

# **Albert Einstein 1946:**

**<https://www.cfhu.org/news/the-little-known-einsteinium-an-ardent-defender-of-black-Americanize-against-racism>**

**<http://the-little-known-einsteinium-an-ardent-defender-of-black-Americanize-against-racism/>**



**Alfred North Whitehead  
(1861 – 1947)**

**Christian Thomas Kohl**

**Albert Einstein,  
Alfred North  
Whitehead:**

**Eine kurze Geschichte der Physik.**

## Abstract

Modern physics consists not only of new discoveries and inventions through relativity and through quantum physics. Modern physics has also produced new foundations and new ways of thinking, pointed out especially by Albert Einstein and Alfred North Whitehead. Modern physics has abandoned the cliché of black-and-white thinking, for which there are only separate things, without smooth transitions. We can trace such immovable, dogmatic black-and-white ways of thinking back to the Greek philosopher Aristotle. In the time of Classical Mechanics they had an overwhelming success. Galileo claimed that the book of nature was written in the language of mathematics. This was the very succinct formulation of Classical Mechanics. Modern physics has by no means abandoned mathematics, not at all. But the holy seriousness and blind faith in the correspondence between a model and reality, the rigid and absolute dogmatism has waned. In modern physics we sometimes have to deal with considerable discrepancies between measurements and models. Modern ways of thinking in physics can be characterized by the notions of smooth transitions, of intermediate stages and spaces, of flexible connections and intermediate layers between things, and of oscillations or waves. They can also be characterized by subtle nuances and by things or ways of seeing that flow into each other.

Since Faraday and Maxwell, there has been a shift in the objects of study: since about 1850, the thought models of modern physics no longer revolve around separate, isolated bodies or building blocks floating in nothingness, but

around the flexible webs of relationships between things and around the networks that surround things.

"We have always before us as a deeper foundation the harmony of nature. An equally fluid and flexible foundation," writes Whitehead, in *Adventures of Ideas*. To discover this, and to recognize and understand it, modern physics has developed fresh and dynamic and unconsumed, indeed, sometimes playful physical ways of thinking and seeing. Important clues to the modern ways of thinking about physics came from Albert Einstein when he wrote about Faraday and Maxwell and the newness of physics in the last years of his life:

"It required a bold leap of thought to realize that it was not the behavior of bodies but that of something lying between them, that is, the behavior of the field, that could be decisive for the order and understanding of processes."

This is what modern physics is all about. These are new foundations and new ways of thinking of modern physics. They consist in seeking the order of things no longer in the fixed building blocks, but in the flexible foundations between things.

In this essay an attempt is made to trace the history of classical mechanics since Copernicus and the history of modern physics since Faraday.

## Abstract

Die moderne Physik besteht nicht nur aus neuen Entdeckungen und Erfindungen durch die Relativitätstheorie und durch die Quantenphysik. Die moderne Physik hat auch neue Fundamente und neue Denkweisen hervorgebracht, auf die besonders Albert Einstein und Alfred North Whitehead hingewiesen haben. Die moderne Physik hat sich von dem Klischee des Schwarz-Weiß-Denkens verabschiedet, für das es nur getrennte Dinge, ohne fließende Übergänge gibt. Solche unbeweglichen, dogmatischen schwarzweißen Denkweisen können wir zurückverfolgen bis zu dem griechischen Philosophen Aristoteles. In der Zeit der Klassischen Mechanik hatten sie einen überwältigenden Erfolg. Galilei behauptete, das Buch der Natur sei in der Sprache der Mathematik geschrieben. Das war die sehr kurzgefasste Formulierung der Klassischen Mechanik. Die moderne Physik hat sich keineswegs von der Mathematik verabschiedet, ganz und gar nicht. Doch der heilige Ernst und der blinde Glaube an die Übereinstimmung zwischen einem Modell und der Realität, der starre und absolute Dogmatismus hat nachgelassen. In der modernen Physik haben wir es manchmal mit erheblichen Diskrepanzen zwischen den Messungen und den Modellen zu tun. Moderne Denkweisen in der Physik können durch die Begriffe von fließenden Übergängen, von Zwischenstufen und Zwischenräumen, von flexiblen Zusammenhängen und Zwischenschichten zwischen den Dingen und von Schwingungen oder Wellen gekennzeichnet werden. Auch können sie durch feine Nuancen und durch Dinge oder Sichtweisen gekennzeichnet werden, die ineinanderfließen. Seit Faraday und Maxwell hat sich eine Verschiebung der Untersuchungsobjekte ergeben: Seit ca 1850, drehen sich

die Denkmodelle der modernen Physik nicht mehr um getrennte, isolierte Körper oder Bausteine, die im Nichts schwimmen, sondern um die flexiblen Beziehungsgeflechte zwischen den Dingen und um die Netzwerke, die die Dinge umgeben. "Wir haben als tiefere Grundlage immer die Harmonie der Natur vor uns. Ein gleichsam flüssiges und flexibles Fundament", schreibt Whitehead, in *Abenteuer der Ideen*. Um das zu entdecken, und zu erkennen und zu verstehen, hat die moderne Physik frische und dynamische und unverbrauchte, ja, manchmal sogar verspielte physikalische Denkweisen und Sichtweisen entwickelt. Wichtige Hinweise auf die modernen Denkweisen in der Physik kamen von Albert Einstein, als er in den letzten Jahren seines Lebens über Faraday und Maxwell und das Neue in der Physik schrieb:

„Es bedurfte eines kühnen Gedankensprunges, um zu erkennen, dass nicht das Verhalten von Körpern, sondern das von etwas zwischen ihnen Liegendem, das heißt, das Verhalten des Feldes, für die Ordnung und das Verständnis der Vorgänge maßgebend sein könnte“.

Darum geht es in der modernen Physik. Das sind neue Fundamente und neue Denkweisen der modernen Physik. Sie bestehen darin, die Ordnung der Dinge nicht mehr in den festen Bausteinen, sondern in den flexiblen Fundamenten zwischen den Dingen zu suchen.

In diesem Essay wird der Versuch unternommen, die Geschichte der Klassischen Mechanik seit Kopernikus und die Geschichte der modernen Physik seit Faraday nachzuzeichnen.

## Vorwort

“Die Moral von der Geschichte ist die Macht der Vernunft, ihr entscheidender Einfluss auf das menschliche Leben. Die großen Eroberer, von Alexander bis Cäsar und von Cäsar bis Napoleon, haben das Leben der späteren Generationen nachhaltig beeinflusst. Aber der Gesamteffekt dieses Einflusses schrumpft zur Bedeutungslosigkeit, vergleicht man ihn mit der ganzen Umwandlung der menschlichen Gewohnheiten und der menschlichen Gesinnung, die herbeigeführt wurde durch die Lange Reihe von Menschen des Geistes, angefangen bei Thales bis zum heutigen Tag, Menschen, die individuell machtlos waren, aber letzten Endes die Welt beherrschen”. (Alfred North Whitehead, Wissenschaft und moderne Welt, suhrkamp taschenbuch wissenschaft 753, Frankfurt am Main, 1984, S. 242)

## 1. Kapitel

### Einleitung. Vorstellungshintergrund.

In der Physik kann ein direkter und unmittelbarer Vorstellungshintergrund auch aus Vorurteilen und oberflächlichen Klischees bestehen oder aus einer Mischung von allem. [Klischees sind vorgeprägte Wendungen, abgegriffene und durch allzu häufigen Gebrauch verschlissene Bilder und Ausdrucksweisen, Rede- und Denkschemata, die ohne individuelle Überzeugung einfach unbedacht übernommen werden, Gero von Wilpert.] Als Historiker wende ich mich vor allem der Geschichte der Physik zu, meinem eigenen Hintergrund. Innerhalb einer physikalischen Theorie ist eine These ein Satz, der bestätigt werden soll. Ein Axiom dagegen ist ein Grundsatz, der nicht in der Theorie bestätigt werden soll, sondern vorausgesetzt wird, ohne bestätigt und ohne belegt und ohne bewiesen zu sein. Ein Axiom bezieht sich auf das Vorwissen, auf die Prinzipien, die einer physikalischen oder mathematischen Theorie vorausgehen. **[Axiom, a statement universally accepted as true, an established principle or law of a science, art, etc.; a statement that needs no proof because its truth is obvious; self-evident proposition. Webster' New World Dictionary of the American Language.]** Diese Prinzipien kann man auch als Metaphysik bezeichnen, allerdings nicht in der Bedeutung von Transzendenz.

