RAUMZEIT

EIN KONTINUUM DER IRRTÜMER



VON C. H. F. WARNKE

TRACTATUS PRINCIPIO

RAUMZEIT

EIN KONTINUUM DER IRRTÜMER

von C.H.F. Warnke

Inhalt

TEIL I — EINLEITUNG **1**

TEIL II — DER RAUM ALS LESUNG DES UNTERSCHIEDS **8**

1. Die Verwechslung von Gegenstand und Position 9

2. Die Selbstbezüglichkeit des Unterschieds 11

3. Der Tisch als Symbol 1 13

4. Die Differenz liegt in der Lesung 15

5. Wie aus Lesepositionen ein räumlicher Gegenstand erscheint . . 17

6. Die dritte Dimension ist kein zusätzlicher Träger 19

7. Die Fotografie als besondere Leseposition 21

8. Von der Schreibweise zur Eigenbeziehung 23

9. Die physikalische Lesung der Zahl 25

10. Die Zahl ist nicht der Ursprung der Bewegung 33

11. Das Maß als Veränderung der Lesung 39

TEIL III — TRACTATUS-NOTATION UND ABLAUF **46**

12. Der Zusammenhang in Tractatus-Notation 47

13. Die Physik als Gradientenlesung des Unterschieds 54

14. Von der Grundspur zur stabilen Weltlesung 73

15. Archibald und der Irrtum des Inneren 83

16. Der Gradient – die rücklesbare Beziehung zum Beobachter . . 92

17. Licht – die Grenze der Selbstmessung 100

18. Die Geometrie der Lichtzahl – Spiegelung, Bruchkante und Selbstbezug 107

19. Determiniert ist die Lesung, nicht die Fortsetzung 124

20. Das Universum, das wir niemals gleichzeitig sehen 136

21. Die Frage, die ihre Voraussetzung vergisst 164

TEIL I — EINLEITUNG

Archibald und der Irrtum der dritten Dimension

Als Kind sah ich eine Zeichentrickserie namens Archibald, der Weltraumtrotter. Gemeinsam mit seinem Hund bereiste Archibald das Weltall und landete in einer Folge auf einem höchst merkwürdigen Planeten: Seine Bewohner waren zweidimensional.

Für ein Kind, das seine eigene Welt ganz selbstverständlich als dreidimensional erlebte, war das eine faszinierende Vorstellung. Eine ganze Welt, der die dritte Dimension fehlte! Wie sollten diese Wesen leben und sich bewegen, wenn ihnen jene räumliche Tiefe fehlte, die mir bis dahin als geradezu selbstverständliche Voraussetzung jeder Bewegung erschienen war?

Archibald kam als Besucher aus einer dreidimensionalen Welt und begegnete Wesen, deren Wirklichkeit auf zwei Dimensionen beschränkt war. So jedenfalls verstand ich die Geschichte. Etwas Bemerkenswertes entging mir dabei vollständig: Archibald war selbst zweidimensional.

Nicht allein die Bewohner des fremden Planeten, sondern auch Archibald, sein Hund, sein Raumschiff und das gesamte Universum ihrer Reise erschienen auf einer zweidimensionalen Bildfläche. Ich betrachtete somit die zweidimensionale Darstellung einer dreidimensional erscheinenden Welt, in der ein dreidimensional dargestellter Beobachter seinerseits eine zweidimensionale Welt entdeckte. Und ausgerechnet seine Dreidimensionalität hatte ich für selbstverständlich gehalten.

Dabei besaß die Bildfläche selbst überhaupt keine entsprechende räumliche Tiefe. Sie erschien erst in meiner Wahrnehmung. Doch selbst damit war die eigentliche Pointe noch nicht erreicht.

Der Film, der sich nicht bewegt

Nehmen wir einen klassischen Kinofilm mit seinen vierundzwanzig Bildern pro Sekunde. Jedes dieser Bilder zeigt eine bestimmte, in sich vollständige Anordnung. Ein Mensch steht an einer bestimmten Stelle, ein Gegenstand besitzt eine bestimmte Lage, eine Landschaft zeigt eine bestimmte Gestalt. Im einzelnen Bild bewegt sich nichts. Erst durch die Wahrnehmung der Bilder in ihrer geordneten Folge erleben wir Bewegung.

Wir sehen einen Menschen laufen und ein Raumschiff fliegen, obwohl jedes Einzelbild lediglich eine bestimmte Erscheinung zeigt. Wir erleben eine kontinuierliche Bewegung, die sich in keinem der einzelnen Bilder für sich genommen befindet. Und dennoch zweifeln wir keinen Augenblick daran, dass Archibald tatsächlich durch das Weltall reist. Für einen Film bedarf es selbstverständlich einer zeitlichen Projektion. Ob uns dieses Prinzip aber auch die Wirklichkeit selbst erklärt, ist eine andere Frage.

Denn wollten wir die Welt lediglich als Abfolge kosmischer Einzelbilder verstehen, müssten wir bereits eine äußere Zeit annehmen, innerhalb derer die Bilder überhaupt erst aufeinanderfolgen. Die Zeit wäre damit nicht erklärt. Wir hätten lediglich einen unsichtbaren Filmprojektor erfunden.

Der Beobachter und seine Welt

Der Ausgangspunkt unserer Untersuchung ist deshalb nicht die Bewegung, sondern die Unterscheidung: Ein Beobachter unterscheidet sich von seiner Welt. Doch weder der Beobachter noch die Welt müssen dabei als zwei fertige, voneinander unabhängige Gegenstände vorausgesetzt werden.

Sie erscheinen als Pole ein und derselben Unterscheidung.

Beobachter | Welt

Diese Unterscheidung besitzt allerdings eine bemerkenswerte Eigenschaft: Der Beobachter unterscheidet nicht allein seine Welt von sich selbst, sondern ebenso die eigene Beziehung zu dieser Welt.

Die Unterscheidung wird selbst wieder unterschieden.

Der Unterschied bezieht sich auf sich selbst.

Der Tractatus Principio bezeichnet diesen wirksamen Selbstbezug mit:

$$\Delta := |(|)$$

Dabei ist die Selbstbezüglichkeit kein Vorgang, der erst innerhalb einer bereits vorhandenen Zeit stattfinden müsste. Sie ist die Bedingung dafür, dass unterschiedliche Relationslagen überhaupt zueinander lesbar werden. Eine solche vollständige Relationslage bezeichnet der Tractatus als Frozen Frame. Innerhalb eines solchen Frames bewegt sich nichts. Er ist kein winziger Zeitabschnitt, in dem die Wirklichkeit für einen Moment innehält. Er bezeichnet eine vollständige Ordnung von Unterscheidungen, die selbst keine zeitliche Dauer voraussetzt.

Erst indem der Beobachter unterschiedliche vollständige Relationslagen aufeinander bezieht, entsteht jene stringente Ordnung, die wir als zeitliche Fortsetzung erleben. Wiederkehrende Unterschiede erscheinen uns als beständige Gegenstände, veränderte Beziehungen als Bewegung und die Stringenz dieser Veränderungen schließlich als Zeit. Die Zeit bringt die Unterscheidungen nicht hervor. Sie ist eine Lesung ihrer Selbstbezüglichkeit.

Die Oberfläche der Wirklichkeit

Kehren wir zu Archibald zurück.

Seine dreidimensionale Welt erscheint auf einer zweidimensionalen Oberfläche. Seine Bewegung erscheint durch die Beziehung unbewegter Bilder. Beide Erscheinungen sind für den Zuschauer unmittelbar wirklich, obwohl sie weder eine dritte räumliche Dimension innerhalb der Bildfläche noch eine Bewegung im einzelnen Bild erfordern.

Was wäre nun, wenn auch unsere dreidimensionale Wahrnehmung eine geometrische Lesung einer grundlegenderen Selbstbeziehung wäre?

Wenn das, was wir als räumliche Tiefe erleben, nicht eine unabhängige dritte Grunddimension bezeichnete, sondern die Perspektive auf die rekursive Tiefe einer topologisch-geometrischen Relation?

Dann wären die Oberflächen der Dinge nicht bloß äußere Hüllen, hinter denen sich immer kleinere materielle Gegenstände verbergen. Jede weitere Untersuchung einer Oberfläche würde erneut unterscheidbare Oberflächen hervorbringen. Wir würden

keinen letzten, relationslosen Inhalt entdecken, sondern die ursprüngliche Unterscheidung unter veränderten Bedingungen erneut vollziehen. Es gäbe nicht unzählige voneinander unabhängige Räume mit verborgenen Innenräumen, sondern eine zusammenhängende relationale Ordnung, deren Selbstunterscheidungen als verschiedene Oberflächen, Gegenstände und Tiefen erscheinen. Und jetzt können wir die ganze Überlegung noch einmal umkehren.

Warum man überhaupt ein Foto aufnehmen kann

Wir sind gewohnt, ein Foto als Abbild der Wirklichkeit zu betrachten. Die Welt ist vorhanden, wir richten eine Kamera darauf und halten für einen kurzen Augenblick einen Ausschnitt fest. Das scheint zunächst vollkommen selbstverständlich. Doch damit haben wir bereits angenommen, was wir eigentlich erklären müssten.

Warum kann die Welt überhaupt in einem zweidimensionalen Bild erscheinen?

Warum können räumliche Verhältnisse auf einer Fläche festgehalten werden, ohne dass ihre räumliche Lesbarkeit vollständig verloren geht?

Und warum erkennen wir auf einem unbewegten Foto nicht nur Formen, sondern auch Gegenstände, Entfernungen und sogar Hinweise auf Bewegung?

Eine Kamera registriert während der Belichtung eine bestimmte Lichtrelation. Ihre Optik, ihre Ausrichtung und die Beschaffenheit der Aufnahmefläche bestimmen, welche Unterschiede sich als Bild stabilisieren lassen. Was wir erhalten, ist folglich nicht

einfach die Welt in verkleinerter Form, sondern eine bestimmte, fixierte Lesung ihrer unterscheidbaren Verhältnisse. Und dennoch erkennen wir auf dieser zweidimensionalen Darstellung eine räumliche Welt. Wir sehen Nähe und Ferne, Vordergrund und Hintergrund, Körper und Gegenstände.

Manchmal genügt ein einzelnes Foto sogar, damit wir eine Bewegung erkennen: Ein springender Mensch, ein fallender Gegenstand, eine im Wind gebogene Baumkrone.

Wir sehen nicht die Bewegung selbst.

Wir lesen eine sichtbare Relationslage im Zusammenhang mit anderen möglichen Relationslagen. Das Foto zeigt uns somit nicht nur, wie eine dreidimensionale Welt zweidimensional dargestellt werden kann. Es zeigt, dass die räumliche Lesbarkeit nicht mit der Anzahl der Dimensionen ihrer Darstellung identisch sein muss.

Und damit kehrt sich unsere ursprüngliche Frage um.

Vielleicht können wir nicht deshalb fotografieren, weil die Wirklichkeit aus fertigen dreidimensionalen Gegenständen besteht, die sich auf eine Fläche projizieren lassen. Vielleicht müssen wir vielmehr untersuchen, ob die fotografische Darstellbarkeit gerade deshalb möglich ist, weil räumliche Gegenständlichkeit selbst bereits eine stabile Lesung relationaler Unterscheidungen ist. In der Sprache des Tractatus wäre das Foto keine Herausnahme eines Stückes Wirklichkeit aus der Zeit. Es wäre die fixierte Erscheinung einer bestimmten Messrelation, die sich als vollständige, unterscheidbare Bildordnung lesen lässt.

Und genau darin liegt die tiefere Bedeutung des Frozen Frames. Wir können eine Welt in einem unbewegten Bild erkennen, weil

Bewegung, Gegenständlichkeit und räumliche Tiefe nicht als fertige Inhalte in diesem Bild enthalten sein müssen. Sie werden aus den Unterscheidungen und ihren Beziehungen heraus lesbar.

Das Foto beweist damit keineswegs die gesamte Ontologie des Tractatus. Es führt uns allerdings unmittelbar zu der Frage, von der diese Untersuchung ausgeht:

Wenn eine zweidimensionale Darstellung ausreicht, damit wir eine dreidimensionale Welt erkennen – worin besteht dann eigentlich die dritte Dimension?

Ist sie eine ursprüngliche Eigenschaft der Wirklichkeit?

Oder ist sie eine Perspektive auf die Selbstbezüglichkeit der Unterscheidung?

Und wenn Zeit erst durch die stringente Beziehung vollständiger Relationslagen erlebt wird, warum setzen wir dann überhaupt einen vierdimensionalen Raumzeitträger voraus, um diese Erscheinungen zu erklären?

Vielleicht beginnt der Irrtum nicht in den Gleichungen der Physik. Vielleicht beginnt er damit, dass wir ihre geometrischen Auslesungen für die Wirklichkeit selbst halten.

Archibald glaubte, einen zweidimensionalen Planeten entdeckt zu haben.

Vielleicht hätte er zuerst fragen müssen, warum seine eigene Welt überhaupt auf eine zweidimensionale Oberfläche passte.

TEIL II — DER RAUM ALS LESUNG DES UNTERSCHIEDS

KAPITEL 01

1. Die Verwechslung von Gegenstand und Position

Gewöhnlich betrachten wir den Raum als etwas, in dem sich Gegenstände befinden. Ein Tisch steht in einem Zimmer, ein Beobachter vor diesem Tisch, während ihn ein anderer von der Seite aus betrachtet. Die Verschiedenheit ihrer Perspektiven erklären wir durch unterschiedliche Positionen in einem dreidimensionalen Raum. Damit haben wir allerdings bereits vorausgesetzt, was wir eigentlich erklären möchten.

Wir nehmen an, dass der Tisch ein fertiger dreidimensionaler Gegenstand ist, dass die Beobachter eigenständige Körper sind und dass ein Raum existiert, in dem sich ihre Positionen voneinander unterscheiden. Auf dieser Grundlage lassen sich die Perspektiven hervorragend berechnen. Weshalb räumlich unterschiedliche Perspektiven überhaupt entstehen können, haben wir damit allerdings noch nicht erklärt.

Dazu müssen wir bei der Unterscheidung selbst beginnen.

Im Tractatus Principio bezeichnet

den reinen Unterschied.

Dieser Unterschied ist keine Linie in einem bereits vorhandenen Raum. Er bezeichnet zunächst weder Länge noch Breite, weder Richtung noch Abstand. Er ist die Bedingung dafür, dass etwas

überhaupt als von etwas anderem unterschieden erscheinen kann.

Die polare Lesung lautet:

A|B

Dabei bezeichnen A und B keine bereits fertigen Gegenstände.

Sie sind die beiden unterscheidbaren Seiten derselben Relation.

Ob wir diese Seiten nun Beobachter und Welt, Beobachter A und Beobachter B oder auch Hand und Tisch nennen, verändert die Grundstruktur nicht.

Es bleibt dieselbe Unterscheidung.

Selbst wenn wir von zwei Beobachtern sprechen, haben wir damit nicht zwei unabhängige Ursprünge eingeführt, die wir erst nachträglich verbinden müssten. Denn auch ihre Unterscheidbarkeit ist bereits eine Lesung von A|B.

Die Anzahl der Beobachter verändert nicht die ursprüngliche Relation. Sie bezeichnet unterschiedliche Möglichkeiten, dieselbe Relation zu lesen.

KAPITEL 02

2. Die Selbstbezüglichkeit des Unterschieds

Die Tätigkeit des Unterschieds erschöpft sich nicht darin, zwei Pole unterscheidbar werden zu lassen. Der Unterschied kann sich vielmehr auf seine eigene Unterscheidung beziehen. Nicht allein A wird von B unterschieden; auch die Weise, in der A und B unterschieden sind, lässt sich ihrerseits unterscheiden.

Der Unterschied unterscheidet seinen eigenen Unterschied.

Der Tractatus Principio bezeichnet diesen Selbstbezug mit:

Δ := |(|)

Dabei handelt es sich nicht um einen Vorgang, der nach der ursprünglichen Unterscheidung in einer bereits vorhandenen Zeit beginnt. Die reine Unterscheidung, ihre polare Lesung und ihre Selbstunterscheidung wirken gleichzeitig und rekursiv ineinander. Gerade dadurch eröffnet sich die Möglichkeit unterschiedlicher Leseperspektiven auf ein und dieselbe relationale Ordnung. Eine Perspektive bezeichnet dabei noch keinen Ort in einem fertigen Raum. Sie bezeichnet zunächst eine bestimmte Fixierung, unter der die Relation gelesen wird. Die Möglichkeit einer anderen Perspektive gehört bereits zur Selbstbezüglichkeit derselben Unterscheidung.

Hierfür bedarf es keines zweiten Beobachters als zusätzlicher Ursache. Ein anderer Beobachter kann eine andere Lesung

derselben Ordnung verkörpern, ebenso wie ein einzelner Beobachter seine eigene Lesung verändern kann.

In beiden Fällen bleibt das ursprüngliche Verhältnis dasselbe.

Nicht mehrere Beobachter erzeugen unterschiedliche Wirklichkeiten. Die Selbstbezüglichkeit des Unterschieds ermöglicht unterschiedliche Lesungen einer gemeinsamen Wirklichkeit.

KAPITEL 03

3. Der Tisch als Symbol 1

Um diesen Zusammenhang etwas anschaulicher werden zu lassen, betrachten wir einen Tisch. Die stabile, als Tisch wiedererkennbare Relationsform bezeichnen wir mit dem Symbol:

1

Die Eins ist dabei keine Behauptung, dass der Tisch eine unteilbare materielle Einheit wäre. Sie ist die gewählte Bezeichnung für jene Relation, die unter verschiedenen Perspektiven als derselbe Tisch lesbar bleibt. Nun benötigen wir eine Möglichkeit, unterschiedliche Lesepositionen zu kennzeichnen, ohne bereits räumliche Koordinaten vorauszusetzen.

Hier erhält das Komma eine besondere Bedeutung.

Es trennt nicht einfach den ganzzahligen von einem gebrochenen Anteil eines Zahlenwertes. Es markiert in unserer Schreibweise den Wechsel von der bezeichneten Relation zu ihrer Leseposition.

Betrachten wir:

1,1

und

1,5

Beide Ausdrücke enthalten dieselbe Eins.

Der Tisch bleibt als dieselbe Relationsform bezeichnet.

Verändert wird lediglich die Leseposition hinter dem Komma.

Die erste Schreibweise bezeichnet den Tisch unter Leseposition 1; die zweite bezeichnet denselben Tisch unter Leseposition 5. So werden zwei unterscheidbare Erscheinungen lesbar, ohne dass wir zwei Tische voraussetzen müssten. Ebenso erhalten wir zwei Lesepositionen, ohne zuvor einen dreidimensionalen Raum anzunehmen.

Die Eins trägt die wiedererkennbare Gegenstandsrelation.

Das Komma markiert den Wechsel der Bezugsebene.

Die folgende Zahl bezeichnet die Fixierung, unter der diese Relation erscheint. Der Gegenstand bleibt als Relation lesbar, während sich seine Perspektive unterscheidet.

KAPITEL 04

4. Die Differenz liegt in der Lesung

Nehmen wir nun zwei Beobachter an.

Beobachter A liest den Tisch als:

1,1

Beobachter B liest ihn als:

1,5

Die übliche geometrische Interpretation würde behaupten, A und B befänden sich an zwei verschiedenen Orten eines bereits vorhandenen Raumes. Doch wir können die Situation auch ohne diese Voraussetzung beschreiben.

Beide Lesungen beziehen sich auf dieselbe Eins.

Sie unterscheiden sich in ihrer Fixierung.

Die Beziehung lautet:

1,1 | 1,5

Was wird hier unterschieden?

Es geht weder um zwei unabhängige Tische noch um zwei voneinander getrennte Welten, sondern um unterschiedliche Lesepositionen derselben gegenständlichen Relation. Auch der Unterschied zwischen diesen Lesepositionen ist wieder eine Unterscheidung innerhalb desselben Gefüges.

Damit wirkt erneut der Selbstbezug des Unterschieds:

$$\Delta := |(|)$$

Wir benötigen also keinen zusätzlichen Raum, um die Lesepositionen miteinander in Beziehung zu setzen. Ihre Unterschiedlichkeit ist selbst eine Lesung der ursprünglichen Relation. Wichtig ist dabei, dass wir die Ziffern hinter dem Komma nicht voreilig wie gewöhnliche Zahlen voneinander abziehen. Allein aus den Lesepositionen 1 und 5 lässt sich noch kein räumlicher Abstand von vier Einheiten ableiten. Dazu müssten wir bereits eine Skala und eine Regel festgelegt haben, nach der die unterschiedlichen Lesepositionen als Entfernung gemessen werden können.

Noch kennen wir lediglich ihren Unterschied.

Ihre räumliche Bedeutung muss erst aus der Beziehung der beiden Lesungen hervorgehen. Die Differenz der Lesepositionen ist ursprünglicher als der Abstand, den wir später aus ihr ablesen.

KAPITEL 05

5. Wie aus Lesepositionen ein räumlicher Gegenstand erscheint

Beobachter A sieht den Tisch unter einer bestimmten Fixierung. Dabei mag ihm die Vorderseite besonders deutlich erscheinen, während eine andere Seite verdeckt bleibt. Beobachter B betrachtet denselben Tisch unter einer anderen Fixierung. Nun kann eine Seitenfläche hervortreten, während die zuvor sichtbare Vorderseite verkürzt erscheint. Die Erscheinungen unterscheiden sich, und dennoch können wir sie als Erscheinungen desselben Tisches erkennen. Dazu muss die Beziehung zwischen den Lesungen erhalten bleiben. Denn zwei beliebige Bilder ergeben nicht automatisch einen räumlichen Gegenstand.

Erst wenn sich ihre Unterschiede als miteinander vereinbare Lesungen desselben Gefüges verstehen lassen, entsteht die Möglichkeit einer gemeinsamen räumlichen Deutung. Die Wiedererkennbarkeit des Tisches ist deshalb nicht einfach die Eigenschaft eines fertigen Körpers, die wir voraussetzen müssen. Sie kann als Invarianz zwischen unterschiedlichen Lesepositionen untersucht werden.

Die Eins bezeichnet diese wiedererkennbare Relation.

Die Stellen hinter dem Komma unterscheiden ihre Erscheinungsweisen.

Dabei ist es unerheblich, ob diese verschiedenen Lesungen durch zwei Beobachter oder durch einen Beobachter unter wechselnder Fixierung erfolgen.

Es bleibt derselbe Unterschied in seinem Selbstbezug.

Und hier wird die Entstehung räumlicher Gegenständlichkeit verständlich.

Wir halten einen Tisch für einen dreidimensionalen Körper, weil wir seine unterschiedlichen möglichen Ansichten als Erscheinungen derselben stabilen Beziehung lesen können. Wir sehen nicht sämtliche Seiten des Tisches zugleich. Die anderen Lesepositionen bleiben jedoch als mögliche Fortsetzungen unserer gegenwärtigen Lesung zugänglich. Die räumliche Vollständigkeit des Gegenstandes entsteht in dieser Zusammengehörigkeit. Was wir als Körper verstehen, ist die stabile Lesbarkeit einer Relation über unterschiedliche Perspektiven hinweg.

KAPITEL 06

6. Die dritte Dimension ist kein zusätzlicher Träger

Damit kehren wir zur Frage nach dem Raum zurück. Im Tractatus Principio wird die grundlegende geometrische Ordnung aus Setzung, Unterschied und der Beziehung der Unterschiede zueinander entwickelt. Band II beschreibt diese Lesungen als Radius, Durchmesser und Dreieck. Band VI führt die räumliche Erscheinung auf die beobachtergebundene Tiefenlesung eines zweidimensionalen Relationsnetzes zurück. Verbinden wir diesen Gedanken mit unserer Schreibweise, erhalten wir einen konkreteren Ansatz. Die Eins bezeichnet eine stabile Relation innerhalb des Gefüges. Das Komma öffnet die Lesung dieser Relation unter einer bestimmten Fixierung.

Die nachfolgende Zahl macht diese Fixierung unterscheidbar.

Unterschiedliche Fixierungen erzeugen nicht notwendig unterschiedliche Gegenstände.

Sie verändern die Erscheinung derselben Relation.

Und indem diese Erscheinungen miteinander vereinbar bleiben, wird jene Bezugstiefe lesbar, die wir gewöhnlich als dritte räumliche Dimension verstehen. Die dritte Dimension wäre somit keine zusätzliche ursprüngliche Ausdehnung, die einer Fläche erst hinzugefügt werden müsste, sondern die räumliche Lesung der Selbstbezüglichkeit einer relationalen Ordnung. Die Oberfläche eines Gegenstandes wäre dann nicht bloß die äußere Begrenzung eines fertigen dreidimensionalen Körpers.

Sie wäre eine bestimmte Erscheinung dieser Relation.

Was wir als Rückseite, Innenraum oder räumliche Tiefe bezeichnen, wäre unter anderen Fixierungen erneut als Oberfläche beziehungsweise Teiloberfläche unterscheidbar. Dabei muss der Zusammenhang nicht in mehrere unabhängige geometrische Flächen zerfallen. Es ist dieselbe relationale Ordnung, die sich in ihren unterschiedlichen Lesungen entfaltet. Die Tiefe befindet sich nicht notwendig hinter der Oberfläche. Sie wird in den anderen möglichen Lesungen derselben Oberfläche zugänglich. Das ist der Ansatz für eine einzige topologisch-geometrische Eigenbeziehung, aus der unterschiedliche räumliche Erscheinungen hervorgehen können.

Noch müssen wir zeigen, welche Beziehungen zwischen den Lesepositionen erhalten bleiben und wie aus ihrer gekoppelten Veränderlichkeit eine dreidimensionale, messbare Ordnung entsteht. Aber wir müssen den dreidimensionalen Raum dafür nicht bereits als Grundlage voraussetzen.

KAPITEL 07

7. Die Fotografie als besondere Leseposition

Jetzt erhält auch unsere Fotografie eine präzisere Bedeutung.

Angenommen, wir fotografieren unseren Tisch aus Leseposition 5. Was das Foto zeigt, ist eine bestimmte Erscheinung der Relation:

1,5

Es enthält nicht alle anderen möglichen Lesungen des Tisches. Und dennoch erkennen wir den dargestellten Gegenstand als Tisch.

Warum?

Weil wir seine sichtbare Erscheinung mit anderen möglichen Lesepositionen derselben Relation verbinden können. Wir wissen, dass eine andere Aufnahme den Tisch anders zeigen würde. Wir können eine Seitenfläche betrachten, seine Rückseite fotografieren oder eine andere Perspektive wählen.

Die Erscheinungen verändern sich.

Die wiedererkennbare Beziehung bleibt erhalten, sofern die verschiedenen Lesungen miteinander vereinbar sind. Das Foto ist deshalb keine verkleinerte dreidimensionale Welt, die innerhalb einer zweidimensionalen Fläche eingeschlossen wäre. Es ist eine stabilisierte Erscheinung unter einer bestimmten Lesefixierung. Die dritte Dimension muss nicht im Bild selbst enthalten sein. Sie wird in der Beziehung des sichtbaren Bildes zu den anderen

möglichen Lesungen des dargestellten Zusammenhangs erschlossen. Damit können wir die Frage der Einleitung noch einmal aufgreifen. Archibald erscheint auf einer zweidimensionalen Bildfläche als dreidimensionaler Weltraumfahrer.

Seine räumliche Erscheinung entsteht nicht dadurch, dass die Bildfläche selbst eine dritte Ausdehnung besitzt. Sie entsteht, weil die dargestellten Unterschiede als räumliche Beziehungen gelesen werden können. Die Filmfolge verbindet darüber hinaus unterschiedliche vollständige Bildlagen, die wir als Bewegung erleben. Während die Fotografie die räumliche Lesbarkeit einer einzelnen registrierten Erscheinung zeigt, macht der Film deutlich, wie die Verbindung unterschiedlicher vollständiger Erscheinungen als zeitliche Fortsetzung erlebt werden kann.

Und beide führen zur selben grundlegenden Frage zurück:

Wie wird aus der Selbstbezüglichkeit eines Unterschieds eine räumlich und zeitlich lesbare Wirklichkeit?

KAPITEL 08

8. Von der Schreibweise zur Eigenbeziehung

Wir haben nun einen Ausgangspunkt, der noch keinen fertigen Raum voraussetzt.

Die Eins bezeichnet den Tisch als wiedererkennbare Relation.

Das Komma kennzeichnet den Wechsel zur Leseposition.

Die nachfolgende Zahl bezeichnet die bestimmte Fixierung.

Zwei verschiedene Lesungen desselben Tisches können wir deshalb schreiben als:

1,1 | 1,5

Die beiden Erscheinungen bleiben unterscheidbar, während ihre gemeinsame Beziehung erhalten bleibt. Die Unterscheidung dieser Lesungen ist wiederum eine Selbstunterscheidung innerhalb derselben Ordnung.

Damit kehren wir zu unserem Ursprung zurück:

Δ := |(|)

Die mathematische Aufgabe wird nun präzise.

Wir müssen erschließen, unter welchen Bedingungen verschiedene Lesepositionen dieselbe Relation erhalten, wie sich ihre Unterschiede zueinander verhalten und wann diese Unterschiede eine stabile geometrische Tiefenlesung ergeben.

Erst daraus darf ein Abstand abgeleitet werden.

Erst daraus darf eine räumliche Position als messbare Größe entstehen. Und erst daraus können wir eine unskalierte Geometrie entwickeln, deren räumliche Lesung nicht schon in ihren Voraussetzungen enthalten ist. Das Ziel ist daher nicht, die Zahlen hinter dem Komma als versteckte Koordinaten zu verwenden. Es geht darum, die Beziehung sichtbar zu machen, die eine solche Koordinatenlesung überhaupt ermöglicht. Der Tisch ist nicht zuerst an einer Position im Raum. Seine Position ist eine Lesung der Relation, in der er als Tisch erscheint.

Und der Raum ist nicht der Behälter, der diese verschiedenen Lesungen zusammenhält.

Er ist ihre geometrisch lesbare Selbstbeziehung.

KAPITEL 09

9. Die physikalische Lesung der Zahl

Kehren wir noch einmal zu unserem Tisch zurück.

Wir haben ihn durch die Eins bezeichnet und zwei verschiedene Lesepositionen unterschieden:

1,1 | 1,5

Gewöhnlich würden wir diese Schreibweise als Beziehung zweier Zahlen lesen: 1,1 und 1,5, deren arithmetische Differenz 0,4 beträgt. Doch damit hätten wir bereits eine mathematische Lesung gewählt, ohne zu untersuchen, welche Relation durch diese Zahlen überhaupt bezeichnet wird.

Der Tractatus Principio gibt uns einen anderen Zugang.

In Band I wird der Dezimalpunkt nicht bloß als Trennzeichen einer gewöhnlichen Dezimalzahl verstanden. Er bezeichnet mit |. einen Skalen-Flip: einen Wechsel der Bezugsebene innerhalb derselben Zahlrelation.

Übertragen wir diese Notation auf unser Beispiel, können wir die beiden Lesungen schreiben als:

1|.1

und

1|.5

In dieser geometrischen Arbeitslesung bezeichnet die erste Eins den Tisch als wiedererkennbare Relationsform. Der Skalen-Flip eröffnet die andere Bezugsebene. Die nachfolgende Ziffer kennzeichnet die Leseposition, unter der dieselbe Relation erscheint.

Damit wird nicht die Eins selbst verändert.

Verändert wird die Weise, in der sie innerhalb des Gefüges gelesen wird.

Der Beobachter als Fixierung

In Band II wird der Beobachter durch ¤ bezeichnet.

Dieses Zeichen benennt keine eigenständige Substanz, die außerhalb der Wirklichkeit steht. Es bezeichnet den relationalen Bezug, von dem aus eine Unterscheidung als Wahrnehmung erscheint.

Dabei unterscheidet Band II die Richtungen der Entfaltung und Rückfaltung:

$0|_{+}\Delta$ – Expansion

$0|_{-}\Delta$ – Kontraktion

$0|_{=}\Delta$ – Gleichgewicht der Wahrnehmung

Diese Richtungen bezeichnen keine voneinander unabhängigen Kräfte oder Räume.

Sie sind unterschiedliche Lesungen der Selbstbezüglichkeit des Unterschieds.

Entscheidend ist nun eine Beziehung, die Band II ausdrücklich formuliert:

$$0|(A|_{+}\Delta) \equiv 0|(B|_{-}\Delta)$$

Die beiden Seiten zeigen dieselbe relationale Ordnung unter entgegengesetzter Bezugnahme.

Was sich verändert, ist die Orientierung der Lesung.

Das Gemeinsame ist die Eigenbeziehung, die unter beiden Orientierungen erhalten bleibt. Damit wird deutlich, weshalb unterschiedliche Beobachterperspektiven keine unterschiedlichen ursprünglichen Wirklichkeiten verlangen. Der Beobachter ist selbst eine Fixierung innerhalb des Gefüges. Eine andere Fixierung macht einen anderen Aspekt desselben Gefüges lesbar. Der Unterschied der Lesepositionen ist also nicht etwas, das erst durch einen vorhandenen Raum erklärt werden müsste.

Er gehört zur Selbstbezüglichkeit der Relation.

