doch nicht weniger aus, als daß eine widerspruchsfreie Konstruktion der Wirklichkeit, wie wir sie im Abendland anstreben, nicht möglich ist. Denn offensichtlich liegt hier ein gewaltiger Widerspruch vor, „Bewegung ist unmöglich“ beweist Zenon, und doch beobachten wir sie ständig. Da Zenon seine Behauptung aber beweisen kann, folgt nach der Logik, daß die Erfahrung falsch ist — eben ein offensichtlicher Unsinn.

Nun, daß es sich im Sinne der Logik um einen Widerspruch, also an einen Unsinn handelt, haben wir nun oft genug betont. Sehen wir vielleicht ein wenig genauer zu, worin die Ursachen dieses Unsinn liegen können (damit folgen wir dem vierten Axiom der Logik, wir fragen nach der Ursache und bleiben damit brav unserem Glaubensbekenntnis treu — was sollten wir denn auch anderes tun?).

Zenon hat seinen Überlegungen vorausgesetzt, daß man den Pfeil und die Strecke, die er durchfliegt, fein säuberlich trennen und einzeln betrachten kann. Dies stimmt natürlich mit den Voraussetzungen der Naturwissenschaft überein, die ja auch die Außenwelt vom Menschen trennt, die Körper vom leeren Raum trennt, ja deren Erfolg ganz allgemein auf der Trennung der beiden Wege beruht.

Ganz kurz und trocken können wir dies etwa im *Kosmos Lexikon der Naturwissenschaften* (Ausgabe 1953) nachlesen. Dort heißt es unter dem Stichwort „Naturwissenschaft“:

„Auf den Gesetzen der Logik und der Kategorien Kausalität, Raum und Zeit sich gründende Erforschung der Natur... Voraussetzungen sind die Existenz einer realen Außenwelt und die Begreiflichkeit der Natur ...“

Voraussetzung ist (unter anderem) die Existenz einer realen Außenwelt. Außenwelt? Warum Außenwelt und nicht Welt oder einfach Wirklichkeit? Doch offenbar, um sie von einer Innenwelt abzugrenzen? Ist aber die Innenwelt nicht Voraussetzung? Ist sie vielleicht so selbstverständlich, daß man sie nicht voraussetzen muß? Und wo ist die Grenze zwischen beiden? Etwa die Haut des Menschen? Das sicherlich nicht, denn die Anatomie und ihr technologischer Zwillingsbruder, die Chirurgie, zählen immer auch alles, was unter der Haut liegt, zur Außenwelt.

Es ist schon so, wie wir immer vermuteten, die Trennung ist die ontologische Grenze naturwissenschaftlicher Erkenntnis und läßt sich gar nicht irgendwo in der Welt finden denn alles, was sich widerspruchsfrei einordnen läßt, liegt diesseits, ist Außenwelt, alles andere aber ist (logisch gesehen) Unsinn und wird daher verdrängt. Und nun kommt Zenon und beweist, daß wir es uns nicht so einfach machen können, daß diese Abtrennung gar nicht „funktioniert“. Es ist doch eine der wichtigsten Voraussetzungen — ein Vorurteil — der Naturwissenschaft, daß Widersprüche immer auf Irrtümern beruhen, die eliminiert werden müssen. Nun scheint diese Annahme nicht mehr zum Erfolg zu führen.

Wir haben schon gesagt, daß Zenon seinen Beweis unter der Annahme führt, daß Pfeil und durchflogene Strecke getrennt betrachtet werden können; eigentlich brauchen wir den Pfeil ja gar nicht, wenn wir nur die Strecke in der angegebenen Weise immer weiter zerlegen, kommen wir selbst nach beliebig vielen Schritten noch immer nicht zum Endpunkt. Und dies ist ebenfalls eine der Voraussetzungen der Physik, die ja auch den leeren Raum untersucht, um ihn mathematisch zu beschreiben. Offenbar führt der Versuch, alle Widersprüche zu eliminieren, erst recht in neue Widersprüche. Diese können dann nicht mehr so einfach als Irrtümer erklärt und eliminiert werden, sie sind standhafter, „wirklicher“. Dazu sagt Gerhard Schwarz:

„Der logische Satz des Widerspruches ist daher eine pragmatische Ordnung, um das Modell widerspruchsfrei konstruieren zu können. Es kann aber die Situation auftreten — und hier tritt sie auf —, daß dieser Satz fallen gelassen werden muß! Raum und Körper sind ein wirklicher Widerspruch, eine seiende Aporie, die in der Natur nicht durch *Logik* außer Kraft gesetzt werden kann.“