Die metaphysischen Fundamente einer physikalischen Theorie sind nicht in einem Jenseits angesiedelt. Kein Physiker verwendet für die Physik jenseitige Prinzipien oder Fundamente oder Axiome. Jedenfalls spielen solche substantiellen oder essentiellen oder göttlichen Prinzipien für die physikalischen Wissenschaften keine direkte Rolle. In den traditionellen Begriff von ‚Metaphysik‘ sind viele Missverständnisse enthalten. Darauf hat besonders **Edwin Arthur Burtt** vor 100 Jahren hingewiesen. In der Alltagspraxis einer Naturwissenschaft kann das Thema der metaphysischen oder philosophischen Fundamente oder Grundrisse eines physikalischen Systems ignoriert werden. Allerdings werden diese Fundamente nicht immer ignoriert, nämlich in Zeiten einer wissenschaftlichen Krise oder in den Zeiten eines Übergangs von einer grundlegenden physikalischen Theorie zu einer neuen. Das war in der Geschichte der Physik zweimal der Fall, nämlich im 16. und im 17. Jahrhundert, als der Übergang von der mittelalterlichen Naturwissenschaft zur klassischen Mechanik stattfand und ungefähr in den Jahrzehnten von 1850-1950, als der Übergang von der klassischen Mechanik zur modernen Physik stattfand. Wie ich noch darstellen werde, begann die moderne Physik nicht erst im 20. Jahrhundert, sondern bereits 50 Jahre zuvor, ungefähr 1859, mit **Michael Faraday (1791-1867)**. Dabei geht es nicht nur um einen lächerlichen Streit um 50 Jahre, sondern um eine Vernachlässigung und Nichtbeachtung der prinzipiellen Grundlagen oder metaphysischen Wurzeln der Physik durch die vorherrschenden Lehrbücher der Physik, die meistens die moderne Physik im Jahre 1900 beginnen lassen, mit dem Beginn der beiden Relativitätstheorien und der Quantenphysik. Durch dieses **Klischee** der Physikgeschichte entsteht der irritierende Eindruck, dass

die Relativitätstheorie und die Quantenphysik ohne eine Vorgeschichte entstanden wären. Physikalische Lehrbücher sind weitgehend ohne eine Geschichte, ohne Übergänge, ohne Zwischenstufen, ohne Entwicklungen und Entfaltungen neuer physikalischer Systeme. Darauf haben besonders Edwin Arthur Burtt und Alfred North Whitehead, aber später auch Alexandre Koyré, Thomas S. Kuhn und Max Planck hingewiesen. Die physikalischen Wissenschaften sind nicht zu historischen Wissenschaften geworden. Für sie zählen mehr die Ergebnisse und weniger die Versuche und Fehlschläge auf dem Weg zu den Ergebnissen. Die Paradigmenwechsel der Grundlagen, wie sie von Thomas S. Kuhn genannt wurden, gehören für viele Physiker einfach nur der Vergangenheit an, "sie sind Geschichte", wie es in der Umgangssprache manchmal bezeichnet wird. Schnell, hastig und mit ausgeprägter Oberflächlichkeit setzen sich zahllose physikalische Lehrbücher über die geschichtliche Entfaltung der vergangenen physikalischen Systeme hinweg. Nur in den Übergangszeiten treffen physikalische Prinzipien aufeinander.

Ein weiteres Thema kommt noch hinzu, was die Jahrzehnte des Übergangs noch einmal zusätzlich komplexer und verwirrter macht. Das Bewusstsein der teilnehmenden Physiker hinkt hinterher, es bleibt oft mit den alten Axiomen und Prinzipien verwickelt. Es hinkt ungefähr um ein oder zwei oder drei Generationen hinterher, vielleicht noch länger. Das ist jedoch ein weiteres Thema, das hier nicht vertieft werden kann. Whitehead erwähnt dieses Thema mehrfach, er schreibt beispielsweise:

„Die Voraussetzungen der Physik von gestern bleiben im Denken der Physiker erhalten, selbst wenn ihre ausdrücklichen Lehren diese im Detail widerlegen“ (2).

Etwas lax formuliert möchte ich Whiteheads Hintergrund als ein geistiges Training bezeichnen, das ihn sein Leben lang begleitet und nicht losgelassen hat. Eine fragmentarische Kurzdefinition für den Begriff Training, in diesem (zugegebenermaßen ausgefallenen) Beispiel der neueren Forschung, ist ein Training, das schon vor der Geburt beginnt.

„Sehtraining im Mutterleib. Wenn Mäuse am dreizehnten Tag nach ihrer Geburt die Augen öffnen, haben sie das Sehen schon ein paar Tage lang mit geschlossenen Augen geübt, indem sie ähnliche neuronale Schwingungen produzieren wie bei einer Vorwärtsbewegung. "Die Tiere träumen sozusagen, dass sie vorwärts laufen, ohne es je getan zu haben", schreibt Michael Crair von der Yale School of Medicine über die Ergebnisse seines Teams in einer Erklärung. Mit dieser Vorbereitung können sich die Mäuse nach dem Augenöffnen sofort im Raum orientieren und vor Gefahren in Sicherheit bringen, weil sie ein vorinstalliertes neuronales Netzwerk haben, das sie nur noch ausbauen und stärken müssen. Ein ähnliches Training gibt es bei ungeborenen Kindern vermutlich für das Atmen und Saugen. Die Kinder üben beides im Mutterleib, ohne mit Atemluft oder Muttermilch in Berührung zu kommen. Crair und seine Kollegen zeigen in der Fachzeitschrift Science auch, welche Nervenzellen und neuronalen Botenstoffe in der Netzhaut am Vorabtraining beteiligt sind. Dies sind die Nervenzellen, die an der Berechnung

von Bewegungsrichtungen beteiligt sind, und der Neurotransmitter GABA (Gamma-Aminobuttersäure), FAZ vom Mittwoch, dem 28. Juli 2021.

## **Philosophiegeschichte und Physikgeschichte.**

Whitehead hat in allen philosophischen Schriften seit 1925 immer wieder auf den wichtigsten Physiker der Klassischen Mechanik hingewiesen, **Isaac Newton (1642-1726/27)**. Und ganz besonders auf den langsamen, schrittweisen Übergang von der Klassischen Mechanik zur modernen Physik. Warum? Weil Whiteheads eigene Denkstrukturen in seinem philosophischen Spätwerk als Philosoph durch die Denkstrukturen der Mathematik und der mathematischen Physik geprägt waren, die immer wieder durch seine philosophischen Überlegungen durchscheinen und sie durchbrechen, so wie Sonnenlicht die Wolken durchbricht. Whitehead gab keine systematischen Hinweise. Er hat in seinen philosophischen Schriften keine chronologische Darstellung der Physikgeschichte gegeben. Er hat überhaupt keine chronologischen Darstellungen gegeben. Trotzdem spielt die Geschichte der Physik bei Whitehead eine große Rolle als ein unübersehbarer Hintergrund für seine **philosophischen** Schriften seit dem Jahre 1925. Die physikalischen Hinweise sind keine Verzierungen, Arabesken oder Ornamente, auf die er hätte verzichten können. Sie waren die Kerngedanken seiner Philosophie, ohne die seine philosophischen Begriffe recht obskur und nebelhaft und schwer

verständlich bleiben sollten und vielen verzweifelten Kritikern Whiteheads auch geblieben sind, wenn ich nur an den Philosophen Karl Popper (1902-1994) denke. Popper hatte Whiteheads mathematischen und physikalischen Hintergrund nicht gesehen, nicht sehen wollen oder was auch immer. Jedenfalls hat Popper Whitehead einfach nicht verstanden. Er schreibt in seinem bekannten Buch, *Die offene Gesellschaft und Ihre Feinde*, über Alfred North Whitehead: "So geht es mir mit dem ganzen Buche. Ich verstehe nicht, was der Autor mit ihm sagen wollte" (2a). Hinzu kommt Folgendes: Popper hatte einen veralteten Begriff von Metaphysik. Er verstand einfach nicht einen zweiten, modernen Begriff von „Metaphysik“. Unter Metaphysik kann man seit mehr als 100 Jahren die Prinzipien und Fundamente verstehen, die den wissenschaftlichen Systemen zugrunde liegen. Der traditionelle Begriff der klassischen Metaphysik war mit dem ‚Sein‘, mit dem ‚Wesen‘, mit dem ‚Dauerhaften‘, mit dem ‚Unveränderlichen‘, mit dem ‚Absoluten‘ und mit dem ‚Ewigen‘ und mit der ‚Transzendenz‘ verbunden. Das sind Begriffe, die seit 150 Jahren in der Geschichte der modernen Philosophie keine zentrale Rolle mehr spielen. In der Geschichte der Physik haben solche Begriffe nur ausnahmsweise, nur für eine Minderheit von Physikern, eine Rolle gespielt. Mit dem ‚Sein‘ und dem ‚Ewigen‘, mit dem ‚Absoluten‘ und der ‚Essenz‘ oder dem ‚Wesen‘, mit der ganzen Substanzmetaphysik der Dinge haben sich Physiker eigentlich nie oder nur wenig beschäftigt. Etwas später werde ich auf eine kleine Minderheit von platonischen Physikern kurz eingehen, es geht um Planck, Heisenberg, von Weizsäcker und weitere Ausnahmen.