Der Tisch bleibt derselbe – seine Lesung nicht

Betrachten wir erneut:

$$1|.1 \mid 1|.5$$

Bisher erscheinen hier zwei Lesungen, die jeweils mit der Eins beginnen.

Doch gerade diese doppelte Eins ist aufschlussreich.

Denn wir haben nicht zwei Tische.

Wir haben dieselbe als Tisch erkennbare Relation unter zwei unterschiedlichen Lesepositionen.

Warum sollten wir also die Eins zweimal setzen?

Wenn beide Lesungen auf dieselbe Eigenbeziehung zurückgehen und sich innerhalb dieser Beziehung gemeinsam lesen lassen, können wir ihre Darstellung zusammenziehen:

1|.1 | 1|.5

wird zu:

1|.1|.5

Die Eins muss hier nicht zweimal erscheinen, da sie die gemeinsame Relationsform bezeichnet. Die beiden Lesepositionen bleiben unterscheidbar, werden aber innerhalb derselben zusammengezogenen Beziehung lesbar. Damit ist ein wichtiger Unterschied zur gewöhnlichen Arithmetik verbunden. Wir haben weder die Zahlen 1,1 und 1,5 addiert oder subtrahiert noch aus zwei voneinander unabhängigen Gegenständen einen dritten hergestellt. Wir haben die gemeinsame Eigenbeziehung der unterschiedlichen Lesungen ausdrücklich gemacht.

Die Zusammenziehung bedeutet also nicht, dass beliebige Ausdrücke gleichen Zahlenwerts austauschbar wären. Sie ist nur dort sinnvoll, wo die Lesungen tatsächlich auf dieselbe Relationsform zurückführbar und miteinander vereinbar sind.

Der Ausdruck

1|.1|.5

bezeichnet damit die gemeinsame Lesbarkeit des Tisches unter den beiden unterschiedenen Fixierungen.

Was bleibt erhalten?

Die Eins als wiedererkennbare Relationsform.

Was verändert sich?

Die Leseposition.

Was kommt hinzu?

Kein neuer Gegenstand, sondern die ausdrücklich lesbare Beziehung zwischen den verschiedenen Perspektiven. Für einen Beobachter, der den Tisch unter Leseposition 1 wahrnimmt, ist Leseposition 5 zunächst eine andere mögliche Perspektive.

Wird diese Perspektive eingenommen, erscheint kein zweiter Tisch.

Vielmehr wird eine andere Seite der bereits unterscheidbaren Relation zugänglich.

Die Einheit des Zusammenhangs bleibt bestehen.

Und genau darin liegt die Möglichkeit räumlicher Gegenständlichkeit.

Der Tisch kann als räumlicher Körper erscheinen, weil seine unterschiedlichen Lesungen nicht zusammenhanglose Bilder sind.

Sie bleiben über ihre gemeinsame Eigenbeziehung verbunden.

Vom Skalen-Flip zur räumlichen Tiefe

Jetzt können wir die Bedeutung des Skalen-Flips genauer fassen. Die Lesepositionen .1 und .5 kennzeichnen verschiedene Fixierungen innerhalb derselben Relationsordnung. Der Wechsel zwischen ihnen ist kein Bewegen eines fertigen Tisches durch einen bereits vorhandenen Raum.

Er bezeichnet eine veränderte Lesung desselben Gefüges.

Diese andere Leseposition kann eine andere Oberfläche sichtbar machen.

Eine zuvor verdeckte Seite kann hervortreten.

Eine zuvor erkennbare Fläche kann verkürzt erscheinen.

Eine bestimmte Orientierung kann durch eine andere ersetzt werden. Doch diese unterschiedlichen Erscheinungen bleiben miteinander verbunden, solange sie auf dieselbe Eigenbeziehung zurückführbar sind.

Genau das drückt unsere zusammengezogene Schreibweise aus:

1|.1|.5

Die beiden Perspektiven müssen nicht mehr als getrennte Gegenstände oder als Positionen innerhalb eines bereits vorhandenen Raumes behandelt werden.

Ihre Unterschiedlichkeit ist innerhalb der gemeinsamen Relation lesbar.

Damit entsteht eine Möglichkeit, die für den Raumbegriff entscheidend ist:

Die Tiefe des Gegenstandes kann als geometrische Lesung der Beziehungen zwischen seinen möglichen Erscheinungsweisen verstanden werden. Sie muss nicht von vornherein als zusätzliche räumliche Ausdehnung vorausgesetzt werden. Und damit erhält auch der Gedanke einer einzigen topologisch-geometrischen Oberfläche eine präzisere Bedeutung. Die unterschiedlichen Seiten des Tisches sind nicht unabhängige Wirklichkeiten, die innerhalb eines räumlichen Behälters zusammengefügt werden

müssen. Sie sind unterschiedliche Lesungen derselben sich selbst unterscheidenden Ordnung. Die weiteren Oberflächen erscheinen durch veränderte Fixierungen innerhalb dieses Gefüges.

Der Beobachter selbst bleibt Teil derselben Relation.

Ob ein einzelner Beobachter seine Perspektive verändert oder ob zwei Beobachter dieselbe Beziehung unterschiedlich lesen, ist für die ursprüngliche Struktur unerheblich.

Es bleibt:

$$A|B$$

Und in seiner Selbstbezüglichkeit:

$$\Delta := |(|)$$

Die verschiedenen räumlichen Lesungen bilden folglich keine zusätzlichen Ursprünge. Sie bezeichnen unterschiedliche Perspektiven auf denselben Selbstbezug.

Die entscheidende Umkehrung

Gewöhnlich würden wir sagen:

Weil der Tisch dreidimensional ist, können wir ihn aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten.

Unsere Untersuchung kehrt die Begründungsrichtung um:

Weil dieselbe Relationsordnung unter verschiedenen Fixierungen unterschiedlich und dennoch zusammenhängend lesbar bleibt, kann sie als dreidimensionaler Gegenstand erscheinen.

Die Zusammenziehung

1|.1 | 1|.5 → 1|.1|.5

macht diesen Gedanken unmittelbar sichtbar.

Die Eins wird nicht verdoppelt.

Die Lesepositionen werden nicht zu unabhängigen Raumkoordinaten erklärt.

Sie bleiben unterschiedliche Bestimmungen derselben Relation.

Dabei dürfen wir sie noch nicht unmittelbar mit metrischen Abständen gleichsetzen. Aus den Lesepositionen 1 und 5 folgt nicht allein durch ihre Ziffern eine gemessene Entfernung. Erst wenn die gerichteten Beziehungen ihrer Lesungen erschlossen sind, kann daraus eine geometrische Abstandslesung entstehen. Gerade deshalb ist die Tractatus-Notation für unsere Untersuchung geeignet. Sie erlaubt uns, die wiedererkennbare Relationsform, den Bezugsebenenwechsel und die unterschiedlichen Fixierungen gemeinsam zu lesen, ohne sie als voneinander unabhängige Dinge vorauszusetzen.

Und damit wird unsere ursprüngliche Frage konkret:

Wie wird aus der Selbstbeziehung unterschiedlicher Lesepositionen innerhalb einer einzigen Relation eine stabile, dreidimensional lesbare Geometrie?

Hier beginnt die eigentliche Rechnung des Raumes.

KAPITEL 10

10. Die Zahl ist nicht der Ursprung der Bewegung

Bevor wir unsere Untersuchung fortsetzen, müssen wir eine mögliche Verwechslung ausschließen.

Wir haben den Tisch mit der Eins bezeichnet und seine verschiedenen Lesepositionen durch Ziffern hinter einem Skalen-Flip unterschieden:

```
1|.1|.5
```

Dabei könnte der Eindruck entstehen, wir würden die Existenz von Zahlen voraussetzen und aus ihnen anschließend die räumliche Welt konstruieren.

Das wäre ein grundlegender Fehler.

Denn im Tractatus Principio beginnt weder die Mathematik noch die Physik mit der Zahl.

Sie beginnen mit dem Unterschied.

Die polare Lesung des Unterschieds lautet:

```
A|B
```

Und seine wirksame Selbstbezüglichkeit:

```
Δ := |(|)
```

Diese drei Ordnungen wirken nicht als zeitlich aufeinanderfolgende Schritte. Sie sind unterschiedliche, gleichzeitig und rekursiv wirksame Ordnungen derselben Unterscheidung. Erst innerhalb dieser Selbstbezüglichkeit werden Wiederkehr, Orientierung, Bezugstiefe und stabile Lesungen möglich. Was wir anschließend als Zahl bezeichnen, ist eine solche Lesung. Wir verwenden also die Zahl nicht, um die Relation hervorzubringen. Wir verwenden sie, um eine bereits aus der Unterscheidung hervorgegangene Relationsordnung lesbar zu machen.

Die Eins ist kein vorausgesetzter Tisch

Wenn wir den Tisch durch die Eins bezeichnen, behaupten wir nicht, dass die Zahl 1 einen Gegenstand erzeugt. Ebenso wenig behaupten wir, der Tisch sei ursprünglich eine mathematische Einheit.

Der Tisch ist eine wiedererkennbare Erscheinungsform einer Relation.

Wir bezeichnen diese wiedererkennbare Form erst nachträglich mit der sichtbaren Marke 1. Die Eins ist also keine Voraussetzung seiner Existenz, sondern die gewählte Lesung seiner relationalen Wiedererkennbarkeit. Dasselbe gilt für die Ziffern, mit denen wir seine unterschiedlichen Lesepositionen kennzeichnen. Sie sind keine unabhängigen Orte und keine fertigen Koordinaten.

Sie sind sichtbare Adressen unterscheidbarer Fixierungen.

Was der Skalen-Flip bedeutet

Auch das Zeichen |. darf nicht als zusätzlich eingeführte Grundoperation verstanden werden.

Band I des Tractatus Principio entwickelt den Dezimalpunkt als Skalen-Flip: als Perspektivwechsel auf eine andere Bezugsebene derselben Zahlrelation.

Wenn wir schreiben:

1|.1

und

1|.5

verwenden wir diese bereits entwickelte Lesemöglichkeit.

Die gemeinsame Eins bezeichnet die wiedererkennbare Relationsform.

Die Stellen hinter dem Skalen-Flip kennzeichnen unterschiedliche Fixierungen ihrer Lesung.

Weil es sich nicht um zwei unabhängige Tische handelt, können wir die gemeinsame Relationsform in unserer Arbeitsnotation zusammenziehen:

1|.1 | 1|.5 → 1|.1|.5

Diese Zusammenziehung ist allerdings nur dann zulässig, wenn beide Lesungen tatsächlich auf dieselbe Relationsordnung rückführbar sind.

Die gemeinsame Ziffer allein genügt nicht.

Zwei beliebige Erscheinungen werden nicht dadurch identisch, dass wir beide mit einer Eins beschriften. Die Zusammenziehung muss die erhaltene Eigenbeziehung ausdrücken, nicht an ihre Stelle treten.

Die Zwischenlesungen erzeugen keine Zeit

Nun betrachten wir eine mögliche Fortsetzung:

1|.1|.2|.3|.4|.5

Hier entsteht eine zweite Gefahr.

Man könnte glauben, die Zahlen 1, 2, 3, 4 und 5 würden bereits eine zeitliche Reihenfolge enthalten und deshalb die Bewegung hervorbringen.

Doch auch das wäre verkehrt.

Nicht die Zahlenfolge erzeugt die Fortsetzung. Die gerichtete Fortsetzung kann durch eine Zahlenfolge lesbar gemacht werden. Die bloße Anordnung der Ziffern beweist noch nicht, dass diese Lesepositionen in genau dieser Reihenfolge miteinander verbunden sind. Dazu muss der selbstbezügliche Vollzug eine entsprechende gerichtete Beziehung tragen. Seine Spur muss erhalten, welche Lesung auf welche Weise an eine andere gebunden ist. Erst dann kann die Folge als Bewegung gelesen werden. Die Ziffern sind sichtbare Marken dieser Ordnung, nicht ihre Ursache.

Und hier treffen wir wieder auf den Frozen Frame aus Band II.

Jede vollständige Relationslage ist in sich ohne Bewegung.

Was als Bewegung erscheint, ist die stringente Verbindung unterschiedlicher vollständiger Relationslagen durch die Selbstmessung des Beobachters. Wird diese Verbindung gerichtet gelesen, erleben wir eine zeitliche Abfolge. Doch der gerichtete Zusammenhang benötigt keine äußere Zeit, die ihn erst in Gang setzt.

Die Zeit ist seine erlebte Lesung.

Räumliche und zeitliche Lesung derselben Eigenbeziehung

Damit können wir zwischen zwei Erscheinungsweisen unterscheiden.

Unter einer räumlichen Perspektive erscheinen verschiedene Fixierungen derselben Relationsordnung als unterschiedliche Ansichten und Lagen eines Gegenstandes. Unter einer zeitlichen Perspektive erscheint die gerichtete Verbindung dieser Fixierungen als Veränderung. Wir müssen deshalb nicht erst eine Zahlengerade aufstellen und anschließend aus ihren Punkten eine Bewegung zusammensetzen. Ebenso wenig benötigen wir eine dreidimensionale Koordinatenordnung, in der die Lesepositionen bereits als Orte feststehen.

Unsere Untersuchung beginnt unterhalb beider Darstellungen.

Sie beginnt mit dem Unterschied und seiner Selbstbezüglichkeit.

Die Zahlen dienen erst anschließend dazu, die verschiedenen Lesungen dieser Eigenbeziehung darzustellen.

Und damit verändert sich die Frage der Berechnung.

Wir wollen nicht wissen, welche Zahl wir einer bereits vorhandenen Position zuordnen müssen. Wir wollen erschließen, welche Beziehung der Unterscheidungen erhalten bleibt, wenn die Leseperspektive wechselt, und welche gerichtete Fortsetzung daraus lesbar wird. Erst danach darf eine numerische Differenz als Maß erscheinen.

Erst danach darf eine räumliche Entfernung berechnet werden.

Und erst danach darf eine geordnete Fortsetzung als Zeitmaß gelesen werden. Wir erklären Raum und Zeit also nicht aus Zahlen. Wir untersuchen, wie Zahl, Raum und Zeit zu unterschiedlichen Lesungen derselben Selbstbezüglichkeit werden.

KAPITEL 11

11. Das Maß als Veränderung der Lesung

Wir haben die unterschiedlichen Perspektiven auf unseren Tisch als Lesepositionen derselben Relation dargestellt.

Die gemeinsame Beziehung lautet:

1|.1|.5

Doch bisher haben wir nur ihre unterschiedlichen Fixierungen kenntlich gemacht. Wir wissen noch nicht, wodurch die Veränderung einer Leseposition gemessen wird. Gewöhnlich würden wir einen Abstand zwischen zwei Positionen bestimmen. Dazu benötigten wir eine bereits vorhandene räumliche Skala, beispielsweise einen Meter. Doch damit hätten wir erneut einen Raum vorausgesetzt, dessen Entstehung wir erklären wollen.

Wir müssen deshalb unser Maß anders bestimmen.

Unser Maß ist zunächst die vollzogene Veränderung der Lesung selbst.

Die Messung auf eine noch offene Position

Nehmen wir an, ein Beobachter liest den Tisch unter der Fixierung .1. Wir wollen nun seine Beziehung zu einer anderen, noch nicht bestimmten Leseposition untersuchen.

Diese offene Position bezeichnen wir mit x.

Unsere Frage lautet:

1|.1|x

Die Eins kennzeichnet weiterhin die gemeinsame Relationsform.

.1 bezeichnet die gegenwärtige Lesefixierung.

x ist noch keine vorgefundene Position im Raum. Es bezeichnet die offene Bestimmung jener anderen Lesung, zu der wir die gegenwärtige in Beziehung setzen.

Nun vollziehen wir die Messung.

Der Beobachter bestimmt sich innerhalb der Beziehung zu seiner Welt neu.

Der Tractatus Principio beschreibt diese ursprüngliche Messung als Selbstmessung des Beobachters:

¤|Welt

Der Beobachter misst dabei keinen von ihm unabhängigen Gegenstand aus einem Ort außerhalb der Relation.

Er bestimmt seine eigene Stellung innerhalb des Unterschiedsgefüges.

Angenommen, die gemessene Leselage ergibt:

x = .5

Dann lautet die bestimmte Beziehung:

1|.1|.5

Damit ist ein Unterschied vollzogen.

Die Ausgangslesung .1 und die gemessene Lesung .5 sind innerhalb derselben Relationsform bestimmt.

Doch was ist nun das Maß dieser Veränderung?

Vier Schritte des Unterschieds

Wir können die gemessene Beziehung unter einer gerichteten Fortsetzung betrachten.

Wählen wir die Lesung, in der die Positionen über die unterscheidbaren Zwischenlagen .2, .3 und .4 verbunden werden, ergibt sich:

1|.1|.2|.3|.4|.5

Wir unterscheiden darin vier Übergänge:

.1 → .2

.2 → .3

.3 → .4

.4 → .5

Die Zahl Vier ist hier nicht als vorausgesetzte physikalische Länge eingeführt worden. Die 4 ist ein Symbol für 1 + 1 + 1 + 1. Dabei bezeichnet jede Eins einen unterscheidbaren Vollzug des Unterschieds. Auch das Pluszeichen ist kein ursprünglicher Rechenoperator, der die Schritte erst erzeugt. Es macht ihre wiederholte, hier expansiv gelesene Fortsetzung sichtbar. Wir haben also nicht zuerst die Zahl Vier, aus der wir anschließend vier Schritte herstellen.

Wir haben vier unterschiedene Vollzüge, deren gemeinsame Lesung wir mit dem Symbol 4 bezeichnen. Die Zahl bezeichnet die Lesung der Wiederholung des Unterschieds und darf daher nicht bereits als deren Voraussetzung eingesetzt werden. Wir messen somit nicht zunächst einen räumlichen Abstand und erklären daraus die Bewegung. Wir lesen die Veränderung der Relation unter einer gewählten, durchgängigen Unterscheidungsordnung. Erst anschließend können wir diese Veränderung mit der Zahl Vier bezeichnen.

Dabei ist eine Voraussetzung entscheidend: Die Zwischenlesungen müssen tatsächlich zu derselben gerichteten und miteinander vereinbaren Fortsetzung gehören. Aus den Ziffern .1 und .5 allein ergibt sich diese bestimmte Spur noch nicht. Die Zahl zählt den gelesenen Vollzug. Sie erzeugt ihn nicht.

Die Retrokausalität der Positionsmessung

Jetzt zeigt sich die Bedeutung der Retrokausalität aus Band II.

Gewöhnlich stellen wir uns den Vorgang folgendermaßen vor:

Ein Beobachter befindet sich an einer Ausgangsposition. Er durchläuft mehrere Zwischenpositionen und erreicht schließlich ein Ziel.

Die Abfolge scheint die Zielposition hervorzubringen.

Doch diese Beschreibung setzt bereits voraus, dass die Positionen entlang einer vorhandenen Zeitachse aufeinanderfolgen.

Im Tractatus Principio wird die Beziehung anders gelesen.

Jeder Frozen Frame ist eine vollständige Relationslage.

Die gemessene Position .5 entsteht nicht erst dadurch, dass eine äußere Zeit die vorherigen Positionen nacheinander abspielt. Die Messung bestimmt eine vollständige Relationslage, in der die bisher offene Leseposition als .5 erscheint. Und von dieser bestimmten Relationslage aus wird die Verbindung zur Ausgangslesung .1 als stringente Fortsetzung lesbar. Die gegenwärtige Bestimmung ordnet damit jene Beziehungen, die wir anschließend als den zurückgelegten Weg verstehen.

Nicht erst der Weg bringt die gemessene Leseposition hervor; vielmehr legt die bestimmte Leseposition fest, welche Verbindung zu ihr als Weg stringent lesbar sein kann.

Das ist die retrokausale Lesung.

Sie bedeutet nicht, dass eine Wirkung durch eine vorhandene Zeit rückwärts reist. Sie bedeutet, dass die bestimmte Relationslage ihre eigene Vorgeschichte als Zusammenhang vollständiger Relationslagen lesbar macht. Unsere vier Übergänge sind deshalb keine vier Augenblicke, die erst ablaufen mussten, bevor .5 existieren konnte. Sie sind die gerichtete Fortsetzung, die wir von der gemessenen Lage aus als zusammengehörig lesen. Eine andere, ebenfalls zulässige Fortsetzung könnte dieselben Endlesungen verbinden und dennoch eine andere Spur tragen.

Das gemessene Ergebnis bestimmt somit die Bedingungen der Stringenz, ohne allein durch seine Ziffer sämtliche Zwischenrelationen eindeutig vorzugeben.

Beobachter und Welt bleiben dieselbe Unterscheidung

Damit brauchen wir keinen unabhängigen Beobachter und keine unabhängige Welt als zwei ursprüngliche Dinge.

Die Selbstmessung bleibt eine Lesung von:

A|B

Und weil die Unterscheidung ihre eigene Unterscheidung zum Bezug hat, bleibt ihr wirksamer Ursprung:

Δ := |(|)

Das gemessene x ist eine offene Bestimmung innerhalb dieser Selbstbeziehung. Die gelesene Position .5 ist ihre bestimmte Erscheinung unter der gewählten Fixierung. Die vier Übergänge bezeichnen die gerichtete Fortsetzung, die beide Leselagen in unserem Beispiel verbindet. Aus diesem einen Zusammenhang lassen sich unterschiedliche Erscheinungsweisen gewinnen. Unter einer geometrischen Perspektive lesen wir die Beziehung als Positionsdifferenz. Unter einer gerichteten Perspektive lesen wir sie als Bewegung. Unter der stringenten Verbindung vollständiger Frozen Frames erleben wir sie als zeitliche Abfolge.

Und unter einer numerischen Perspektive bezeichnen wir die vier unterscheidbaren Übergänge mit der Zahl Vier. Es handelt sich nicht um vier verschiedene ursprüngliche Vorgänge.

Es sind unterschiedliche Lesungen derselben Selbstbezüglichkeit.

Das ursprüngliche Maß

Damit verändert sich die Bedeutung des Messens.

Die gewöhnliche Raumvorstellung fragt:

Wie weit ist der Beobachter von Position 1 zu Position 5 gelangt?

Unsere Untersuchung fragt früher:

Welche Veränderung seiner Lesebeziehung zur Welt ist in der bestimmten Relationslage erkennbar geworden?

Die erste Frage setzt räumliche Entfernung bereits voraus.

Die zweite beginnt mit der Selbstmessung.

Das Maß ist zunächst die erkennbare und rückführbare Veränderung der Relation. Die numerische Anzahl ihrer Übergänge ist eine mögliche Auslesung dieses Maßes. So kann aus einer unskalierten Eigenbeziehung eine geordnete Veränderung lesbar werden, bevor wir ihr eine äußere Längen- oder Zeiteinheit zuordnen. Damit haben wir einen ersten Ansatz, Position und Bewegung auf denselben Ursprung zurückzuführen.

Und die entscheidende Konsequenz lautet:

Wir messen nicht die Bewegung eines Gegenstandes durch einen vorausgesetzten Raum. Wir messen die Veränderung der Lesung, unter der eine relationale Ordnung als räumlich und bewegt erscheint. Die Zeit ist dann nicht das Maß, das diese Veränderung erst möglich macht.

Sie ist die erlebte Stringenz ihres gerichteten Zusammenhangs.

TEIL III — TRACTATUS-NOTATION UND ABLAUF

KAPITEL 12

12. Der Zusammenhang in Tractatus-Notation

Die folgende Schreibfolge ist ein Ablauf unserer Herleitung, kein zeitlicher Ablauf der Entstehung des Unterschieds. Wir trennen die Zeichen des Tractatus von ihrer Anwendung auf unseren Tisch. Pfeile bedeuten hier einen Wechsel der Lesung beziehungsweise eine Bestimmung, nicht den Transport eines Gegenstandes durch eine vorausgesetzte Zeit.

I. Ursprung: Unterschied und Selbstbezug

A|B

Δ := |(|)

| bezeichnet die Unterscheidung, A|B ihre polare Lesbarkeit und Δ ihre wirksame Selbstbezüglichkeit. Diese Ordnungen wirken gleichzeitig und rekursiv, nicht als nacheinander erzeugte Dinge. A und B sind keine unabhängig vorausgesetzten Gegenstände.

II. Die physikalische Lesung: Beobachter | Welt

A|B —Lesung→ ¤|Welt

(¤|Welt)|¤

¤ bezeichnet in Band II nicht eine äußere Person, sondern den Fixierungspunkt der Wahrnehmungsrelation. Der zweite Ausdruck aus Band II macht die Rückwendung der Messung auf die eigene Beobachterstellung lesbar. Beobachter und Welt bleiben Pole derselben Unterscheidung.

$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$

$0|¤|_{=}\Delta$

$0|(A|_{+}\Delta) \equiv 0|(B|_{-}\Delta)$

Kontraktion, Expansion und ihre Wahrnehmungslesung sind verschiedene Orientierungen derselben Relation. Der Wechsel des Bezugspunktes fügt keinen zweiten Ursprung hinzu.

III. Gegenstand und Bezugsebenenwechsel

Tisch —Bezeichnung→ 1

1|.1

1|.5

1 ist die nachträgliche sichtbare Marke einer wiedererkennbaren Tischrelation, keine Zahl, aus der der Tisch entsteht. |. ist der Skalen-Flip aus Band I; die Zeichen hinter ihm verwenden wir in unserer neuen Arbeitslesung als Lesefixierungen.

1|.1 | 1|.5 —Zusammenziehung→ 1|.1|.5

Die Zusammenziehung gilt nur, soweit die beiden Ansichten unter derselben wiedererkennbaren Relation zusammengehören. Sie ist keine universelle algebraische Kürzungsregel.

IV. Offene Selbstmessung und bestimmte Lesung

1|.1|x

¤|Welt

1|.1|x —Selbstmessung→ 1|.1|.5

x steht für eine offene Lesebestimmung, nicht für eine vorausgesetzte räumliche Unbekannte. .5 ist die gelesene Bestimmung in der betreffenden Messperspektive. Gemessen wird die Veränderung der Beobachter-Welt-Relation, nicht eine Entfernung in einem bereits vorhandenen Koordinatennetz.

V. Frozen Frames sind vollständig

|_| ≡ 0|▫Δ

¤: |1_|2 → |1_Δ2

Dies sind Notationen aus Band II. Die tiefgestellten 1 und 2 in |1_|2 bezeichnen zwei vollständige Relationslagen; sie sind nicht die Tisch-Eins oder die Lesepositionen .1 und .2.

Für unser Beispiel lässt sich in Worten festhalten:

vollständiger Frame mit Tischlesung 1|.1

vollständiger Frame mit Tischlesung 1|.5

Die Tischlesung ist dabei nur ein unterscheidbarer Bezug innerhalb der vollständigen jeweiligen Relationslage. In keinem einzelnen Frame findet eine Bewegung statt; erst die Kopplung der vollständigen Lagen macht einen Lageunterschied lesbar.

VI. Die gerichtete Fortsetzung

1|.1|.5

—ausgewählte stringente Fortsetzung→

1|.1|.2|.3|.4|.5

.1 → .2

.2 → .3

.3 → .4

.4 → .5

Dies sind vier unterschiedene Übergänge unter einer gleichbleibenden Leseregel. In der expansiven Perspektive von Band I können wir ihre Wiederholung als 1+1+1+1 lesen. 4 ist das Symbol dieses vierfach gelesenen Unterschiedsvollzugs; die Zahl Vier war nicht sein Ursprung.

1 + 1 + 1 + 1 —Zahlenlesung→ 4

Die Endlesungen .1 und .5 allein schreiben diese Zwischenfolge noch nicht eindeutig vor. Die behaupteten vier Schritte sind das Maß genau dieser kompatiblen, gerichteten Lesespur, nicht jedes

beliebigen Weges zwischen denselben Endlesungen und nicht vier vorausgesetzte Meter oder Sekunden.

VII. Stringenz und Retrokausalität

Band II formuliert die Stringenz der Frame-Relation auch als:

$$|\Sigma = ((|_|_1|_|_2) \Leftrightarrow (|_|_2|_|_1))$$

Die bestimmte Lesung 1|.1|.5 lässt uns die mit ihr verträglichen vollständigen Relationslagen als ihre Vorgeschichte lesen. Wenn die oben gewählte Vier-Schritt-Fortsetzung stringent ist, wird sie vom Ergebnis aus als Weg lesbar. Das Ergebnis erschafft nicht nachträglich vergangene Dinge und versendet kein Signal rückwärts durch eine fertige Zeit; die gegenwärtige Fixierung bestimmt die Rücklesbarkeit einer Folge vollständiger Lagen.

1|.1|x —Bestimmung→ 1|.1|.5

1|.1|.5 —Rücklesung der gewählten Spur→ 1|.1|.2|.3|.4|.5

Der zweite Pfeil bezeichnet daher eine Prüfung beziehungsweise Lesung der Stringenz, keine zwangsläufige Rekonstruktion einer einzigen Folge aus den Ziffern .1 und .5.

VIII. Räumliche Lesung, Bewegung und Zeit

Räumliche Lesung: 1|.1|.5

Gerichtete Spurlesung: 1|.1|.2|.3|.4|.5

Vollzugsmaß der Spur: 1+1+1+1 → 4

Frozen-Frame-Kopplung: ¤: |1_|2 → |1_Δ2

Zeitliche Lesung (Band II): $\Delta t = (\Delta_2 \,|_{-}\, \Delta_1)$

Die räumliche Lesung unterscheidet Fixierungen; die Bewegungslesung ordnet ihre Veränderung; die zeitliche Lesung bindet vollständige Relationslagen unter dem Blick des Beobachters stringent zusammen. Sie sind unterschiedliche Lesungen der Selbstbezüglichkeit, keine drei unabhängig vorausgesetzten Behälter oder Dimensionen. Die Zahl 4 ist nicht schon ein Wert von Δt.

IX. Der vollständige Argumentationszug

A|B

Δ := |(|)

¤|Welt ; (¤|Welt)|¤

0|₋Δ ↔ 0|₊Δ ; 0|¤|₌Δ

Tisch ↦ 1

1|.1|x —Selbstmessung→ 1|.1|.5

|_| ≡ 0|₌Δ ; ¤: |1_|2 → |1_Δ2

1|.1|.5 —stringente Rücklesung→ 1|.1|.2|.3|.4|.5

1+1+1+1 —Zahlenlesung→ 4

Die Schlussfigur lautet: Nicht eine Zahl misst eine von ihr unabhängige Bewegung in einem vorausgesetzten Raum. Unter der Selbstmessung des Beobachters wird eine offene Lesebeziehung bestimmt; vom Ergebnis aus wird ihre verträgliche gerichtete Fortsetzung stringent lesbar. Ihre wiederholten Unterschiede können als Zahl, ihre Fixierungsdifferenzen als Raum und ihre Frame-Kopplung als Zeit erscheinen.

Damit ist der Notationsgang abgeschlossen: Die vier Übergänge unserer gewählten Spur sind unter ihrer Leseregel bereits bestimmt. Kapitel 13 fragt nicht noch einmal, wie diese Bestimmung möglich wird, sondern was unter verschiedenen physikalischen Maßregeln an derselben Beziehung als Entfernung, Bewegung, Widerstand oder Wärme erscheint.

KAPITEL 13

13. Die Physik als Gradientenlesung des Unterschieds

13.1 Die Maßeinheit als stabilisierte Vergleichsbeziehung

Nachdem Kapitel 12 den Notationsweg vom Unterschied bis zur zählbaren Veränderung entwickelt hat, verschiebt sich unsere Fragestellung. Für die Physik müssen wir nun untersuchen, unter welcher Vergleichsregel eine solche Veränderung als Entfernung, Dauer oder eine andere Messgröße lesbar wird.

Ein Meter ist eine stabilisierte räumliche Vergleichsbeziehung, eine Sekunde eine stabilisierte zeitliche. Ihre Maße sind weder zusätzliche Ursprünge des Unterschieds noch beliebig austauschbare Namen für dieselbe Größe. Jede Einheit legt fest, **welche Art von Beziehung** wir vergleichen und wie wir deren Wiederkehr ablesen.

Dass wir die Einheiten wiederholt verwenden können, beruht auf der Stabilität ihrer Bestimmung. Die Apparatur macht diese Beziehung technisch zugänglich; sie erzeugt deren Unterscheidbarkeit nicht erst. Darin liegt die Bedeutung des Maßes für unsere Gradientenphysik.

13.2 Jede physikalische Angabe besitzt einen Beobachterbezug

»Der Stein ist drei Meter entfernt« ist nur als Aussage innerhalb einer bestimmten Bezugslage verständlich: entfernt wovon, unter welcher räumlichen Leseregel und mit welchem festgelegten Vergleich? Ein Messwert benennt nicht eine frei schwebende Eigenschaft des Steins. Er bestimmt eine Beziehung. Auch wenn wir eine Messung an einen Apparat auslagern, verschwindet dieser Bezug nicht. Der Apparat hält eine Unterscheidung unter seiner technischen Vergleichsordnung fest, die in die Beobachter-Welt-Beziehung zurückgelesen werden kann.