Wahrhaft ketzerische Worte, verstoßen sie doch direkt gegen das Glaubensbekenntnis unserer Zeit! *Wenn* wir sie ernst nehmen, dann haben wir zunächst eine etwas genauere Beschreibung des Wortes „Aporie“; es wäre dann ein Widerspruch, der sich nicht als bloßer Irrtum entlarven und eliminieren läßt. Wie immer dem auch sei, vor solch zentralem Ansturm gegen unsere Religion müssen wir bis ins Innerste erzittern. W. Stegmüller drückt dies aus, wenn er über solche Aporien sagt: „welche unheilvolle Alternative uns ... bis zum heutigen Tage bedroht: Die zu ihrer Überwindung ersonnenen Methoden sind entweder bloße ad-hoc-Verfahren, die uns keine Garantie dafür geben, daß nicht doch Widersprüche im System enthalten sind, oder aber sie sind zwar radikal genug, um jede Gefahr zu bannen, dann aber eliminieren sie einen großen Teil dessen, was wir beibehalten möchten und auch müssen, falls wir von dieser Mathematik im Felde der Naturwissenschaften einen Gebrauch machen wollen“.

Jedenfalls müssen solche Widersprüche zumindest in der Mathematik verschwinden. Und wenn die Mathematik imstande sein soll, Bewegung zu beschreiben, ja wenn Bewegung meßbar gemacht werden soll, dann muß sie sich mit den Zenonschen Aporien auseinandersetzen. Es brauchte mehr als zwei Jahrtausende, bis es Newton und Leibniz (unabhängig voneinander) gelang, einen mathematischen Formalismus zu erfinden, der Bewegung exakt beschreiben kann: Sie erfanden die Differentialrechnung. (In guter abendländischer Tradition wurde dieser Triumph mit einem heftigen Prioritätsstreit „gefeiert“.) Natürlich handelt es sich um einen *Trick*, der den Widerspruch *umgeht*, nicht als Irrtum entlarvt! In Zenonscher Sprache könnten wir den Trick etwa so beschreiben: Wenn der fliegende Pfeil sein Ziel auch nicht erreichen kann, so kommt er ihm doch beliebig nahe. (Denn die Streckenteile vor ihm werden ja immer kleiner.) Es genügt nun, einen Formalismus zu finden, nach dem sich intersubjektiv entscheiden läßt, wann ein solches Beliebigen-Nahekommen vorliegt und wann nicht. (Der Pfeil kommt natürlich nicht *jedem* Punkt beliebig nahe, wohl aber allen Punkten auf seiner Flugbahn.) Dann haben wir wieder eine Vorschrift, an die wir uns für Messungen und Rechnungen halten können. Was wirklich geschieht, was wahr ist, braucht uns dann nicht mehr zu kümmern, wir verschließen davor die Augen. Und es entwickelt sich eine eigene Sprache, der Zielpunkt heißt dann etwa „Grenzwert“, so daß wir so tun können, als gäbe es den Widerspruch nicht. Ehrliche Mathematiker werden allerdings auch heute noch darauf hinweisen. So sagt R. Courant in seinem Lehrbuch:

„Aber seit der Zeit von Zenon und seinen Paradoxien sind Versuche einer exakten mathematischen Formulierung des intuitiven physikalischen oder metaphysischen Begriffes der stetigen Bewegung mißglückt. Eine diskrete Folge von Werten . . . kann Schritt für Schritt durchlaufen werden. Aber wenn es sich um eine stetige Veränderliche  $x$  handelt, deren Werte ein ganzes Intervall . . . erfüllen, dann besteht die Schwierigkeit zu erklären, wie  $x$  sich dem festen Wert ... so nähern soll, dass  $x$  hintereinander und in der richtigen Reihenfolge alle Werte des Intervalles annimmt . . . Die intuitive Idee eines Kontinuums und eines stetigen Fließens ist völlig natürlich. Aber man kann sich nicht auf sie berufen, wenn man eine mathematische Situation aufklären will; zwischen der intuitiven Idee und der mathematischen Formulierung, welche die wissenschaftlich wichtigen Elemente unserer Intuition in präzisen Ausdrücken beschreiben soll, wird immer eine Lücke bleiben. . . Zenons Paradoxien weisen auf diese Lücke hin.“

Zwischen der intuitiven Idee und der mathematischen Formulierung wird immer eine Lücke bleiben! Ist diese Lücke nicht vergleichbar mit der Kluft zwischen unseren Wegen?

Die Worte Courants erinnern aber doch auch an ein anderes Problem, das wir schon kennen und das mit Zenons Aporien verwandt ist: der Widerspruch diskret-kontinuierlich. Solange wir die Flugstrecke des Pfeiles kontinuierlich auffassen, ergibt sich kein Problem. Erst wenn wir sie zerlegen in diskrete Punkte (Mittelpunkte), stellt sich der Widerspruch ein. Diese Zerlegung ist aber notwendig, wenn wir messen wollen, denn dann müssen wir den Punkten der Strecke Zahlenwerte zuordnen. Das Meßbar-machen, das einerseits Widersprüche (Geister) austreibt, hat uns andererseits diese Aporie eingebracht. Der Trick, mit dem Demokrit diesen Widerspruch umging, ist die Einführung des Atoms. Wir haben das im dritten Kapitel ausführlich erörtert und dort auch gesehen, wie hartnäckig dieser Widerspruch immer zurückkehrte, bis er schließlich in der Quantenmechanik aufgehoben wurde. Damit hat ja die Physik ihr Meisterstück gefertigt; damit hat sie erst so recht Anspruch, als Religion

unserer Zeit zu gelten. Damit hat sie aber auch diesen Widerspruch als Aporie anerkannt, als Widerspruch, der auch im Weltbild bestehen bleiben muß, will es sich nicht allzusehr von der Wahrheit entfernen.