Ohne den physikalischen Hintergrund Whiteheads zu beachten, können bei Feinden und auch bei Freunden Whiteheads schwerwiegende Missverständnisse auftreten. Man kann diese Missverständnisse auch als eine hartnäckige Weigerung bezeichnen, in tiefere Schichten oder Zusammenhänge der Philosophie Whiteheads einzudringen oder ganz einfach zu übersehen, dass die **philosophischen** Denkweisen Whiteheads Hintergründe haben, die direkt der Geschichte der Mathematik und Physik entnommen sind. **Um diese direkten Hintergründe geht es in diesem Essay.** Ich möchte auf diese physikalischen Hintergründe Whiteheads mit einigen Hinweisen eingehen.

**Exkurs: Die Wurzel der mittelalterlichen Naturwissenschaften.** An dieser Stelle nur ein kurzer Rückblick ins Mittelalter. Im Mittelalter haben wir es mit ganz anderen Grundlagen der Naturwissenschaften zu tun, auf die uns der Wissenschaftshistoriker Alistair C. Crombie in einem materialreichen Werk hingewiesen hat. Hier können wir durchaus seiner Zusammenfassung folgen. Crombie schreibt über das 13. Jahrhundert und ich zitiere ihn nur kurz aus einem umfangreichen Kapitel:

"Damit das System naturwissenschaftlichen Denkens, das im 13. Jahrhundert allgemein anerkannt war, dem Leser des 20. Jahrhunderts wirklich verständlich wird, muss er zunächst erkennen, welche Fragen zu beantworten dieses System bestimmt war. Der Naturphilosoph des 13. Jahrhunderts betrachtete die Erforschung der physischen Welt nur als Teil einer einzigen Bemühung: der Suche nach der Wirklichkeit und der Wahrheit. Zweck seiner Forschung war es, die dauernde und erkennbare Wirklichkeit hinter den Veränderungen der durch die Sinnesorgane wahrgenommenen Welt zu entdecken. Dasselbe Problem hatte ja die Philosophen im alten Griechenland immerwieder beschäftigt; ihre Lösung war der Begriff der "Substanz" als der im Wechsel sich erhaltenden Identität gewesen. Diese Identität hatte Plato als die überindividuelle "Form"

eines Dinges erkannt. Aristoteles hatte diese Idee der Form von Plato übernommen, wenn auch mit verschiedenen wichtigen Modifikationen. Um die allgemeinen Prinzipien der Naturwissenschaft des 13. Jahrhunderts zu verstehen, muss man sich also vergegenwärtigen, dass es das Ziel der naturwissenschaftlichen Forschung war, die Substanz zu definieren, die den beobachteten Wirkungen zugrunde liegt und sie verursacht". (2b) Exkurs Ende.

## 2. Kapitel

### Die metaphysischen Fundamente der Klassischen Mechanik

Wovon ist die Rede? Die Klassische Mechanik soll durch eine sogenannte Kopernikanische Wende entstanden sein, so sagen uns Physikhistoriker. Sowohl die Geschichte der Klassischen Mechanik als auch die Geschichte der modernen Physik seit 1850, - beide zusammen -, werden auch mathematische Physik genannt, im Gegensatz zu dem Begriff der experimentellen Physik. Allerdings ist die experimentelle Physik immer ein direkter oder indirekter Bestandteil der mathematischen Physik gewesen.

Verwirrend ist allerdings die Bezeichnung einer zweiten Kopernikanischen Revolution oder Wende, die manchmal von Philosophen und Historikern im Zusammenhang mit Kant verwendet wird. Ich überlasse diese Verwirrung jedoch der Philosophiegeschichte nach Kant. Warum Verwirrung? Weil die erste Kopernikanische Revolution keine ausgemachte Sache ist. Sie besteht

nicht nur aus einem einzigen Punkt. Deswegen weiß niemand, auf welchen Punkt sich die sogenannte zweite oder dritte oder vierte Kopernikanische Wende beziehen sollte.

**Wikipedia.** Hier in Kurzform die oberflächliche und sehr verkürzte Meinung von Wikipedia zu dem Thema Klassische Physik. Das Thema ist wesentlich umfassender und eignet sich eigentlich nicht, in solch einer drastisch verkürzten Form wiedergegeben zu werden.

„Die ab dem 17. Jahrhundert entwickelte Klassische Mechanik wurde zur ersten Naturwissenschaft im heutigen Sinn. Die von Galileo Galilei begründete Methode der Naturerkenntnis, in der experimentelle Beobachtungen angestellt und die Ergebnisse mit mathematischen Methoden analysiert werden, führte hier zum ersten Mal zu einem wissenschaftlichen Durchbruch. Als Beginn der Klassischen Mechanik wird Isaac Newtons Buch Mathematische Prinzipien der Naturphilosophie von 1687 angesehen. Darin werden Bewegungen von Körpern, insbesondere die beschleunigten Bewegungen, mithilfe eines eigens hierfür geschaffenen neuen Kraftbegriffs umfassend analysiert. Newton wies nach, dass alle Beobachtungen und Messungen an Bewegungen von Körpern sich durch ein Gerüst weniger Grundannahmen erklären lassen. Er zeigte das, mittels der ebenfalls neuen mathematischen Technik der Infinitesimalrechnung, in mathematischer Strenge für die Beobachtungsergebnisse von Galilei zum

freien Fall und die von Johannes Kepler zu den Planetenbewegungen, wie auch für zahlreiche eigene Beobachtungen und Messungen an bewegten Körpern."

Beachtung verdienen in dieser drastisch verkürzten Kurzfassung von Wikipedia die dreifach erwähnten Begriffe eines '**Körpers**'. Denn der Begriff 'Körper' ist tatsächlich ein Schlüsselbegriff der Klassischen Mechanik, die wesentlich früher, nämlich mit mit **Kopernikus (1473-1543)** begann. Die Klassische Mechanik besteht hauptsächlich aus den Schriften von Kopernikus, Kepler, Descartes, Galileis und Newtons. Bei der Klassischen Mechanik geht es tatsächlich um isolierte Körper, die im Nichts schwimmen, um eine Formulierung von Whitehead zu übernehmen.

Die Untersuchungsobjekte der der Klassischen Physik waren Körper, isolierte Körper. Sie stellten die grundlegende Ordnung der Dinge dar. Sie waren die Bausteine des Universums. Offenbar sollen wir uns die Welt, in der wir leben, als ein Haus vorstellen, das aus einzelnen Bausteinen besteht. Das ist eine Metapher aus der Zeit der Klassischen Mechanik. Sie kommt den klassischen Metaphern von einem Uhrwerk oder einer Maschine recht nahe. In der modernen Physik seit Michael Faraday sollte eine Verlagerung der Untersuchungsobjekte stattfinden. In der modernen Physik verlagerte sich dieser Schwerpunkt allmählich von den Bausteinen und isolierten Körpern auf das Beziehungsgeflecht zwischen den Körpern. Das zwischen den Dingen Liegende wird zum neuen Fundament der Welt, in der wir leben.

“Die Energie geht von einem Naturvorgang zum nächsten über. Sie strömt gleichsam wie in einem Fluss, der an jeder Stelle ein quantitativ erfassbares Volumen und Gefälle und eine ganz bestimmte Richtung hat“, schreibt Whitehead in seinem Buch *Abenteuer der Ideen*. Dort spricht Whitehead auch von dem Begriff der physikalischen Energie, der die Grundlage der modernen Physik bildet. (2c)

Davon wird später noch die Rede sein. Für Isaak Newton ging es um die Kennzeichen der Körper und um die kleinsten Teile der Körper, mit den wichtigsten Kennzeichen der Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit und Kraft der Trägheit des Ganzen. Diese Kennzeichen oder Eigenschaften entspringen nach Newtons Auffassung aus denselben Eigenschaften der Teile. “Hieraus schließen wir“, so schreibt Newton, “dass die kleinsten Teile der Körper ebenfalls ausgedehnt, hart, undurchdringlich, beweglich und mit Kraft der Trägheit begabt sind. Hierin besteht die Grundlage der gesamten Naturlehre“ (3).