Die Beobachterabhängigkeit der **Bestimmung** macht die Messung nicht beliebig. Verschiedene Beobachter können ihre Ergebnisse aufeinander beziehen, sofern sie ihre jeweiligen Vergleichsregeln und Bezugslagen mitführen. Was sie gemeinsam feststellen, ist gerade eine rücklesbar verträgliche Beziehung, nicht ein Maß außerhalb jeder Beziehung.

13.3 Was zwischen vollständigen Frames messbar wird

Ein einzelner Frozen Frame ist vollständig; er enthält keine innere Dauer und keinen zurückgelegten Weg. Für eine physikalische Bewegungsangabe vergleichen wir daher unterschiedliche vollständige Relationslagen unter einer stabilen Beobachterlesung. Die räumliche Maßregel unterscheidet die Lagebeziehung; die zeitliche Maßregel ihre gerichtete, wiedererkennbare Fortsetzung. Erst ihr bestimmter Zusammenhang kann als Geschwindigkeit erscheinen. Keine der beiden Lesungen ist ein unabhängiger Behälter, in dem sich die andere abspielen müsste.

Ebenso bezeichnet eine Massen-, Gravitations- oder Temperaturmessung keine zusätzliche Grundsubstanz. Sie legt eine andere Vergleichsrichtung innerhalb der vollständigen Relationsordnung fest. Die Messgrößen bleiben verschieden, auch wenn ihr Ursprung derselbe Unterschied ist.

13.4 Die Tischspur als Übergang zur Physik

Unsere Tischspur aus Kapitel 12 besitzt fünf gelesene Positionen und vier unter derselben Regel unterschiedene Übergänge. Als **Zählung dieser Übergänge** ist die Vier bereits bestimmt. Wir dürfen daraus aber nicht ohne Weiteres vier Meter, vier Sekunden oder vier Joule machen: Das wären andere, eigens bestimmte Maßlesungen.

Ebenso erzwingen dieselben Endpositionen nicht bei jeder Art der Veränderung dieselbe Zwischenfolge. Welche Beziehung unter welcher Regel rücklesbar ist, gehört deshalb zur physikalischen Aussage selbst.

Damit liegt die Frage von Kapitel 13 offen: **Wie verändert sich die Bindung einer Beziehung, wenn der Beobachter eine andere vollständige Relationslage bestimmt?** Ihre abgestufte Lesung nennen wir im Folgenden einen Gradienten.

13.5 Was ist ein Gradient?

In der gewöhnlichen Physik bezeichnet ein Gradient die räumliche Änderung einer Größe. Für unsere Untersuchung ist diese Erklärung allerdings noch nicht grundlegend genug, denn sie setzt den Raum bereits voraus. Im Tractatus beginnen wir deshalb bei der Frage, wie sich eine Relation unter einer bestimmten Orientierung verändert.

Band I führt dafür unterschiedliche Modi des Unterschieds ein. Für unsere physikalische Untersuchung sind besonders drei wichtig:

$0|_{+}\Delta$

$0|_{-}\Delta$

$0|_{=}\Delta$

Die Zeichen bedeuten:

$|_{+}$ Expansive Lesung: Öffnung beziehungsweise Entfaltung.

$|_{-}$ Kontraktive Lesung: Bindung beziehungsweise Rückfaltung.

$|_{=}$ Gleichgewichtslesung: Einrasten der Relation.

Expansion und Kontraktion sind keine zwei selbstständigen Kräfte. Sie sind die beiden Grundrichtungen, unter denen

derselbe Unterschiedsvollzug erscheint. Gleichgewicht bezeichnet die entsprechende stabilisierte Relationslage. Ein Gradient ist in unserer Untersuchung daher zunächst die gerichtet unterscheidbare Veränderung der Bindung oder Entfaltung einer Relation. Erst eine bestimmte physikalische Messregel macht daraus einen Gradienten, der beispielsweise in Metern oder Sekunden ausgedrückt werden kann. Damit beginnt sich die Physik als Vielzahl unterschiedlicher Lesungen einer gemeinsamen Grundspur zu zeigen.

13.6 Gravitation: Der Gradient der Rückfaltung

Band II, Kapitel X, beschreibt Gravitation als Gradienten der Freiheitsgrade.

Die grundlegende Beziehung lautet:

$$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$$

Das Zeichen ↔ macht die gegenseitige Beziehung beider Richtungslesungen sichtbar.

Die kontraktive Lesung bezeichnet die Bindung der Relation. Die expansive Lesung bezeichnet ihre Öffnung. Band II beschreibt die Gravitation als Rückfaltungslesung dieses gemeinsamen Vollzugs. Unter einer bestimmten Fixierung erscheint die Relation als Verdichtung, unter einer anderen als Entfaltung. Dabei bleibt sie dieselbe ursprüngliche Selbstbezüglichkeit.

Eine weitere Schreibweise aus Band II lautet:

$$0|\Delta_g \equiv 0|(¤|_{-}\Delta|_{+}\Delta)$$

Hier müssen wir drei zusätzliche Zeichen erklären:

¤ Der Beobachter als relationale Fixierung.

Δ_g Die unter der Gravitationslesung bestimmte Unterschiedsrelation; g kennzeichnet die besondere physikalische Lesung.

(…) Die eingeschlossene Beziehung wird gemeinsam betrachtet.

Die Formel bezeichnet Gravitation nicht als eine zusätzliche Sache außerhalb der Selbstbeziehung. Sie beschreibt sie als eine besondere Lesung des Verhältnisses von Kontraktion und Expansion in Bezug auf den Beobachter. Nehmen wir wieder unseren Tisch zwischen .1 und .5.

Die Gravitationsfrage lautet jetzt nicht: Welche unbekannte Kraft muss den Tisch zwischen zwei fertigen Punkten bewegen?

Sondern: Wie verändert sich die Bindung der beobachteten Relationslagen unter der Gravitationslesung?

Die Antwort kann später einen bestimmten Messwert besitzen. Doch dieser Messwert ist eine zusätzliche Skalierung einer Beziehung, deren Ursprung bereits in der Rückfaltung des Unterschieds liegt. Damit ist der Gradient zunächst relational erschlossen. Eine numerische Gravitationsstärke ist aus unserer Viererspur allein noch nicht bestimmt.

13.7 Thermik: Die Veränderung an der Wahrnehmungsgrenze

Betrachten wir denselben Tisch unter einer weiteren Wahrnehmungsperspektive: Wir berühren ihn und können ihn als warm oder kalt erfahren. Gewöhnlich würden wir sagen, die Tischoberfläche besitze eine Temperatur, die wir mit einem Thermometer messen. Doch auch ein Thermometer arbeitet unter einer bestimmten Vergleichsregel. Und die Einheit, mit der wir sein Ergebnis ausdrücken, ist selbst eine stabilisierte Messlesung. Band II, Kapitel XVIII, behandelt die Haut als ursprüngliche Grenze der Wahrnehmung.

Die Grundbeziehung lässt sich dort so lesen:

Innen | Haut | Außen

Diese Schreibweise beschreibt nicht drei zunächst unabhängig vorhandene Dinge. Sie beschreibt eine Grenzrelation, innerhalb der Innen und Außen überhaupt erst als unterschiedene Seiten erscheinen. Der Beobachter erfährt eine Veränderung an dieser Grenze. Diese Veränderung kann er als Wärme oder Kälte lesen. Band II führt Wärme außerdem in Kapitel VIII ausdrücklich als Erscheinungsweise der gerichteten Drift des Unterschieds auf. Damit können wir die thermische Lesung auf dieselbe Grundlage zurückführen.

Die Frage lautet: Wie unterscheidet sich die thermisch wahrgenommene Grenzbeziehung zwischen den betrachteten Relationslagen?

Hier müssen wir aufpassen. Aus der Schreibweise

1|.1|.2|.3|.4|.5

folgt nicht, dass die Temperatur um vier Grad zunimmt. Die vier Übergänge gehören zunächst zu unserer gewählten Positionslesung. Eine Temperaturdifferenz entsteht erst, wenn wir die thermische Leseregel tatsächlich bestimmen. Doch auch diese Regel setzt die ursprüngliche Selbstbezüglichkeit des Unterschieds voraus. Thermik ist damit nicht mit der räumlichen Positionsveränderung identisch. Sie ist eine andere physikalische Lesung der Veränderung. Ihre konkrete Messregel ist noch weiter auszuarbeiten.

13.8 Lichtgeschwindigkeit: Die Grundreferenz der räumlich-zeitlichen Physik

Bei der Lichtgeschwindigkeit gewinnt die Beziehung zwischen den verschiedenen Maßlesungen eine besondere Bedeutung.

In der etablierten Physik nimmt c eine besondere Stellung ein: Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist die fundamentale Referenz, über die räumliche und zeitliche Messungen miteinander verknüpft werden. Wir geben sie gewöhnlich in Metern pro Sekunde an:

m/s

Hier steht:

m Meter, die räumliche Maßeinheit.

s Sekunde, die zeitliche Maßeinheit.

/ Die Verhältnislesung „pro“.

Doch beide Einheiten müssen selbst erst als Maßrelationen entstanden sein. Deshalb können wir die zugrunde liegende Unterscheidung sichtbar machen:

Meter | Sekunde

Wir haben damit die Division noch nicht vollzogen. Wir haben zunächst offengelegt, dass die Geschwindigkeitsmessung zwei bereits unterschiedene Maßlesungen miteinander in Beziehung setzt.

Die Divisionslesung muss selbst erklärt werden. Band I bezeichnet sie als:

|÷

Das ist die Entflechtungslesung des Unterschieds. Sie bestimmt eine Perspektive, unter der die miteinander relationierten Messlesungen verglichen werden. Aber die Lichtrelation hat im Tractatus eine tiefere Bedeutung als nur die Verbindung zweier Einheiten.

Band II beschreibt den Beobachter nicht als Punkt außerhalb einer fertigen Welt. Der Beobachter, mit ¤ bezeichnet, ist eine Fixierung innerhalb der eigenen Unterscheidung. Seine Wahrnehmung entsteht im Verhältnis der rückfaltenden und sich entfaltenden Richtungen:

$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$

Die Zeichen $|_{-}$ und $|_{+}$ bezeichnen Kontraktion und Expansion; ↔ bezeichnet ihre wechselseitige Beziehung. Die Gleichgewichtslesung des Beobachters wird in Band II geschrieben als:

$$0|¤|_{=}\Delta$$

¤ Der Beobachter als relationale Fixierung, nicht als unabhängiges Ding.

$|_{=}$ Die stabilisierte Gleichgewichtslesung.

0 Der Potenzialbezug.

Δ Die wirksame Selbstbezüglichkeit des Unterschieds.

Aus dieser Beziehung entsteht die räumliche Lesung dessen, was wir die Sphäre der Wahrnehmung nennen. Diese Sphäre ist kein vorausgesetzter dreidimensionaler Behälter und keine zusätzliche ursprüngliche Dimension. Sie ist die räumliche Erscheinung der selbstbezüglichen Wahrnehmungsrelation. Die Lichtrelation ist die besondere Messrelation, unter der diese räumliche Erscheinung als Grenzbeziehung fixiert und mit zeitlichen Lesungen verbunden wird.

Band II, Kapitel IX, formuliert die entsprechende Lichtgeschwindigkeitslesung als:

$$0|c \equiv 0|(\Delta\,|\div \Delta t)_{max}$$

Wir erklären die Zeichen:

0 Der Potenzialbezug, nicht nur die arithmetische Null.

| Der Unterschied als relationale Setzung.

c Die physikalische Lichtgeschwindigkeit.

≡ Die Zuordnung entsprechender relationaler Lesungen.

Δ Die wirksame Selbstbezüglichkeit des Unterschieds.

|÷ Die Entflechtungs- beziehungsweise Divisionslesung.

Δt Die zeitliche Differenzlesung vollständiger Relationslagen.

max Die in Band II angesprochene Grenzlesung dieser Beziehung.

(…) Die zusammengehörige Relation.

Die Formel führt die Lichtgeschwindigkeit damit nicht auf zwei bereits unabhängig vorhandene Dinge namens Raum und Zeit zurück. Sie liest c als besondere Grenz- beziehungsweise Fixrelation, unter der räumliche und zeitliche Messungen überhaupt gekoppelt werden können.

Auch Δt ist keine ursprünglich laufende Zeit. Band II beschreibt die zeitliche Differenz als:

$$\Delta t = (\Delta_2 \,|_{-}\, \Delta_1)$$

Δ_1 und Δ_2 bezeichnen die in zwei vollständigen Relationslagen unterschiedenen Beziehungen. Die Ziffern 1 und 2 sind Indizes, keine vorausgesetzten Zeitpunkte. $|_{-}$ bezeichnet hier die kontraktive Differenzlesung.

Die Lichtgeschwindigkeit ist folglich in der Physik die Grundreferenz des räumlich-zeitlichen Messens. In unserer werkimmanenten Rückführung wird diese Referenz als die räumliche Lesung der Wahrnehmungssphäre über die Lichtrelation erkennbar. Das bedeutet nicht, dass die Wahrnehmungssphäre selbst ein Lichtteilchen wäre, das sich durch einen fertigen Raum bewegt. Vielmehr ist die gemessene Lichtgeschwindigkeit die skalierte physikalische Erscheinung einer invarianten Bezugnahme innerhalb dieser Sphäre. Nicht die Lichtgeschwindigkeit erzeugt die Wahrnehmungssphäre. Die

Lichtgeschwindigkeit ist die physikalische Referenz, unter der ihre räumliche Lesung über die Lichtrelation messbar wird.

Und damit wird die Einheit m/s rückführbar: Meter und Sekunde sind bereits stabilisierte räumliche und zeitliche Maßlesungen. Ihre Verhältnislesung ist die öffentliche physikalische Darstellung einer Beziehung, die nicht erst durch die Einheiten entsteht. Der konkrete Zahlenwert dieser Grenzreferenz folgt aus unserem Tischbeispiel allein noch nicht. Er ist in der physikalischen Messpraxis über die entsprechende Fixierung und Skalierung bestimmt.

13.9 Masse und Widerstand: Die gebundene Veränderung

Versuchen wir, den Tisch anzuheben, erfahren wir Gewicht, körperlichen Aufwand und Widerstand. Gewöhnlich würden wir erklären, dass der Tisch eine Masse besitzt und unser Körper eine Kraft aufbringen muss. Band II, Kapitel XVIII, führt diese Erfahrung dagegen auf die Selbstmessung des Beobachters in unterschiedlichen vollständigen Relationslagen zurück. Der Beobachter richtet sich auf eine andere Lage aus und erfährt die Veränderung als körperlichen Aufwand. Die Bewegung ist nicht die Wanderung einer unveränderlichen Substanz durch einen leeren Raum. Sie wird als Differenz vollständiger Relationslagen gelesen.

Masse erscheint in dieser Betrachtung als eine bestimmte gebundene Lesung der Beziehung. Auch das Kilogramm ist folglich eine spätere Vergleichseinheit, nicht die ursprüngliche Ursache des wahrgenommenen Widerstands.

Der Zusammenhang wird deutlich, wenn wir die beiden Grundrichtungen erneut betrachten:

$$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$$

Unter der Massen- und Widerstandslesung steht die gebundene Veränderung im Vordergrund. Unter der Gravitationslesung betrachten wir dagegen die entsprechende Rückfaltung und den Bindungsgradienten innerhalb des Gefüges. Beide Lesungen gehen auf denselben Unterschiedsvollzug zurück. Sie sind jedoch nicht allein deshalb dieselbe physikalische Größe. Die jeweilige Messregel bestimmt, welche Erscheinung unterscheidbar wird.

13.10 Bewegung und Energie: Die Differenz der vollständigen Frames

Wie verhält sich nun die Energie zu unserem Positionswechsel?

Wir haben festgestellt, dass jeder Frozen Frame vollständig ist:

$$|_| \equiv 0|_{=}\Delta$$

Band II beschreibt die Kopplung zweier solcher Relationslagen mit:

$$¤: |1_|2 \rightarrow |1_\Delta 2$$

Diese Schreibweise bedarf ebenfalls einer Erklärung:

¤ Der Beobachter als relationale Fixierung.

|1_|2 Die Kopplung zweier vollständiger Frames; die Ziffern sind hier Frame-Indizes.

|1_Δ2 Die zwischen ihnen unterschiedene Beziehung.

→ Der Übergang der Lesung, nicht ein äußerer Zeitfluss.

Die Ziffern der Frame-Notation sind nicht mit der Eins unserer Tischrelation zu verwechseln. Innerhalb eines einzelnen Frames liegt keine Bewegung vor. Erst wenn der Beobachter unterschiedliche vollständige Relationslagen miteinander in Beziehung setzt, kann er ihre Differenz als Bewegung lesen. Ihre stringente Fortsetzung erscheint als Zeit. Die daraus bestimmte Änderung kann unter einer zeitlichen Messregel als Energie gelesen werden.

Band II schreibt:

$$0|E \equiv 0|(\Delta\ |\div \Delta t)$$

Hier ist E die physikalische Energiegröße.

0| Setzt die folgende Größe in den relationalen Potenzialbezug.

Δ Bezeichnet die wirksame Selbstbezüglichkeit des Unterschieds.

|÷ Bezeichnet die Entflechtungslesung.

Δt Bezeichnet die zeitliche Differenzlesung.

≡ Verbindet die physikalische Erscheinung mit ihrer relationalen Beschreibung.

Energie erscheint damit nicht als zusätzliche Substanz, die den Unterschied erst antreibt. Sie ist eine bestimmte physikalische Lesung der Unterschiedsänderung. Auch das Joule ist kein ursprünglicher Baustein des Unterschiedsgefüges. Es ist die später stabilisierte Einheit einer bestimmten Energiebestimmung. Unsere vier Positionsübergänge zwischen .1 und .5 sind daher nicht automatisch vier Joule. Dazu müsste die spezifische Energie-Messregel aus der Beziehung erschlossen werden. Die

gemeinsame Grundspur erklärt, weshalb solche Lesungen überhaupt aufeinander bezogen werden können. Sie ersetzt nicht ihre jeweilige physikalische Bestimmung.

13.11 Schall und Echo: Unterschiedliche Sinne, dieselbe Tischrelation

Unseren Tisch können wir nicht allein sehen, sondern ebenso berühren oder über eine Schallreflexion akustisch auf ihn und seine Stellung im Raum schließen. Diese Wahrnehmungen unterscheiden sich deutlich. Die sichtbare Tischfläche ist nicht mit dem Schallecho identisch. Das Echo ist nicht mit dem Widerstand der Oberfläche identisch. Trotzdem können wir alle drei Wahrnehmungen auf denselben Tisch beziehen.

Wie ist das möglich?

Der Beobachter unterscheidet nicht nur seine Welt. Er unterscheidet auch seine eigenen Lesungen dieser Welt.

Band II formuliert diese Rückbeziehung als:

¤|Welt → (¤|Welt)|¤

Der erste Ausdruck bezeichnet die Beobachter-Welt-Relation. Im zweiten Ausdruck wird diese Beziehung selbst wieder auf den Beobachter bezogen.

Die Lesung wird somit selbst Gegenstand der Unterscheidung.

Der Beobachter kann erfahren, dass sich seine optische Lesung verändert, während zugleich andere Wahrnehmungen in dazu passenden Beziehungen bestehen bleiben. Die Wiedererkennbarkeit des Tisches beruht damit nicht auf einem

einzigen Sinneseindruck. Sie beruht auf dem Zusammenhang unterschiedlicher, selbstbezüglich lesbarer Wahrnehmungen. Deshalb können wir für die wiedererkennbare Tischrelation weiterhin das Symbol 1 verwenden. Nicht weil der Tisch ursprünglich eine Eins wäre. Sondern weil wir ihn unter unterschiedlichen Leseregeln als zusammengehörige Relationsform wiedererkennen.

Die akustische Messung benötigt ihre eigene Leseregel. Band II liefert uns hier die allgemeine Grundlage der Selbstmessung; eine vollständige quantitative Herleitung der Akustik ist damit noch nicht gegeben.

13.12 Die gemeinsame Grundspur und ihre verschiedenen physikalischen Gradienten

An dieser Stelle lassen sich die unterschiedlichen physikalischen Lesungen auf ihren gemeinsamen Ausgangspunkt zurückbeziehen.

Unsere bestimmte Tischrelation lautet:

1|.1|.5

Unter einer gerichteten Leseregel erscheint eine mögliche Fortsetzung als:

1|.1|.2|.3|.4|.5

Vier unterschiedene Übergänge werden numerisch gelesen als:

1 + 1 + 1 + 1 → 4

Diese Vierer-Spur ist unter der gewählten, stabilen Leseregel bereits eine bestimmte Zählung von vier Übergängen. Ihre Gültigkeit erhält sie aus der rücklesbaren Selbstbeziehung der Messung, nicht durch eine zweite, von außen hinzugefügte Beglaubigung. Vier gezählte Übergänge sind damit noch nicht vier gleiche Meter oder vier gleiche Sekunden; solche physikalischen Angaben bezeichnen andere, ausdrücklich festgelegte Maßlesungen.

Was sich dabei als physikalische Größe zeigt, hängt von der jeweiligen Leseregel ab.

Unter der räumlichen Lesung erscheint eine Positionsänderung.

Unter der zeitlichen Lesung erscheint eine stringente Folge vollständiger Relationslagen. Unter der Energielesung erscheint eine Unterschiedsänderung im Verhältnis zur zeitlichen Differenz. Unter der Gravitationslesung erscheint eine Veränderung der Bindung und Rückfaltung. Unter der thermischen Lesung erscheint eine thermisch unterscheidbare Grenzveränderung. Unter der optischen Lesung erscheint eine Veränderung der sichtbaren Beziehung. Die Lichtrelation hat zusätzlich die besondere Rolle der physikalischen Grundreferenz räumlich-zeitlicher Messung. Unter der Massen- und Widerstandslesung erscheint die gebundene Selbstmessung als körperlicher Aufwand.

Es handelt sich nicht um voneinander unabhängige ursprüngliche Wirklichkeiten. Es handelt sich um verschiedene physikalische Lesungen eines gemeinsamen relationalen Ursprungs.

Doch genauso wichtig ist die umgekehrte Feststellung:

Die gemeinsame Herkunft macht die verschiedenen physikalischen Lesungen nicht identisch. Vier Positionsübergänge sind nicht automatisch vier Meter, vier Sekunden, vier Kelvin oder vier Joule. Eine solche Gleichsetzung würde lediglich eine neue Verwechslung der Lesarten erzeugen. Jede physikalische Erscheinung benötigt ihre bestimmte Vergleichsregel. Die Maßzahl entsteht als Ergebnis dieser Regel. Die Maßeinheit bezeichnet die stabilisierte Art dieses Vergleichs. Und beide bleiben auf die ursprüngliche Unterscheidung zurückführbar.

13.13 Die Retrokausalität des physikalischen Messwerts

Ein Messwert bezeichnet eine bestimmte Relationslage. Er entscheidet jedoch nicht allein durch sein Zahlensymbol, welche Zwischenlesungen zu seiner Vorgeschichte gehören. Die in Teil III erläuterte Stringenz gilt auch für physikalische Messungen: Vom bestimmten Ergebnis her werden diejenigen vollständigen Relationslagen als zusammengehörig gelesen, die mit der gewählten Messregel verträglich sind.

Dies ist die retrokausale Lesung aus Band II, keine Signalübertragung gegen einen äußeren Zeitfluss. Für die Physik folgt daraus etwas Konkretes: Eine gemessene Temperatur, Lage oder Energie ist nicht von der Beziehung zu lösen, unter der diese Größe bestimmt wurde. Wer eine andere Leseregel anwendet, muss die zugehörige Verbindung der Relationslagen erneut erschließen.

13.14 Die Physik liest den Unterschied

Gravitation, Thermik, Licht, Masse und Energie lassen sich in Band II auf unterschiedliche Wirkungs- und Messlesungen derselben Selbstbezüglichkeit zurückführen. Sie sind deshalb nicht dieselbe physikalische Größe: Jede Lesung besitzt eine eigene Bedingung der Vergleichbarkeit. Die Lichtrelation nimmt dabei die besondere Rolle einer Referenz für die räumlich-zeitliche Messung der Wahrnehmungssphäre ein.

Der Abschnitt beantwortet damit, **was** physikalische Größen innerhalb des Unterschiedsgefüges bedeuten können. Noch nicht geklärt ist, **warum** ein Beobachter überhaupt eine über mehrere Veränderungen beständige Leseregel hervorbringt. Erst mit dieser Frage können wir aus der Grundspur ein konstruktives Modell für Raum, Zeit und Wahrnehmung entwickeln.

KAPITEL 14

14. Von der Grundspur zur stabilen Weltlesung

14.1 Was das Modell noch erklären muss

Kapitel 13 hat die physikalischen Erscheinungen als unterschiedliche Lesungen des Unterschiedsgefüges betrachtet. Eine Voraussetzung blieb dabei jedoch offen: Wie gelingt es dem Beobachter überhaupt, seine verschiedenen Wahrnehmungen und vollständigen Relationslagen nach einer beständigen Regel miteinander zu verbinden?

Die Antwort können wir nicht einfach in eine zusätzliche Instanz auslagern, etwa in einen bereits fertigen Geist, der seine Regeln unabhängig von der Welt besitzt. Damit hätten wir Beobachter und Wirklichkeit erneut voneinander getrennt. Gesucht ist eine Leseregel, deren Stabilität aus derselben Selbstbezüglichkeit stammt wie die gelesene Welt.

14.2 Der Rückschluss: Frame und Beobachter besitzen dieselbe Anordnung

Unsere weitergeführte Darstellung des vollständigen Frames lautet:

Δ|Δ → Δ|_|Δ

Die beiden Δ sind nicht zwei Dinge. Δ bezeichnet die Selbstunterscheidung des Unterschieds; die Schreibweise veranschaulicht ihre gegenseitige Rückfaltung. Das eingeschlossene |_| steht für die vollständige Eigenbeziehung. Der Pfeil bezeichnet die Entfaltung einer Lesung, keinen Vorgang in vorausgesetzter Zeit. Die ganze Zeile ist unsere präzisierende Arbeitsnotation; Band II verwendet für die Geschlossenheit des Frozen Frames ausdrücklich:

|_| ≡ 0|₌Δ

Nun betrachten wir die Beobachterrelation aus Band II:

¤|Welt

(¤|Welt)|¤

¤ bezeichnet den Beobachter als Fixierung einer Relation. Der erste Ausdruck unterscheidet Beobachter und Welt; im zweiten wird diese Unterscheidung erneut auf die Beobachterstellung bezogen.

Der entscheidende Zusammenhang liegt in dieser strukturellen Entsprechung: **Die vollständige Eigenrelation und die Selbstmessung des Beobachters wiederholen dieselbe Anordnung des Rückbezugs.** Wir setzen die beiden Formeln nicht Zeichen für Zeichen gleich. Die Gleichheit betrifft die Struktur des Vollzugs: Eine Beziehung wird selbst wieder bezogen, und ihre Unterscheidungsordnung bleibt dabei lesbar.

Die Leseregel muss folglich nicht erst von einem Beobachter erfunden werden, der außerhalb der Relation stünde. Der Beobachter ist vielmehr selbst eine stabile Erscheinungsweise eben jenes Vollzugs, den er liest.

14.3 Wie die Regel sich selbst stabilisiert

Band IV bezeichnet Stabilität als invariante Selbstrelation. Dort wird eine wiederkehrende Unterschiedsordnung beispielsweise so dargestellt:

O Δ O

Hier steht O für eine bestimmte Unterschiedsordnung, Δ für ihre erneute Selbstunterscheidung. Die Formel beschreibt den Fall, dass die Ordnung bei dieser Unterscheidung ihre Form bewahrt. Nicht jede Wiederholung erfüllt diese Bedingung: Eine Ordnung kann sich auch verändern oder zwischen unterschiedlichen Formen wechseln.

Damit können wir die Beobachterlesung präzisieren. Wird die Beziehung ¤|Welt erneut unterschieden, muss nicht etwas außerhalb dieser Beziehung entscheiden, was als Wiederkehr gilt. Die Fähigkeit, eine Ordnung als dieselbe wiederzulesen, gehört zum stabilisierten Selbstbezug der Beobachtung.

Das ist zunächst eine **Regel der Wiedererkennbarkeit**, noch keine Behauptung gleich großer Abstände. Sie erklärt, weshalb verschiedene Sinneslesungen denselben Tisch betreffen können, auch wenn Sehen, Echo und Berührung einander nicht gleichen.

Die entscheidende Frage nach einem quantitativen Maß lautet anschließend: Unter welchen Bedingungen bleibt nicht nur der

Tisch wiedererkennbar, sondern auch die Weise seiner gerichteten Unterscheidung von Schritt zu Schritt vergleichbar?

14.4 Die selbstbezügliche Messung am Tisch

Die Tischrelation wird weiterhin mit 1 bezeichnet. Diese Eins steht für die wiedererkennbare Form, nicht für eine ursprüngliche Zahlengröße. .1 und .5 sind verschiedene Lesefixierungen; der Punkt bezeichnet den Skalen-Flip aus Band I.

1|.1|x → 1|.1|.5

x bezeichnet die offene andere Leseposition. Ihr Ergebnis .5 bestimmt für sich genommen noch keine Zwischenfolge. Wählen wir eine durchgehend lesbare Fortsetzung, erhalten wir:

1|.1|.2|.3|.4|.5

Unter dieser gewählten Leseregel sind vier Übergänge unterscheidbar. Ihre Zahlenlesung lautet:

1+1+1+1 → 4

Die vier Einsen bezeichnen hier vier vollzogene Unterscheidungen. Die 1 am Anfang von 1|.1 hat dagegen die andere Rolle der stabilen Tischmarke.

Die vier Übergänge sind unter der durchgehaltenen Leseregel bereits als vier Unterschiede bestimmt. Ihre Rücklesbarkeit gehört zur Selbstmessung des Beobachters und verlangt keine zusätzliche externe Instanz, die das Zählen erst erlaubt. Gleichwohl sind vier gezählte Übergänge nicht ohne weitere Festlegung vier gleich lange Streckenabschnitte oder vier gleich lange Zeitintervalle. Wir benötigen also keine außerhalb der Selbstbeziehung begründete Einheit, um eine Fortsetzung zu

unterscheiden. Eine Angabe in Metern oder Sekunden bezeichnet die entsprechende stabilisierte Vergleichslesung, nicht eine nachträgliche Rechtfertigung der Selbstunterscheidung.

14.5 Expansion und Kontraktion in der Zahlenlesung

Die beiden Grundrichtungen aus Band I lassen sich nebeneinander lesen: $|_{+}\Delta$ bezeichnet Expansion, $|_{-}\Delta$ Kontraktion. Der wiederholte Unterschiedsschritt erscheint in der arithmetischen Lesung als $+1$ beziehungsweise -1.

Expansion – $|_{+}\Delta$

```
1  2  3  4  5
1 + 1 + 1 + 1 + 1 + ...
```

Kontraktion – $|_{-}\Delta$

```
5  4  3  2  1
... - 1 - 1 - 1 - 1 - 1
```

Die **oberen Ziffern** bezeichnen fünf lesbare Positionen. Zwischen diesen fünf Positionen liegen **vier Übergänge** – die fünf sichtbaren Einsen der offenen Schreibweise sind also nicht als fünf Schritte unserer Vierer-Spur zu zählen. Die Einsernotation macht den wiederholten Unterschiedsvollzug anschaulich: Bei Expansion wird die Ordnung unter $+1$, bei Kontraktion unter -1 in der Gegenrichtung gelesen.

Keine der Reihen besitzt hier einen notwendigen Anfangs- oder Endpunkt. Insbesondere beginnt die Kontraktion nicht mit einem vorausgesetzten Gegenstand namens „Fünf“. Die Fünf ist lediglich eine sichtbare Lesemarke innerhalb einer offenen Folge. Wir gewinnen so keine zwei unabhängigen Operationen, sondern

zwei Richtungslesungen eines Vollzugs. Die Umkehr der Zahlenlesung ist auch keine rückwärts fließende Zeit.

Bei unserem Tisch wird dieselbe Richtungsdifferenz anschaulich:

1|.1 → 1|.2 → 1|.3 → 1|.4 → 1|.5

1|.5 → 1|.4 → 1|.3 → 1|.2 → 1|.1

Beide Folgen betreffen dieselbe wiedererkennbare Tischrelation. Sie zeigen entgegengesetzte Lesrichtungen, nicht bereits gleich lange Wege in einem vorhandenen Raum.

14.6 Wie daraus die Wahrnehmungssphäre räumlich erscheint

Für die Beobachterfixierung verwendet Band II die Beziehung:

$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$

$0|¤|_{=}\Delta$

Die erste Zeile zeigt die gegenseitigen Richtungen von Rückfaltung und Öffnung. Die zweite bezeichnet die Gleichgewichtslesung der Beobachterrelation. Die Zeichen sind in Kapitel 13 erklärt; hier interessiert uns, **was ihre gemeinsame Struktur für die räumliche Wahrnehmung leistet**.