Trotz dieser Anerkennung des Widerspruchs diskret-kontinuierlich in der Quantenmechanik mußten wir die Zenonschen Aporien zunächst als Unsinn betrachten. Zu sehr sind wir schon auf den Weg der Wissenschaft eingeschworen, zu selbstverständlich ist uns die Verdrängung, die Privatisierung des anderen Weges geworden. Dies wird so recht deutlich, wenn wir einmal versuchen, die Vorzeichen umzudrehen. Jorge Luis Borges beschreibt in seiner Erzählung mit dem seltsamen Titel *Tlön, Uqbar, Orbis Tertius* eine Welt (genannt Tlön), in der die Straße der Gefühle, der Widersprüche, der Mystik — kurz: die andere, „innere“ Straße den öffentlichen Weg darstellt, während die Straße der Logik, des Intellekts, der Wissenschaft, in die Privatsphäre verwiesen, verdrängt wird. Natürlich gibt es dort keine Existenz einer realen Außenwelt. Was bei uns die Physik, ist dort die Psychologie. Doch hören wir den Autor selbst:

„Es ist nicht übertrieben zu behaupten, daß die klassische Kultur in Tlön eine einzige Disziplin umfaßt: die Psychologie. Die anderen sind ihr untergeordnet. Ich habe gesagt, daß die Menschen dieses Planeten die Welt als eine Folge geistiger Vorgänge auffassen, die sich nicht im Raum, sondern nacheinander in der Zeit abspielen . . . Sie sehen nicht ein, daß das Räumliche in der Zeit fort dauern soll. Die Wahrnehmung eines Rauchgewölks am Horizont und danach der brennenden Steppe und danach der halberloschenen Zigarre, die das Brennen hervorbrachte, wird als ein Beispiel von Gedankenassoziation gewertet.“

Und Borges macht diese Umkehr der Vorzeichen am deutlichsten, wenn er in seiner Welt die Zenonschen Aporien bespricht — natürlich auch mit vertauschten Wegen. Für eine Einsicht in unseren eigenen Standpunkt ist dies so förderlich, daß ich die Stelle hier im vollen Umfange bringen möchte:

„Unter den Lehren Tlöns hat keine so großen Anstoß erregt wie der Materialismus. Einige Denker haben ihn nicht so sehr klar, als mit leidenschaftlichem Eifer so formuliert, wie man ein Paradox vorträgt. Um diese unbegreifliche These dem Verständnis näherzubringen, ersann im 11. Jahrhundert ein Häresiarch das Sophisma von den neun Kupfermünzen, das ob seiner Anstößigkeit in Tlön so berüchtigt ist wie bei uns das von den Aporien der Eleaten. Von dieser ‚spitzfindigen Beweisführung‘ gibt es viele Versionen, in denen die Zahl der Münzen und die Zahl der Funde Abwandlungen unterliegen; ich lasse hier die geläufigste folgen:

*Am Dienstag überquert X einen menschenleeren Weg und verliert neun Kupfermünzen. Am Donnerstag findet Y auf dem Weg vier Münzen, die der Regen vom Mittwoch ein wenig geschwärzt hat. Am Freitag entdeckt Z drei Münzen auf dem Weg. Am Freitag morgen findet X zwei Münzen im Flur seines Hauses.* Der Häresiarch wollte aus dieser Geschichte die Realität — id est die Kontinuität — der neun wiedererlangten Kupfermünzen deduzieren. *Es ist absurd sich vorzustellen* (bekräftigte er), *daß vier der Münzen zwischen Dienstag und Donnerstag, drei zwischen Dienstag und Freitag nachmittag, zwei zwischen Dienstag und Freitag früh nicht existiert haben — sei es auch auf eine geheime, dem Begreifen des Menschen verschlossene Art — in sämtlichen Augenblicken dieser drei Zeitspannen.*