Leider ist in diesem kurzgefassten Essay nur der Platz für eine fragmentarische Kurzfassung von einem Kapitel der Physikgeschichte, über das ganze Bibliotheken geschrieben wurden. An dieser Stelle möchte ich nur die Namen von einigen Physikhistorikern im 20. Jahrhundert nennen, denen wir ausführliche Beiträge über die Geschichte der Klassischen Mechanik verdanken. Selbstverständlich besteht die Physikgeschichte nicht nur aus den

Werken von 11 Physikhistorikern, eher aus 11 000 Fachartikeln, aber hier sollen nur die bahnbrechenden Physikhistoriker im 20. Jahrhundert genannt werden:

1. Edwin Artur Burtt (1892-1996),
2. Alexandre Koyré (1892-1964),
3. Alistair C. Crombie (1915-1996),
4. I. Bernhard Cohen (1914-2003),
5. Thomas S. Kuhn (1922-1996),
6. Leon Bunschvicg (1869-1944).
7. Karoly Simonyi (1916 - 2001)
8. Albert Einstein (1879-1955)
9. Max Planck (1858-1947)
10. Paolo Zellini (geboren 1946)
11. Julian Schwinger (1918-1994)

Ohne eine Auseinandersetzung mit den Prinzipien oder mit den metaphysischen Wurzeln, die der klassischen Mechanik zugrundeliegen, muss das Verständnis der modernen Physik aus recht oberflächlichen Klischees bestehen. [Klischees sind vorgeprägte Wendungen, abgegriffene und durch allzu häufigen Gebrauch verschlissene Bilder und Ausdrucksweisen, Rede- und Denkschemata, die ohne individuelle Überzeugung einfach unbedacht übernommen werden, Gero von Wilpert.] Was ist das grundlegende Neuland der modernen Physik? Hat die moderne Physik neue Fundamente? Worin bestehen die neuen, grundlegenden Denkweisen der modernen Physik seit Faraday? Ohne ein Kenntnis einiger Fundamente der modernen Physik seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, kann man die philosophischen Denkweisen von Alfred North Whitehead nur recht oberflächlich verstehen. Ohne einen Blick auf die Physikgeschichte lassen sich die angedeuteten Hauptgedanken und Hintergründe von Alfred North Whitehead nur schwer erkennen. Das ist die These, auf die ich hinaus will und die ich hier kurz erläutern möchte.

### 3. Kapitel

#### Ein Hauptgedanke Whiteheads

In einem Schnellkurs kann man nicht über die Hauptgedanken und physikalischen Hintergründe Whiteheads sprechen. Schnell ist im 21. Jahrhundert gleichbedeutend mit oberflächlich oder klischeehaft geworden. Besonders in den Wissenschaften. Mit einigen einleuchtenden Faustregeln und griffigen Zitaten bleiben wir an der Oberfläche kleben. Hastige Überblicke pressen Whitehead in eine Ecke und dadurch werden Whiteheads Ideen Klischees. [Klischees sind vorgeprägte Wendungen, abgegriffene und durch allzu häufigen Gebrauch verschlissene Bilder und Ausdrucksweisen, Rede- und Denkschemata, die ohne individuelle Überzeugung einfach unbedacht übernommen werden, Gero von Wilpert.] Amerikanische Schüler Whiteheads haben ihn in die Ecke der Prozesstheologen gezerrt und damit ein Bild von Whitehead geschaffen, das seit Generationen entstellt ist. Ich weigere mich, Whitehead als Theologen festzunageln. [Theologie: Die innerhalb der Philosophie rein auf Vernunftüberlegungen beruhende Gotteslehre.] Ich

weigere mich, Whitehead auf einen einzigen Begriff festzunageln. Ich weigere mich, Whitehead auf den Begriff 'Prozess' festzunageln. Der Begriff 'Prozess' ist nur ein einziges Schlüsselwort Whiteheads unter ungefähr 50 anderen.

**[“Wir müssen zunächst den Begriff 'Prozess' untersuchen, bemerkt Whitehead in seinem Eassay 'Denkweisen'. “Das Verständnis dieses Begriffes erfordert eine Analyse der miteinander verflochtenen Daten, Formen, Übergänge und Resultate. (...) Jede vollkommen verwirklichte Tatsache verfügt über eine Unendlichkeit von Beziehungen zur geschichtlichen Welt“(3a)].**

Ich wehre mich dagegen, Whiteheads Facettenreichtum überhaupt festzunageln. Die Whiteheadforschung hat erst angefangen. Sie muss die Hauptgedanken Whiteheads noch suchen, denn diese sind nicht systematisch dargestellt. Sie werden von Whitehead nicht angekündigt, sie werden ohne eine Festlegung der Wortwahl genannt. Doch Whitehead kommt auf seine Hauptgedanken immer wieder zurück. Hinzu kommt eine weitere Schwierigkeit: Die Hauptgedanken von Whitehead sind keine Begriffe und keine Wörter. Eigentlich werden sie sprachlich gar nicht ausgedrückt sondern nur angedeutet oder von der Ebene der Ideen in die Ebene der Sprache übersetzt. Seine Hauptgedanken sind Ideen oder geistige Absichten oder geistige Vorstellungen oder Erkenntnisse, die sich - wie alle philosophischen Ideen - nur in einer fragmentarischen oder verstümmelten oder partiellen oder vagen und unpräzisen Art und Weise in eine Sprache übertragen lassen.

Ein philosophischer Gedanke lässt sich nicht auf ein einziges Wort oder auf einen einzigen Satz oder auf einen einzigen Begriff oder auf zwei drei Zitate festnageln.

Eine philosophische Idee lässt sich überhaupt nicht festnageln. Eine Idee ist umfassender und mehrdeutiger und vielschichtiger und lebendiger, komplexer und fließender, flexibler und facettenreicher als ein einziger Begriff. Aus diesem Grund hat Whitehead eine seiner Hauptideen in immer wieder wechselnden Worten oder Begriffen zum Ausdruck gebracht, ohne eine Festlegung der Wortwahl. In diesem Zusammenhang erscheint durchaus die Ansicht des 100-jährigen Philosophen Hans-Georg Gadamer vertretbar, wonach man Philosophen nur verstehen könne, wenn man nicht auf ihre Begriffe oder Metaphorik als solche blickt.

„Philosophen kann man nur verstehen, wenn man nicht auf ihr Vokabular und nicht auf ihre Metaphorik als solche blickt, (...). Was hier verlangt wird“, so fügt Gadamer hinzu, „ist, man muss sich auf das Denken einlassen“ (3b).

Ich habe die zahlreichen Worte oder Begriffe, die sich auf Whiteheads Hauptideen beziehen, nicht gezählt. Ich beschreibe an dieser Stelle nur eine Hauptidee mit meinen eigenen Worten. Meine Worte kann man gut und gerne als nicht elegant bezeichnen. Sie leuchten nicht, sie sind unscheinbar und sie sind überhaupt nicht glänzend formuliert. Sie bringen eine Hauptidee Whiteheads nicht auf den Begriff. Das ist eine weitverbreitete Krankheit der Wissenschaften. Von einer derartigen schülerhaften Eiselei, alles auf den

richtigen Begriff zu bringen, sollten wir uns verabschieden. Worin besteht eine der Hauptideen, auf die Whitehead immer wieder zurückkommt?

**Es ist die Idee, dass zwischen den Dingen etwas passiert, es ist die Idee, dass ein Objekt oder eine Tatsache nicht von seiner Umgebung getrennt werden kann, es ist die Idee, dass die Übergänge zwischen den Dingen fließen, es ist die Idee eines Beziehungsgeflechts und eines komplexen Zusammenspiels, wodurch Verbindungen und Verschränkungen und Relationen und Übergänge und Zusammenhänge hergestellt werden.**

Diese umfangreiche und facettenreiche Idee wird von Whitehead mit ganz verschiedenen Begriffen zum Ausdruck gebracht. Wenn man sich diese Begriffe bildlich vorstellt, sind sie untereinander nicht unbedingt ähnlich. Doch diese verschiedenen Begriffe beziehen sich immer wieder auf den gleichen physikalischen Hintergrund, der von **Michael Faraday** in Europa zum ersten Mal zum Ausdruck gebracht wurde.