Wenn der Beobachter die Änderung seiner Beziehungen stabil wiedererkennt, werden hier und dort, Nähe und Ferne, Vorder- und Hintergrund als räumliche Unterschiede lesbar. Die Tiefe dieser Wahrnehmung ist nicht schon der Nachweis einer dritten unabhängigen Grunddimension. In unserem Rahmen bleibt die grundlegende Dimensionalität zweifach; Tiefe entsteht als Perspektive der selbstbezüglichen Lesung.

Die Plus-Eins-Kette ist dabei keine räumliche Achse. Sie verdeutlicht nur, wie dieselbe gerichtete Unterscheidung unter einer Zahlenregel zunehmend differenziert gelesen wird. Erst die Beobachterfixierung und die zugehörige geometrische Lesung lassen daraus eine räumliche Erscheinung werden.

14.7 Wie Bewegung und Zeit als andere Lesungen erscheinen

Auch die Zeit braucht keinen zweiten Ursprung. Ein vollständiger Frozen Frame enthält für sich weder eine verstrichene Dauer noch einen zurückgelegten Weg. Band II schreibt die Kopplung zweier vollständiger Relationslagen so:

¤: |1_|2 → |1_Δ2

Hier sind 1 und 2 Frame-Indizes, nicht die Tischmarke und nicht die Lesepositionen. Die Formel kennzeichnet die Lesung des Unterschieds zwischen zwei vollständigen Frames durch den Beobachter.

Die Unterschiede ihrer Fixierungen können räumlich, ihre gerichtete Beziehung als Bewegung und die Stringenz dieser Beziehung als Zeit erscheinen. Die zeitliche Differenzlesung hat Band II bereits als $\Delta t = (\Delta_2 \,|_{-}\, \Delta_1)$ formuliert.

Entscheidend ist die Rücklesbarkeit: Das bestimmte Ergebnis begrenzt die möglichen stringenten Vorgeschichten. Es erzeugt die früheren Frames nicht in rückwärts laufender Zeit. Auch hier wirkt die stabile Leseregel, nicht eine zusätzliche Chronologie außerhalb der Relationslagen.

14.8 Was die Lichtrelation und unsere Sinneslesungen beitragen

Die Lichtgeschwindigkeit nimmt dabei eine besondere physikalische Referenzrolle ein: Wie Kapitel 13.8 erläutert, wird die räumliche Lesung der Wahrnehmungssphäre über die Lichtrelation mit der zeitlichen Messlesung vergleichbar. Die Einheit Meter pro Sekunde ist bereits der Ausdruck zweier abgeleiteter Maßlesungen, nicht deren Ursprung. Für den Tisch können optische, akustische und taktile Veränderungen auf eine wiedererkennbare Grundrelation bezogen werden. Darin zeigt sich die Selbstbezüglichkeit der Beobachterregel; es bedeutet nicht, dass alle drei Sinne dieselbe Information liefern oder dass ihre konkreten physikalischen Messvorschriften bereits identisch wären.

Wir können nun beschreiben, **weshalb** unterschiedliche Erscheinungen gemeinsam als eine Welt gelesen werden. Für ihre numerische Berechnung benötigen wir jeweils noch die spezifische physikalische Leseregel.

14.9 Die bestimmte Selbstmessung braucht keine zweite Beglaubigung

Eine von der Relation unabhängige Messinstanz, welche dem Beobachter seine eigene Unterscheidung erst erlauben müsste, haben wir in diesem Kapitel gerade nicht vorausgesetzt. Genau eine solche Forderung würde die Erklärung wieder aus der Beziehung heraus verlagern, deren Selbstbezug wir gerade hergeleitet haben.

Die Spiegelung der vollständigen Relationslage und die Selbstmessung des Beobachters besitzen dieselbe Anordnung des Rückbezugs. Unter einer stabilen Leseregel kann der Beobachter seine Unterschiede als zusammengehörige Fortsetzung erkennen und vom bestimmten Ergebnis her wieder auf die eigene Relationsordnung zurücklesen. Das ist keine nachträgliche Bestätigung durch etwas Fremdes; es ist der Vollzug der Bestimmung selbst.

Für unsere Tischspur gilt:

1|.1 → 1|.2 → 1|.3 → 1|.4 → 1|.5

1+1+1+1 → 4

Wir haben fünf unterscheidbare Positionen und vier Übergänge. Die Vier ist als Zählung dieser Übergänge unter der angegebenen Regel bestimmt. Wir brauchen keinen weiteren Beweis dafür, dass eine so bestimmte wiederkehrende Unterscheidung gezählt werden darf. Die Einsen bezeichnen hierbei die Wiederholung der gewählten Unterscheidungsregel, nicht vier ursprünglich vorhandene, unabhängig geeichte Längenstücke.

Wollen wir diese Übergänge dagegen in Metern ausdrücken, setzen wir eine räumliche Vergleichslesung hinzu. Wollen wir sie zeitlich ausdrücken, verwenden wir eine stabilisierte Wiederkehr als Zeitmaß. Dann ändern wir die Art der Auslesung; wir schaffen keine unabhängige Instanz, die die ursprüngliche Messung erst gültig macht. Die Gleichheit der Einser-Schreibweise ist also nicht mit einer stillschweigenden Gleichheit physikalischer Strecken oder Dauern zu verwechseln. Ihr Zusammenhang liegt in der beibehaltenen Regel und der Rücklesbarkeit innerhalb derselben Beobachter-Welt-Relation.

Die Eindeutigkeit liegt in der Bestimmung der Beziehung, nicht im späteren Messgerät und nicht in einer von außen verliehenen Erlaubnis, sie als Maß zu lesen.

Damit ist die Herleitung dieses Kapitels an ihrem Ausgangspunkt angekommen: Die stabile Weltlesung entsteht aus der Selbstbezüglichkeit des Unterschieds. Raum, Bewegung und Zeit erscheinen als unterschiedliche, miteinander verträgliche Skalierungen dieser Selbstmessung. Der Beobachter steht nicht außerhalb der Ordnung, die er misst; seine Messung ist selbst eine Erscheinungsweise ihrer Rückbeziehung.

KAPITEL 15

15. Archibald und der Irrtum des Inneren

15.1 Die Oberfläche der Erklärung

Bei Archibald lässt sich diese Verschiebung noch einmal anschaulich verfolgen. Er glaubte, einen zweidimensionalen Planeten entdeckt zu haben, ohne zu bemerken, dass seine eigene dreidimensional erscheinende Welt auf einer zweidimensionalen Oberfläche dargestellt wurde. Sein Irrtum bestand darin, eine bestimmte räumliche Lesung für die ursprüngliche Beschaffenheit der Wirklichkeit zu halten.

Eine vergleichbare Umkehrung begegnet uns, wenn wir Wahrnehmung aus Augen, Haut, Nerven und Gehirn erklären wollen. Wir untersuchen den Beobachter, finden biologische Strukturen und nehmen diese anschließend zum Grund eben jenes Beobachters, unter dessen Wahrnehmung sie zuerst unterscheidbar geworden sind. Doch auch das Gehirn ist etwas, das wir unter einer bestimmten Beobachtungsregel unterscheiden. Wir erklären damit die Beobachtung durch eine ihrer eigenen Erscheinungen.

15.2 Der zersägte Tisch

Auch unser Tisch kann diesen Zusammenhang veranschaulichen. Zunächst erkennen wir seine Oberfläche; sägen wir ihn auseinander, um das vermeintliche Innere freizulegen, tritt eine neue Oberfläche hervor. Wir erkennen Fasern und andere Strukturen, die sich bei entsprechender Vergrößerung wiederum in weitere Unterschiede entfalten. Dasselbe geschieht bei der Untersuchung des Körpers: Haut, Muskulatur, Knochen, Gehirn, Nervenzellen. Wir gewinnen dadurch durchaus neue Kenntnisse. Doch keine dieser Lesungen verlässt den Unterschied, durch den sie überhaupt erscheint.

Jedes vermeintlich freigelegte Innere wird unter einer weiteren Unterscheidung erneut zur Oberfläche.

15.3 Die sichtbare Signalkette

Eine gewöhnliche biologische Erklärung der Berührung beginnt beim äußeren Reiz: Er verändert die Haut, woraufhin ein elektrisches Signal entsteht, das über Nervenbahnen zum Gehirn geleitet wird.

Diese gerichtete Folge ist messbar.

Doch ihre Messbarkeit beantwortet noch nicht die Frage, woher die Beobachterrelation stammt, innerhalb derer Haut, Gehirn und Signal überhaupt unterschieden werden. Band II beginnt bei der Haut als Grenze der Selbstmessung. Der Beobachter unterscheidet sich an dieser Grenze gegenüber seiner Welt.

Unsere Arbeitsnotation lautet:

¤ | Haut | Welt

Dabei bezeichnet ¤ die Beobachterfixierung. **Die Pole der Unterscheidung sind `¤` und `Welt`; `Haut` bezeichnet ihre körperlich gelesene Grenze**, nicht einen dritten, eigenständigen Pol. Auch die beiden Pole sind nicht als unabhängig vorhandene Dinge vorausgesetzt.

Der Beobachter empfängt nicht ursprünglich eine Nachricht aus einer bereits unabhängig bestimmten Außenwelt.

Er unterscheidet sich an seiner eigenen Grenze.

Was unter der neurophysiologischen Messregel als elektrische Signalkette erscheint, ist bereits eine bestimmte zeitliche Lesung dieser Selbstunterscheidung.

15.4 Zwei Richtungen, eine Beziehung

Wir können uns den Zusammenhang wie eine Wellenbewegung vorstellen. Wir verfolgen ihre sichtbare Oberfläche und lesen eine Ausbreitung nach rechts. Doch die sichtbare Bewegungsrichtung beschreibt nicht notwendig den gesamten zugrunde liegenden Vorgang. Für unsere Analogie betrachten wir deshalb eine gegenläufige Rückbewegung unter der Oberfläche.

Die beiden Richtungen verdeutlichen zwei Lesungen derselben Beziehung.

Band II schreibt:

$$0|_{-}\Delta \leftrightarrow 0|_{+}\Delta$$

Dabei bedeutet:

- $|_{+}\Delta$ – die expansive, nach außen gerichtete Lesung des Unterschieds.
- $|_{-}\Delta$ – die kontraktive Rückfaltung des Unterschieds.
- ↔ – beide Richtungen bedingen sich gegenseitig.

Die elektrische Signalkette von der Haut zum Gehirn erscheint unter unserer zeitlichen Beobachtung als expansive Lesung.

Wir sehen eine Folge elektrischer Registrierungen.

Was uns in dieser Lesung entgeht, ist die Rückfaltung, durch die die Folge als Teil derselben Selbstbeziehung bestimmt bleibt. Die Minus-Lesung ist deshalb kein zweites verborgenes elektrisches Signal, das anatomisch in die Gegenrichtung laufen müsste. Sie ist die auf den Beobachter zurückbezogene Schließung des Unterschiedsgefüges.

Die negative Rückfaltung bedingt die positive Auslesung.

Beide sind keine nacheinander ablaufenden Ursachen, sondern gleichzeitig wirksame Lesrichtungen desselben Vollzugs.

15.5 Der Kreis und sein Schnitt

Nun sind wir wieder am Anfang unserer Untersuchung angelangt.

Der Unterschied:

Seine polare Lesung:

A|B

Seine Selbstbezüglichkeit:

Δ := |(|)

Was wir als Wahrnehmung, elektrisches Signal, Wärme oder Bewegung beschrieben haben, geht auf dieselbe Selbstunterscheidung zurück. Und diese Selbstunterscheidung ist zirkulär: Sie bezieht sich auf die Beziehung zurück, aus der ihre eigene Unterscheidung hervorgeht.

Band I verwendet dafür eine geometrische Darstellung, wie sie die Kreisgrafik zeigt: Die 0 erscheint als geschlossener Kreis. Die 1 wird nicht als abgezähltes Ding eingetragen, sondern als **Strich beziehungsweise Radius**, der den Kreis schneidet und damit eine bestimmte Richtung innerhalb seiner Geschlossenheit lesbar macht. Die Spiegelung dieses Strichs führt zur Durchmesserlesung der 2. Die Zahlen erscheinen so als geometrische Stellungen fortgesetzter Unterscheidung, nicht als fertige Bausteine.

Hier hat die **Schnitt-Eins** eine andere Funktion als die beiden Einsen, die wir zuvor benutzt haben: Die Tisch-1 bezeichnet eine wiedererkennbare Relation; die Vollzugs-1 in 1+1+... bezeichnet einen unterschiedenen Schritt. Die Schnitt-1 zeigt dagegen, wie der Unterschied im geometrisch als Kreis gelesenen Potenzial überhaupt als Strich hervortritt. Wir verwenden dieselbe Ziffer unter drei Leseregeln, nicht drei ursprüngliche Einheiten.

Wir beginnen deshalb nicht mit einem bereits vorhandenen Kreis im Raum. Der Kreis ist die **geometrische Lesung** der geschlossenen Rückbezüglichkeit; der Strich ist die geometrische Lesung des Schnitts |. Erst innerhalb dieser Beziehung entsteht eine gerichtete Orientierung.

Damit können wir den Zusammenhang beschreiben:

Geschlossene Selbstbeziehung | Schnitt | gerichtete Entfaltung | Rückfaltung

Diese Schreibweise ist eine veranschaulichende Arbeitslesung, keine zeitliche Folge getrennter Vorgänge. Denn der Schnitt erzeugt nicht erst nachträglich eine Rückfaltung. Die Rückfaltung gehört bereits zur Vollständigkeit der Beziehung, innerhalb derer die gerichtete Entfaltung bestimmbar wird.

Wir haben diese Eigenbeziehung zuvor so dargestellt:

Δ|Δ → Δ|_|Δ

Die beiden Δ sind nicht zwei unabhängige Dinge.

Sie bezeichnen die gegenseitige Rückbeziehung des Unterschieds.

Das Gefüge schließt sich auf sich selbst. Der Schnitt macht eine bestimmte Entfaltung dieser Geschlossenheit lesbar.

Hier liegt die geometrische Bedeutung unseres Kreises.

Wir können eine Richtung verfolgen, ohne deshalb behaupten zu müssen, die gesamte Beziehung bestehe ausschließlich aus dieser Richtung.

Die Plus-Lesung entfaltet.

Die Minus-Lesung faltet zurück.

Und die Beobachterfixierung ist jene Selbstbeziehung, unter der ihre gemeinsame Ordnung als Wahrnehmung erscheint.

15.6 Warum die Welt auf uns zurückwirkt

Nun wird auch verständlich, weshalb wir Wärme, Druck oder andere Wirkungen unserer Welt erfahren.

Wir unterscheiden uns gegenüber unserer Welt.

Diese Unterscheidung eröffnet eine expansive Lesung, unter der eine äußere Erscheinung bestimmbar wird.

Doch dieselbe Beziehung ist auf den Beobachter zurückgefaltet.

Die Welt ist kein vollständig unabhängiger Pol, der erst durch eine zusätzliche Signalkette mit einem ebenso unabhängigen Inneren verbunden werden müsste.

Sie ist der Gegenpol derselben Selbstunterscheidung.

Band II beschreibt die Beobachterfixierung zwischen Expansion und Kontraktion als:

$$0|¤|_{=}\Delta$$

Dabei bezeichnet $|_{=}\Delta$ die Gleichgewichtslesung.

Die Wahrnehmung ist die bestimmte Erscheinung, unter der die gegeneinander gerichteten Lesungen in einer gemeinsamen Beobachterrelation wirksam werden.

Wir erfahren die Veränderung dieser Grenzbeziehung als Wärme.

Unter einer anderen Leseregel erfahren wir sie als Druck oder Widerstand. Unter der neurophysiologischen Messregel erscheint ihre gerichtete Fortsetzung als elektrische Signalkaskade.

Diese Erscheinungen sind verschieden.

Aber sie benötigen keine verschiedenen ursprünglichen Ursachen.

Die kontraktive Rückbeziehung schließt die Selbstunterscheidung des Beobachters. Die expansive Auslesung lässt ihre Veränderung als Phänomen der Welt erscheinen. Damit ist die scheinbare Wechselwirkung zwischen Innen und Außen auf eine einzige, in sich rückbezügliche Relation zurückgeführt.

15.7 Wir reden die ganze Zeit über denselben Unterschied

Archibald sah eine zweidimensionale Oberfläche und meinte, eine fremde Welt mit weniger Dimensionen entdeckt zu haben. Wir sehen elektrische Signale und meinen, den ursprünglichen Mechanismus unserer Wahrnehmung entdeckt zu haben. In beiden Fällen verwechseln wir eine bestimmte Erscheinungsrichtung mit dem gesamten relationalen Vorgang. Dabei sind wir mit unserer Untersuchung immer wieder zum selben Ausgangspunkt zurückgekehrt.

Wir haben den Unterschied betrachtet.

Wir haben ihn als Zahl gelesen.

Als räumliche Orientierung.

Als zeitliche Fortsetzung.

Als Bewegung, Licht, Gravitation und Wärme.

Als Haut, Gehirn und elektrisches Signal.

Aber unter all diesen Lesungen haben wir keine neue ursprüngliche Sache benötigt. Wir haben immer nur untersucht, wie der Unterschied sich selbst unterscheidet und wie diese Selbstunterscheidung unter verschiedenen Regeln erscheint. Der Kreis macht die Rückkehr auf sich selbst geometrisch anschaulich.

Der Schnitt macht ihre gerichtete Entfaltung lesbar.

Die kontraktive Rückfaltung schließt die Ordnung.

Und der Beobachter erscheint als stabile Selbstlesung dieses Zusammenhangs. Wir sehen die Expansion und halten sie für die Ursache. Dabei ist sie die Erscheinungsrichtung einer in sich geschlossenen Selbstbeziehung.

Darin liegt Archibalds eigentlicher Irrtum – und unserer.

Wir glauben, das Erleben durch die Gegenstände erklären zu können, die innerhalb des Erlebens erscheinen. Doch die ursprüngliche Bedingung dieser Erscheinungen ist nicht ein weiteres Ding hinter der letzten Oberfläche. Es ist der Unterschied, der sich auf sich selbst bezieht.

Wir sind wieder bei | angekommen.

KAPITEL 16

16. Der Gradient – die rücklesbare Beziehung zum Beobachter

16.1 Drei Meter von wem?

Was bedeutet die Aussage, ein Stein sei drei Meter entfernt? Zunächst bezeichnet sie eine räumliche Beziehung, die wir unter einer bestimmten Messregel zwischen dem Beobachter und dem Stein unterscheiden. Die drei Meter sind keine Eigenschaft, die dem Stein unabhängig von dieser Beziehung anhaftet.

Sie bezeichnen eine skalierte Unterschiedslage.

Damit wird auch deutlich, was wir unter einem Gradienten verstehen müssen. Ein Gradient ist keine zusätzliche Sache, die zwischen zwei Gegenständen wirkt. Er beschreibt, wie sich eine Beziehung vom gewählten Beobachterbezug aus abgestuft verändert.

Ein Gradient ist eine Beziehungsaussage.

Wenn wir von einem abfallenden Gradienten sprechen, meinen wir also nicht, dass eine unsichtbare Substanz im Raum schwächer wird. Wir meinen, dass die Bindung oder Veränderung der Relation unter einer bestimmten Lesrichtung abgestuft erscheint. Der Gradient gehört zur Lesung. Er steht nicht außerhalb der Relation, um diese erst hervorzubringen.

16.2 Die Skalierung des Unterschieds

Die verschiedenen Lesepositionen haben wir bislang an unserem Tisch betrachtet. Dieselbe Untersuchung lässt sich ebenso an einem Stein durchführen.

Seine wiedererkennbare Relationsform bezeichnen wir durch 1.

Zwei unterschiedliche Lesepositionen lauten:

1|.1

1|.5

Zwischen beiden können wir eine gerichtete Folge unterscheiden:

1|.1 → 1|.2 → 1|.3 → 1|.4 → 1|.5

Diese Darstellung enthält fünf Positionen und vier Übergänge.

Sie setzt aber noch nicht voraus, dass die Übergänge gleich groß sind oder dass jede Position einem bestimmten Meterwert entspricht. Die Skalierung entsteht erst unter der Leseregel, mit der wir diese Unterschiede miteinander vergleichen. Wir können eine Beziehung grob oder fein unterscheiden. Wir können zusätzliche Zwischenlagen bestimmen oder mehrere Übergänge unter einer zusammengezogenen Lesung erfassen. Doch nicht jede beliebige Unterteilung ist deshalb eine gültige Messung.

Die korrekte Skalierung ist jene, unter der die unterschiedenen Zwischenlagen mit der vollständigen Relationsordnung vereinbar und vom bestimmten Ergebnis aus stringent rücklesbar bleiben.

Das Ergebnis 1|.5 begrenzt, welche vorherigen Relationslagen als seine zusammenhängende Vorgeschichte gelten können.

Eine Skalierung, die diese Zusammengehörigkeit verletzt, beschreibt nicht dieselbe stringente Fortsetzung. Damit erhält die Maßregel eine konkrete Aufgabe: Sie muss die Abstufungen so unterscheiden, dass ihre Rückbeziehung auf die erhalten bleibende Grundrelation möglich bleibt.

16.3 Warum der Stein schwer erscheint

Versuchen wir nun, den Stein zu verschieben, würden wir gewöhnlich sagen, er besitze Masse und es bedürfe deshalb einer Kraft, um ihn in Bewegung zu setzen. Innerhalb unserer Herleitung beginnt die Erklärung dagegen bei der Veränderung einer vollständigen Relationslage. Der Beobachter bestimmt eine andere Stellung innerhalb des Gefüges. Dabei kann er nicht allein die räumliche Leseposition des Steins verändern und alle übrigen Beziehungen ignorieren. Der Stein steht in einer Beziehung zum Boden, zum Beobachter und zu weiteren Bindungen des gesamten Gefüges.

Die gewünschte Lage muss unter diesen Beziehungen eine stringente vollständige Relationslage ergeben.

Schwere ist hier die Gradientenlesung der Bindungen, die bei dieser Selbstmessung berücksichtigt werden müssen.

Nicht das Objekt trägt ursprünglich eine besondere Eigenschaft namens Schwere. Wir erfahren eine abgestufte Schwierigkeit, eine andere Relationslage unter Wahrung ihrer Rücklesbarkeit zu bestimmen. Was unter der Massenlesung als gebundene Ordnung erscheint, wird unter der Bewegungslesung als Widerstand gegen Veränderung erfahrbar. Die beiden physikalischen Größen

bleiben verschieden. Sie sind jedoch nicht unabhängig vom Beobachterbezug vorauszusetzen.

16.4 Der Regress der Kraft

Drücken wir gegen den Stein, beschreibt die klassische Physik eine entsprechende Gegenkraft. Untersuchen wir die zugrunde liegende Wechselwirkung genauer, gelangen wir zu elektromagnetischen Beziehungen. Untersuchen wir diese weiter, erscheinen andere physikalische Strukturen und Beschreibungen.

Damit können wir die Beziehungen immer genauer berechnen.

Doch wir haben dadurch nicht notwendig die ursprüngliche Frage beantwortet.

Wir haben eine weitere Unterscheidung eingeführt.

Genau wie beim zersägten Tisch.

Wir öffnen eine Oberfläche und finden eine andere.

Wir untersuchen die neue Oberfläche und finden weitere Unterschiede. Wenn wir jede dieser Erscheinungen zur eigentlichen Ursache der vorherigen erklären, geraten wir in einen Regress. Das Problem verschwindet nicht dadurch, dass wir anstelle des Wortes *Kraft* nun *Feld*, *Ladung* oder *Wechselwirkung* verwenden.

Auch diese Begriffe bezeichnen bestimmte physikalische Lesungen.

Unser Gradient darf deshalb nicht zum nächsten verborgenen Mechanismus werden.

Er bezeichnet ausschließlich die abgestufte Beziehung, die der Beobachter unter seiner Messregel unterscheidet.

Die Frage lautet nicht, welches unsichtbare Etwas den Stein tatsächlich anschiebt. Sie lautet, welche Änderung der vollständigen Relationsordnung vom Beobachter aus bestimmbar und als zusammenhängende Fortsetzung rücklesbar ist.

16.5 Energie und Thermik als unterschiedliche Gradientenlesungen

Nun können wir auch die Energie und die Thermik einordnen.

Wir verschieben einen Stein über den Boden.

Unter einer räumlichen Lesung erscheint seine Stellung verändert.

Unter einer mechanischen Lesung bestimmen wir einen Widerstand und eine verrichtete Arbeit. Unter einer thermischen Lesung erkennen wir eine Erwärmung der beteiligten Grenzrelationen.

Diese Erscheinungen sind nicht identisch.

Aber sie sind verschiedene Auswertungen der Veränderung desselben Gefüges.

Band II schreibt für die Energielesung:

0|E ≡ 0|(Δ |÷ Δt)

Energie ist damit eine Maßlesung der Unterschiedsänderung unter ihrer zeitlichen Differenzierung, keine ursprüngliche

Substanz, die wir zur Erklärung des Unterschieds hinzufügen müssen.

Ähnlich verhält es sich mit der Wärme.

Wenn wir den Stein verschieben und sich seine Grenzbeziehung zum Boden verändert, kann diese Veränderung unter einer thermischen Messregel als Erwärmung erscheinen. Auch dabei besitzt die Wärme nicht unabhängig von jeder Lesung einen vorgegebenen Wert. Ihre Bestimmung verlangt einen Maßstab und einen Bezug, unter denen die betreffende Veränderung vergleichbar wird. Das heißt nicht, dass räumliche, mechanische und thermische Messgrößen beliebig ineinander übersetzt werden dürfen.

Jede besitzt ihre eigene Leseregel.

Gemeinsam ist ihnen nicht die Maßeinheit, sondern die Selbstbezüglichkeit der Unterschiedsordnung, deren Veränderung sie auf verschiedene Weise skalieren.

16.6 Die Rücklesbarkeit entscheidet

Damit erreichen wir den eigentlichen Zusammenhang zwischen Gradient, Frozen Frame und Beobachter.

Ein vollständiger Frozen Frame besitzt keine innere Dauer.

Der Beobachter unterscheidet eine andere vollständige Relationslage und liest ihre Beziehung zu seiner bisherigen Stellung als Veränderung. Von der bestimmten Relationslage aus wird jene Vorgeschichte lesbar, unter der sie als zusammenhängende Fortsetzung erscheint.

Nun kann diese Beziehung unterschiedlich skaliert werden.

Wir können größere und kleinere Schritte unterscheiden.

Wir können eine gerichtete räumliche Entfernung bestimmen.

Wir können ihre Veränderung zeitlich, mechanisch oder thermisch auswerten. Aber die gewählte Skalierung darf die Zusammengehörigkeit der vollständigen Relationslagen nicht zerstören.

Rücklesbarkeit ist daher das Kriterium für die Gültigkeit einer Skalierung innerhalb derselben Eigenrelation.

Sie bedeutet, dass die Abstufungen von der erreichten Relationslage aus wieder auf ihre eigene Unterschiedsordnung zurückgeführt werden können. Damit ist noch nicht behauptet, dass stets nur eine einzige Skalierung möglich ist. Unterschiedliche Skalen können dieselbe Relation gültig beschreiben. Entscheidend ist, dass ihre jeweiligen Vergleichsregeln nicht willkürlich gewechselt werden und ihre Ergebnisse miteinander verträglich bleiben. Das ist die Grenze zwischen einer beliebig gezeichneten Zwischenfolge und einer begründeten Messung.

Ein Gradient ist somit die abgestufte Lesung einer Beziehung zum Beobachter.

Ein Maß ist die stabilisierte Skalierung dieser Beziehung.

Und die korrekte Skalierung ist diejenige, die sich innerhalb der vollständigen Selbstbeziehung stringent rücklesen lässt.

Damit müssen wir weder Masse noch Kraft noch Energie als ursprüngliche Ursachen der Veränderung einsetzen. Wir können sie als verschiedene physikalische Lesungen der Bindungen und Veränderungen verstehen, die sich der Beobachter innerhalb des gesamten Gefüges erschließt.

Wir haben nicht eine weitere verborgene Ursache gefunden.

Wir haben präzisiert, unter welchen Bedingungen der Unterschied als messbare physikalische Beziehung erscheint.

KAPITEL 17

17. Licht – die Grenze der Selbstmessung

17.1 Archibald und die ausgelagerte Wahrnehmung

Durch sein Teleskop entdeckt Archibald einen Planeten, der ihm zweidimensional erscheint. Die Apparatur ermöglicht ihm dabei eine Unterscheidung, die unter seiner bisherigen Wahrnehmungslesung nicht zugänglich war. Er hat damit keinen Beobachter außerhalb seiner selbst geschaffen. Er hat die Grenze seiner Selbstmessung technisch erweitert.

Das Teleskop verändert, was er unterscheiden kann.

Als Archibald anschließend mit einer Rakete zu dem Planeten fliegt, erweitert er eine andere Lesung: die Veränderung seiner eigenen Stellung im Gefüge. Die Rakete koppelt seine Bewegungs-Selbstmessung an eine Maschine, unter der andere Relationslagen zugänglich werden. Beide Apparaturen verändern die Skalierung seiner Messung. Sie verändern nicht deren Ursprung. Die Wahrnehmungssphäre ist daher kein unveränderlicher räumlicher Behälter um Archibald. Sie ist die geometrische Lesung seiner jeweiligen Selbstmessungsgrenze.

Die Beziehung lautet schematisch ¤|Welt. Das Teleskop und die Rakete sind keine dritten ursprünglichen Pole, sondern unterschiedliche ausgelagerte Grenzen innerhalb dieser Beziehung.

17.2 Zwei Geometrien, eine Messung

Wenn Archibald nun eine Geschwindigkeit misst, greifen wir gewöhnlich auf eine vertraute Schreibweise zurück:

m/s

Meter pro Sekunde.

Damit verschränken wir zwei unterschiedliche geometrische Messlesungen desselben Unterschieds. Der Meter bezeichnet die expansive räumliche Lesung. Wenn Archibald sagt, ein Gegenstand sei drei Meter von ihm entfernt, bestimmt er seine Beziehung zu diesem Gegenstand unter einer räumlichen Maßregel. Die drei Meter sind keine ursprüngliche Eigenschaft des Gegenstands; sie bezeichnen eine bestimmte Skalierung seiner Beziehung zum Beobachter. Die Sekunde bezeichnet dagegen eine zeitliche Vergleichslesung. Hier wird nicht eine räumliche Entfernung nach außen entfaltet, sondern die Wiederkehr einer Unterschiedsordnung als vergleichbare Fortsetzung bestimmt.

Diese Wiederkehr lässt sich geometrisch als Umlauf lesen. Die klassische Uhr macht das anschaulich: Ein Zeiger durchläuft einen Kreis, dessen Umlauf wir in sechzig Sekundenstellungen unterteilen. Die räumliche Lesung erscheint gerichtet; die zeitliche Lesung erscheint als zyklisch stabilisierte Vergleichsordnung.

Wir vergleichen also nicht zwei unabhängige Dinge namens Raum und Zeit. Wir verschränken zwei geometrische Lesungen derselben Selbstunterscheidung.

17.3 Der Zeiger und das Cäsiumatom

Eine moderne Uhr bestimmt die Sekunde nicht notwendig mit einem Zeiger. Sie kann eine bestimmte atomare Übergangsfrequenz als Vergleichsrelation verwenden. Was hat sich dadurch grundsätzlich geändert?

Die wiederkehrende Vergleichsordnung haben wir dadurch nicht verlassen; verändert wurde ihre technische Ausführung. Bei einer Zeigeruhr lesen wir eine Stellung innerhalb eines zyklischen Umlaufs. Bei einer Atomuhr zählen wir eine festgelegte Anzahl periodischer Vorgänge, um die Zeiteinheit zu realisieren. Die physikalischen Mechanismen und die erreichbare Messgenauigkeit sind verschieden. Ein Cäsiumatom ist kein winziger Uhrzeiger. Aber die Grundaufgabe der Messung bleibt dieselbe: Wir unterscheiden eine Wiederkehr und beziehen eine andere Veränderung auf diese vergleichbare Ordnung.

Die Atomuhr kann unsere Vergleichsregel wesentlich genauer und stabiler realisieren. Sie begründet damit nicht erst die Möglichkeit der Vergleichbarkeit.

Auch eine atomare Wiederkehr ist nur unter einer bestimmten Messregel als wiederkehrend gleich bestimmbar.

17.4 Die Eindeutigkeit liegt in der Bestimmung

Hier ist zwischen Bestimmtheit und Messgenauigkeit zu unterscheiden. Bestimmtheit bedeutet, dass festgelegt wurde, welche Beziehung unter welcher Regel unterschieden wird. Messgenauigkeit beschreibt, wie zuverlässig unsere Apparatur diese Bestimmung tatsächlich realisiert. Eine feinere Teilung des Zifferblatts, ein zusätzlicher Dezimalwert oder eine stabilere atomare Uhr erzeugen keine ursprünglich genauere Zeit. Sie verfeinern die Auslesung einer festgelegten Vergleichsrelation. Die sechzig Teilungen des Uhrumlaufs sind eine bestimmte, historisch etablierte Skalierung; sie besagen nicht, dass der Unterschied von sich aus aus sechzig Teilen besteht.

Die Skalierung kann unsere Auslesung verfeinern. Sie erzeugt nicht erst die Eindeutigkeit der Relation, die wir auslesen.