Die Sprache von Tlön widersetzte sich der Formulierung dieses Paradoxons; die meisten verstanden es überhaupt nicht. Die Verfechter des gesunden Menschenverstandes beschränkten sich anfangs darauf, der Anekdote jeden Wahrheitsgehalt abzusprechen. Sie hoben wiederholt hervor, es handle sich um eine sprachliche Täuschung, beruhend auf der tollkühnen Verwendung zweier durch den allgemeinen Gebrauch nicht autorisierter und jedem strengen Denken fernstehender Neologismen der Verben ‚finden‘ und ‚verlieren‘, die insofern eine *petitio principii* (Zirkelschluß) beinhalten, als sie die Identität der neun ersten und der neun letzten Münzen voraussetzten. Sie gaben zu bedenken, daß jedes Substantiv (Mensch, Münze, Donnerstag, Mittwoch, Regen) nur einen metaphorischen Wert hat. Sie wiesen auf den erschlichenen Nebenumstand hin: *die der Regen vom Mittwoch ein bißchen geschwärzt hatte*, der voraussetzt, was erst bewiesen werden soll: die Andauer der Münzen zwischen dem Donnerstag und dem Dienstag. Sie erklärten, daß *Gleichheit* etwas anderes ist als *Identität*, und formulierten eine Art *reductio ad absurdum* anhand eines hypothetischen Falles: neun Menschen erleiden in neun aufeinanderfolgenden Nächten einen heftigen Schmerz. Wäre es nicht lächerlich zu behaupten, so fragen sie, daß dieser Schmerz ein und derselbe ist?“

Fällt es uns nicht schon schwer, solchen Ausführungen selbst in einer Erzählung zu folgen? Haben wir nicht fast ein bißchen Angst, zu nahe an die Grenze des Wahnes, des Irrsinns zu kommen, wenn wir nicht Abstand halten, uns mit dem Erzählten identifizieren? Und doch wird es notwendig sein, uns mit dem anderen Weg, mit dem Innenleben vertrauter zu machen,

zu lernen, auch öffentlich darüber zu sprechen, soll das andere Widerlager beim Brückenschlag Festigkeit bewahren.

Freilich müssen wir wieder behutsam vorgehen. Sehen wir uns darum zunächst das Wesen einer Aporie näher an. Wir haben gesagt, es sei ein Widerspruch, der nicht als Irrtum entlarvt werden kann, dessen Elimination nicht auf Dauer sinnvoll, oder gar unmöglich ist. Wie aber können wir eine Aporie erkennen? Gibt es dafür eindeutige Kriterien? Sozusagen eine Möglichkeit, durch „Messung“ festzustellen, was ein Widerspruch aus Irrtum, was eine echte Aporie ist? Zweifellos wäre es schön, wenn wir ein solches Kriterium finden könnten! Wäre das aber möglich, dann gäbe es wahrscheinlich gar keine Aporien. Denn wir bewegen uns jetzt im Bereich der ontologischen Grenze, sozusagen im Niemandsland zwischen öffentlich-logischem Gebiet und der anderen, inneren, widersprüchlichen Gefühlswelt. Eindeutige Entscheidungshilfen — Kriterien — gehören aber zur Logik, zum öffentlichen Gebiet, und wenn wir sie auch im Niemandsland finden könnten, dann wäre ja bloß die Grenze falsch gezogen.

Das ist es ja, was Suzuki und die anderen Weisen des Ostens uns vermitteln wollten, wenn sie sagten, Widersprüche müssen *gelebt* werden, sie können nicht im Denken allein gelöst werden. Für uns ist diese Haltung aber zu weit im anderen Weg, wir wurzeln zu sehr auf unserer Straße der Logik, als daß wir dies ohne weiteres, dauerhaft nachvollziehen könnten. Denn wir wollen die Logik nicht ausschließen, darauf haben wir uns ja schon geeinigt.

Wie also kann man entscheiden, ob ein Widerspruch eine echte Aporie ist? Nun, es stimmt schon, daß diese Entscheidung nur vom Leben getroffen werden kann. Bis zu den Experimenten Rutherfords konnte der Widerspruch diskret—kontinuierlich durch die Atomhypothese des Demokrit eliminiert, sozusagen aus dem öffentlichen Weltbild „herausgehalten“ werden. Erst dann kehrte er zurück und wurde in der Quantenmechanik als Aporie anerkannt und aufgehoben. Aber bis dahin konnte niemand voraussehen, daß dies einmal so kommen würde. Aporien, die eliminiert werden, kehren so lange zurück, bis sie als solche erkannt werden; aber bis zu ihrer endgültigen Anerkennung sind sie als solche eben noch nicht erkannt. Freilich gibt es immer wieder Menschen, die sozusagen ein Gespür für Aporien haben, und Philosophen werden sogar öffentlich darin geschult. Wenn aber nun jemand mahnend aufsteht und auf eine Aporie hinweist (wie es etwa Zenon tut), die in der Öffentlichkeit als Widerspruch eliminiert ist, dann entsteht ein neuer Widerspruch; er selbst steht dann im Widerspruch zur Öffentlichkeit, und dieser Widerspruch wird zunächst einmal eliminiert, das heißt der Mahner wird nicht ernstgenommen. Das ist ja gerade der Grund, warum die neuen Priester die Philosophie als Ganzes verdammen müssen (wie wir gesehen haben), weil sie immer wieder auf Aporien hinweist.