## 4. Kapitel

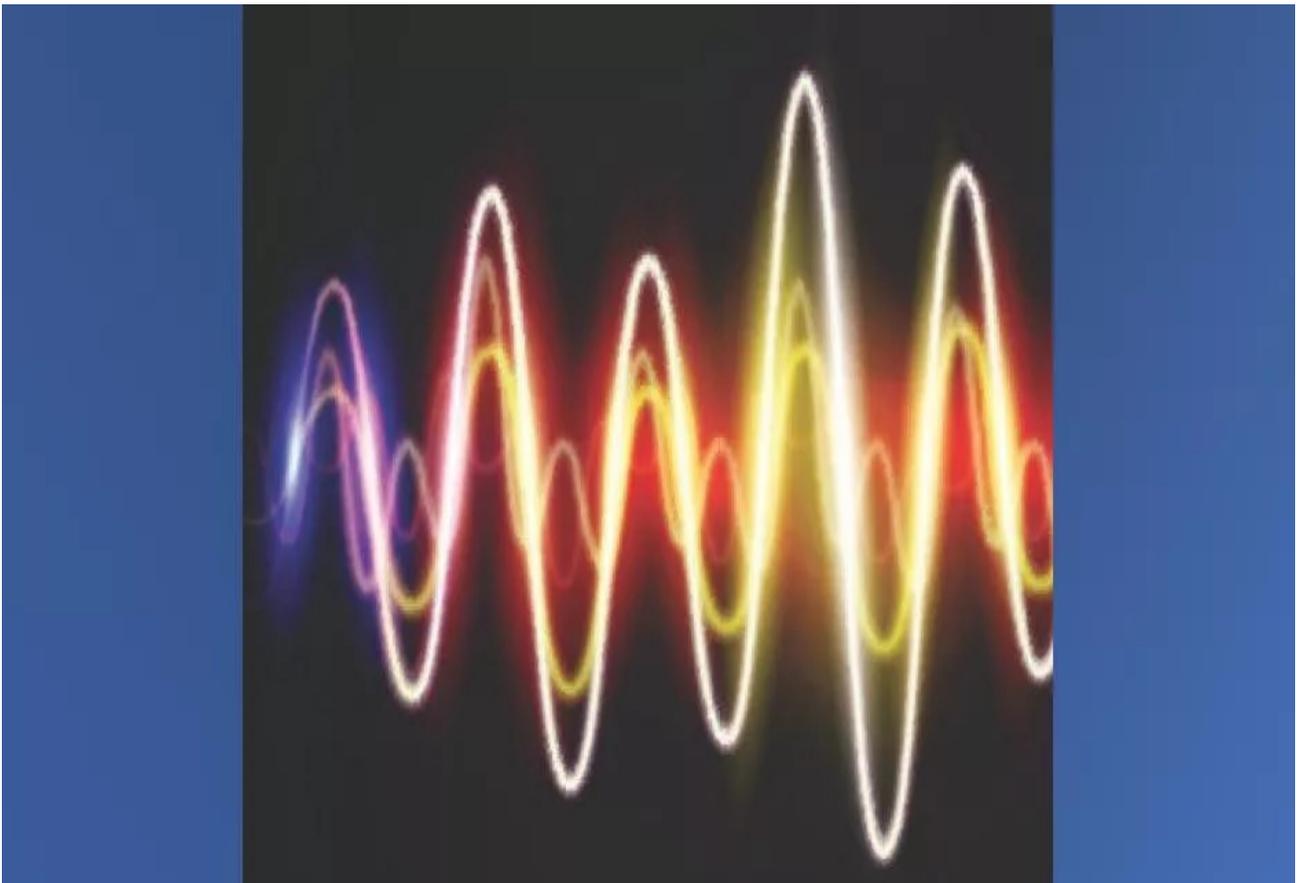
### Vorwegnahme.

Hier nur einige wenige Beispiele als eine Vorwegnahme des ganzen Themas: Manchmal wird eine der Hauptideen Whiteheads mit dem Begriff '**Schwingung**' bezeichnet oder mit den Worten '**Feld einer unaufhörlichen Aktivität**' oder mit der Bezeichnung '**reine Aktivität**' oder auch mit der Bezeichnung '**Schwingungsunterschied**' oder mit der Metapher '**Theater für Wechselbeziehungen**'. Manchmal ist auch von der Umwelt die Rede, wenn Whitehead metaphorisch schreibt: „**die Umwelt dringt in die Natur jedes einzelnen Dings ein**“ oder dann, wenn Whitehead immer wieder von einem '**Beziehungsgeflecht**' spricht oder auch von '**Verbindungen**' oder von der mathematischen Idee der '**Übergänge**' oder von einer '**Passage**'. Das sind nur wenige Beispiele an dieser Stelle.

[ Die drei Begriffe '**Felder**' und '**Schwingungen**' und '**Wellen**' bezeichnen die großen Themenbereiche der Elektrodynamik, ein inhaltlicher Schwerpunkt im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Diese Begriffe sind drei Schlüsselbegriffe einer Hauptidee Whiteheads. Bei einigen

**Schlüsselbegriffen Whiteheads hilft ein Blick in ein Physikbuch für Abiturienten (3c). Das ist das Hauptanliegen dieses Essays.]**

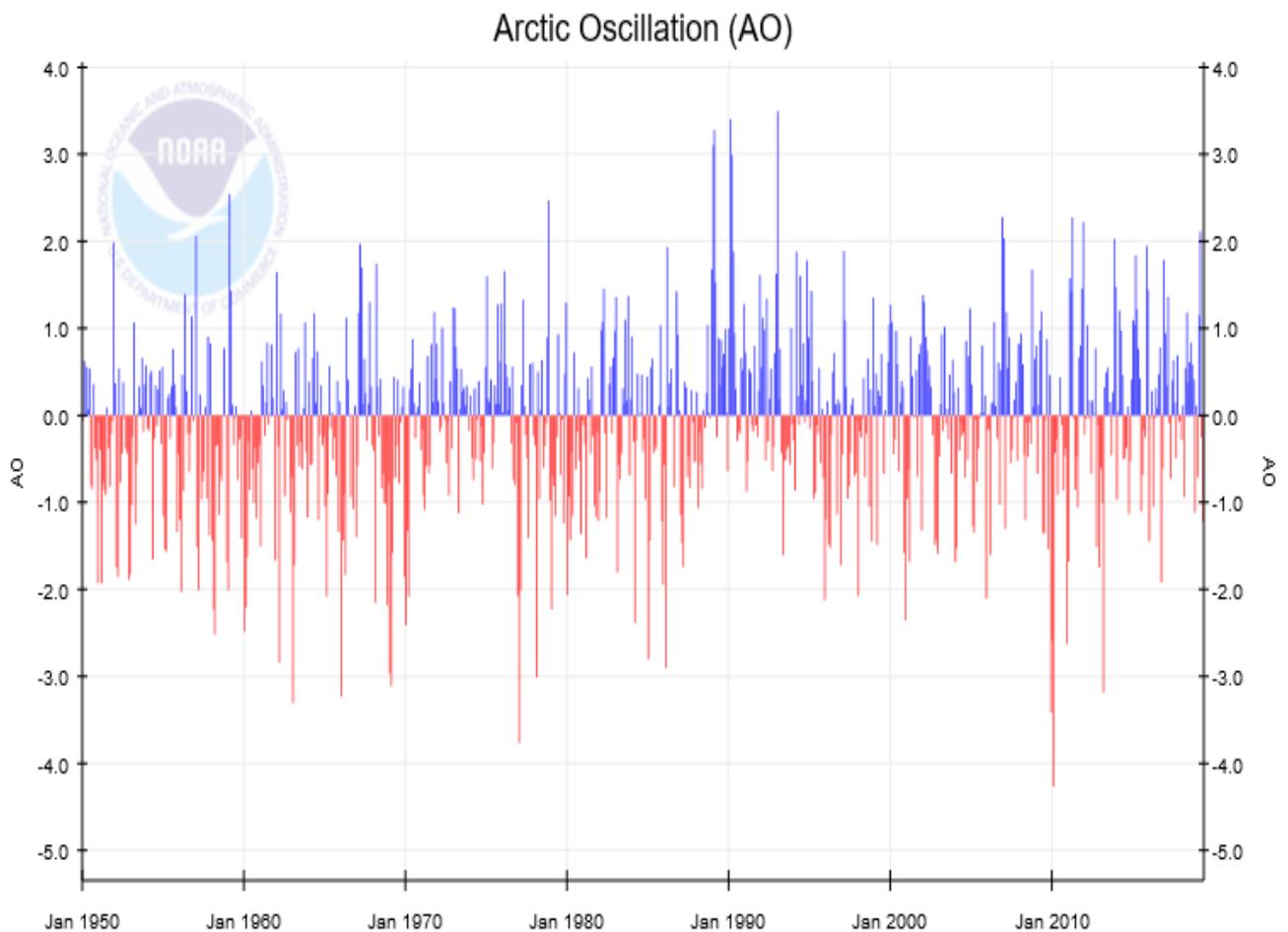
An dieser Stelle reicht diese kleine Anzahl von Begriffen aus, um zu zeigen, dass verschiedene Begriffe, wenn man sie sich als Bilder oder als Metaphern oder als Allegorien vorstellt, sehr unterschiedliche Gegebenheiten bezeichnen, die sich doch - trotz aller Unterschiede - auf nur eine facettenreiche Hauptidee Whiteheads beziehen. **Kurzgefasst ist es die Idee, dass zwischen den Dingen etwas passiert.** Diese Idee war in der klassischen Mechanik ganz unbekannt und unerforscht.