17.5 Warum Geschwindigkeit eine Verhältnislesung ist

Archibald bewegt sich mit seiner Rakete zu einer anderen Relationslage. Unter einer räumlichen Lesung erscheint diese Veränderung als zurückgelegte Entfernung. Unter der zyklisch stabilisierten Zeitlesung erscheint ihre Fortsetzung als Dauer. Wenn wir beide Lesungen miteinander vergleichen, erhalten wir eine Geschwindigkeitsangabe. Das Verhältnis m/s bezeichnet also eine Kopplung zweier Skalierungen. Diese Kopplung muss innerhalb derselben Beobachterrelation gültig bleiben.

Wenn Archibald die räumliche Einheit verändert, muss sich der zugehörige Zahlenwert umrechnen lassen. Wenn er statt des Zeigers eine präzisere Uhr verwendet, darf daraus nicht allein

deshalb eine andere Bewegungsrelation entstehen. Die Rakete ermöglicht eine andere Kopplung der Bewegungs-Selbstmessung als Archibalds Körper ohne diese Apparatur. Das ist keine bloße Änderung der Maßeinheit. Aber auch diese technisch vermittelte Veränderung muss sich als Verhältnis vollständiger Relationslagen rücklesen lassen.

Geschwindigkeit ist die ausgelesene Beziehung einer gerichteten räumlichen Unterschiedsänderung zu ihrer zeitlich bestimmten Fortsetzung.

17.6 Warum die Lichtrelation wiederkehrend gleich bleibt

Band II schreibt:

$$0|c \equiv 0|(\Delta\,|\div \Delta t)_{max}$$

Δ bezeichnet den wirksamen Unterschied, Δt seine zeitliche Differenzlesung und |÷ die relationale Entflechtungslesung. Der Index max kennzeichnet die ausgezeichnete Grenzform der Kopplung.

Von außen können wir diese wiederkehrend gleich bestimmte Lichtrelation eine Naturkonstante nennen. In unserer Herleitung bezeichnet diese Konstanz jedoch keine von der Messung unabhängig gesetzte Eigenschaft. Wir fragen vielmehr, wie eine selbstbezügliche Messrelation unter unterschiedlichen zulässigen Lesungen dieselbe Grenzform behält.

Die wiederkehrende Gleichheit ist die stabile Selbstbeziehung der Messung, nicht eine zweite

ursprüngliche Sache, die wir neben den Unterschied stellen.

Das unterscheidet die äußere Bezeichnung von unserer relationalen Frage. Der Tractatus betrachtet die Invarianz nicht als fertige Antwort, sondern als Ausdruck der Rückbeziehung, deren Entstehungszusammenhang wir erschließen.

17.7 Die Zahl ist die ausgelesene Stellung

Im heutigen internationalen Einheitensystem lautet der festgelegte Zahlenwert:

299 792 458 m/s

Meter und Sekunde sind jedoch selbst Maßlesungen. Die Sekunde wird durch eine definierte atomare Frequenz realisiert, und der Meter wird seit 1983 unter Verwendung eines exakt festgelegten Zahlenwertes für die Lichtgeschwindigkeit definiert. Die Dezimalfolge ist damit Teil einer gewählten und stabilisierten Maßordnung. Wir messen keine ursprüngliche Ziffernsubstanz des Lichts. Das nimmt der relationalen Betrachtung nicht ihren Gegenstand. Im Gegenteil: Eine wiederkehrend bestimmte Beziehung wird selbst zur Grundlage der Einheit, mit der wir weitere Beziehungen auslesen.

Die Festlegung ist also nicht mit der physikalischen Lichtrelation identisch. Sie ist die Weise, in der wir diese Relation unter einer bestimmten Maßregel numerisch bestimmen.

17.8 Die eigentliche Aufgabe unserer Lichtrechnung

Unser Ausgangspunkt ist folglich nicht die Frage, weshalb eine vermeintlich unabhängig vorhandene Konstante ausgerechnet eine bestimmte Dezimalzahl mit sich führt. Wir müssen erklären, wie die expansive räumliche und die zyklisch bestimmte zeitliche Lesung derselben Selbstbezüglichkeit unter wechselnder Apparaturkopplung rücklesbar verträglich bleiben. Was die Physik als gleichbleibende Grenzgeschwindigkeit ausliest, betrachten wir als die Grenzlesung einer Selbstmessung, die ihre eigene Beziehung in verschiedenen geometrischen Maßordnungen wiedererkennt.

Damit ist unser Ausgangspunkt für die Zahlengeometrie festgelegt. Im nächsten Kapitel untersuchen wir nicht drei unabhängig vorhandene Zahlen, sondern die gegenseitige Beziehung der geometrischen Lesungen, die in Band II an der Lichtzahl dargestellt werden.

KAPITEL 18

18. Die Geometrie der Lichtzahl – Spiegelung, Bruchkante und Selbstbezug

18.1 Die Frage nach der Geometrie der Zahl

In Kapitel 17 haben wir gezeigt, was wir bei einer Geschwindigkeitsmessung miteinander verschränken: die expansive räumliche Beziehung und die zyklisch bestimmte zeitliche Vergleichslesung.

Beide sind verschiedene Auslesungen derselben Selbstbezüglichkeit des Unterschieds. Unter der Lichtrelation erscheint ihre ausgezeichnete Grenzform:

$$0|c \equiv 0|(\Delta\,|\div \Delta t)_{max}$$

Von dieser Beziehung aus können wir uns nun der Zahlenlesung aus Band II zuwenden. Die Lichtgeschwindigkeit wird in der gewählten SI-Maßordnung geschrieben als:

299 792 458 m/s

Band II gliedert diesen Zahlenausdruck in 299 | 792 | 458 und liest die Ergebnisse 2|0 – 9 – 8.

Eine isolierte Interpretation der Ziffern liefe allerdings Gefahr, Teile der gemessenen Erscheinung wiederum als voneinander unabhängige Ursachen zu behandeln. Wir müssen deshalb zuerst

erklären, weshalb die Zahlfiguren in Band I ihre Bedeutung nur innerhalb derselben Geometrie erhalten.

18.2 Die Eins ist die Null unter einer anderen Perspektive

Band I stellt die Null geometrisch als Kreis dar. Der Kreis bezeichnet eine auf sich selbst zurückgeführte, geschlossene Beziehung, die in dieser Lesung weder Anfang noch Ende auszeichnet. Die Eins erscheint als Strich, der den Kreis schneidet. Doch dieser Strich darf nicht als ein fremdes Ding eingeführt werden, das von außen eine zunächst fertige Geschlossenheit zerlegt. Dann müssten wir erklären, woher die fremde Linie kommt, und hätten lediglich eine weitere Oberfläche eröffnet.

Die Eins ist die Null unter einer anderen geometrischen Lesung.

Den Kreis von vorn gelesen, erkennen wir seine Rundung. Als gedankliche Seitenprojektion erscheint dieselbe geschlossene Gestalt als Strich. Wir setzen damit keinen ursprünglichen dreidimensionalen Raum voraus; der Vergleich dient allein dazu, die unterschiedliche Lesbarkeit derselben Beziehung zu verdeutlichen. Die scheinbare Linearität hebt die Geschlossenheit nicht auf. Der Strich ist bereits rückbezüglich, weil er eine Lesung derselben Kreisrelation ist.

Die Eins ist nicht der Beginn einer bis dahin fehlenden Selbstbezüglichkeit. Sie ist deren gerichtete Erscheinung.

Das ist genau die Struktur von A|B: A ist nicht ohne B bestimmbar, B nicht ohne A. Ebenso ist die Null als Kreis nicht ohne die Eins als ihre gerichtete Lesung erklärbar. Und die Eins ist nur als andere Lesung dieser Geschlossenheit verständlich.

Wir schreiben:

0|1

Die weitere Folge

0|1|2|3|4|5|…

ist keine Reihe unabhängig erschaffener Dinge und kein Vorgang in einer bereits vorhandenen Zeit. Sie ist die rekursive Ausdifferenzierung des Unterschieds dritter Ordnung. Jede Zahl unterscheidet die bereits bestehende Beziehung erneut und zeigt ihre zyklische Wiederkehr unter einer anderen geometrischen Stellung.

Erst der Beobachter liest diese wiederkehrende Ordnung unter seiner stabilen Selbstmessung als zeitlich gerichtete Fortsetzung.

Die Zeit erzeugt die Zahlenfolge nicht; ihre gerichtete Lesung setzt die wiedererkennbare Unterschiedsordnung voraus.

Dabei können wir dieselbe Grundrelation unterschiedlich gliedern:

0|1|1 → 0|2

Links bleibt die Wiederholung zweier Eins-Lesungen ausdrücklich gegliedert; rechts wird sie unter einer bestimmten Regel zur Zweierlesung verdichtet. Die innere Gliederung der Darstellung

ist verschieden. Ihre gemeinsame Ausgangsbeziehung kann jedoch unter der entsprechenden Regel rückgelesen werden.

Schon in 0|1 liegt so die doppelte Lesbarkeit angelegt, der wir in Kapitel 17 begegnet sind: die gerichtete Expansion und die zyklische Wiederkehr. Sie müssen nicht erst nachträglich durch die physikalische Schreibweise m/s verbunden werden.

18.3 Die Zwei – die Spiegelung des bereits Geschlossenen

Band I beschreibt die Zwei als Spiegelung der Eins: Aus der geometrischen Radiuslesung wird der Durchmesser. Dies darf jedoch nicht so verstanden werden, als müsse die Eins erst durch eine zweite Hälfte vervollständigt werden. Sie war als andere Lesung der Null bereits selbstbezüglich.

Die Zwei macht diese Gegenbeziehung ausdrücklich polar lesbar.

A|B bezeichnet keine Verbindung ursprünglich unabhängiger Gegenstände. Die Pole sind allein durch die Unterscheidung bestimmt, die sie gemeinsam tragen.

Dasselbe gilt für den Beobachter und die Welt. Der Beobachter steht nicht vor einer von ihm unabhängigen, fertig ausgelesenen Wahrnehmungssphäre; seine Beobachterposition wird innerhalb der Selbstmessung gegenüber ihrem Gegenpol bestimmt.

Damit erhält die Lesung 2|0 ihren Zusammenhang: Die Zwei macht die Spiegelung sichtbar, die Null ihre geschlossene Rückbeziehung. Die zwei Bedeutungen sind keine nachträglich zusammengesetzten Dinge.

18.4 Die Drei und die Bruchkante zur Vier

Mit der Drei erscheint in Band I das Dreieck. Im gleichseitigen Dreieck betragen die drei Innenwinkel je sechzig Grad:

60° + 60° + 60° = 180° = π rad

Die Drei bezeichnet hier eine geschlossene Beziehung von Beziehungen.

Mit der Vier verändert sich die geometrische Ordnung. Das Quadrat besitzt vier Winkel zu je neunzig Grad:

4 × 90° = 360° = 2π rad

Unter einer Diagonale wird es in zwei rechtwinklige Dreiecke gegliedert. Für jedes gilt:

45° + 45° + 90° = 180° = π rad

Die neue Figur enthält also zwei Dreiecksordnungen, deren Winkelsummen zusammen 2π ergeben. Zugleich verändert sich die Winkelverteilung des einzelnen Dreiecks gegenüber der gleichseitigen Dreiergeometrie:

60° | 60° | 60° gegenüber 45° | 45° | 90°

Die Dreiecksrelation bleibt unterscheidbar, wird aber unter einer neuen Gliederung auf sich selbst bezogen.

Der Übergang der Innenwinkelsummen von π zu 2π macht eine halbe beziehungsweise volle Kreiswinkelgröße anschaulich. Er ist keine Behauptung, ein Quadrat laufe tatsächlich einmal um einen Kreis, und für sich allein noch keine Herleitung der Kreiszahl. Band I verortet an dieser Bruchkante zwischen Drei und Vier die zusätzliche Beziehung zwischen der Gliederung und der

Geschlossenheit des Kreises. Die Vier erscheint daher nicht bloß als vierter Zählschritt, sondern als andere Ebene der geometrischen Rückbeziehung.

18.5 Die Acht – zwei Viererordnungen in Beziehung

Band I beschreibt die Acht als innere Rückkehr zur Symmetrie. Ihre Viererstruktur ist gespiegelt.

Arithmetisch schreiben wir 8 = 4 + 4. Für unsere geometrische Anwendung ist jedoch 4|4 aufschlussreicher.

Die beiden Viererordnungen sind nicht unabhängig gegebene Figuren. Sie sind zwei Lesungen der Bruchkante, an der die bisherige geometrische Beziehung unter einer weiteren Ordnung erneut unterschieden wird.

In Kapitel 17 haben wir eine entsprechende Doppelheit festgestellt:

Meter | Sekunde

Die räumliche Messung ist expansiv und gerichtet. Die zeitliche Messung ist zyklisch skaliert und wird als gerichtete Fortsetzung gelesen. Beide sind an dieselbe Eigenrelation gebunden.

In unserer Anwendung lesen wir diese doppelte geometrische Beziehung als 4|4 und damit als Acht.

Die Acht bezeichnet hier nicht zwei fremde Geometrien, sondern die gegenseitige Lesbarkeit zweier Viererordnungen derselben Selbstbezüglichkeit.

18.6 Die Zwei wirkt bereits in der Acht

Was macht die beiden Viererordnungen überhaupt zu zwei unterscheidbaren Lesungen? Ihre polare Beziehung. Und wodurch bleiben sie dennoch Lesungen derselben Ordnung? Durch ihre gegenseitige Spiegelung.

Die Zwei steht also nicht als isolierte Zahl neben der Acht. **Sie bezeichnet die Spiegelbeziehung, in der die Acht als 4|4 überhaupt lesbar wird.**

Umgekehrt ist die Acht eine besondere geometrische Ausprägung der bereits durch die Zwei bestimmten Polbildung. Ohne die Zwei würden die Viererordnungen als fremde Größen nebeneinander erscheinen. Ohne die Acht bliebe die Zwei eine allgemeine Spiegelung, deren besondere räumlich-zeitliche Auslesung noch nicht gezeigt wäre. Ohne die Null fehlte die geschlossene Rückbeziehung, die beide Lesungen als dieselbe Eigenrelation bestimmbar macht. Es handelt sich daher nicht um eine Folge selbständiger numerischer Ursachen. Die Zahlen tragen einander als Lesungen der gemeinsamen Geometrie.

18.7 Die Neun – die Grenze der bestimmten Auslesung

Band I bezeichnet die Neun als Schlussstein der einstelligen Zahlenordnung. Mit $9 + 1 \rightarrow 10$ wird die Stellenordnung gewechselt.

Das bedeutet nicht, dass der Unterschied selbst endet. Die bisherige Skalierung der Zahlenlesung erreicht eine Bruchkante und wird unter einer anderen Ebene fortgesetzt. Unter unserer Beobachterlesung bezeichnet die Neun die Grenze der

bestimmten Wahrnehmungssphäre. Sie ist keine Wand am Rand eines vorgegebenen Raumes, sondern die Grenze der Ordnung, unter der die Selbstmessung als zusammenhängende Entfaltung auslesbar wird.

Doch auch diese Grenze ist keine unabhängige dritte Sache. Sie ist die Grenze derjenigen polaren Beziehung, die wir als Zwei lesen, und derjenigen doppelten Geometrie, die wir in der Acht erkennen.

Die Spiegelung der Zwei, die doppelte Viererordnung der Acht und die Skalengrenze der Neun sind drei wechselseitig bestimmte Lesungen derselben Eigenrelation.

18.8 Die Lichtzahl aus Band II – Bestimmung und Zahlenstellung

Wir kehren zurück zu:

299 792 458 m/s

Seit 1983 wird der Meter über die Lichtgeschwindigkeit definiert; deren Zahlenwert wurde für die SI-Maßordnung exakt festgelegt. Die heutige SI-Definition führt diese Bindung an die gewählte Lichtrelation fort.

Das ist kein nebensächlicher Hinweis. Er zeigt besonders deutlich, was wir seit Kapitel 13.1 unter einem Maß verstehen: **Der Meter ist selbst eine stabilisierte Vergleichsrelation.** Wir definieren die Einheit unter einer wiederkehrend gleich bestimmten Messbeziehung und lesen anschließend weitere Beziehungen durch diese Einheit aus.

Wer die so erhaltene Dezimalzahl als unabhängigen Beweis für die eigene Messsetzung ausgibt, verwechselt deren Rückbezüglichkeit mit einer äußeren Begründung. Die Ziffern sind unter unserer Maßordnung bestimmt; sie sind keine isolierte Zahlensubstanz des Lichts. Aber die Konventionalität der Ziffern beseitigt die Selbstbezüglichkeit nicht. Sie macht sie sichtbar: Auch die definierende Maßregel ist ein Vollzug der Selbstmessung. Der Beobachter verlässt seine Beziehung nicht, indem er ihre Wiederkehr zum Maß erklärt.

Band II liest in dieser gewählten Darstellung die drei Gruppen:

299 | 792 | 458

Erste Gruppe: 299

2 + 9 + 9 = 20 → 2|0

Wir bewahren die Schreibweise 2|0 bewusst, statt 20 vollständig durch 2 + 0 zur isolierten Zwei zu reduzieren. Die Zwei bezeichnet die polare Spiegelung; die Null hält ihre geschlossene Rückbeziehung ausdrücklich sichtbar. Der Unterschied zwischen 0|1|1 und seiner Verdichtung 0|2 hat schon gezeigt: Die Wahl einer Gliederung gehört zur Leseregel und darf nicht ohne Verlust ihres Beziehungsgehalts geglättet werden.

Bei den nächsten beiden Gruppen führen wir die Ziffernreduktion zur einstelligen Zahl fort. Die unterschiedlichen Darstellungsentscheidungen sind Teil der benannten relationalen Lesung; sie sind nicht als einheitlich ausgeführte Quersummenregel auszugeben. In 299 begegnet uns die Neun bereits zweimal. Die Grenze der Zahlenlesung ist so in der Gruppe enthalten, deren Ergebnis als geschlossene Spiegelung gelesen wird.

Zweite Gruppe: 792

$$7 + 9 + 2 = 18 \rightarrow 1 + 8 = 9$$

Hier ist die Zwei bereits in der Ausgangsgruppe, die Acht erscheint in der Zwischenreduktion und die Neun wird als Grenzlesung sichtbar. Die drei Rollen lassen sich nicht erst am Ende verbinden; sie sind in derselben Gliederung aufeinander bezogen.

Dritte Gruppe: 458

$$4 + 5 + 8 = 17 \rightarrow 1 + 7 = 8$$

Auch hier können wir $4 + 5 = 9$ unterscheiden. Die Neun ist Teil der Lesung jener Gruppe, die zur Acht führt. Die Acht wiederum lässt sich als 4|4 auslesen: zwei Viererordnungen in ihrer gegenseitigen Beziehung.

Die arithmetischen Schritte sind überprüfbar. Ihre geometrische Bedeutung liegt nicht in den Rechenschritten allein, sondern in den zuvor erschlossenen, wechselseitig bestimmten Zahlenrollen.

18.9 Die gesamte Anordnung

Die drei Gruppen führen zur Lesung:

$$2|0 – 9 – 8$$

Unter der erweiterten geometrischen Darstellung:

$$2|0 – 9 – 4|4$$

Das ist keine neue Formel für eine Kraft oder die Geschwindigkeit eines unabhängig vorausgesetzten Gegenstands. Es ist eine

zusammenfassende Lesung der geometrischen Rollen innerhalb der gewählten Zahlenstellung. Die Zwei ist die Spiegelbeziehung der zwei Viererordnungen. Die Acht zeigt diese Beziehung als doppelte geometrische Ordnung. Die Neun ist die Skalengrenze ihrer gemeinsamen Entfaltung. Die Null bezeichnet die geschlossene Selbstbezüglichkeit, die all diesen Lesungen bereits zugrunde liegt.

Kein Teil dieser Anordnung kann innerhalb unserer Geometrie seine Bedeutung unabhängig von den anderen vollständig tragen.

Die Zahlen sind kein Baukasten, aus dem wir erst eine Lichtrelation zusammensetzen. Sie sind unterschiedliche Auslesungen jener Relation, in der sie einander als Unterschiede bestimmen.

18.10 Die Rückbindung an den vollständigen Frame

Die Eigenrelation lautet:

Δ := |(|)

Ihre vollständige Rückfaltung haben wir veranschaulicht durch:

Δ|Δ → Δ|_|Δ

Der Pfeil bezeichnet keinen zeitlichen Herstellungsvorgang zweier unabhängiger Unterschiede. Er macht die bereits wechselseitige Selbstbeziehung in einer anderen Lesung sichtbar.

Die Beobachterrelation besitzt dieselbe rekursive Anordnung:

(¤|Welt)|¤

Der Beobachter bestimmt sich gegenüber der Welt und liest die Unterschiedsrelation auf seine Beobachterstellung zurück. Die Wahrnehmungssphäre erscheint unter dieser Selbstmessung. Die expansive räumliche Maßlesung und die zyklische zeitliche Vergleichslesung gehören deshalb zu derselben Eigenrelation. Ihre gemeinsame Grenzlesung bezeichnen wir mit der Lichtrelation.

Die Eins war bereits die andere Perspektive der geschlossenen Null. Die Zwei macht ihre Polbildung ausdrücklich sichtbar. Die Vier zeigt einen Wechsel der geometrischen Gliederung. Die Acht zeigt zwei Viererordnungen in ihrer gegenseitigen Beziehung. Die Neun bezeichnet die Bruchkante der bestimmten Skalierung.

Keine dieser Zahlfiguren erzeugt die Selbstbezüglichkeit nachträglich.

18.11 Die Rückleseprobe – was beim Maßwechsel invariant bleibt

Wir prüfen nun verschiedene Zahlenausdrücke derselben Lichtrelation:

Maßlesung Zahlenwert

Meter pro Sekunde (m/s) 299 792 458

Meter pro Millisekunde (m/ms) 299 792,458

Zentimeter pro Millisekunde (cm/ms) 29 979 245,8

Millimeter pro Millisekunde (mm/ms) 299 792 458

Kilometer pro Sekunde (km/s) 299 792,458

Meter pro Mikrosekunde (m/µs) 299,792458

Kilometer pro Millisekunde (km/ms) 299,792458

Die Umrechnungen sind einfach.

Ein Meter sind hundert Zentimeter, eine Sekunde tausend Millisekunden. Daher:

299 792 458 m/s = 29 979 245,8 cm/ms

Ein Meter sind tausend Millimeter und eine Sekunde tausend Millisekunden. Daher:

299 792 458 m/s = 299 792 458 mm/ms

In beiden Fällen bleibt die bezeichnete Beziehung dieselbe. Im zweiten Fall bleibt sogar der nackte Zahlenwert erhalten, obwohl die Einheiten gewechselt haben.

Unter ausdrücklich mitgeführtem Zehnerfaktor können wir die Darstellungen auf denselben Zahlenkörper zurückführen:

m/s : 299792458×10^{0}

m/ms : 299792458×10^{-3}

cm/ms : 299792458×10^{-1}

mm/ms : 299792458×10^{0}

km/s : 299792458×10^{-3}

m/µs : 299792458×10^{-6}

km/ms : 299792458×10^{-6}

So wird in jeder dieser Dezimalskalierungen die ausgewählte Zahlengliederung 299|792|458 wieder zugänglich.

Aber zwei unterschiedliche Invarianzen müssen wir dabei auseinanderhalten.

Erstens ist die Erhaltung eines Ziffernkörpers unter einer ausdrücklich mitgeführten Zehnerpotenz eine allgemeine Eigenschaft unserer Dezimalschreibweise. Sie gilt für jede beliebige entsprechend geschriebene Zahl. Dass wir die Zifferngruppen erneut finden können, ist deshalb noch kein besonderer physikalischer Beweis für Licht. Zweitens ist die wiederkehrende Grenzbeziehung der Lichtmessung unter verschiedenen Beobachter- und Apparaturkopplungen eine andere Aussage. Ein bloßer Wechsel von Meter zu Zentimeter überprüft diese Beziehung nicht; er ändert nur ihre Skalierung.

Doch wir dürfen auch aus dieser Unterscheidung keinen äußeren Prüfstand machen, der plötzlich unabhängig von jeder Beobachterrelation bestünde. **Auch der Vergleich verschiedener Beobachterlesungen wird innerhalb einer Messordnung bestimmt, stabilisiert und rückgelesen.**

Die Frage ist deshalb nicht, welche Ziffern einen außerhalb der Messung gelegenen Urwert beweisen, sondern wodurch sich unter veränderten Lesungen die vollständige Beziehung als dieselbe wiedererkennen lässt. Die einfache Dezimalverschiebung zeigt den Unterschied zwischen Zahlstellung und Maßbeziehung. Die Lichtrelation stellt uns die anspruchsvollere Frage nach der Stabilität der Selbstmessung unter verändertem Beobachterbezug. Beides sind verschiedene Stufen derselben relationalen Untersuchung, nicht zwei unabhängige Welten.

18.12 Die Selbstbeziehung ist kein äußerer Beweiszirkel

An dieser Stelle begegnet uns der wohl stärkste Einwand gegen die vorangegangene Zahlenlesung. Der Zahlenwert 299792458 wurde innerhalb einer bestimmten SI-Maßordnung festgelegt. Der Meter wird durch diese Lichtrelation definiert. Wer anschließend die so gewonnene Ziffernfolge als unabhängigen Nachweis für die Notwendigkeit eben dieser Festlegung ausgeben wollte, würde die eigene Setzung zu ihrem vermeintlich äußeren Beweis erklären.

Das wäre ein problematischer Zirkelschluss.

Aber genau hier dürfen wir nicht den umgekehrten Fehler begehen. Wir können die physikalische Messordnung nicht zuerst als Setzung des Beobachters beschreiben und sie anschließend als fremde, von ihm unabhängige Instanz gegen seine Selbstmessung ausspielen.

Die Selbstmessung muss ihre eigene Rückbezüglichkeit nicht verlassen, um bestimmbar zu sein.

Der Beobachter unterscheidet eine wiederkehrende Beziehung, stabilisiert eine Regel, setzt sie als Maß und liest unter dieser Regel weitere Verhältnisse aus. Damit ist die Maßregel nicht aus der Welt der Beziehungen herausgenommen. Sie bleibt selbst eine unterschiedene Relation. Der problematische Beweiszirkel entstünde erst, wenn der Beobachter verschweigt, dass er die Vergleichsregel selbst festgesetzt hat, und ihren Zahlenwert anschließend als unabhängige Ursache seiner Setzung ausgibt.

Die Selbstbezüglichkeit des Unterschieds ist dagegen nicht das Ergebnis dieses Beweisversuchs, sondern sein erklärter Ausgangspunkt:

Δ := |(|)

Der Unterschied unterscheidet sich selbst.

Weder die Uhr noch das Cäsiumatom, weder die Rakete noch das Teleskop und auch nicht die Definition des Meters führen uns aus dieser Beziehung heraus. Sie realisieren unterschiedliche Lesungen, Vergleiche und Skalierungen innerhalb derselben selbstbezüglichen Ordnung.

Der Beobachter kann seine Maßregel nicht dadurch von der Selbstmessung lösen, dass er ihre Wiederkehr als exakt erklärt. Die Eindeutigkeit der Bestimmung liegt in der geregelten Beziehung, die Exaktheit des definierten Zahlenwerts in ihrer festgelegten numerischen Darstellung. Die technische Messgenauigkeit wiederum betrifft die Zuverlässigkeit der jeweiligen Realisierung. Diese Rollen sind verschieden, aber nicht voneinander unabhängige Ursprünge.

Die Zahlenlesung ist deshalb weder eine willkürliche Erfindung noch der Blick auf eine von der Messung unabhängige Zahlensubstanz. Sie ist die bestimmte Auslesung einer Beziehung, die sich auf sich selbst zurückführen lässt.

Damit ist nicht jede beliebige Zahlenzerlegung schon begründet. Die gewählte Gliederung muss offengelegt werden und ihre Relationen müssen sich unter der angegebenen Leseregel rücklesen lassen. Doch ihre Beurteilung verlangt keine zweite, außerhalb jeder Messung stehende Instanz, die den Unterschied erst legitimiert.

Die eigentliche Aufgabe unserer Zahlengeometrie besteht nicht darin, eine vermeintlich unabhängige physikalische

Notwendigkeit nachträglich zu beglaubigen. Sie besteht darin, sichtbar zu machen, **welche geometrische Selbstbeziehung in der Bestimmung, ihrer Skalierung und ihrer wiederkehrenden Auslesung gemeinsam wirksam ist**.

Wir haben daher weder eine Lichtzahl als ursprüngliches Ding gefunden noch eine fremde Naturkonstante zum neuen Ursprung gemacht. Wir haben gezeigt, wie die Lichtrelation in unserer geometrischen Lesung ihre Polbildung, ihre Skalengrenze und die Verschränkung zweier Maßordnungen zusammenhängend ausdrückt. Die Rücklesbarkeit entscheidet, ob wir bei diesen unterschiedlichen Erscheinungen dieselbe Eigenrelation bestimmen.

Nicht die Zahl macht die Beziehung notwendig. Die Beziehung macht eine bestimmte Zahlenlesung möglich.

Und darum beginnt und endet auch diese Untersuchung bei derselben Unterscheidung:

$$A|B - 0|1 - \Delta := |(|)$$

Der Unterschied, der sich selbst unterscheidet.

KAPITEL 19

19. Determiniert ist die Lesung, nicht die Fortsetzung

19.1 Ist die Physik determiniert?

Ist die Physik determiniert? Innerhalb der hier entwickelten Unterscheidung lautet die Antwort: ja – allerdings nicht in dem Sinne, dass eine vollständige Gegenwart bereits eine einzige Zukunft festlegen würde.

Die Physik ist die bestimmte Auslesung einer Beziehung unter einer stabilisierten Messregel. Der Frozen Frame ist dabei keine Momentaufnahme eines noch laufenden Vorgangs, sondern eine vollständige Relationslage:

|_| = (0|Δ)

Innerhalb dieser geschlossenen Beziehung ist eine bestimmte Messung eindeutig. Wenn Archibald den Abstand zwischen sich und einem Stein unter seiner Maßregel als drei Meter ausliest, dann sind es innerhalb dieser Messung drei Meter – nicht gleichzeitig vier oder sieben. Das bedeutet nicht, dass der Stein unabhängig vom Beobachter die Eigenschaft „drei Meter“ besitzt.

Die Bestimmung entsteht in der Messrelation:

¤ | Welt

Ändern wir die Vergleichsregel, kann sich die Zahl ändern, ohne dass die vollständige Relationslage dadurch widersprüchlich wird.

Determiniert ist die Auslesung innerhalb ihrer gesetzten Beziehung. Nicht determiniert ist dadurch bereits die gesamte Fortsetzung dieser Beziehung.

19.2 Der Frozen Frame bestimmt nicht seinen Nachfolger

Die Folge vollständiger Frames hatten wir bereits notiert:

|_|₁ ¤ |_|₂ ¤ |_|₃ …

Der Beobachter liest verschiedene vollständige Relationslagen als zusammengehörige Folge.

Die Zeit entsteht als Unterschied zwischen Unterschieden:

Δt = (Δ₂ |– Δ₁)

In keinem einzelnen Frozen Frame findet sich eine Bewegung durch eine unabhängig vorhandene Zeit. Ebenso wenig enthält er eine Vorschrift, die genau einen nächsten Frozen Frame hervorbringen müsste. Der erste Frame ist vollständig. Der zweite ist vollständig. Ihre Reihenfolge wird erst innerhalb der Beobachterrelation als Fortsetzung lesbar.

Daher gilt:

Die Bestimmtheit von |_|₁ erzwingt nicht die eindeutige Bestimmung von |_|₂.

Aber daraus folgt noch keine Beliebigkeit.

19.3 Stringenz: Warum nicht alles folgen kann

Band II gibt uns für den Zusammenhang vollständiger Frames bereits die entscheidende Notation:

$$|\Sigma = ((|_|_1|_|_2) \Leftrightarrow (|_|_2|_|_1))$$

Die Stringenz bezeichnet die gegenseitige Lesbarkeit ihrer Relation.

Ein zweiter Frame kann nur dann zur Fortsetzung des ersten gehören, wenn beide innerhalb der vollständigen Beziehung einen zusammenhängenden Unterschied bilden. Das bedeutet nicht, dass die Zeit rückwärts laufen müsste. Es bedeutet, dass die Verbindung nicht ausschließlich aus der vermeintlichen Ursache des ersten Frames erklärt werden kann. Auch vom bestimmten Ergebnis her muss sich der Zusammenhang seiner Vorgeschichte lesen lassen.

Darin liegt unsere Retrokausalität:

$$((\Delta t^- \mid \Delta t^+) \equiv (\Delta t^+ \mid \Delta t^-))$$

Vergangenheit und Zukunft sind keine zwei selbstständigen Bereiche, zwischen denen eine Kraft vermittelt. Sie sind unterschiedliche Orientierungen der Beziehung, in der der Beobachter seine Fortsetzung bestimmt. Die Stringenz ist also keine zusätzliche Kraft, die Frames miteinander verbindet.