Aber wir wollen unser Gefühl für Aporien doch schulen, wir wollen Antennen entwickeln, um sie wenigstens dann zu erkennen, wenn sie uns schon ins Gesicht springen. Damit wir nicht so stur bleiben wie die Pariser Akademie der Wissenschaften bei den Meteoriten. Wie können wir eine Aporie also doch beschreiben? Nun, zunächst handelt es sich um einen Widerspruch, der nicht nach den Axiomen der Logik beseitigt werden kann. Wir werden daher versuchen, eine Aporie in zwei einander (möglichst vollständig) widersprechende Aussagen zu fassen. Das haben wir schon im dritten Kapitel getan, als wir feststellten, daß der Widerspruch diskret—kontinuierlich in zwei Sätzen ausgedrückt werden kann: „Eine Strecke muß aus Punkten zusammengesetzt sein“ und „Eine Strecke kann nicht aus Punkten zusammengesetzt sein“. Wenn es nun möglich ist, eine der Aussagen als falsch zu erkennen oder einfach als falsch festzusetzen, dann haben wir ja den Widerspruch eliminiert. Also ist es für eine Aporie notwendig, daß *beide Aussagen wahr* sind. (Nicht richtig — wahr!) Und drittens ist es noch notwendig, daß die beiden Aussagen zusammenhängen, daß sie einander bedingen. Sonst kommt der Widerspruch gar nicht zum Vorschein, zum Tragen. Jeder der beiden Sätze ist erst dann wahr, wenn der andere auch wahr ist. (Nach der Logik gilt, daß einer der Sätze richtig, der andere falsch ist!)

Wir können also eine Aporie durch drei Bedingungen kennzeichnen

1. Es liegen zwei einander widersprechende Aussagen vor.
2. Beide sind wahr.
3. Sie bedingen einander.

Wenn wir also eine Aporie nun doch so schön beschreiben können, haben wir dann nicht das gesuchte Kriterium gefunden? Nein, denn die Schwierigkeit liegt ja gerade darin, festzustellen, ob diese drei Bedingungen zutreffen. Tun sie es, dann sind wir mit unserem Denken in eine Sackgasse geraten, wir sind in einer ausweglosen Situation. Wie der Wanderer, der ans Talende kommt, nur weiterkann, wenn er die Höhe erklimmt, müssen wir nun den Widerspruch *aufheben* in des Wortes dreifacher Bedeutung (wir haben das schon im

fünften Kapitel besprochen). Eine völlig neue Situation wird dadurch geschaffen, wir ändern uns, die Welt ändert sich: einen Widerspruch aufheben bedeutet Leben!

Aber es scheint, daß wir uns mit jeder Faser unseres Daseins dagegen wehren, zu leben. Zu groß ist die Angst vor dem Unbekannten, dem Ungewissen, dem Verlust der Sicherheit! Darum haben wir in der Naturwissenschaft ein so unglaublich faszinierendes Gebäude — wahrhaft einen neuen Turm zu Babel — errichtet, um die Widersprüche zu eliminieren. Und wir verstehen jetzt die fünf Stufen besser, die wir fünften Kapitel entwickelt haben: Irgendwann in der Geschichte zerfällt die Einheit von Gegensätzen, ein Widerspruch tritt auf, wird als solcher erkannt. Damit ist die erste Bedingung für eine Aporie erfüllt. Aber unsere unmittelbare Reaktion, die erste Stufe der Widerspruchselimination, ist die, daß wir die zweite Bedingung nicht wahrhaben wollen; wir behaupten einfach, eine der Aussagen sei falsch. Wir setzen es zunächst so fest. Intersubjektiv — dann kann nichts geschehen. Steine fallen nicht vom Himmel, wer es dennoch behauptet, ist ein Betrüger oder irr!

Erst wenn sich nach einiger geschichtlicher Entwicklung diese Standpunkt nicht mehr halten läßt, wenn sich beide Aussagen als wahr herausstellen (wenn dreitausend Steine vor den Toren von Paris vom Himmel fallen), versuchen wir es mit der dritten Bedingung und behaupten, die beiden Aussagen — einander widersprechend und doch beide wahr — haben nichts miteinander zu tun, sie sind unabhängig, sie bedingen einander nicht. Dies ist die zweite Stufe der Widerspruchselimination, die Ebenentrennung.