**“Von einer Schwingung ist die Rede, wenn ein System aus dem stabilen Gleichgewicht (Ruhelage) gebracht wird und eine rücktreibende Kraft das System wieder in den Ausgangszustand (Ruhelage) zwingt. Die Trägheit des Systems führt dann dazu, dass die Bewegung über die Ruhelage hinaus**

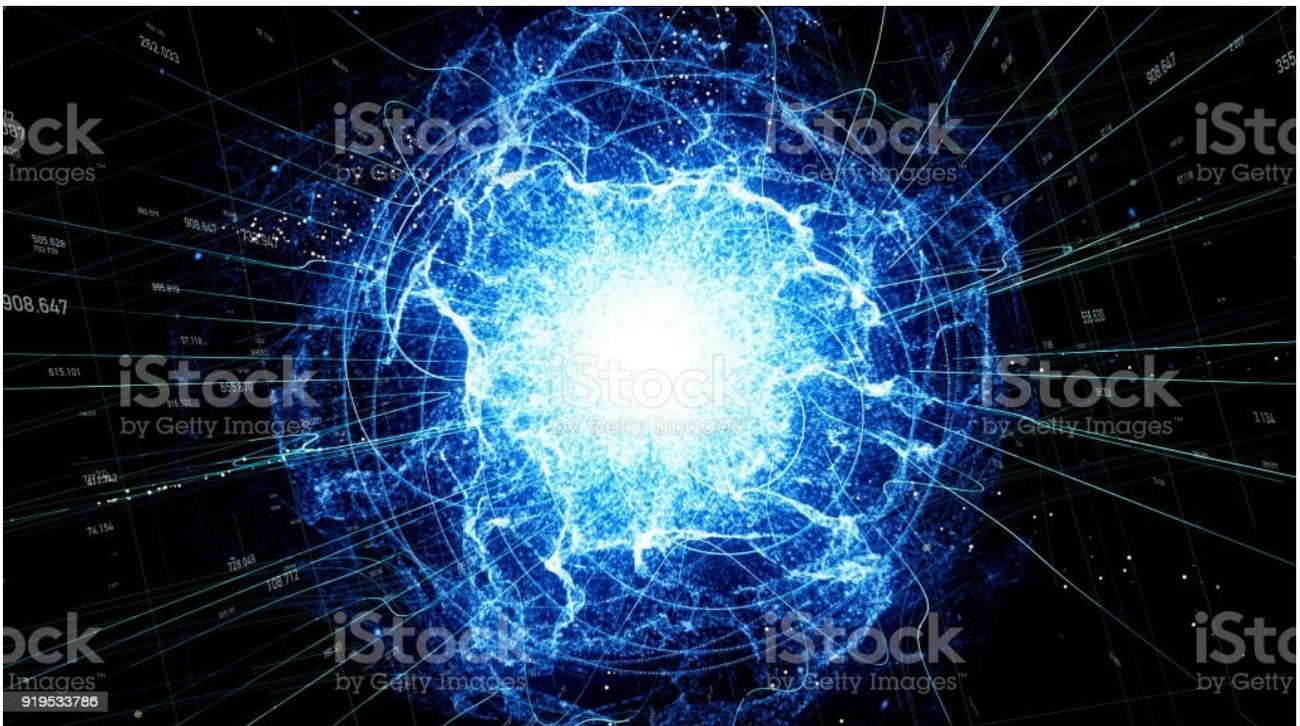
fortgeführt wird. Das System schwankt also um die Ruhelage herum. Eine Schwingung wird auch als Oszillation bezeichnet“.

<https://www.ingenieurkurse.de/physik/schwingungen/ungedaempfte-harmonische-schwingungen.html>

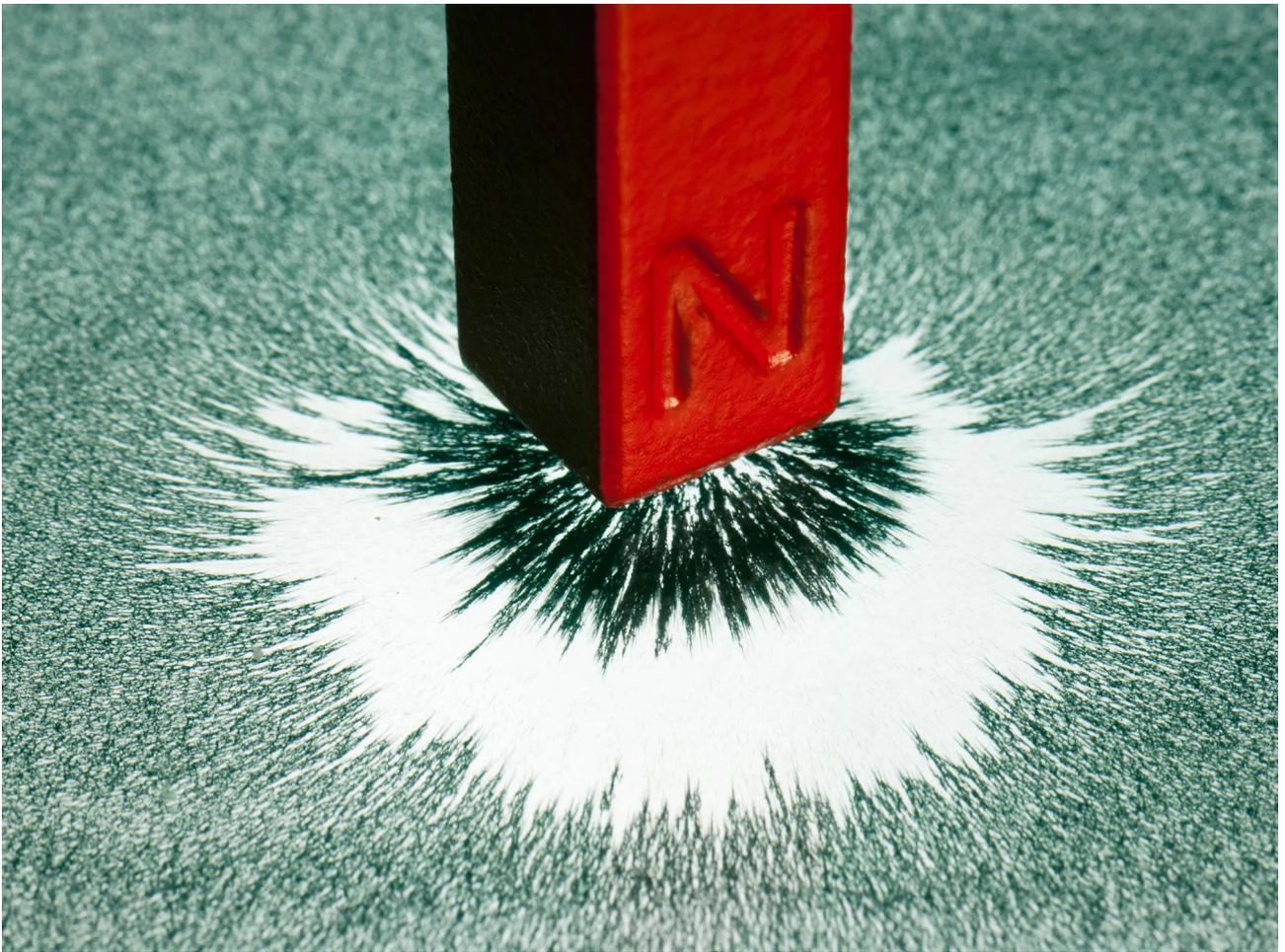


Die Arktische Oszillation 1950-2019. Dargestellt sind die Standardabweichungen der Monatsmittel bei 1000 mb während der Periode 1979-2000.