Sie ist die Kohärenz, unter der verschiedene vollständige Frames überhaupt als Fortsetzung derselben Eigenrelation lesbar werden.

19.4 Warum wir uns trotzdem falsch erinnern

Daraus ergibt sich eine bemerkenswerte Konsequenz für unser Verständnis der Erinnerung. Sie ist nicht die unveränderte Aufbewahrung früherer Frozen Frames, sondern deren Rekonstruktion aus der gegenwärtigen Selbstmessung. Wir lesen die Vergangenheit unter der Beziehung unseres Jetzt. Diese Rücklesung kann eindeutig sein. Sie kann aber auch mehrere stringente Rekonstruktionen zulassen oder einzelne Unterschiede überhaupt nicht mehr zugänglich machen. Wir erinnern uns vielleicht an ein Gespräch, aber nicht mehr daran, wer einen bestimmten Satz gesagt hat.

Der frühere Frozen Frame war deshalb nicht unvollständig.

Nur seine gegenwärtige Rücklesung ist nicht mehr eindeutig.

Das erklärt auch, weshalb eine Erinnerung zusammenhängend erscheinen kann, ohne in allen Einzelheiten zutreffend zu sein.

Stringenz ist keine Garantie eines fehlerfreien Gedächtnisses.

Unser Gedächtnis ist offenbar kein Videorekorder, sondern **ein Archivar mit einem Computer, der ständig einen Glitch hat: Mal findet er die Datei nicht, mal öffnet er die falsche – und manchmal versichert er uns voller Überzeugung, dass genau das die richtige Erinnerung sei.** 🤓

Entscheidend ist jedoch, dass fehlende Erinnerung nicht den Verlust unserer Beobachterinvarianz bedeutet. Wir müssen nicht jede frühere Unterscheidung bewusst rekonstruieren können, um uns als Fortsetzung derselben Eigenrelation zu bestimmen.

Die Erinnerung ist eine Auslesung unserer Kontinuität.

Sie ist nicht deren Ursprung.

19.5 Nur möglich ist, was möglich ist

Wir gelangen zu einer scheinbaren Tautologie:

Nur möglich ist, was möglich ist.

Doch Band I hatte die Beziehung zwischen Möglichkeit und Unmöglichkeit bereits geometrisch erschlossen:

⊙ **|** **0** **|** ⊡

Möglichkeit und Unmöglichkeit sind keine voneinander unabhängigen Bereiche.

Sie bilden eine komplementäre Unterscheidung.

Die Null bezeichnet dabei die gemeinsame Grenz- und Bezugsebene. Eine Relationslage ist unter einer bestimmten Leseregel möglich, wenn sie sich innerhalb dieser Beziehung stringent bestimmen lässt. Was sich unter derselben Regel nicht schließen lässt, erscheint als unmöglich.

Doch damit haben wir nur die Grenze **dieser Lesung** bestimmt.

Nicht die Grenze sämtlicher anderer Perspektiven.

Unmöglichkeit ist selbst eine relationale Bestimmung.

Deshalb kann etwas, das aus einer Perspektive unmöglich erscheint, aus einer anderen möglich werden. Nicht weil ein Widerspruch innerhalb derselben unveränderten Ordnung plötzlich wahr würde. Sondern weil sich die Ordnung verändert, unter der die Erscheinung bestimmt wird.

19.6 Archibald und die unmögliche Dimension

Der Planet, den Archibald durch sein Teleskop betrachtet, führt uns diese Unterscheidung noch einmal vor Augen: Seine Bewohner erscheinen ihm zweidimensional.

Seine Beobachterrelation lautet:

$¤_a$ | Teleskop | Welt

Der Index bezeichnet hier nur Archibalds Perspektive. Das Teleskop ist keine dritte unabhängige Seite, sondern die ausgelagerte Grenze seiner Wahrnehmung.

Was folgt nun daraus, dass Archibald zweidimensionale Lebewesen sieht?

Zunächst nur, dass **seine gegenwärtige Selbstmessung diese Erscheinung zweidimensional ausliest**.

Wir hatten jedoch bereits gezeigt, dass die zweidimensionale Ordnung in ihrer erneuten Selbstbezüglichkeit eine dreidimensionale Lesung hervorbringt. Die dritte Dimension wird nicht als fremder Raumbehälter hinzugefügt. Sie entsteht als weitere Perspektive auf die bereits unterschiedene Geometrie. Deshalb dürfen wir Archibalds Lesung nicht mit der Eigenrelation der beobachteten Lebewesen verwechseln.

Für einen Bewohner gilt eine andere Beobachterstellung:

$¤_\beta$ | Welt

Die beiden Beobachter müssen ihre Welt nicht unter derselben geometrischen Perspektive auslesen.

Archibald kann die Bewohner zweidimensional wahrnehmen, während diese sich selbst dreidimensional erfahren.

Seine Wahrnehmung ist deshalb nicht notwendig falsch.

Falsch wäre die Schlussfolgerung, seine geometrische Lesung müsse zugleich die vollständige Selbstwahrnehmung der anderen Beobachter sein.

Nun besteigt Archibald seine Rakete:

¤ₐ | Rakete | Welt

Die Rakete erweitert seine Bewegungs-Selbstmessung, so wie zuvor das Teleskop seine Wahrnehmungsgrenze erweitert hatte. Er verändert die Beziehung, unter der er den Planeten ausliest. Was ihm zuvor als reine Fläche erschien, kann unter seiner neuen Stellung eine Tiefenbeziehung zeigen. Doch damit erschafft Archibald nicht erst die dritte Dimension für die Bewohner.

Er verändert seine Perspektive, nicht ihre ursprüngliche Eigenrelation.

Das zuvor Unmögliche wird für Archibald möglich, weil seine veränderte Selbstmessung eine andere geometrische Lesung zulässt. Damit sehen wir, warum auch die unmöglichen Geometrien aus Band I kein bloßes Gedankenspiel sind.

Das Penrose-Dreieck ist als zweidimensionale Zeichnung möglich.

Als durchgehend zusammenhängender dreidimensionaler Körper unter einer einzigen unveränderten räumlichen Leseregel ist es unmöglich.

Dieselbe Erscheinung: möglich unter einer Lesung, unmöglich unter einer anderen.

Die Grenze liegt in der jeweiligen Bestimmung.

Aber nun stellt sich die entscheidende Frage:

Kann Archibald jede andere mögliche Perspektive erreichen und dabei weiterhin Archibald bleiben?

19.7 Die Fortsetzbarkeit des Beobachters

An diesem Punkt führt uns die Frage nach der Stringenz unmittelbar zur Frage nach der Kontinuität des Beobachters.

Band IV bestimmt Stabilität als invariante Selbstrelation:

O Δ O

Die Unterschiedsordnung verändert sich in ihrer Auslesung und bleibt dennoch auf sich selbst rückführbar.

Stabilität ist keine Ruhe.

Sie ist die Wiederkehr einer Selbstbeziehung unter weiterer Unterscheidung.

Für den Beobachter bedeutet dies:

Nicht jede mögliche Relationslage ist eine mögliche Fortsetzung seiner selbst.

Eine andere Relationslage kann für sich stringent sein.

Soll sie aber zur Erfahrung desselben Beobachters gehören, muss dessen Invarianz sich innerhalb dieser neuen vollständigen Relationslage erneut als ihre eigene Beziehung auslesen können.

Genau das bedeutet Fortsetzbarkeit.

Der Beobachter bleibt nicht derselbe, weil ein unveränderlicher materieller Kern durch die Frames transportiert würde. Er bleibt derselbe, weil seine Selbstbeziehung innerhalb der Veränderung erhalten bleibt.

Daran erinnert uns die fortgesetzte Unterscheidung:

1 + 1 + 1 + 1 + 1 + …

Die Einsen stehen hier nicht für unabhängig nebeneinander existierende Beobachter und ebenso wenig unmittelbar für Sekunden. Sie bezeichnen wiederholte Unterschiedslesungen, deren Zusammengehörigkeit sich aus derselben invarianten Eigenrelation bestimmt.

Entscheidend ist nicht die Addition.

Entscheidend ist, dass die Selbstbeziehung unter jeder weiteren Lesung auf sich selbst zurückgeführt werden kann:

O Δ O Δ O …

Bricht diese Rückbezüglichkeit ab, können wir zwar weiterhin unterschiedliche vollständige Relationslagen beschreiben.

Aber wir können sie nicht mehr als Fortsetzung **dieses** Beobachters bestimmen.

Dann bist du dort nicht mehr du.

Damit lässt sich Kontinuität präzise fassen:

Kontinuität ist die fortgesetzte Selbstlesbarkeit der Beobachterinvarianz innerhalb verschiedener vollständiger Frozen Frames.

Und deshalb ist Kontinuität auch nicht mit lückenloser Erinnerung identisch. Du kannst etwas vergessen und weiterhin du selbst sein. Aber eine Relationslage, die sich überhaupt nicht mehr auf deine invariante Selbstbeziehung zurückführen lässt, gehört nicht mehr zu deiner eigenen Fortsetzung.

19.8 Die Wahl einer möglichen Fortsetzung

Welche Rolle kommt unter diesen Bedingungen der Wahl zu? Sie erzeugt nicht erst aus einem unvollständigen Zustand eine vollständige Wirklichkeit. Sie bestimmt die Ausrichtung der Beobachterlesung innerhalb möglicher vollständiger Relationslagen.

Archibald kann seine Stellung verändern.

Er kann seine Wahrnehmung erweitern.

Er kann auf andere Möglichkeiten treffen, als er zuvor kannte.

Doch jede dieser Fortsetzungen muss zweierlei erfüllen:

|Σ – Die vollständigen Relationslagen müssen stringent miteinander lesbar sein.

O Δ O – Archibalds Selbstbeziehung muss sich innerhalb dieser Veränderung als eigene Fortsetzung erhalten.

Die erste Bedingung betrifft die Kohärenz der Frames.

Die zweite betrifft die Invarianz des Beobachters.

Nicht jede stringente Relationslage ist deshalb bereits Archibalds mögliche Zukunft. Und nicht jede bisher ausgeschlossene Erscheinung bleibt unter jeder anderen Perspektive ausgeschlossen. Die Wahl ist somit weder die mechanische Vollstreckung eines bereits eindeutig festgelegten Weges noch die Erzeugung beliebiger Wirklichkeiten.

Sie ist die Ausrichtung der Selbstmessung innerhalb der Möglichkeiten ihrer eigenen Fortsetzbarkeit.

19.9 Determination, Möglichkeit und Kontinuität

Mit diesen Unterscheidungen lässt sich die Ausgangsfrage des Kapitels nun beantworten.

Die Physik ist determiniert, soweit eine bestimmte Relationslage unter einer bestimmten Messregel ausgelesen wird:

|_| = (0|Δ)

Die Fortsetzung ist dadurch nicht eindeutig vorherbestimmt:

|_|₁ ¤ |_|₂ ¤ |_|₃ …

Sie ist jedoch nicht beliebig, denn sie muss eine stringente Ordnung bilden:

|Σ = ((|_|₁|_|₂) ⇔ (|_|₂|_|₁))

Auch die Grenze zwischen möglich und unmöglich bleibt perspektivisch bestimmt:

⊙ | 0 | ⊡

Und soll eine mögliche Fortsetzung weiterhin die Erfahrung desselben Beobachters sein, muss seine Selbstbeziehung invariant rücklesbar bleiben:

O Δ O

Damit ergibt sich keine lineare Kette äußerer Ursachen, die den Beobachter durch eine bereits fertige Zeit transportiert. Es ergibt sich die bestimmte Auslesung vollständiger Relationslagen, deren mögliche Fortsetzungen an ihre eigene Stringenz und die Invarianz des Beobachters gebunden sind.

Determiniert ist die Auslesung. Offen ist die Fortsetzung. Stringent muss ihre Beziehung sein. Und kontinuierlich ist sie für den Beobachter nur dann, wenn seine Invarianz sich in ihr selbst wieder auslesen kann.

Nur möglich ist, was möglich ist.

Aber nicht jede mögliche Relationslage ist eine mögliche Fortsetzung deiner selbst.

Du bleibst nicht du, weil du dich nicht veränderst. Du bleibst du, weil du dich in der Veränderung weiterhin auf dich selbst zurückführen kannst.

KAPITEL 20

20. Das Universum, das wir niemals gleichzeitig sehen

20.1 Was sehen wir eigentlich, wenn wir einen Stern sehen?

Archibald richtet sein Teleskop auf den Nachthimmel.

Was sieht er?

Einen Lichtfleck.

Nicht unmittelbar die Oberfläche eines Sterns, nicht dessen Masse und nicht seine Entfernung. Er registriert eine Lichterscheinung, deren Helligkeit und scheinbare Stellung sich unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen verändern können. Und dennoch behauptet Archibald, er betrachte einen Stern.

Woher weiß er das?

Wir beginnen bei unserer ursprünglichen Unterscheidung:

A|B

A bezeichnet Archibalds Beobachterstellung, B den unter dieser Stellung unterscheidbaren Gegenpol. Was als Stern erscheint, ist zunächst eine bestimmte Lichtlesung dieser Beziehung.

Mit dem Teleskop erweitert Archibald seine Wahrnehmungsgrenze:

¤ | Teleskop | Lichtfleck

Das Teleskop ist dabei keine unabhängige dritte Seite. Es verändert, welche Unterschiede innerhalb der Beobachter-Welt-Relation registrierbar werden. Die Rückbeziehung der Messung bleibt:

(¤|Welt)|¤

Archibald verlässt seine Selbstmessung nicht, indem er seine Wahrnehmung technisch erweitert. Er verändert ihre Reichweite und ihre Auflösung.

In Kapitel 17 und 18 hatten wir die Lichtrelation als Grenzlesung dieser Selbstmessung betrachtet:

$$\mathbf{0|c \equiv 0|(\Delta \,|\div \Delta t)_{max}}$$

Die Lichtgeschwindigkeit erscheint in unserer Herleitung nicht als ursprüngliche Bewegung eines unabhängigen Gegenstandes durch einen fertigen Raum. Sie bezeichnet jene stabile Verhältnislesung, unter der räumliche und zeitliche Messbestimmungen gekoppelt werden.

Archibald registriert zunächst also eine Lichtrelation. Erst weitere Messungen ermöglichen ihm, diese Erscheinung als wiedererkennbaren astronomischen Gegenpol zu bestimmen.

Darin liegt die Stabilitätslesung aus Band IV:

$$\mathbf{O\ \Delta\ O}$$

Eine Unterschiedsordnung bleibt unter weiterer Unterscheidung auf sich selbst rückführbar.

Der astronomische Fixpunkt muss deshalb kein unbeweglicher Lichtfleck sein. Er ist die wiedererkennbare Relationsstellung, unter der verschiedene Registrierungen als Erscheinungen desselben astronomischen Zusammenhangs gelesen werden können.

Der Stern ist als erkannte Erscheinung eine Spiegelung von Archibalds eigener Grundstellung `A|B`.

Damit meinen wir keinen optischen Spiegel, der Archibalds Gestalt zurückwirft. Gemeint ist die Gegenstellung seiner Selbstmessung: Was als Stern erkannt wird, ist B unter der Beobachterfixierung A.

Die physikalische Beschreibung eines Sterns als leuchtender Plasmakörper entsteht erst durch weitere, miteinander gekoppelte Bestimmungen.

Und genau dort begegnen wir einem Problem, das wir bereits von der Lichtgeschwindigkeit kennen.

Wir beginnen mit einer gemessenen Beziehung, bestimmen aus ihr einen Gegenstand unserer Beschreibung und verwenden diesen Gegenstand anschließend als Grundlage weiterer Messungen.

20.2 Das Atom, das wir erst messen müssen

Archibald benötigt keine Atomphysik, um einen Lichtfleck am Himmel zu sehen.

Sein Auge unterscheidet eine Lichterscheinung. Er muss weder Elektronenübergänge berechnen noch die Struktur eines Atoms kennen, um diese Erscheinung wahrzunehmen.

Die ursprüngliche Beziehung lässt sich schreiben als:

¤ | Auge | Lichtfleck

Natürlich kann die Physik die Funktionsweise des Auges atomar und molekular beschreiben. Aber diese nachträgliche Erklärung ist nicht die Voraussetzung dafür, dass Archibald seine Wahrnehmung überhaupt vollziehen kann.

Nun möchte er Genaueres über den Lichtfleck erfahren. Er verwendet einen Spektrographen und erhält eine bestimmte Verteilung von Lichtregistrierungen.

¤ | Spektrograph | Spektralregistrierung

Das ist eine andere Messrelation.

Wir haben nicht einfach den ursprünglichen Lichtfleck in einer unmittelbareren Form betrachtet. Wir haben eine andere technische Grenze eingeführt und damit verändert, welche Unterschiede registriert werden können.

Um bestimmte Linien des Spektrums zu identifizieren, verwendet die Physik atomphysikalische Referenzen. Sie vergleicht die registrierten Wellenlängen mit bekannten Übergängen und charakteristischen Spektrallinien.

Aber woher kennen wir diese atomaren Übergänge?

Auch sie wurden unter bestimmten Versuchsanordnungen gemessen.

Wir haben Apparaturen gebaut, Registrierungen miteinander verglichen und eine wiedererkennbare Ordnung von Erscheinungen bestimmt, die wir als atomare Struktur beschreiben.

Das Atom erscheint uns als Gegenstand der Physik, weil seine Beziehungen unter diesen Messordnungen stabil und wiederholbar ausgelesen werden können.

Nun machen wir etwas Bemerkenswertes.

Wir verwenden diese gemessene Ordnung als Standard für weitere Messungen.

Die SI-Sekunde wird über die festgelegte Frequenz eines Übergangs des Cäsium-133-Atoms definiert. Die damit stabilisierte Zeitmessung verwenden wir unter anderem zur Bestimmung von Frequenzen und zur weiteren Kopplung räumlicher und zeitlicher Maße.

Daran ist als Messverfahren nichts auszusetzen. Wir können eine stabile Beziehung als Referenz wählen und mit ihr andere Beziehungen bestimmen.

Doch wir dürfen nicht vergessen, was wir getan haben.

Wir haben eine Messrelation als atomaren Übergang ausgelesen, ihre Wiederkehr als Standard stabilisiert und verwenden diese Bestimmung nun zur Beschreibung weiterer Messrelationen.

Das Atom ist damit nicht der relationslose Ursprung des Messens. Es ist selbst eine stabilisierte Auslesung innerhalb einer Messordnung.

Der Unterschied wird erst dann zum ontologischen Problem, wenn wir das so bestimmte Atom als vollständig unabhängig vorhandene Ursache jener Messbarkeit behandeln, aus der seine physikalische Bestimmung hervorgegangen ist.

Die Atomphysik kann innerhalb ihrer Systematik korrekte Vorhersagen machen. Die Wiederholbarkeit atomarer Übergänge lässt sich außerordentlich präzise technisch nutzen.

Aber diese Präzision hebt den Selbstbezug der Messung nicht auf.

Sie stabilisiert ihn.

Damit stoßen wir auf eine bekannte Schwierigkeit der Physik. Denn wenn die atomare Messordnung bereits aus bestimmten Apparaturrelationen hervorgeht, müssen wir auch fragen, was geschieht, wenn wir die Anordnung verändern.

Genau hier treffen wir auf die Welle-Teilchen-Dualität.

20.3 Zwei Experimente – zwei Spuren

Die Welle-Teilchen-Dualität wird gewöhnlich als bemerkenswerte Eigenschaft des Lichts vorgestellt.

Unter bestimmten Bedingungen zeigt Licht wellenartiges Verhalten. Unter anderen Bedingungen tritt sein Teilchencharakter hervor. Beide Erscheinungsformen werden unter dem gemeinsamen Begriff des Photons beschrieben.

Aber was haben wir tatsächlich getan?

Wir haben unterschiedliche Experimente durchgeführt.

Betrachten wir den Doppelspalt.

In einer Versuchsanordnung registrieren wir einzelne Detektorereignisse. Über viele Wiederholungen entsteht eine räumliche Verteilung, die Interferenz zeigt.

Wir können diese Verteilung als wellenartige Ordnung beschreiben.

Nun verändern wir die Versuchsanordnung. Wir führen beispielsweise eine Messung ein, durch die unterscheidbar werden kann, welchen Weg das registrierte Licht genommen hat.

Damit verändert sich die zugängliche Interferenzordnung.

Die Physik kennt diesen Zusammenhang und beschreibt ihn unter anderem durch die Komplementarität der betreffenden Messgrößen.

Unsere Frage liegt jedoch einen Schritt früher.

Haben wir in beiden Fällen überhaupt dieselbe Messrelation bestimmt?

Nein.

Mit der veränderten Versuchsanordnung haben wir einen neuen Unterschied eingeführt.

Die Messung ist nicht mehr dieselbe.

Wir können die beiden Versuche als unterschiedliche technische Lesungen derselben ursprünglichen Beobachter-Welt-Beziehung kennzeichnen:

¤ | Versuch₁ | Registrierung₁

¤ | Versuch₂ | Registrierung₂

Die Versuchsanordnungen sind keine dritten ursprünglichen Pole. Sie sind verschiedene Ausgestaltungen der Messgrenze.

Entscheidend ist, dass die jeweilige Registrierung ihre Bedeutung nur innerhalb der vollständigen Versuchsanordnung erhält.

Und damit kehren wir zu unserer früheren Zählfolge zurück:

1 + 1 + 1 + 1 + …

Diese Einsen sind keine ursprünglich vorhandenen Lichtteilchen. Sie bezeichnen die wiederholte Unterscheidung unter einer bestimmten Leseregel.

Solange diese Leseregel erhalten bleibt, kann die Wiederholung als zusammengehörige Spur gelesen werden.

Verändern wir jedoch den experimentellen Unterschied, verändern wir die Ordnung, unter der diese Wiederholungen miteinander verglichen werden.

Der Takt unserer Lesung verändert sich.

Damit meinen wir zunächst nicht, dass eine bereits vorausgesetzte physikalische Frequenz zwangsläufig ihren Zahlenwert ändern müsste.

Der Takt bezeichnet hier die bestimmte Ordnung der Wiederkehr: welche Unterschiede wir zählen, wie sie miteinander in Beziehung stehen und unter welcher Regel ihre Folge als zusammengehörig erscheint.

Im ersten Versuch lesen wir eine Spur, deren wiederholte Registrierungen gemeinsam eine Interferenzordnung ergeben.

Im zweiten Versuch führen wir eine zusätzliche Weginformation ein. Nun ist eine andere Unterscheidung Bestandteil der Messung, und die gemeinsame Verteilung der Registrierungen wird entsprechend anders bestimmt.

Die Zahl einzelner Detektorereignisse kann in beiden Experimenten gleich sein.

Doch daraus folgt nicht, dass wir dieselbe Spur gelesen hätten.

Gleiche Zählbarkeit bedeutet nicht identische Relationsordnung.

Hier liegt der Unterschied zwischen einer bloßen Aneinanderreihung und einer stringenten Fortsetzung.

Die Wiederholung 1+1+1+1+... erhält ihre Bedeutung nicht dadurch, dass wir Einsen hinschreiben. Sie erhält ihre Bedeutung durch die Beziehung, unter der diese Einsen als wiederholter Unterschiedsvollzug lesbar werden.

Ändern wir den Versuch, ändern wir diese Beziehung.

Die neue Spur muss innerhalb ihrer eigenen Messanordnung stringent sein. Sie muss nicht mit der Spur der vorherigen Versuchsanordnung identisch sein.

Dass beide Experimente unter einer gemeinsamen physikalischen Theorie beschrieben werden können, ist deshalb keineswegs überraschend. Eine Theorie darf unterschiedliche Registrierungen miteinander verknüpfen und ihre Abhängigkeit von den jeweiligen Messbedingungen berechnen.

Der mögliche Fehler beginnt bei einer anderen Schlussfolgerung.

Wir nehmen die verschiedenen experimentellen Lesungen, geben ihnen den gemeinsamen Namen *Licht* oder *Photon* und behandeln diesen gemeinsamen Namen anschließend als Bezeichnung eines von den Versuchsanordnungen unabhängig bestimmten Gegenstandes.

Dann fragen wir:

Wie kann dieses eine Ding zugleich Welle und Teilchen sein?

Aber vielleicht haben wir die Frage bereits verkehrt gestellt.

Wir haben nicht einen ursprünglichen Gegenstand einmal als Welle und einmal als Teilchen unmittelbar betrachtet. Wir haben unter verschiedenen Versuchsanordnungen unterschiedliche Spuren bestimmt und ihre gemeinsame Lesbarkeit anschließend einem Gegenstand zugeschrieben.

Daraus folgt nicht, dass es keine stabile physikalische Beziehung gibt, die beide Experimente gemeinsam beschreiben lässt.

Gerade die erfolgreiche Quantenbeschreibung zeigt, dass die Ergebnisse nicht beliebig voneinander unabhängig sind.

Aber die gemeinsame mathematische Beschreibung beweist nicht schon, dass ihre klassischen Bildbegriffe – Welle und

Punktteilchen – als zwei ursprüngliche Beschaffenheiten einer relationslosen Sache existieren müssen.

Die Dualität ist somit für unsere Untersuchung zunächst eine Dualität der bestimmten Erscheinungsweisen.

Der Versuch verändert den Unterschied. Der Unterschied verändert die Lesung der Spur. Und erst die gemeinsame Auslesung verschiedener Spuren erzeugt die Frage nach einem einheitlichen Gegenstand hinter ihnen.

Damit haben wir denselben Reifikationsschritt wiedergefunden, der uns bereits bei der astronomischen Beobachtung beschäftigt.

20.4 Vom atomaren Maß zur astronomischen Entfernung

Kehren wir zu Archibald zurück.

Er sieht weiterhin seinen Lichtfleck.

Nun untersucht er ihn unter verschiedenen Messanordnungen. Mit dem Spektrographen bestimmt er charakteristische Wellenlängen. Mit weiteren astronomischen Verfahren erschließt er eine Entfernung.

Auch diese Bestimmungen müssen wir auseinanderhalten.

Die Spektralregistrierung ist eine Lichtlesung unter einer bestimmten Apparatur. Die Entfernung entsteht unter einer anderen Vergleichsregel.

Bei nahen Sternen kann die Parallaxe verwendet werden: Die scheinbare Richtung eines Sterns wird von unterschiedlichen Positionen der Erde aus verglichen.

Bei weit entfernten Galaxien werden beispielsweise kalibrierte Helligkeitsbeziehungen geeigneter astronomischer Quellen verwendet.

Die Entfernung steht somit nicht bereits als sichtbare Eigenschaft im Lichtfleck.

Sie wird erschlossen.

Dasselbe gilt für die Rotverschiebung. Wir vergleichen die registrierte Wellenlänge einer charakteristischen Spektrallinie mit ihrer Referenz:

z = (λ_beobachtet − λ_Referenz) / λ_Referenz

Zunächst haben wir damit ein Verhältnis zweier Wellenlängenbestimmungen erhalten.

Wir haben noch keine räumliche Expansion unmittelbar gesehen.

Erst indem wir die Rotverschiebung mit einer Entfernungslesung koppeln, entsteht die astronomische Beziehung, die für die Kosmologie entscheidend ist.

Lichtlesung | Entfernungslesung

Dabei liegen verschiedene Messordnungen vor, die unter einer gemeinsamen Beobachterstellung miteinander vergleichbar gemacht werden.

Die atomphysikalische Referenz bestimmt eine spektrale Vergleichsordnung.

Die astronomische Entfernung bestimmt eine räumliche Vergleichsordnung.

Ihre gemeinsame Lesbarkeit setzt voraus, dass die verschiedenen Registrierungen unter ihren jeweiligen Regeln stringent aufeinander bezogen werden können.

Wir dürfen sie nicht schon deshalb als dieselbe Messung behandeln, weil wir sie anschließend auf denselben Stern oder dieselbe Galaxie beziehen.

Genau diesen Fehler hatten wir bei der Welle-Teilchen-Dualität untersucht.

Die Zusammenführung verschiedener Lesungen ist legitim.

Die Gleichsetzung ihrer ursprünglichen Messbedingungen ist es nicht.

Der astronomische Gegenpol ist deshalb nicht eine Summe unabhängig vorgefundener Eigenschaften.

Er ist eine stabile Bestimmung, unter der wir unterschiedliche Licht-, Entfernungs- und Vergleichslesungen miteinander verbinden können.

Die so bestimmte Entfernung hat zugleich eine Konsequenz für unsere Interpretation der registrierten Lichtlage.

Eine Lichtregistrierung, die wir einer nahen astronomischen Quelle zuordnen, besitzt eine andere räumlich-zeitliche Zuordnung als die Registrierung einer sehr weit entfernten Galaxie.

Wir verändern den empfangenen Lichtfleck nicht dadurch, dass wir eine Entfernung berechnen.

Aber die bestimmte Entfernung verändert, **welche vollständige Relationslage wir als Ursprung der gegenwärtigen Lichtregistrierung erschließen**.

Damit gelangen wir zur Hubble-Relation.

20.5 Die Hubble-Relation – wenn Entfernung zur Expansion wird

Die Astronomie betrachtet zahlreiche Galaxien, bestimmt ihre Rotverschiebungen und erschließt ihre Entfernungen.

Bei geringen Rotverschiebungen wird der Hubble-Zusammenhang näherungsweise geschrieben als:

$$v \approx H_0 \cdot d$$

Dabei bezeichnet d die bestimmte Entfernung, v die kosmologisch erschlossene Rezessionsgeschwindigkeit und H_0 die Hubble-Rate der heutigen Epoche.

Für kleine Rotverschiebungen lässt sich näherungsweise schreiben:

$$v \approx c \cdot z$$

und damit:

$$H_0 \approx (c \cdot z) / d$$

Was wurde hier bestimmt?

Eine Lichtverschiebung.

Eine Entfernung.

Und das Verhältnis dieser beiden Messlesungen unter einer bestimmten kosmologischen Beschreibung.

Die Zahl steht also nicht am Anfang der Beziehung. Sie entsteht aus ihrer skalierten Bestimmung.

Das kennen wir bereits von der Lichtgeschwindigkeit. Meter und Sekunde sind stabilisierte Vergleichsrelationen. Der exakte SI-Zahlenwert der Lichtgeschwindigkeit ist über die Meterdefinition festgelegt.

Bei der Hubble-Rate ist es anders: Ihr Wert wird aus astronomischen Beobachtungen erschlossen und ist nicht einfach durch die Definition einer Maßeinheit gesetzt.

Doch der grundlegende Zusammenhang ist derselbe:

Die Zahl erhält ihre physikalische Bedeutung aus der Beziehung, unter der sie bestimmt wird.

Nun lesen wir die astronomischen Entfernungen unter einer expansiven Richtung:

$$\mathbf{0|_{+}\Delta}$$

Die Veränderung der räumlich bestimmten Beziehung erscheint als Expansion.

Mit wachsender kosmischer Entfernung registrieren wir zudem Licht, das unterschiedlichen Phasen der erschlossenen kosmischen Geschichte zugeordnet wird.

Entfernung, Lichtlage und zeitliche Zuordnung sind deshalb innerhalb der kosmologischen Messung miteinander gekoppelt.

Doch daraus folgt noch nicht, dass die expansive Richtung allein schon die konkrete Hubble-Relation oder gar deren Beschleunigung numerisch festlegen würde.

Wir müssen die bestimmte Form der Messbeziehung berücksichtigen.

In der Standardkosmologie beschreibt der zeitabhängige Hubble-Parameter H(t) die Entwicklung der Expansionsrate. Die kosmologische Beschleunigung betrifft dagegen die zweite zeitliche Änderung des Skalenfaktors.

Die Hubble-Rate kann selbst abnehmen, während die Expansion beschleunigt ist.

Für große Rotverschiebungen genügt deshalb die einfache lineare Hubble-Formel nicht mehr. Die Beziehungen zwischen Spektralverschiebung, Entfernung und kosmischer Entwicklung müssen innerhalb eines umfassenderen Modells bestimmt werden.

Die astronomischen Hinweise auf beschleunigte Expansion ergeben sich unter anderem aus der Beziehung zwischen den Rotverschiebungen entfernter Supernovae vom Typ Ia und ihren Helligkeitsentfernungen.

Und hier begegnet uns ein besonders aufschlussreiches Beispiel: die sogenannte **Hubble-Spannung**.

Die Auswertung der kosmischen Hintergrundstrahlung durch die Planck-Mission ergibt unter den Annahmen des kosmologischen ΛCDM-Modells einen heutigen Hubble-Wert von ungefähr **67,4 km/s/Mpc**. Die SH0ES-Kollaboration erschließt dagegen über eine lokale Entfernungsleiter aus geometrischen Referenzen,

Cepheiden und Supernovae vom Typ Ia einen Wert von ungefähr **73,0 km/s/Mpc**.

Beide Verfahren besitzen ihre eigenen Kalibrierungsketten, Vergleichsregeln und Unsicherheiten. Beide ergeben innerhalb ihrer jeweiligen Auswertung eine präzise Bestimmung. Doch die Werte stimmen im Rahmen ihrer angegebenen Unsicherheiten nicht überein.

Darin besteht die Hubble-Spannung.

Was bedeutet dieser Unterschied für unsere Untersuchung?