Wir haben im fünften Kapitel diese beiden Stufen als vorwissenschaftlichen Bereich erkannt. Die fünfte Stufe, die Synthese, das Aufheben des Widerspruches reicht eigentlich über die Wissenschaft hinaus. So können wir nun die Naturwissenschaft als die faszinierende Disziplin erkennen, die Aporien zwar weder vollständig ableugnet, noch aber sie zur wahren Synthese bringt. Denn Ableugnen einer Aporie würde ja heißen, eine der drei Bedingungen nicht gelten lassen, und das gehört eben zum vorwissenschaftlichen Bereich. Aufheben würde heißen, den Widerspruch eben auch bestehen zu lassen, ins Leben vorzudringen mit all seinen Gefahren, Unbekannten, seiner notwendigen Todesangst. Den schmalen Bereich dazwischen hat unsere Naturwissenschaft ausgebaut zu einem vollständigen Bild der Welt, unerschöpflich ist ihre Kreativität im Erfinden immer neuer Methoden, einen Widerspruch weder vollständig abzuleugnen noch vollständig anzuerkennen. Wie sie das macht, haben wir schon eingehend besprochen. Vielleicht können wir aber jetzt noch deutlicher sehen, welche tiefe Rolle dabei die Hierarchie spielt. „Vereinheitlichung des Weltbildes“ war doch die Idee, die Newton dem Galileischen Ansatz hinzufügte. Verschiedene Gebiete, die — auf der zweiten Stufe — noch getrennt betrachtet werden müssen, werden innerhalb des wissenschaftlichen Bereiches zugeordnet und schließlich eingeordnet unter eine gemeinsame, neue Theorie. Für Erscheinungen, die zunächst getrennt gesehen werden, ja einander widersprechen können, wird ein gemeinsamer Oberbegriff oder eine umfassende Theorie gefunden; damit wird der ursprüngliche Widerspruch zum bloßen Unterschied, es sind nur mehr verschiedene Formen eines einheitlichen, zugrunde liegenden Prinzips. Innerhalb der Hierarchie ist damit auch eine neue, höhere Ebene entstanden, aber zur Elimination des Widerspruches, nicht zu seiner Aufhebung. Diese höhere Ebene ist immer abstrakter, weiter von der unmittelbaren Erfahrung entfernt. Damit ist sie auch ein Stück weiter vom Menschen abgerückt. Das haben wir ja schon immer gesagt: Widerspruchselimination, Austreibung der Geister, ist Fortschritt, aber eben auch im Sinne des Schrittes fort vom Menschen.

## **EINSTEIN: DER VIERDIMENSIONALE PARMENIDES**

**Gespräch (Auszug) zwischen Franz Kreuzer (Österreichisches Fernsehen) und Bernulf Kanitscheider (Professor für Philosophie der Naturwissenschaften in Gießen)**

**Aus: „Zeit-Zauber“, Verlag Franz Deuticke, Wien 1984**

**Kreuzer:** Wir kommen also zur Gegenwart, zu jener Gegenwart, in der Sie ein führender Mitwirkender sind. Wir wissen aus mehreren, dieses Themengebiet berührenden Gesprächen\*), daß es neuerdings um die Vereinigung der verschiedenen Feldtheorien oder der Theorien über die verschiedenen Felder geht – das ist ein Erbe Einsteins, wir schließen hier an Einstein an. Einstein hat sich vorgestellt, daß man das Gravitationsfeld und das Elektromagnetische Feld unter einem sehen kann, in der Zwischenzeit haben wir mit dem Raum-Zeit-Materiefeld vier Felder.

**Kanitscheider:** Einstein war überzeugt, daß seine Feldgleichungen, die Feldgleichungen der Gravitation allein, noch eine imperfekte Lösung darstellen. Auf der linken Seite dieser Gleichungen finden wir die Gravitation in der Struktur der Raum-Zeit vor. Befleißigt man sich einer sauberen Sprechweise, kann man nicht mehr sagen, es gibt die Gravitation in der Raum-Zeit, sondern die Gravitation ist einfach in der Raum-Zeit-Struktur aufgegangen. Nun haben wir aber, wenn wir uns die Feldgleichungen ansehen, auf der rechten Seite diesen ganzen Komplex, der nicht in einer raumzeitlichen Sprache beschrieben ist, sondern da wird die vorrelativistische Sprache der Physik verwendet. Da wird von Materiefeldern, Flüssen, Dichten und dergleichen gesprochen. Auf der rechten Seite der Feldgleichungen haben wir keine geometrische Sprache. Das war für Einstein schon gleich nach der Fertigstellung der Gravitationstheorie eine unbefriedigende Situation. Und er schrieb schon ziemlich bald: Das kann nicht das Endstadium der Überlegung sein; wenn die Welt eine ausschließlich raumzeitliche Struktur besitzt, dann muß auch die rechte Seite der Gleichung in einer geometrischen Sprache beschrieben werden.

**Kreuzer:** Somit auch die Einbindung des Elektromagnetischen Feldes.

**Kanitscheider:** Es geht um alle Arten von Zustandsgrößen, die ein Materiekomplex besitzen kann. Unter anderem tritt auch der Fall ein, daß dieser Materiekomplex nur aus dem Elektromagnetischen Feld aufgebaut ist.

**Kreuzer:** In der Zwischenzeit sind nun noch zwei weitere Problemfelder dazugekommen, die Schwache Wechselwirkung – Radioaktivität – und die Starke Wechselwirkung – im Atomkern. Die sollen nun auch eingebunden werden?