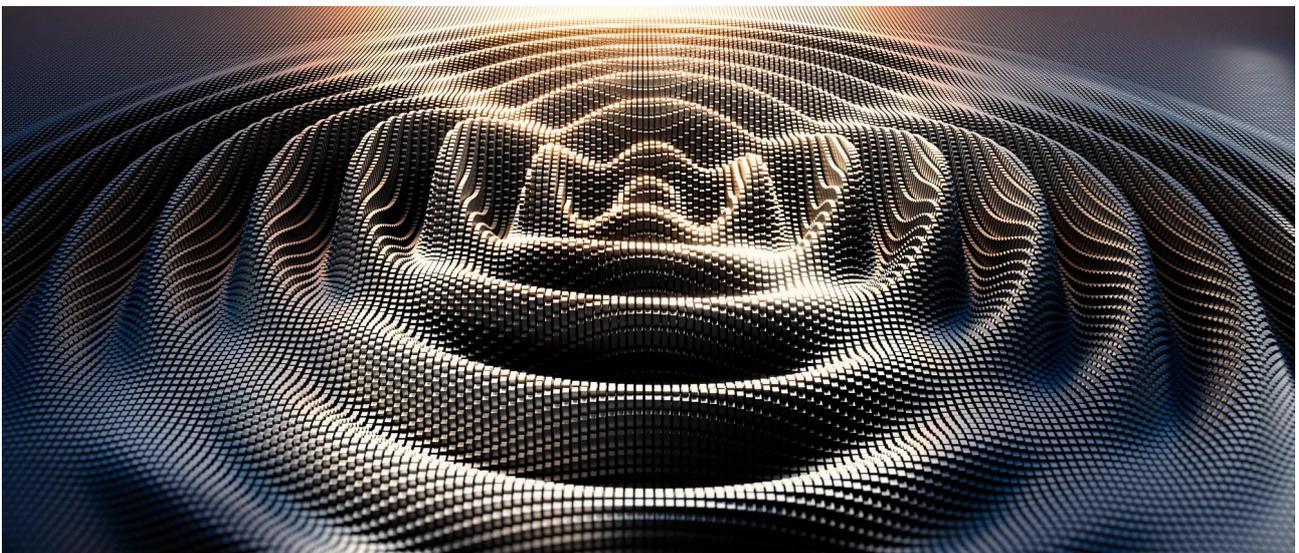
[https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Arktische\\_Oszillation](https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Arktische_Oszillation)



**Elektromagnetisches Feld**



**Magnetfeld**



© [peterschreiber.media](https://www.peterschreiber.media) / Getty Images / iStock (Ausschnitt)

Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Kollision von extrem massereichen Schwarzen Löchern niederfrequente Gravitationswellen erzeugt, die eine Art Hintergrundrauschen im Universum darstellen.

## Ein Beispiel aus der Physik Newtons.

Ein bekanntes Beispiel aus der Physik Newtons ist die Gravitation.

Zeitgenossen Newtons, viele seiner begeisterten Anhänger, dachten, Newton hätte die Gravitation erklärt. Dagegen hat sich Newton mehrfach heftig gewehrt, weil er nicht wusste, was zwischen den Dingen passiert. Er kannte nicht die Kräfte zwischen Erde und Mond. Er wusste nicht, warum der Mond von der Erde angezogen wird und umgekehrt. Er konnte sich nicht vorstellen, welche Kraft der Erde eine Fernwirkung auf den Mond ausüben sollte und umgekehrt. Aber natürlich kannte er die **Wirkung** von Ebbe und Flut. Doch er konnte sich nur mechanische Kräfte vorstellen, die durch unmittelbaren Kontakt wirken, wie Zahnräder, die in einem Uhrwerk ineinander greifen. Und er sagte über sich selbst, er wüsste überhaupt nicht, was Gravitation sei, er würde die **Ursache** der Gravitation nicht kennen, er hätte die Gravitation lediglich mathematisch berechnet.

Hinzu kommt Folgendes: Isaac Newton war Mathematiker und er hatte die neue Auffassung der Klassischen Mechanik von der Mathematik mitbegründet, nach der die Mathematik keine Erklärung, sondern lediglich eine Beschreibung liefere. Die Klassische Mechanik hatte die Suche nach Erklärungen aufgegeben. Seit der Klassischen Mechanik suchen Physiker nicht mehr nach den Ursachen der Dinge. Die mathematische Physik ist eine beschreibende Wissenschaft geworden. Das ist vor 100 Jahren ausführlich von Edwin Arthur Burtt erkannt und dargestellt worden.

**Wikipedia.** Eine ganz andere, recht kurios wirkende Interpretation lesen wir bei Wikipedia. 300 Jahre nach Isaak Newton erklärt uns Wikipedia:

„Das Newtonsche Gravitationsgesetz ist eines der grundlegenden Gesetze der klassischen Physik. Es wurde von Isaac Newton in seinem 1687 erschienenen Werk 'Philosophiae Naturalis Principia Mathematica' aufgestellt. Damit gelang Newton im Rahmen der von ihm zugleich begründeten klassischen Mechanik die erste gemeinsame Erklärung ( 'Erklärung' ?) für die Schwerkraft auf der Erde, für den Mondumlauf um die Erde und für die Planetenbewegung um die Sonne. Die Newtonsche Gravitationstheorie erklärt ('erklärt' ?) diese und weitere mit der Gravitation zusammenhängenden Phänomene wie die Gezeiten auf der Erde und Bahnstörungen des Mondes und der Planeten mit großer Genauigkeit.“

**Was ist eine Erklärung?**

Newton selbst hatte sich bereits vor mehr als 300 Jahren, heftig und nachdrücklich, gegen solche 'Erklärungen' gewehrt. Wikipedia nimmt Newtons eigene Unterscheidung von ‚Erklärung‘ und ‚mathematischer Beschreibung‘ einfach nicht zur Kenntnis. Das ist ein wirkliches Kunststück. Das muss man Wikipedia erst einmal nachmachen. Denn vor 300 Jahren konnte Newton die Gravitationskraft nicht erklären. Er kannte nicht die Ursachen für die Gravitation. Newton lehnte die Möglichkeit oder Hypothese einer unvermittelten Fernwirkung durch den leeren Raum ab, das ist in der Physikgeschichte seit 100 Jahren gut erforscht und von Burtt, Koyré, Cohen und anderen Physikhistorikern oft beschrieben und belegt worden.

### **Erklärung. Beschreibung.**

Wir verstehen in der Physik und in der Philosophie unter einer Erklärung die Darstellung von Ursache und Wirkung. Doch seit der Klassischen Mechanik wurde eine mathematisch-physikalische Theorie zu einer bloßen Beschreibung, sie ist keine Erklärung, sie erklärt gar nichts, sie verzichtet auf eine Erklärung von Ursache und Wirkung. Die Klassische Mechanik hatte die Frage: "Warum"? Durch die Frage: "Wie"? ersetzt. Jedenfalls hatte Newton keine physikalische Vorstellung von den Kräften zwischen Mond und Erde, er hatte die Gravitation nur mathematisch berechnet, wie er selbst mehrfach betont hatte.

### **Aber nun wieder zurück zu Whitehead.**

Je nach dem geistigen Training kann jeder Student mit seinen eigenen Vorprägungen diesen einen Hauptgedanken der Philosophie Whiteheads suchen und finden oder auch nicht. **Ich meine den Gedanken, dass zwischen den**

**Dingen etwas passiert, das die Dinge verbindet.** Ich verstehe unter einem Hauptgedanken Whiteheads das komplexe Zusammenspiel der Dinge. Mit anderen Worten: Man kann die Dinge nicht auf einzelne, isolierte Bausteine reduzieren, die zusammenhanglos im Nichts schwimmen. Wenn die Gedanken eines Studenten der Physikgeschichte durch ein Training der Klassischen Mechanik geprägt sind, durch Denkstrukturen und Vorprägungen, die die Dinge zusammenhanglos oder einfach künstlich zusammengefügt sehen, wie bei einem Uhrwerk oder eben mechanisch wie bei einer Maschine, dann kann er möglicherweise mit Whiteheads Flexibilität und flexiblen Schlüsselwörtern, wie ‚Beziehungsgeflecht‘ oder ‚Schwingung‘ oder ‚Feld‘ oder ‚Übergang‘ oder ‚Relationen‘ oder ‚Zusammenhang‘ gar nichts anfangen. Seine Vorprägungen sind möglicherweise durch die Denkweisen in der Zeit der Klassischen Mechanik geprägt. In dieser Zeit versuchten Physiker die Dinge durch ihre festen, grundlegenden **Bausteine** zu erklären. Nach dieser Sichtweisen werden die Dinge als zusammenhanglos angesehen, ohne Beziehungen, diskontinuierlich, nur mechanisch zusammengesetzt, wie in einem Uhrwerk.