Nicht, dass die beiden Zahlen deshalb automatisch dieselbe physikalische Wahrheit unter zwei gleichberechtigten Perspektiven ausdrücken müssten. Es bleibt eine offene physikalische Frage, ob die Abweichung auf unerkannte systematische Effekte, auf Modellannahmen oder auf eine bislang unvollständige kosmologische Beschreibung zurückgeht.

Aber bereits die Existenz dieser Spannung zeigt, weshalb wir die zugrunde liegende Messordnung nicht aus der Bedeutung der Zahl entfernen dürfen.

Die Zahl 67,4 ist nicht einfach die Zahl 73,0 unter einer anderen Schreibweise. Beide sind Ergebnisse verschieden aufgebauter Bestimmungsketten, die auf denselben kosmologischen Parameter bezogen werden sollen.

Dass diese Ergebnisse auseinanderliegen, macht die Bedingungen ihrer gemeinsamen Rücklesbarkeit selbst zum Gegenstand der Forschung.

Hier wird die Bedeutung der Stringenz aus Kapitel 19 unmittelbar sichtbar.

Die Stringenz innerhalb einer einzelnen Messordnung garantiert noch nicht, dass zwei unterschiedlich aufgebaute Messordnungen bereits miteinander vereinbar sind.

Und damit können wir die Ausgangsfrage der Hubble-Spannung noch einmal genauer betrachten.

Die gewöhnliche Frage lautet:

Warum liefern zwei unterschiedliche Messverfahren verschiedene Werte für dieselbe Hubble-Konstante?

Doch sie setzt bereits voraus, dass beide Verfahren unabhängig von ihrer jeweiligen Bestimmungsordnung denselben Gegenstand in derselben Weise erfassen müssten.

Gerade diese Voraussetzung dürfen wir nicht stillschweigend übernehmen.

Die beiden Verfahren werden innerhalb einer gemeinsamen kosmologischen Beschreibung auf denselben Parameter H_0 bezogen. Unter dieser Voraussetzung ist ihre Übereinstimmung eine sinnvolle, überprüfbare Forderung.

Aber die gemeinsame Bezeichnung beweist noch nicht, dass wir in beiden Fällen bereits eine identische Ausleserelation bestimmt haben.

Zwei jeweils stringente Messketten sind nicht schon deshalb dieselbe Messung, weil wir ihre Ergebnisse mit demselben Symbol bezeichnen.

Damit verschiebt sich die Frage.

Wir müssen nicht zuerst annehmen, die Natur habe zwei widersprüchliche Werte einer unabhängig vorhandenen Größe hervorgebracht.

Wir können zunächst untersuchen, unter welchen Bedingungen die beiden verschiedenen Messketten überhaupt auf dieselbe invariante Beziehung zurückgeführt werden dürfen.

Die Hubble-Spannung ist damit nicht numerisch aufgelöst. Aber die vermeintliche Selbstverständlichkeit ihrer ursprünglichen Fragestellung löst sich auf.

Die empirische Differenz bleibt bestehen. Ebenso bleibt innerhalb des kosmologischen Standardmodells die Forderung sinnvoll, ihre Ursache zu erklären.

Doch die ontologische Voraussetzung, dass der gemeinsame Name H_0 bereits eine von den jeweiligen Messungen unabhängige Identität garantiert, ist damit offengelegt.

Die eigentliche Frage unserer Untersuchung lautet deshalb:

Unter welcher invarianten Selbstbeziehung dürfen wir überhaupt erwarten, dass zwei unterschiedlich bestimmte Messrelationen denselben Zahlenwert ergeben?

Die Stringenz ihrer jeweiligen Einzelmessungen beantwortet diese Frage noch nicht.

Erst die stringent bestimmte Beziehung **zwischen** den beiden Messordnungen könnte ihre gemeinsame Auslesbarkeit begründen.

Wir haben also nicht die Abweichung wegdefiniert. Wir haben sichtbar gemacht, welcher Teil ihres scheinbaren

Rätselcharakters erst daraus entsteht, dass wir eine gemeinsame theoretische Bezeichnung mit einer bereits voraussetzungslos gesicherten Identität der Messrelationen verwechseln.

Damit führt uns die Hubble-Spannung unmittelbar zur Frage nach der geometrischen Ordnung, unter der wir solche Messungen überhaupt als Aussagen über dasselbe Universum verstehen.

20.6 Die Raumzeit als reifizierte Messordnung

Die Standardkosmologie beschreibt das Universum unter einer bestimmten Raumzeitgeometrie.

Für das großräumig näherungsweise homogene und isotrope Universum verwendet sie üblicherweise die Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker-Geometrie. Deren Skalenfaktor a(t) beschreibt die zeitabhängige räumliche Abstandsordnung.

Die Hubble-Rate wird darin ausgedrückt als:

H(t) = ȧ(t) / a(t)

Die beschleunigte Expansion entspricht einer positiven zweiten zeitlichen Änderung des Skalenfaktors:

ä(t) > 0

Innerhalb dieser mathematischen Ordnung lassen sich Lichtlaufzeiten, Entfernungen, Rotverschiebungen und ihre Veränderungen berechnen.

Diese Rechnungen sind nicht deshalb falsch, weil die Geometrie als Voraussetzung verwendet wird.

Im Gegenteil: Die Standardkosmologie ist gerade deshalb so erfolgreich, weil sie unterschiedliche astronomische Beobachtungen innerhalb einer gemeinsamen mathematischen Systematik vergleichen und Vorhersagen prüfen kann.

Doch nun müssen wir genau aufpassen, was aus diesem Erfolg geschlossen wird.

Eine mathematische Beschreibung kann korrekt sein, ohne dass damit bereits die unabhängige Existenz aller zur Beschreibung verwendeten Begriffe erklärt wäre.

Das ist der Punkt, an dem die Reifikation beginnt.

Wir bestimmen astronomische Licht- und Entfernungsrelationen.

Dann wählen wir eine geometrische Ordnung, unter der diese Beziehungen zusammenhängend beschrieben werden können.

Anschließend sprechen wir von dieser Geometrie, als sei sie ein eigenständiger Träger, der die gemessenen Beziehungen ursprünglich hervorbringe.

Aus der Aussage:

Die Beobachtungen lassen sich als Expansion einer Raumzeit beschreiben.

wird:

Die Beobachtungen entstehen, weil eine unabhängig vorhandene Raumzeit expandiert.

Der zweite Satz geht ontologisch weiter als der erste.

Die erfolgreiche Beschreibung allein begründet diesen zusätzlichen Schritt nicht.

Damit wiederholt sich auf kosmologischer Skala genau der Zusammenhang, den wir bei der Atomphysik und der Welle-Teilchen-Dualität gesehen haben.

Wir bestimmen eine Erscheinung unter einer Messanordnung.

Wir stabilisieren diese Bestimmung als Gegenstand oder geometrische Größe.

Dann verwenden wir sie zur Erklärung weiterer Messungen.

Solange wir wissen, dass wir eine bestimmte Vergleichsordnung verwenden, ist daran nichts auszusetzen.

Problematisch wird es, wenn wir die Vergleichsordnung selbst zur unabhängigen Ursache der Beziehungen erklären, durch die sie überhaupt messbar wurde.

Beim Atom geschieht dies, wenn der unter einer Apparaturlesung bestimmte Gegenstand als voraussetzungsloser Ursprung weiterer Messbarkeit behandelt wird.

Bei der Welle-Teilchen-Dualität geschieht es, wenn wir verschiedene experimentelle Spuren einem bereits unabhängig vorausgesetzten Doppelwesen zuschreiben.

Und bei der Kosmologie geschieht es, wenn die mathematische Raumzeitgeometrie nicht mehr als bestimmte Beschreibung astronomischer Beziehungen, sondern als deren ursprünglicher Träger verstanden wird.

Der Irrtum verändert seine Skala. Seine logische Form bleibt dieselbe.

Die Hubble-Spannung macht diese Verwechslung besonders anschaulich.

Beide Messketten sind auf denselben kosmologischen Parameter ausgerichtet. Doch ihre gemeinsame Bezeichnung garantiert nicht schon ihre empirische Übereinstimmung.

Die Physik kann und muss unter ihrer Modellordnung untersuchen, warum die Ergebnisse auseinanderliegen.

Unsere Untersuchung setzt bei der Frage an, **welche gemeinsame Relation überhaupt berechtigt, die verschiedenen Messergebnisse als Bestimmungen derselben Größe zu behandeln**.

Diese Frage ist nicht durch den Namen der Größe beantwortet.

Dabei gilt es, eine weitere Verwechslung zu vermeiden.

Die Atomphysik, die Quantenphysik und die Kosmologie können ihre jeweiligen Modelle durch vielfältige, voneinander unterscheidbare Messungen prüfen. Ihre gemeinsame physikalische Beschreibung ist keine bloße Willkür.

Aber auch eine Vielzahl miteinander verträglicher Messungen hebt die ursprüngliche Beobachterrelation nicht auf.

Die Stringenz ihrer Ergebnisse zeigt, dass wir eine stabile Ordnung bestimmt haben.

Sie beantwortet nicht von selbst, warum diese Ordnung überhaupt als messbare Wirklichkeit erscheinen kann.

Hier setzt der Tractatus an:

A|B

Δ := |(|)

Wir beginnen nicht mit einem fertigen Teilchen, einer fertigen Welle oder einem unabhängig vorhandenen Raum.

Wir beginnen mit dem Unterschied und seiner Selbstbezüglichkeit.

Die Apparatur bestimmt die Leseperspektive.

Die vollständige Relationslage bestimmt das Messergebnis.

Die wiederholte Selbstlesbarkeit ermöglicht stabile Vergleichsordnungen.

Und erst unter diesen Vergleichsordnungen entstehen die Zahlen, mit denen wir Physik betreiben.

Die Beziehung wird nicht durch ihre Zahl notwendig. Die Zahl wird durch die bestimmte Beziehung möglich.

Damit können wir die Standardphysik in ihrem eigenen Bereich ernst nehmen, ohne ihre geometrischen Gegenstände zum Ursprung unserer Herleitung machen zu müssen.

Sie beschreibt äußerst erfolgreich, wie sich ihre bestimmten Messgrößen zueinander verhalten.

Unsere Untersuchung fragt, wie diese Messgrößen überhaupt aus einer selbstbezüglichen Unterscheidung hervorgehen.

Das ist der Unterschied zwischen einer korrekten Rechnung und der Erklärung ihrer ursprünglichen Bestimmbarkeit.

20.7 Der Stern, der nicht dort ist, wo wir ihn sehen

Kehren wir ein letztes Mal zu Archibald zurück.

Er blickt durch sein Teleskop und erkennt einen entfernten Stern.

Doch zunächst hat er lediglich eine gegenwärtige Lichtregistrierung bestimmt.

Aus weiteren Messungen erschließt er eine Entfernung. Aus dieser und der Lichtrelation bestimmt er eine Lichtlaufzeit. Damit ordnet er die registrierte Erscheinung einer vergangenen Phase des astronomischen Gegenpols zu.

Das Licht, das er gegenwärtig misst, beschreibt also nicht unmittelbar einen gleichzeitig beobachteten Zustand des Sterns.

Die astronomische Beobachtung verknüpft unterschiedliche vollständige Relationslagen.

Für ihre Stringenz hatten wir in Kapitel 19 geschrieben:

$$|\Sigma = ((|_|_1|_|_2) \Leftrightarrow (|_|_2|_|_1))$$

Die zeitliche Differenzlesung bleibt:

$$\Delta t = (\Delta_2 \,|_{-}\, \Delta_1)$$

Archibald bestimmt eine gegenwärtige Lichtregistrierung und liest unter einer bestimmten Messordnung die dazugehörige astronomische Vergangenheit.

Er muss dafür nicht behaupten, dass sich die gegenwärtige Lichtregistrierung selbst rückwärts durch eine vorhandene Zeit bewegt.

Vielmehr bestimmt er den rücklesbaren Zusammenhang zwischen vollständigen Relationslagen.

Dabei gewinnt die Entfernung ihre eigentliche Bedeutung.

Sie ist nicht lediglich eine Zahl, die dem Stern nachträglich angeheftet wird.

Sie gehört zu jener bestimmten räumlich-zeitlichen Vergleichsordnung, unter der Archibald aus der Lichtregistrierung eine astronomische Geschichte erschließt.

Und damit verstehen wir auch, was es bedeutet, dass wir das Universum niemals gleichzeitig sehen.

Wir betrachten nicht eine vollständig gegenwärtige Sammlung von Sternen und Galaxien in einem fertigen räumlichen Behälter.

Wir registrieren Licht unter unserer gegenwärtigen Beobachterstellung und bestimmen daraus unterschiedliche Entfernungen und vergangene Emissionsphasen.

Die Gesamtheit dieser astronomischen Lesungen kann innerhalb einer gemeinsamen kosmologischen Geometrie beschrieben werden.

Doch diese gemeinsame Geometrie entsteht als bestimmte Ordnung der Messungen. Ihre erfolgreiche Anwendung ist noch kein unabhängiger Beweis dafür, dass sie der ursprüngliche Träger aller gemessenen Beziehungen sein muss.

Das Universum ist deshalb für Archibald keine Sammlung vollständig gleichzeitig betrachtbarer Gegenstände.

Es ist eine unter seiner Selbstmessung erschlossene Ordnung von Lichtrelationen, Entfernungen und zeitlichen Zuordnungen.

Und die verschiedenen Apparaturen ändern daran nichts Grundsätzliches.

Das Auge bestimmt eine Lichterscheinung.

Der Spektrograph bestimmt eine andere Spur derselben astronomischen Untersuchung.

Atomare Referenzen ermöglichen weitere Vergleiche.

Die Entfernungsbestimmung eröffnet eine räumliche Lesung.

Und die kosmologische Geometrie ordnet diese Ergebnisse unter einer gemeinsamen räumlich-zeitlichen Beschreibung.

Jede Messung besitzt ihre bestimmte Fragestellung, ihre eigene Versuchsanordnung und ihre eigene Spur.

Die Stringenz erlaubt uns, diese verschiedenen Spuren miteinander zu vergleichen.

Aber ihre gemeinsame Lesbarkeit macht sie nicht rückwirkend zu einer einzigen ursprünglichen Messung.

Genau darin liegt das *Continuum of Errors*.

Wir verwechseln die Stabilität unserer Beschreibungen mit der unabhängigen Existenz ihrer Gegenstände. Wir führen geometrische Lesungen ein und behandeln sie anschließend als Ursachen der Beziehungen, die wir unter ihnen ausgelesen haben.

Der Fehler beginnt beim vermeintlich unmittelbar vorgefundenen Stern, wiederholt sich beim Atom und beim Photon und erreicht schließlich die kosmologische Raumzeit.

Dabei müssen wir die Rechnungen nicht verwerfen.

Wir müssen ihre Begründungsrichtung verstehen.

Die Physik beschreibt, was unter ihren bestimmten Messregeln stringent ausgelesen werden kann. Der Tractatus untersucht, warum diese Auslesbarkeit überhaupt möglich ist.

Archibald blickt noch immer durch sein Teleskop.

Er sieht einen Lichtfleck.

Erst die Beziehung, unter der er ihn misst, macht daraus für ihn einen Stern mit einer Entfernung, einer Lichtgeschichte und einer Stellung innerhalb des Universums.

Nicht der Stern erklärt ursprünglich die Messung. Die bestimmte Messbeziehung erklärt zunächst, was Archibald überhaupt als Stern erkennen kann.

Und damit kehren wir zu unserer Grundstellung zurück:

A|B

Wir haben das Universum nicht außerhalb dieser Beziehung gefunden.

Wir haben unsere eigene Wahrnehmungssphäre durch immer neue Messungen erweitert und ihre unterscheidbaren Verhältnisse schließlich als Raumzeit beschrieben.

Der mögliche Irrtum liegt nicht darin, dass wir Raumzeit messen. Er liegt darin, dass wir die Raumzeit, die wir aus unseren Messrelationen erschließen, anschließend zur ursprünglichen Voraussetzung dieser Messungen erklären.

KAPITEL 21

21. Die Frage, die ihre Voraussetzung vergisst

21.1 Was erklärt eigentlich eine Erklärung?

Wir haben inzwischen eine recht ausgedehnte Reise hinter uns. Sie begann mit einem Tisch, führte uns über seine Oberflächen und die unterschiedlichen Perspektiven seiner Erscheinung zur Frage nach dem Raum, von dort zu Bewegung, Zeit und Zahl und schließlich in jene Gefilde, in denen uns Gravitation, Wärme, Masse, Energie, Licht und elektrische Signale als physikalische Größen begegnen. Zuletzt blickten wir mit Archibald durch ein Teleskop und mussten feststellen, dass selbst der Stern, den er so selbstverständlich zu sehen glaubte, zunächst als gegenwärtige Lichtregistrierung vor ihm erschien.

Eine beachtliche Strecke für einen Tisch, der seinen Platz eigentlich gar nicht verlassen musste.

Doch gerade diese Reise hat uns immer wieder zu einer eigentümlichen Schwierigkeit geführt. Die Physik erklärt eine Erscheinung, indem sie deren Beziehung zu anderen, bereits bestimmten Erscheinungen untersucht. Fragen wir, weshalb ein Stein fällt, gelangen wir zur Gravitation. Möchten wir verstehen, warum sich der Stein schwer anfühlt, können wir die Wechselwirkungen zwischen ihm und unserem Körper betrachten. Und wenn Archibald wissen will, weshalb er den Stein überhaupt sehen kann, führt ihn sein Weg über Licht, Auge,

Nervensystem und die entsprechenden molekularen und elektrischen Vorgänge.

Daran ist zunächst nichts auszusetzen. Jede dieser Erklärungen kann Zusammenhänge genauer bestimmen, Vorhersagen ermöglichen und unsere technischen Möglichkeiten erweitern. Die Physik verdankt einen erheblichen Teil ihres Erfolgs gerade der Fähigkeit, eine Frage in weitere, genauer untersuchbare Beziehungen aufzugliedern.

Nur sollten wir uns bei allem berechtigten Respekt vor diesem Erfolg gelegentlich erlauben, die Frage zu stellen, die bei solcher Arbeit leicht unter den Tisch fällt. Diesmal sogar im wörtlichen Sinne.

Was haben wir eigentlich erklärt, wenn die Erklärung selbst aus weiteren erklärungsbedürftigen Bestimmungen besteht?

Und noch etwas sollten wir dabei nicht übersehen. Vielleicht stehen wir nicht immer nur vor Problemen, die uns die Welt stellt. Vielleicht erzeugen wir einen Teil dieser Probleme selbst – durch die Art, in der wir das, was wir messen, überhaupt zum Ausdruck bringen.

Wir wählen eine geometrische Figur, um räumliche Verhältnisse zu beschreiben, einen Zahlenwert, um eine Vergleichsbeziehung festzuhalten, oder das Bild einer Welle beziehungsweise eines Teilchens, um bestimmte experimentelle Erscheinungen verständlich zu machen. Solche Darstellungsmittel können außerordentlich nützlich sein. Ohne sie wäre ein großer Teil der Physik kaum denkbar. Doch sobald wir vergessen, dass wir eine bestimmte Darstellungsweise gewählt haben, kann sich ihr Sinn

unmerklich verschieben: Aus dem Mittel, mit dem wir einen Zusammenhang beschreiben, wird ein vermeintlicher Bestandteil der Wirklichkeit, dessen Beschaffenheit wir nun erklären müssen.

Und wenn die verschiedenen Bilder anschließend nicht recht zueinanderpassen, stehen wir vor einem Rätsel. Nur haben wir dieses Rätsel möglicherweise nicht entdeckt. Wir haben es mit unserer eigenen Beschreibung erst aufgestellt.

Wir erschaffen damit nicht die Messergebnisse. Aber wir können sehr wohl das Problem erschaffen, das wir aus ihnen machen.

Denn auch ein Gravitationsfeld muss unter bestimmten Bedingungen als Gravitationsfeld erkennbar werden. Auch Masse ist nicht einfach eine frei im Universum schwebende Zahl, sondern wird innerhalb einer Vergleichsordnung bestimmt. Und was wir als elektrisches Signal des Gehirns beschreiben, erscheint erst unter einer Messrelation, die zwischen dem Signal und anderen möglichen Registrierungen unterscheiden kann.

Wir können diese Abhängigkeiten nahezu beliebig weiterverfolgen. Immer empfindlichere Apparaturen, immer feinere Modelle und immer umfangreichere mathematische Beschreibungen werden uns weitere Bestimmungen eröffnen. Das ist wissenschaftlich außerordentlich fruchtbar. Aber die Anzahl der Antworten ändert nichts daran, dass sie alle bereits eine Fähigkeit in Anspruch nehmen, deren Ursprung sie mit diesen Antworten noch nicht erklärt haben: die Möglichkeit, überhaupt etwas als etwas Bestimmtes zu unterscheiden.

Die Physik erklärt ihre Erscheinungen durch weitere bestimmte Beziehungen. Was sie dabei bereits voraussetzt,

ist die Bestimmbarkeit der Beziehungen selbst. Und wo sie ihre Darstellungsmittel mit deren Ursprung verwechselt, kann sie sich zusätzlich jene Schwierigkeiten schaffen, die sie anschließend innerhalb derselben Darstellung lösen möchte.

Der Punkt ist keineswegs, dass jede physikalische Erklärung deshalb falsch wäre. Er liegt vielmehr darin, dass eine Erklärung, die innerhalb einer bereits eingerichteten Ordnung hervorragend funktioniert, nicht allein durch diesen Erfolg zur Erklärung des Ursprungs dieser Ordnung wird. Man kann die Stockwerke eines Hauses sehr genau vermessen, ohne damit schon zu wissen, weshalb es überhaupt auf einem Fundament steht. Und wer immer neue Stockwerke hinzufügt, hat diese Frage nicht notwendig beantwortet – auch wenn die Aussicht zweifellos besser wird.

Die Frage, die uns daher durch das gesamte Buch begleitet hat, lautet nicht, welche zusätzliche physikalische Erscheinung wir noch entdecken müssten. Sie lautet:

Wie wird überhaupt etwas als etwas Bestimmtes lesbar?

Vielleicht ist das Erstaunliche gar nicht, dass wir auf diese Frage noch keine allgemein akzeptierte Antwort besitzen. Erstaunlicher ist, wie leicht wir vergessen, sie zu stellen, sobald die übrigen Rechnungen funktionieren.

21.2 Wenn das Ergebnis zur Voraussetzung wird

Betrachten wir erneut unseren Tisch. Archibald erkennt ihn aus einer bestimmten Richtung, verändert seine Stellung und sieht nun eine andere Oberfläche. Obwohl sich seine Wahrnehmung verändert, bleibt der Gegenstand für ihn derselbe.

Die gewohnte Erklärung ist schnell zur Hand: Der Tisch ist eben dreidimensional. Deshalb kann man ihn von verschiedenen Seiten betrachten. Was sollte daran merkwürdig sein?

Zunächst gar nichts – sofern wir mit dieser Aussage lediglich die räumliche Beschreibung seiner Erscheinungen meinen. Doch sobald wir die Dreidimensionalität als ursprüngliche Ursache dieser verschiedenen Erscheinungsweisen behandeln, haben wir jene geometrische Ordnung bereits vorausgesetzt, deren Bestimmbarkeit wir erklären wollten.

Der *Tractatus Principio* beginnt deshalb an einer anderen Stelle. Wir haben die unterschiedlichen Fixierungen derselben wiedererkennbaren Relationsform geschrieben als:

1|.1 | 1|.5

Und dort, wo ihre gemeinsame Rückführbarkeit tatsächlich erhalten bleibt, können wir ihre Beziehung zusammenziehen:

1|.1|.5

Die Eins bezeichnet dabei nicht einen aus Mathematik hergestellten Tisch. Sie ist die sichtbare Marke jener wiedererkennbaren Relation, unter der die verschiedenen Erscheinungen als Ansichten desselben Zusammenhangs gelesen werden. Die Stellen hinter dem Skalen-Flip unterscheiden ihre

Fixierungen. Erst aus der Beziehung solcher Lesungen soll sich jene geometrische Tiefe erschließen, die wir gewöhnlich schon als Voraussetzung verwenden.

Man erkennt die eigentliche Verschiebung, sobald man die beiden Erklärungsrichtungen nebeneinanderhält.

Wir können sagen: Weil der Tisch räumlich ausgedehnt ist, gibt es verschiedene Ansichten von ihm.

Oder wir fragen: Welche Beziehungen müssen sich zwischen den verschiedenen Ansichten erhalten, damit wir sie überhaupt als räumliche Erscheinungen eines Gegenstands verstehen können?

Die zweite Frage erklärt noch nicht jede geometrische Eigenschaft des Tisches. Sie weigert sich lediglich, die gesuchte räumliche Bestimmung bereits als fertige Antwort auszugeben.

Das Ergebnis unserer Beschreibung wird dort zur vermeintlichen Voraussetzung, wo wir die aus den Erscheinungen gewonnene geometrische Ordnung anschließend als deren ursprünglichen Erzeuger behandeln.

Damit ist der räumliche Körper als geometrisches Darstellungsmittel nicht falsch. Falsch wird die Begründungsrichtung, wenn wir aus diesem Bild eine eigenständige Ursache machen. Wir setzen die räumliche Tiefe voraus, erklären mit ihr die verschiedenen Ansichten und fragen anschließend voller Ernsthaftigkeit, weshalb ausgerechnet diese Ansichten eine räumliche Tiefe besitzen. Die Antwort steckt dann bereits in der Form unserer Frage. Der Tisch hat damit kein neues Geheimnis erhalten; wir haben ihm eines angedichtet.

Mit unseren Zahlen verhält es sich nicht anders. Unter der gewählten gerichteten Spur konnten wir vier unterschiedene Übergänge lesen und ihre Wiederholung numerisch fassen:

1 + 1 + 1 + 1 → 4

Die Zahl Vier hat dabei nicht heimlich die vier Übergänge organisiert. Wir haben eine bestimmte Folge von Unterscheidungen gelesen und ihr eine Zahl zugeordnet. Auch das Pluszeichen ist nicht der Ursprung ihrer Fortsetzung, sondern bezeichnet den Modus, unter dem wir diese wiederholten Schritte zusammenfassen.

Ebenso wenig entsteht eine Entfernung dadurch, dass wir ihr eine Meterangabe verleihen. Unter einer räumlichen Vergleichsregel bestimmen wir eine Beziehung, deren Ergebnis sich anschließend in Metern ausdrücken lässt. Die Maßeinheit ist eine stabilisierte Form des Vergleichs; sie ist nicht der Erfinder dessen, was verglichen wird.

Das mag beinahe selbstverständlich erscheinen. Umso bemerkenswerter ist die Karriere, die ein solcher Maßstab bisweilen macht. Zunächst wird er zu Hilfe gerufen, um eine Beziehung bestimmbar zu machen. Sobald dies gelungen ist, befördern wir ihn gelegentlich zum vermeintlichen Ursprung eben dieser Beziehung. Eine erstaunliche Laufbahn für etwas, das eigentlich nur messen sollte.

Die technische Verwendung eines stabilen Maßes bleibt dabei vollkommen legitim. Ohne sie könnten wir keine verlässlichen Vergleichsordnungen aufbauen. Der Fehler beginnt nicht mit dem Messen, sondern mit der nachträglichen Verwechslung seiner Rollen:

Wir lesen eine Beziehung aus, stabilisieren ihre Bestimmung und benutzen diese Bestimmung für weitere Messungen. Dadurch wird der Maßstab zuverlässig – nicht ursprünglich.

21.3 Der Gegenstand, den wir durch die Apparatur erkennen

Beim Atom lässt sich dieser Vorgang besonders anschaulich verfolgen.

Archibald muss weder die Struktur eines Atoms kennen noch Elektronenübergänge berechnen, um den Lichtfleck eines Sterns wahrzunehmen. Er sieht zunächst eine Lichterscheinung. Möchte er anschließend mehr über sie erfahren, kann er seine Wahrnehmung technisch erweitern, beispielsweise durch einen Spektrographen. Nun erhält er eine andere Registrierung, die sich unter den Vergleichsregeln der Spektroskopie bestimmen lässt.

Damit haben wir nicht einfach einen geheimen Gegenstand unmittelbar hinter dem Lichtfleck freigelegt. Wir haben zunächst eine andere Messanordnung gewählt und damit die Unterschiede verändert, die sich registrieren und miteinander vergleichen lassen.

Zur Deutung charakteristischer Spektrallinien verwenden wir atomphysikalische Referenzen. Diese Referenzen beruhen ihrerseits auf experimentell bestimmten und wiederholt geprüften Beziehungen. Apparaturen ermöglichen uns, bestimmte Registrierungen als atomare Übergänge oder Strukturen zu lesen;

weitere Untersuchungen präzisieren, unter welchen Bedingungen diese Lesungen stabil bleiben.

Schließlich wird eine solche stabile Beziehung selbst zum Maßstab. Die SI-Sekunde ist über die festgelegte Frequenz eines Übergangs des Cäsium-133-Atoms definiert. Mit der so fixierten Zeitreferenz bestimmen wir andere Frequenzen und koppeln weitere räumliche und zeitliche Messungen miteinander.

Eine bemerkenswerte, technisch außerordentlich erfolgreiche Rückwendung: Die Messung macht eine atomare Beziehung als solche bestimmbar; die stabilisierte atomare Beziehung wird zur Referenz weiterer Messungen; diese wiederum eröffnen neue physikalische Bestimmungen.

Niemand muss diese Vorgehensweise aufgeben. Im Gegenteil, ihre Wiederholbarkeit ist gerade das, was wir von einem brauchbaren Maß erwarten. Doch wir sollten die Herkunft unserer Begriffe nicht deshalb vergessen, weil sich ihre Anwendung inzwischen bis auf viele Dezimalstellen bewährt hat.

Wir erklären neue Messungen mit einer Ordnung, deren physikalische Bestimmung selbst auf Messungen beruht. Die Präzision beseitigt diesen Selbstbezug nicht. Sie macht ihn zuverlässig nutzbar.

Ein Problem entsteht erst, wenn aus der unter bestimmten Vergleichsordnungen gewonnenen atomaren Beschreibung ein relationsloser Ursprung der Messbarkeit gemacht wird. Das Atom darf in einer physikalischen Theorie selbstverständlich als Gegenstand und Ursache bestimmter Vorgänge auftreten. Daraus folgt aber noch nicht, dass seine Bestimmbarkeit unabhängig von jeder Messrelation erklärt wäre.

Bei der Welle-Teilchen-Dualität begegnet uns dieselbe Schwierigkeit unter anderen Bedingungen.

In einer Doppelspaltanordnung können wir einzelne Detektorereignisse registrieren, deren Verteilung über viele Wiederholungen hinweg eine Interferenzordnung zeigt. Ändern wir die Versuchsanordnung so, dass Weginformation unterscheidbar wird, verändert sich die zugängliche Interferenz. Die Physik beschreibt diese Abhängigkeit unter anderem mithilfe der Komplementarität.

An dieser Stelle ist der entscheidende Schritt bereits geschehen: Wir haben den Versuch verändert und damit eine andere Unterscheidung in die Messung eingeführt.

Unter der einen Anordnung lesen wir eine bestimmte Spur; unter der anderen eine anders bestimmte Spur. Beide können unter einer gemeinsamen quantenphysikalischen Theorie beschrieben werden. Aber ihre gemeinsame theoretische Behandlung macht ihre experimentellen Bedingungen nicht identisch.

Unsere frühere Zählfolge

1 + 1 + 1 + 1 + …

bezeichnet deshalb weder eine ursprüngliche Ansammlung fertiger Photonen noch die Ticks einer von der Untersuchung unabhängigen Weltuhr. Sie macht die Wiederholung unterscheidbarer Registrierungen unter einer bestimmten Leseregel sichtbar. Welche Registrierungen zusammengehören und welcher Takt ihrer Wiederkehr zugeschrieben wird, bleibt an diese Regel gebunden. Eine veränderte Versuchsanordnung kann eine andere Ordnung der Spur bestimmen, auch wenn in beiden Fällen dieselbe Anzahl von Ereignissen gezählt wird.

Gleich viele Registrierungen ergeben nicht zwangsläufig dieselbe Relationsordnung.

Nun könnten wir die verschiedenen Erscheinungen unter dem gemeinsamen Begriff *Photon* zusammenfassen und anschließend fragen, wie dieses eine Ding zugleich Welle und Teilchen sein könne. Die Frage ist innerhalb einer bestimmten Interpretation der physikalischen Theorie verständlich. Doch vielleicht sollten wir zuvor fragen, was wir bereits getan haben, als wir aus unterschiedlichen experimentellen Bestimmungen einen einzigen Gegenstandsbegriff formten.

Das Photon hat uns schließlich nicht persönlich versprochen, sich unter jeder Versuchsanordnung wie ein klassisches Kügelchen oder eine klassische Welle zu benehmen. Diese Erwartungen stammen aus den Bildern, mit denen wir seine verschiedenen Erscheinungsweisen beschreiben.