---

\*) *Sternenfeuer in Menschenhand. Quarks, Quantenleiter; Zählung der Wasserstoffbombe. Franz Kreuzer im Gespräch mit Victor F. Weisskopf und Hans Motz, 1983; Wo der Markstein der Schöpfung steht. Franz Kreuzer im Gespräch mit Thomas Gold, Roman U. Sexl und Rudolf Albrecht, 1984.*

**Kanitscheider:** Ja. Das war eine Schwierigkeit, auf die Einstein dann in seiner späteren Lebenszeit gestoßen ist. Zuerst mit dem Versuch, zwei Felder, das Gravitationsfeld, also das Schwerefeld, und das Elektromagnetische Feld einheitlich zu beschreiben. Jetzt kam dazu, daß man inzwischen zwei neue Kräfte oder zwei neue Felder entdeckt hatte. Die Grundidee war, daß die Welt ausschließlich aus reiner, leerer, gekrümmter Raum-Zeit besteht – da kann es natürlich neben dem geometrisierten Schwerefeld und dem geometrisierten Elektromagnetischen Feld kein eigenständiges nichtgeometrisches Feld mehr geben. Die neuen Felder müßten dann auch irgendwie aus gekrümmter Raum-Zeit herauskonstruiert, in bezug auf die Gleichung von rechts nach links geschoben werden. Eine solche Vereinheitlichung mittels klassischer Kontinuumstheorien gilt heute aber als unmöglich.

### **Obst in Gelee, Obst ohne Gelee, Gelee ohne Obst**

**Kreuzer:** Ein aufmerksamer Zuhörer hat jetzt ganz deutlich zum ersten Mal in diesem Gespräch gehört, daß nach diesem Theoriensystem, das sich nach Einstein ergeben hat, die Inhalte der verschiedenen Felder in Raum und Zeit sich in Raum-Zeit auflösen. Das heißt im Sinne unseres Vergleichs aus dem ersten Teil des Gesprächs: Die Welt besteht jetzt nicht aus Gelee mit Obst drin – wir haben zwischendurch erörtert, sie könnte aus Obst ohne Gelee bestehen –, sondern aus Gelee ohne Obst. Das „Obst“ sind die Krümmungen im Gelee, also die Veränderungen im raumzeitlichen Kontinuum – und das ist die Welt: Die Materie ist draußen, oder wir haben einen neuen Namen für Materie, nämlich Krümmung, Verwirbelung, Grubenbildung im Raum-Zeit-Kontinuum.

**Kanitscheider:** Es ist das Ziel dieser theoretischen Arbeit, immer mehr von normalen grobsinnlichen, üblicherweise autonom beschriebenen physikalischen Eigenschaften in die raumzeitliche Sprache zu übersetzen. Da hat man zum Beispiel den Begriff der positiven und negativen Ladung mit dem mehrfachen Zusammenhang des Raums in Verbindung gebracht. Dies ist ganz einfach vorstellbar: Reduziert man das System um eine Dimension, entsteht ein Gebilde, das wie ein Bierkrug einen Henkel besitzt, wobei die beiden Stellen der Raum-Zeit, wo der „Henkel“ angebracht ist, jetzt mit der positiven und negativen Ladung identifiziert sind. Man kann auf diese Weise alle Eigenschaften, die üblicherweise der positiven und negativen Ladung zugeschrieben werden, in eine topologische Sprache übersetzen.

### **Ich bin überall, ich bin ewig**

**Kreuzer:** Zurück zum Begriff des Feldes. Ich möchte behaupten: So groß ist der Unterschied der Vorstellung von Obst und Gelee beziehungsweise Gelee und Obst nicht: Ob man nun sagt, die Materie ist im Raum oder der Raum ist ein Relationensystem der Materie, oder ob man letztlich erkennt, daß es eigentlich nur der Raum ist, der sich krümmt – und die Krümmungen und Verwirbelungen im Raum-Zeit-Kontinuum, das ist nun die Materie. Man hat einfach besser



herausgefunden, was die Materie ist. Wesentlich an der Feldauffassung ist aber, daß sich die Elemente im Raum-Zeit-Kontinuum nicht voneinander trennen lassen. Alles im Weltall hat mit allem zu tun.

**Kanitscheider:** Ja – das liegt an einer sehr tiefen Eigenschaft der Einsteinschen Theorie, nämlich an ihrer Nichtlinearität. Das kann man vielleicht so verstehen: Hat man bei einer normalen linearen Theorie eine Lösung und dann eine zweite Lösung gefunden, kann man die beiden Lösungen addieren, und die Addition der beiden liefert wieder eine Lösung. Die Einsteinsche Theorie ist nun eine solche, die gerade diese einfache Überlagerung unmöglich macht, das heißt – kehrt man den Vorgang um –, daß auch eine gegebene Feldsituation nicht in verschiedene Anteile, die auf einzelne Quellen zurückgehen, aufgesplittet werden kann. Und das erzeugt das, was Sie eben angesprochen haben, daß alle Wirkungen der Materie gewissermaßen miteinander verwoben sind, daß es letzten Endes nur ein einziges Bezugsobjekt der Relativitätstheorie gibt, das Universum. Man kann es so ausdrücken: Die Relativitätstheorie hat einen inneren kosmologischen Bezug, einen natürlichen Bezug zur Beschreibung der Welt im ganzen.

**Kreuzer:** Der Gedanke ist älter als Einstein; es ist noch ein Machscher Gedanke; das Mach-Prinzip besagt, daß alle Teile der Welt mit allen anderen Teilen zu tun haben.

**Kanitscheider:** Auf Grund der Kritik Machs an der Newtonschen Konzeption des Raumes ergab sich – wenn man Mach in einer bestimmten Weise liest –, daß eine spezielle Eigenschaft, die Trägheit, etwas damit zu tun hat, wie sich alle fernen Massen, also die Sterne, die Galaxien, bewegen und vor allem, welche Dichte sie besitzen.

**Kreuzer:** Das beleidigt natürlich unser Gefühl von Individualität oder von Kohärenz eines Gegenstandes. Wir erleben uns von der übrigen Welt getrennt. Nach diesem Machschen Prinzip, das sich jetzt immer mehr als ein im Prinzip anzuerkennendes durchsetzt, *bin ich überall*.

**Kanitscheider:** Ja, gewiß.

**Kreuzer:** Und das ganze Universum ist *in mir*? Der Begriff „ich“ hat natürlich in diesem Zusammenhang keinen Sinn, aber was immer ein Gegenstand in der Welt – mit oder ohne Bewußtsein – ist, hat mit allen anderen Gegenständen weil Bestandteil des Feldes, zu tun.

**Kanitscheider:** Man darf das natürlich nicht überziehen. „Ich bin überall“ heißt, daß die Abgrenzung, die wir optisch und physikalisch an einem Körper durchführen können, einen Näherungswert hat. Tatsächlich gilt sozusagen die Separation eines Objekts, wenn wir es ganz präzise betrachten, nicht. Im Prinzip hängt alles mit allem zusammen. Im Prinzip hängt also auch ein ganz einfacher Vorgang, wenn ich etwa einen Tennisball zu beschleunigen versuche und er gegen diese Beschleunigung Widerstand ausübt, mit den fernen Massen zusammen

**Kreuzer:** In bezug auf unser Thema Zeit: Nehmen wir an, die „Grand Unified Theory“, die Große Vereinheitlichte Theorie, sei bereits gelungen und alle Feldbestandteile seien nur Ausbuchtungen oder Krümmungen im Raum-Zeit-Kontinuum – da ist auch die Zeit drin. Also gilt, was ich sage, auch für die Zeit. Ist man nach diesem Prinzip nicht nur im Weltall räumlich überall, sondern auch *zeitlich überall*, das heißt, ist man eigentlich immer schon gewesen und wird man immer sein? Ist man in dieser Beziehung *allgegenwärtig* in der Welt?

**Kanitscheider:** Selbstverständlich muß die Zeit in diese Beschreibung immer eingeschlossen sein, das geht schon deswegen nicht anders, weil die enge Verkettung zwischen Raum und Zeit bereits in der Speziellen Relativitätstheorie vollzogen ist. Die Abhängigkeit der Raum-Zeit von der Materie betrifft nie den Raum allein, sondern immer Raum und Zeit zusammen.

### Das Schicksal setzt den Hobel an ...

**Kreuzer:** Weil es an dieser Stelle sinnvoll sein könnte, vielleicht eine kleine wissenschaftsgeschichtliche Bemerkung, Österreich betreffend. Hier wird in einer seltsamen Weise zwei rivalisierenden Titanen unserer Wissenschaftsgeschichte Gerechtigkeit zuteil. Vorerst hat Boltzmann gegen Mach verloren und vermutlich deshalb Selbstmord begangen, dann hat er posthum über ihn triumphiert, weil sich die Atom-Theorie, die Mach abgelehnt hat, durchsetzte. Die neueste Entwicklung bedeutet aber, daß wieder Mach einigermaßen zu seinem Recht kommt, denn sein alter, vielverspotteter Witz, wenn vom Atom die Rede war: „Haben S' eins g' sehn?“, bestätigt sich jetzt. Atome sind jedenfalls keine Billardkugeln, sondern Diskontinuitäten im Raum-Zeit-Kontinuum.

**Kanitscheider:** Es hängt wohl davon ab, welchen Aspekt der Quantenfeldtheorie man herausgreift. Das gegenwärtige Paradigma der Elementarteilchenbeschreibung ist wohl das atomistische

**Kreuzer:** Natürlich, die Welt besteht aus Partikeln, sie ist kein Brei. Aber insofern hat Mach doch recht behalten: Alles hängt mit allem zusammen, und die Elemente sind keine Billardkugeln.

**Kanitscheider:** Die Behauptung der Nichtsichtbarkeit von Teilchen – denken wir an ein Neutrino – hat sich zweifellos bewahrheitet, sie sind nur indirekt nachweisbar. Und Mach hat in bezug auf diesen anderen Aspekt wohl recht gehabt, dass der Zusammenhang zwischen lokalen Eigenschaften der terrestrischen Physik und globalen Eigenschaften des Kosmos wesentlich stärker ist, als man bisher geglaubt hat.