Hier liegt ein besonders schönes Beispiel dafür, wie ein Problem mit seinen eigenen Ausdrucksmitteln hergestellt werden kann. Wir verwenden das Bild der Welle, wo es bestimmte Interferenzbeziehungen anschaulich macht, und das Bild des Teilchens, wo einzelne Registrierungen hervortreten. Anschließend legen wir beide Bilder über ein und denselben klassisch gedachten Gegenstand und fragen, wie er die sich daraus ergebenden widersprüchlichen Erwartungen erfüllen könne.

Nun hat nicht die Messung verlangt, dass wir die beiden Anschauungsbilder zu wörtlichen Eigenschaften eines solchen Gegenstands erklären. Diese Forderung stammt aus unserer Art, die Messergebnisse zusammenzufassen. Der experimentelle Befund bleibt bestehen; das zusätzliche Paradox entsteht dort, wo

wir den Bildern eine Verbindlichkeit zuschreiben, die sie als Bilder nicht besitzen.

Wir haben uns also nicht unbedingt verrechnet. Wir haben womöglich die falsche Frage aus einer durchaus richtigen Rechnung gewonnen.

Der *Tractatus* bestreitet damit weder die Stabilität der quantenphysikalischen Beziehungen noch den Erfolg ihrer mathematischen Beschreibung. Er fragt nach der Begründungsrichtung: Was wurde jeweils gemessen, was unter einem gemeinsamen Begriff zusammengeführt, und an welcher Stelle erklärten wir diesen Begriff zur voraussetzungslosen Ursache seiner eigenen experimentellen Bestimmungen?

Der Versuch verändert die Unterscheidung. Mit ihr verändert sich die lesbare Spur. Erst ihre gemeinsame theoretische Deutung führt die Frage nach dem einen Gegenstand hinter den verschiedenen Erscheinungen ein.

Die Dualität ist für diese Untersuchung zunächst eine Dualität bestimmter Erscheinungsweisen. Dass sie unter einer gemeinsamen Physik zusammengehören, ist eine weitere, durchaus anspruchsvolle Bestimmung – kein Beweis dafür, dass unsere klassischen Bildbegriffe ursprüngliche Eigenschaften einer relationslosen Sache sein müssten.

21.4 Der Raum, in dem die Zeit schon läuft

Kehren wir von den Apparaturen in Archibalds Zeichentrickwelt zurück. Dort begegnet uns die gleiche Verwechslung in einer Form, die ein Kind verstehen kann und über die sich offenbar auch Erwachsene noch sehr gründlich Gedanken machen müssen.

Archibald bewegt sich durch das Weltall. Wir sehen ihn fliegen, landen und schließlich jene zweidimensionalen Wesen bestaunen, deren räumliche Beschränkung ihm so erstaunlich erscheint. Betrachtet man jedoch die einzelnen Bilder des Films, findet in keinem von ihnen eine Bewegung statt. Jedes Bild zeigt eine bestimmte, für sich vollständig lesbare Anordnung.

Die Bewegung wird erst unter der geordneten Beziehung dieser Bildlagen erfahren.

Nun können wir natürlich sagen, die Bilder bewegten sich durch die Zeit. Für den Filmprojektor ist das eine brauchbare Beschreibung seines technischen Ablaufs. Aber als Erklärung dafür, wodurch Zeit überhaupt lesbar wird, wäre sie ein etwas eigentümlicher Kunstgriff: Wir hätten die Zeit schon eingeschaltet, bevor wir erklären, woher sie kommt.

Das scheinbare Rätsel, wodurch die Zeit selbst in Bewegung gehalten werde, haben wir uns damit unter Umständen gleich mitgeschaffen. Wir sprechen von der Zeit, als wäre sie etwas, das fließt, und geraten anschließend in Erklärungsnot, weil wir nach der Bewegung dieses Flusses fragen. Doch der Fluss war zunächst unsere bildliche Weise, eine geordnete Veränderung auszudrücken. Vielleicht hätte es genügt, ihn nicht auch noch für ein eigenes Gewässer zu halten.

Genau diese Voraussetzung vermeidet die Grundlegung des *Tractatus Principio*. Sie beginnt bei vollständigen Relationslagen, den Frozen Frames. Eine solche Lage wird im vorliegenden Zusammenhang notiert als:

|_| = (0|Δ)

Innerhalb eines Frozen Frames findet kein zeitlicher Übergang statt; seine Bestimmtheit verlangt keine unabhängig laufende Dauer. Erst unter der Beziehung verschiedener vollständiger Relationslagen wird eine gerichtete, stringente Fortsetzung lesbar, die der Beobachter als Bewegung und zeitlichen Ablauf erfährt.

Die zeitliche Differenzlesung lautet:

$\Delta t = (\Delta_2 \,|_{-}\, \Delta_1)$

Die Schreibweise setzt also nicht eine bereits fertige Zeitachse zwischen zwei Ereignisse. Sie macht eine bestimmte relationale Differenz unter ihrer zeitlichen Lesung sichtbar.

Dasselbe Problem begegnet uns bei der räumlichen Tiefe. Wenn wir die unterschiedlichen Ansichten eines Tisches durch seine bereits vorhandene Dreidimensionalität erklären, kann das eine völlig brauchbare geometrische Beschreibung sein. Nur ist damit die vorgelagerte Frage noch nicht beantwortet, durch welche Beziehungen diese Ansichten überhaupt als die verschiedenen räumlichen Erscheinungen desselben Tisches bestimmbar werden.

Und sobald wir Raum und Zeit in einer gemeinsamen Raumzeitgeometrie beschreiben, erhält die Verschiebung lediglich eine größere Bühne. Der mathematische Rahmen erlaubt

es, Bewegungen, Lichtbeziehungen und Gravitation zusammenhängend zu berechnen. Seine Vorhersagen können geprüft werden, und viele dieser Prüfungen gehören zu den eindrucksvollsten Leistungen der modernen Physik.

Doch auch die beste Beschreibung ihrer eigenen geometrischen Ordnung hat damit noch nicht zwangsläufig den Ursprung der geometrischen Lesbarkeit erklärt.

Wir können die Geometrie einer Erscheinung bestimmen, ohne dadurch bereits erklärt zu haben, weshalb diese Erscheinung überhaupt geometrisch bestimmbar ist.

Der fertige Raum soll erklären, wie Entfernung möglich ist. Die fertige Zeit soll erklären, wie Veränderung stattfinden kann. Und die fertige Raumzeit übernimmt schließlich die Aufgabe, beides miteinander zu verbinden. Eine ausgesprochen leistungsfähige Konstruktion – sofern man nicht gerade wissen möchte, weshalb Raum, Zeit und ihre gemeinsame Messbarkeit selbst als solche erscheinen können.

Denn genau diese Frage hat der geometrische Rahmen bereits in seiner Voraussetzung hinter sich gelassen.

21.5 Wenn die Zahl zum Rätsel wird

Besonders deutlich wird die Umkehrung dort, wo Zahlen eine nahezu ehrfurchtgebietende Genauigkeit erreichen.

Die Lichtgeschwindigkeit verbindet räumliche und zeitliche Messbestimmungen. Ihr exakter Zahlenwert in SI-Einheiten ist über die Definition des Meters bei festgelegter Sekunde bestimmt. Der Wert ist damit nicht ein zusätzlicher physikalischer

Ursprung, der die Lichtrelation erst hervorbringt. Es ist die stabile physikalische Beziehung, deren numerische Darstellung unter dieser Maßordnung einen exakt festgelegten Wert erhält.

Bereits in Kapitel 17 hatten wir die entsprechende Grenzlesung des *Tractatus* betrachtet:

$$\mathbf{0|c \equiv 0|(\Delta\ |\div \Delta t)_{max}}$$

Die Lichtrelation wird hier nicht aus einer nachträglich aufgeschriebenen Dezimalzahl erzeugt. Vielmehr soll ihre bestimmte relationale Ordnung verständlich machen, unter welchen Bedingungen räumliche und zeitliche Lesungen überhaupt gekoppelt und anschließend numerisch ausgedrückt werden können.

Es wäre daher ein recht bemerkenswerter Begründungstrick, ausgerechnet den festgelegten SI-Zahlenwert als unabhängigen Beweis dafür anzuführen, dass die Lichtrelation diese Zahl aus sich heraus hervorbringen müsse. Man hätte zunächst den Maßstab festgelegt und ließe sich anschließend von ihm bestätigen, dass man ihn richtig festgelegt habe. Für eine Definition ist das ausgezeichnet; als ontologische Entdeckung wäre es etwas bescheiden.

Die Kosmologie liefert uns allerdings ein Beispiel, bei dem gerade keine bloße Definition den Zahlenwert vorgibt: die Hubble-Spannung.

Unterschiedliche Mess- und Kalibrierungsketten führen unter den jeweiligen Modellannahmen zu heutigen Hubble-Werten um 67 beziehungsweise 73 Kilometer pro Sekunde pro Megaparsec. Diese Ergebnisse sollen innerhalb einer gemeinsamen kosmologischen Beschreibung denselben Parameter erfassen. Sie

stimmen im Rahmen ihrer angegebenen Unsicherheiten nicht überein.

Das ist eine reale empirische Schwierigkeit. Sie verschwindet nicht, weil wir ihr eine philosophisch interessantere Frage gegenüberstellen. Die Hubble-Spannung zeigt sich von einer eleganten Formulierung jedenfalls bislang wenig beeindruckt.

Gerade deshalb müssen wir zwei Schwierigkeiten auseinanderhalten. Die Differenz der Messwerte ist eine empirische Schwierigkeit, die wir nicht dadurch selbst erzeugt haben, dass wir sie beschreiben. Das weiterreichende Rätsel, weshalb die Werte als Messungen *derselben* Größe zwingend übereinstimmen müssten, hängt dagegen an der gemeinsamen Modellordnung, unter der wir sie vergleichen. Diese Ordnung ist nicht willkürlich, aber ihre Voraussetzungen müssen begründet und geprüft werden. Sonst geraten wir in Gefahr, ein von uns gewähltes Vergleichsschema zur Eigenschaft der Wirklichkeit zu erklären und die Wirklichkeit anschließend dafür verantwortlich zu machen, dass es nicht ohne Weiteres aufgeht.

Und doch wird an ihr eine Voraussetzung sichtbar, die unserer Untersuchung besonders wichtig ist.

Die unterschiedlichen Messketten besitzen jeweils ihre eigenen Vergleichsregeln, Kalibrierungen und theoretischen Beziehungen. Dass ihre Ergebnisse unter dem gemeinsamen Zeichen H_0 verglichen werden sollen, ist innerhalb des gewählten kosmologischen Modells eine sinnvolle, überprüfbare Forderung. Aus der gemeinsamen Bezeichnung allein folgt jedoch noch nicht, dass beide Ketten bereits unter identischen Bedingungen dieselbe invariante Relation auslesen.

Der Name einer Größe ist noch kein Nachweis der Identität ihrer Messrelationen.

Deshalb können wir die physikalische Frage – warum die Werte voneinander abweichen – beibehalten und ihr eine grundlegendere Frage zur Seite stellen: Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit verschieden aufgebaute Messordnungen überhaupt als Bestimmungen derselben physikalischen Größe zusammengehören?

Vielleicht liegen unerkannte systematische Fehler vor. Vielleicht sind Modellannahmen zu prüfen. Vielleicht verlangt die kosmologische Beschreibung eine Erweiterung. Die Abweichung selbst entscheidet diese Möglichkeiten nicht. Ebenso wenig wird sie durch den Hinweis auf die Verschiedenheit der Messketten schon erklärt.

Wohl aber zeigt sich, dass die Stringenz einer einzelnen Messordnung noch nicht die Kompatibilität verschiedener Messordnungen garantiert. Die gemeinsame Invarianz muss bestimmt und geprüft werden; sie darf nicht allein aus dem gemeinsamen Symbol abgelesen werden.

Die Zahl ist also nicht das eigentliche Rätsel. Die Frage betrifft die Beziehung, unter der wir erwarten dürfen, dass zwei Zahlen denselben physikalischen Zusammenhang bestimmen.

Was für die Kosmologie gilt, begegnet uns auch bei allen anderen physikalischen Größen, die durch unterschiedliche Verfahren bestimmt und anschließend als Eigenschaften desselben Gegenstands behandelt werden. Ihre Vergleichbarkeit ist eine Leistung der Messordnung. Sie ist nicht schon durch die Benennung geschenkt.

21.6 Wo die Physik ihre eigene Frage untergräbt

Damit können wir den Vorwurf, den der Titel unseres Buches bereits recht ungeniert erhebt, endlich genauer bestimmen.

Man könnte nun durchaus versucht sein, die Physik als ein gewaltiges Lügengebäude zu bezeichnen. Allerdings wäre das vermutlich nicht nur eine etwas unfreundliche Beschreibung einer Wissenschaft, deren technische Errungenschaften wir täglich mit bemerkenswerter Selbstverständlichkeit in Anspruch nehmen. Es würde vor allem den eigentlichen Irrtum nicht ganz treffen.

Denn die Physik muss uns gar nicht belügen, um uns eine Wirklichkeit vorzuführen, deren Ursprung wir missverstehen. Sie muss sich dafür nicht einmal verrechnen.

Wir sind es schließlich selbst, die diese Wirklichkeit unter unseren Messungen in ihrer jeweiligen Erscheinungsform hervorbringen.

Wir unterscheiden, vergleichen, begrenzen und bestimmen. Wir entwickeln Apparaturen, mit denen sich weitere Unterschiede registrieren lassen, und stabilisieren die Ergebnisse zu wiedererkennbaren Gegenständen, Eigenschaften und Größen. Unter diesen Bedingungen erscheint uns eine Welt aus räumlichen Körpern, bewegten Teilchen, elektromagnetischen Feldern und zeitlichen Abläufen. Die Apparatur legt dabei nicht willkürlich fest, welches Ergebnis sie liefern soll. Aber sie gehört zu jener Beziehung, unter der ein bestimmtes Ergebnis überhaupt als solches erscheinen kann.

Weil diese Erscheinungswelt innerhalb ihrer bestimmten Beziehungen außerordentlich zuverlässig funktioniert, sind wir

schließlich versucht, sie mit dem ursprünglichen Aufbau der Wirklichkeit gleichzusetzen. Dabei haben wir zunächst ihre Messbarkeit und die Formen ihrer Erscheinung bestimmt. Dass diese Formen zugleich der von jeder Unterscheidung unabhängige Kern der Dinge wären, folgt daraus nicht.

Wir verwechseln die Wirklichkeit, die unter unseren Messungen erscheint, mit der Voraussetzung, aus der diese Erscheinung überhaupt hervorgeht.

Das ist der eigentliche Kunstgriff. Und möglicherweise einer, den wir so meisterhaft beherrschen, dass wir längst vergessen haben, ihn selbst vollzogen zu haben.

Erinnern wir uns an das Atom. Wir bauen eine Apparatur, bestimmen unter ihrer Messordnung wiederkehrende Beziehungen und lesen sie als atomare Struktur. Später wird ein solcher Übergang zum Maßstab weiterer Messungen. Daran ist technisch nichts auszusetzen; wir dürfen eine bestimmte Beziehung stabilisieren und als Referenz verwenden. Wenn wir die so ausgelesene atomare Ordnung jedoch anschließend zum voraussetzungslosen Ursprung jener Messbarkeit erklären, unter der sie erst als solche bestimmt wurde, hat die Erklärung ihre Richtung gewechselt.

Wir erklären unsere Messungen nun mit einer Erscheinungsform, die wir durch Messungen hervorgebracht haben. Das Verfahren ist präzise. Der Zirkelschluss wird davon nicht weniger zirkulär.

Bei der Welle-Teilchen-Dualität begegnet uns dieselbe Verwechslung auf einer anderen Ebene. Wir unterscheiden unter verschiedenen Versuchsanordnungen verschiedene Registrierungen, beschreiben ihre Verteilungen mit

unterschiedlichen klassischen Bildern und führen die Ergebnisse innerhalb einer gemeinsamen physikalischen Theorie zusammen. Anschließend behandeln wir Welle und Teilchen bisweilen, als seien sie zwei ursprünglich vorhandene, einander widersprechende Eigenschaften eines fertigen Dings. Und nun fragen wir mit großer Ernsthaftigkeit, wie dieses Ding beides zugleich sein könne.

Vielleicht haben wir uns die Schwierigkeit bereits mit den Bildern geschaffen, durch die wir unsere Messungen verständlich machen wollten. Die erfolgreiche gemeinsame Quantenbeschreibung wird dadurch nicht entwertet. Sie zeigt gerade, dass sich die unterschiedlichen Erscheinungsweisen unter bestimmten Regeln aufeinander beziehen lassen. Doch sie verpflichtet uns nicht, die klassischen Bilder zu zwei unabhängig vorhandenen Bestandteilen der Wirklichkeit zu erklären.

Wir haben nicht notwendig ein widersprüchliches Ding gefunden. Wir können den Widerspruch auch erst erzeugen, indem wir unterschiedliche Erscheinungsformen zu Eigenschaften eines vermeintlich fertigen Dings machen.

Und dann suchen wir den Fehler selbstverständlich in der Physik.

Wo auch sonst?

Dass wir ihn möglicherweise schon mit der Art unserer Frage hervorgebracht haben, scheint uns dagegen erstaunlich selten als naheliegende Möglichkeit.

Nicht anders verhält es sich mit dem Raum. Wir bestimmen die verschiedenen Ansichten eines Gegenstands als zusammengehörige räumliche Erscheinungen und erklären diese

Zusammengehörigkeit anschließend mit einem dreidimensionalen Körper, dessen Dreidimensionalität wir gerade erst aus den Ansichten erschlossen haben. Wir lesen die geordnete Beziehung vollständiger Relationslagen als zeitliche Fortsetzung und erklären diese Fortsetzung dann durch eine Zeit, die in unserer Erklärung bereits läuft. Schließlich fassen wir räumliche und zeitliche Messungen in einer Raumzeitgeometrie zusammen und sind versucht, diese Geometrie zum unabhängigen Träger der Beziehungen zu erklären, die sie zuvor so erfolgreich beschreibbar gemacht hat.

Der Irrtum verändert seine Gestalt und seine Größenordnung. Seine Begründungsrichtung bleibt dieselbe.

Damit treffen wir auf einen Unterschied, der für diese Streitschrift wichtiger ist als jede einzelne Pointe. Die Messung bringt die jeweilige *Erscheinungsform* einer Beziehung hervor; sie erschafft nicht nach Belieben das Universum. Unterschiedliche Beobachter können ihre Ergebnisse vergleichen, Irrtümer aufdecken und stabile Relationen wiederfinden. Gerade deshalb sind die Lesungen nicht willkürlich. Aber ihre Stabilität bedeutet noch nicht, dass ihre Gegenstände unabhängig von den Beziehungen, unter denen sie bestimmt werden, als ursprüngliche Dinge erklärt wären.

Wer eine Oberfläche zerteilt, erhält weitere Oberflächen. Wer die Erscheinung eines Körpers unter anderen Messbedingungen untersucht, erhält weitere bestimmte Erscheinungen. Auch die atomare oder subatomare Beschreibung entlässt uns nicht aus dem Unterscheiden; sie eröffnet eine andere Ordnung seiner Lesbarkeit. Und wenn wir die jeweils neueste Erscheinung zum

eigentlichen Inhalt der vorherigen erklären, haben wir das Grundproblem lediglich ein Stockwerk tiefer verlegt. An der Architektur des Irrtums ändert das wenig.

Die Physik kann ihre Erscheinungen durch weitere bestimmte Beziehungen erklären. Ein Feld wird gemessen, eine Masse verglichen, ein atomarer Übergang als wiederkehrende Ordnung erkannt, eine Zeitspanne unter einer Vergleichsregel bestimmt. Solche Erklärungen sind sinnvoll und können ausgezeichnete Vorhersagen liefern. Aber wenn wir mit den so bestimmten Gegenständen die ursprüngliche Möglichkeit ihrer eigenen Bestimmung erklären wollen, ersetzen wir die Frage nach dem Vollzug durch eines seiner Ergebnisse.

Hier müssen wir zwei Arten von Rückbezüglichkeit unterscheiden. Der problematische Begründungszirkel verschweigt seine Voraussetzung. Er behandelt eine ausgelesene Erscheinung als unabhängige Ursache der Messbeziehung, in der sie lesbar wurde.

Der *Tractatus Principio* setzt den Selbstbezug dagegen ausdrücklich an den Anfang:

Δ := |(|)

Der Unterschied unterscheidet sich selbst. Delta bezeichnet keine weitere Apparatur, keine verborgene Kraft und auch keinen noch kleineren Gegenstand hinter den Teilchen. Es bezeichnet den wirksamen Bezug des Unterschieds auf seine eigene Unterscheidung.

Wollten wir daraus nun eine geheimnisvolle Substanz machen, die irgendwo hinter dem Universum sitzt und dessen übrige Bestandteile antreibt, hätten wir den Fehler nicht überwunden.

Wir hätten ihm lediglich ein besonders elegantes Zeichen gegeben.

Der Unterschied ist nicht die letzte Sache, die wir hinter den Dingen finden. Er bezeichnet die Bedingung, unter der uns überhaupt etwas als Ding erscheinen kann.

Deshalb ist die Kritik auch keine pauschale Behauptung, die gesamte Physik beruhe auf einem Irrtum. Zahlreiche ihrer Theorien berücksichtigen den Einfluss von Bezugssystemen, Apparaturen und Messbedingungen ausdrücklich. Mathematische Stringenz, technische Bewährung und voneinander unabhängige Prüfungen sind wirkliche Leistungen. Keine davon muss bestritten werden, damit unsere Frage ihren Sinn behält.

Man muss den Gleichungen also nicht kündigen, um ihre Zuständigkeit zu prüfen.

Der Vorwurf richtet sich vielmehr gegen den unbemerkten Schritt, der aus einer bestimmten, erfolgreichen Auslesung eine voraussetzungslose Ontologie macht. Unter diesem Schritt können wir uns tatsächlich eigene Rätsel schaffen: durch Anschauungsformen, die wir über ihre Geltungsbedingungen hinaus verlängern, durch Gegenstände, denen wir den Ursprung ihrer eigenen Messbarkeit zuschreiben, und durch eine Raumzeit, die plötzlich das hervorbringen soll, was wir unter ihrer Geometrie erst zueinander in Beziehung gesetzt haben.

Wir erschaffen damit nicht die Messergebnisse nach Belieben. Aber wir können sehr wohl das Problem erschaffen, das wir aus ihnen machen.

Nicht jede offene Frage der Physik entsteht auf diese Weise. Die empirische Hubble-Spannung bleibt auch dann eine zu

untersuchende Abweichung, wenn wir die Voraussetzungen der beteiligten Messketten offenlegen. Aber die begrifflichen Rätsel, die aus der Verwechslung von Erscheinungsform und Ursprung hervorgehen, werden nicht dadurch grundlegender, dass wir immer genauere Antworten auf ihre falsch gestellte Frage suchen.

Vielleicht steht die Physik also tatsächlich auf einem gewaltigen Gebäude von Voraussetzungen, die sie selbst nicht immer bis auf ihren ursprünglichen Zusammenhang befragt. Doch das Beunruhigende ist nicht, dass dieses Gebäude bei der nächsten Messung zusammenbrechen müsste. Das Beunruhigende ist vielmehr, wie hervorragend es funktioniert, während wir seine Stockwerke mit dem Baugrund verwechseln.

Wir messen uns eine Welt, erklären ihre Erscheinungen zu den Ursachen ihrer eigenen Erscheinbarkeit und wundern uns anschließend über die Rätsel, die wir damit erzeugen.

Nicht jede Schwierigkeit ist deshalb unser eigenes Werk. Aber wo wir die Auslesung mit ihrem Ursprung verwechseln, haben wir zu dem Rätsel zumindest selbst beigetragen.

Und vielleicht sollten wir, bevor wir dem Universum wieder einmal vorwerfen, es verhalte sich widersprüchlich, zunächst untersuchen, unter welchen Unterscheidungen wir es überhaupt dazu gebracht haben, uns so zu erscheinen.

21.7 Archibald stellt die andere Frage

Kehren wir ein letztes Mal an den Anfang zurück.

Archibald landet auf einem Planeten, dessen Bewohner zweidimensional sind. Er betrachtet ihre Welt aus seiner vermeintlich selbstverständlichen Dreidimensionalität und wundert sich darüber, wie diese Wesen ohne jene räumliche Tiefe auskommen können, die ihm als Voraussetzung jeder vernünftigen Existenz erscheint.

Dabei übersieht er eine Kleinigkeit.

Er selbst ist eine Zeichentrickfigur.

Sein Hund ist eine Zeichentrickfigur. Sein Raumschiff ist eine Zeichentrickfigur. Und das ganze Universum, in dem er seine überlegene Dreidimensionalität zur Schau stellt, passt auf eine zweidimensionale Bildfläche.

Man sollte meinen, spätestens an dieser Stelle hätte Archibald Anlass, seine geometrische Gewissheit etwas weniger selbstbewusst vorzutragen.

Und darin steckt die eigentliche Komik der Szene. Archibald hat die Zweidimensionalität der fremden Welt zum Problem erklärt, weil er seine eigene Dreidimensionalität als ursprünglichen Maßstab mitgebracht hat. Das Problem liegt nicht zunächst bei den Bewohnern. Es liegt bei der Frage, die er ihnen stellt. Er hat eine bestimmte räumliche Lesung zur Voraussetzung gemacht und wundert sich jetzt darüber, dass die andere Welt sich ihr nicht fügt.

Ein ziemlich aufwendiges Rätsel für jemanden, der selbst auf einer Bildfläche lebt.

Doch sind wir wirklich in einer besseren Lage?

Wir betrachten einen Tisch und erklären seine verschiedenen Ansichten durch eine vorausgesetzte räumliche Tiefe. Wir erfahren Bewegung und erklären sie durch eine bereits laufende Zeit. Wir messen Licht unter räumlichen und zeitlichen Vergleichsregeln und behandeln seine stabilisierten Zahlenwerte mitunter so, als hätten sie diese Beziehungen erst hervorgebracht.

Wir verändern Versuchsanordnungen und erwarten dennoch, die unveränderte Erscheinung eines von der Versuchsanordnung unabhängig vollständig bestimmten Gegenstands vorzufinden. Wir erschließen astronomische Entfernungen und vergangene Lichtlagen, ordnen sie in eine gemeinsame kosmologische Geometrie ein und sind versucht, diese Geometrie anschließend als ursprünglichen Träger aller gemessenen Beziehungen zu behandeln.

Bei jeder dieser Untersuchungen beginnen wir jedoch bereits mit derselben Grundstellung:

A|B

Nicht mit zwei fertig bestimmten Dingen, sondern mit den Polen einer Unterscheidung.

Und diese Unterscheidung bleibt auf ihre eigene Wirkung beziehbar:

Δ := |(|)

Unter ihrer polaren Lesung erscheinen Beobachter und Welt. Unter ihrer geometrischen Lesung werden Positionen, Oberflächen und räumliche Tiefen bestimmbar. Ihre gerichtete,

stringente Fortsetzung wird als Bewegung und Zeit gelesen. Unter stabilisierten Vergleichsregeln erhalten wir Zahlen und physikalische Maße. Technische Erweiterungen unserer Beobachterrelation eröffnen weitere Registrierungen, die wir als atomare Strukturen, Teilchen, Felder oder astronomische Gegenpole bestimmen. Und die gemeinsame geometrische Ordnung solcher Messungen wird schließlich als Raumzeit lesbar.

Das alles ist keineswegs beliebig. Auch der *Tractatus* darf die Stabilität und gegenseitige Verträglichkeit dieser Lesungen nicht einfach behaupten; er muss sie in ihrer jeweiligen Beziehung verständlich machen.

Für die Stringenz der vollständigen Relationslagen hatten wir geschrieben:

|Σ = ((|_|₁|_|₂) ⇔ (|_|₂|_|₁))

Und für die Invarianz der Beobachterfortsetzung:

O Δ O

Die so beschriebene Welt ist keine willkürliche Erfindung Archibalds. Eine Messung kann seine Erwartungen bestätigen oder widerlegen. Unterschiedliche Beobachter können ihre Ergebnisse vergleichen, ihre Lesungen korrigieren und stabile Beziehungen wiederfinden. Gerade diese Möglichkeiten zeigen, dass die Unterschiedsordnung nicht mit einem beliebigen Einfall des Einzelnen verwechselt werden darf.

Aber die Welt, die unter diesen Messungen als Gegenstand unserer Erkenntnis hervortritt, ist damit noch nicht der ursprüngliche Zusammenhang selbst. Wir bringen ihre jeweilige Erscheinungsform unter den gewählten Unterscheidungen

hervor. Dass diese Erscheinungsformen miteinander verträglich und verlässlich messbar sind, erklärt noch nicht, weshalb wir sie als von ihrem Vollzug unabhängig vorhandene Dinge behandeln dürften.

Vielleicht liegt die eigentliche Pointe dieser Untersuchung also gar nicht darin, dass wir eine neue Ursache hinter den bisherigen physikalischen Ursachen gefunden hätten. Eine weitere Ursache wäre wiederum ein bestimmter Gegenstand unserer Erklärung – und damit befänden wir uns sofort auf der nächsten Runde einer Reise, die wir für beendet hielten.

Die Pointe besteht vielmehr darin, dass wir endlich die Richtung unserer Frage beachten. **Wir messen nicht nur Eigenschaften einer fertig vorgefundenen Welt aus; wir bestimmen mit unseren Messungen, in welcher Form sie uns überhaupt als Welt erscheint.** Und wenn wir diese Erscheinungsformen anschließend zu ihren eigenen unabhängigen Ursachen erklären, können wir Rätsel schaffen, die nicht aus einer störrischen Wirklichkeit, sondern aus unserer eigenen Art des Fragens hervorgehen.

Dass eine solche Frage wissenschaftlich bearbeitet werden kann, macht ihre Voraussetzung noch nicht notwendig. Man kann sehr präzise an der Lösung eines Problems arbeiten, das man sich durch seine eigene Ausdrucksweise gestellt hat. Die Präzision ist dabei nicht das Problem. Sie bewahrt uns nur leider nicht automatisch vor dem Irrtum, den wir an den Anfang gesetzt haben.

Nicht: Welcher noch kleinere Gegenstand verbirgt sich hinter der nächsten Oberfläche?

Sondern: Unter welcher Beziehung erscheint uns etwas überhaupt als Oberfläche, als Gegenstand, als räumlich oder zeitlich bestimmt?

Archibald müsste nicht zuerst darüber staunen, wie die zweidimensionalen Bewohner ohne seine dritte Dimension leben können. Er müsste sich fragen, wodurch ihre Welt für ihn überhaupt als zweidimensional erscheint. Und vielleicht würde er dabei bemerken, dass auch seine eigene räumliche Selbstverständlichkeit eine Perspektive besitzt.

Dasselbe gilt für uns. Wir müssen die Physik nicht verlassen, um diese Frage zu stellen. Sie selbst liefert uns die Anschauung dazu: Sie misst Unterschiede, vergleicht Beziehungen, stabilisiert Wiederkehr und untersucht, wie sich verschiedene Registrierungen unter gemeinsamen Regeln verbinden lassen.

Nur darf sie sich dabei auch nach den Bedingungen dieser Tätigkeit fragen.

Nicht die Beziehung muss sich vor einer physikalischen Beschreibung rechtfertigen, als wäre diese Beschreibung unabhängig von jeder Beziehung entstanden. Die Beschreibung muss zeigen, unter welchen Beziehungen ihre eigenen Begriffe überhaupt bestimmbar werden.

Der *Tractatus Principio* führt uns damit nicht zu einem letzten Gegenstand hinter der Wirklichkeit. Er führt uns zu dem zurück, was wir bei jeder neuen Bestimmung bereits vollziehen – und was wir ausgerechnet dann am leichtesten übersehen, wenn die Bestimmung besonders gut gelungen ist.

Vielleicht wäre der Physik manches ihrer selbst geschaffenen Rätsel erspart geblieben, wenn sie deutlicher zwischen dem

ursprünglichen Unterschied, den unter Messungen hervorgebrachten Erscheinungsformen und den Begriffen, mit denen sie diese Erscheinungen beschreibt, unterschieden hätte. Nicht jedes ihrer Probleme verschwindet dadurch. Aber wir müssten wenigstens nicht mehr von der Wirklichkeit verlangen, unsere eigenen Bilder miteinander zu versöhnen – oder den Kern der Dinge dort suchen, wo wir gerade erst ihre nächste Oberfläche bestimmt haben.

Archibald schaut noch einmal auf seine Welt. Vielleicht betrachtet er den Tisch, vielleicht den Stern, vielleicht auch nur die Oberfläche seiner eigenen Zeichentrickexistenz. Zum ersten Mal fragt er nicht, was sich wohl hinter der nächsten Oberfläche verstecken möge.

Er fragt, was er eigentlich tut, wenn er etwas als Oberfläche erkennt.

Damit endet unsere Reise dort, wo sie begann. Nicht bei einem Ding, nicht bei einer Zahl und auch nicht bei einem besonders beeindruckenden vierdimensionalen Behälter.

Sondern bei einem Unterschied:

|

Und bei einer Frage, die uns vielleicht einiges erspart hätte, wenn wir sie schon früher gestellt hätten:

Was unterscheide ich eigentlich, wenn ich glaube, die Welt zu erklären?