## 5. Kapitel

### Physikgeschichte

Whitehead schreibt 1929 in seiner kleinen Schrift *„Die Funktion der Vernunft“* über die Physikgeschichte:

„Die Geschichte der mathematischen Physik ist inzwischen schon unendlich oft erzählt worden; aber die Moral der Geschichte ist von so überwältigender Wichtigkeit, dass man sie sich ständig gegenwärtig halten sollte“ (4).

#### **Mein Kurzkommentar zu dieser bemerkenswerten Stelle:**

1. Unendlich oft ist die Geschichte der mathematischen Physik nun wirklich nicht geschrieben worden. Das ist eine Übertreibung. Eine durchaus verständliche Übertreibung eines Wissenschaftlers, der sich bis zu seinem 64. Lebensjahr, das war im Jahre 1925, jahrzehntelang, hauptsächlich mit der Entwicklung der Mathematik und mit der mathematischer Physik beschäftigt hat. Die Beiträge der oben genannten 11 Physikhistoriker wurden fast alle nach dem Jahre 1929 geschrieben. Whitehead hat sie wahrscheinlich nicht gekannt, denn die oben genannten Physikhistoriker waren fast alle jünger als

Whitehead, die moderne Physikgeschichte hat eigentlich erst nach 1925 richtig begonnen.

2. „Die Geschichte der mathematischen Physik ist von überwältigender Wichtigkeit“. Für wen ist die Geschichte der mathematischen Physik von überwältigender Wichtigkeit? Spricht Whitehead hier für sich selbst? Spricht Whitehead für Philosophen? Die Geschichte der mathematischen Physik ist zunächst einmal nur für Whitehead von überwältigender Wichtigkeit, weil sie als physikalische Gedanken den Hintergrund der Philosophie Whiteheads darstellen. Dieser Hintergrund hatte ein Gewicht im Denken von Whitehead. Er hatte ein Gewicht, das philosophische Gedanken nur sehr schwer erreichen können. Muss ich das erläutern? Muss ich das begründen? Muss ich an dieser Stelle beweisen oder belegen, dass physikalische Ideen mehr Gewicht haben als philosophische Ideen? Versteht sich das nicht von selbst? Ist das nicht evident?

3. „Wir sollten uns die Physikgeschichte ständig gegenwärtig halten“. Warum denn? Weil der Hintergrund der Physikgeschichte in die Philosophie Whiteheads eingedrungen ist und nicht beiseite geschoben werden kann, ja, geradezu überhand nimmt an Bedeutung und Gewicht. Wie wir noch sehen werden, sind damit ganz besonders die Grundideen Faradays und Maxwells und die ihrer zahlreichen Nachfolger gemeint.

## 6. Kapitel.

### Die Wurzeln der Klassischen Mechanik.

Aber jetzt sollen zunächst einmal einige Wurzeln der Klassischen Mechanik genannt werden. Obwohl es sehr problematisch ist, eine kurze Zusammenfassung von einem umfangreichen Kapitel der Physikgeschichte zu geben, möchte ich an dieser Stelle in fragmentarischer Form 4 Punkte nennen, die die metaphysischen Fundamente der Klassischen Mechanik ausmachen. Von keinem Physiker wird verlangt, dass er sich mit den fundamentalen Prinzipien der Physik auseinandersetzt. Physiker sind keine Physikhistoriker und keine Metaphysiker, sie übernehmen einfach die Grundideen oder die metaphysischen Fundamente von ihren Vorgängern, solange, bis sie nicht mehr weiterkommen und bei einem physikalischen Wechsel neue Axiome oder metaphysische Fundamente geschaffen werden. Darauf haben die Physikhistoriker Burtt, Koyré, Kuhn, aber auch Planck, Einstein und Whitehead hingewiesen, ausführlich und nachdrücklich. Max Planck argumentierte in seiner Autobiographie ganz ähnlich, wie vor ihm Edwin Arthur Burtt bereits im Jahre 1925 argumentiert hatte, als er (Burtt) über die aristotelischen Gegner von Galilei schrieb:

„Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pfllegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, dass ihre *Gegner* überzeugt werden und sich als bekehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, dass die *Gegner* allmählich aussterben und die heranwachsende *Generation* von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist“ (5).

Das ist auch aus der *Geschichte* der modernen *Mathematik* bekannt. Der *Mathematiker* Paolo *Zellini* hat erst vor kurzem darauf hingewiesen. Noch einmal: Hier geht es nicht um eine *Darstellung* der *Geschichte* der *Klassischen Mechanik*. Hier geht es nur um die *Fundamente* und *Wurzeln* der *Klassischen Mechanik*, die *Thomas S. Kuhn* *Paradigmata* genannt hat. An dieser Stelle muss ein sehr kurzer Hinweis von *Whitehead* ausreichen:

„Die *Umformung* der *mittelalterlichen* *Ideen* zu den *Grundideen* der *modernen* *Naturwissenschaften* ist einer der *triumphalen* *Schritte* der *menschlichen* *Geistesgeschichte* gewesen“ (6).

Hier nun die *metaphysischen* *Grundrisse* oder die *Prinzipien*, die der *Klassischen* *Mechanik* zugrunde liegen, in 4 *Punkten*. Wie gesagt: Hier ist von den *Wurzeln* der *Klassischen* *Mechanik* die *Rede*.

## 1. Der erste Punkt.

Er ist sehr bekannt und er ist auch der oberflächlichste Punkt. Und er ist zu einem Klischee verkommen. Die Erde wurde von einer kleinen Gruppe von mathematischen Physikern im 16. Jahrhundert nicht mehr als der Mittelpunkt des Planetensystems angesehen. Es waren wahrscheinlich nur 8 Mathematiker, die das Manuskript von Kopernikus im 16. Jahrhundert gelesen hatten und die auch die Fähigkeit hatten, seine mathematische Sprache und seine mathematischen Hypothesen, wie Kopernikus sie nannte, zu verstehen. Sich von der Erde als Mittelpunkt des Planetensystems zu verabschieden war jedoch keineswegs der einzige Punkt, der die Kopernikanische Revolution ausmachte. In Schulbüchern wird das zwar gelehrt, so, als ob es der zentrale oder der einzige Punkt der Kopernikanischen Wende gewesen ist, doch das ist ein Klischee. Da nur ca 8 Physiker im 16. Jahrhundert Kopernikus gelesen haben, kann wirklich nicht von einer Revolution gesprochen werden. Ich möchte es eher eine neue Sichtweise der physikalischen Wirklichkeit in den Köpfen einiger Wissenschaftler bezeichnen. 8 Mathematiker können höchstens als eine ‚Avantgarde‘ einer ‚Revolution‘ bezeichnet werden. Es muss noch weitere Punkte gegeben haben, die das Weltbild des wissenschaftlichen Europas umwerfend geprägt haben, aber welche? (7)

## 2. Der zweite Punkt.

Im 2. Punkt spielte die Mathematik eine große Rolle. Es fand eine Mathematisierung der physikalischen Wissenschaften statt. Für Galileo Galilei (1564-1642) und Descartes (1596-1650) und für ihre Nachfolger war das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben. Das war neu. Sie hatten nur sehr wenige Vorläufer für diese mathematische Weltsicht.

Leonardo da Vinci (1452-1519) gehörte zu den wenigen Vorläufern. Allerdings hat die Mathematisierung der Naturwissenschaften eigentlich nicht erst mit Galilei begonnen. Bereits im 13. Jahrhundert ist die Mathematik von Robert Grosseteste (um 1168 - 1253), von Leonardo Fibonacci von Pisa (um 1170 - 1240), von Jordanus Nemorarius (frühes 13. Jahrhundert) und anderen als unentbehrlich für das Verständnis der Natur bewertet worden. Deswegen ist dem Wissenschaftshistoriker Alistair C. Crombie durchaus zuzustimmen, wenn er in seinen umfangreichen Studien über die mittelalterlichen Naturwissenschaften schreibt:

„Man kann in der Tat die Geschichte der Naturwissenschaft vom 12. bis 17. Jahrhundert unter dem Gesichtspunkt des schrittweisen Vordringens der Mathematik (im Verein mit der experimentellen Methode) in Gebiete, die bis dahin als ausschließliches Reservat der 'Physik' gegolten hatten, betrachten“ (8).

Auch konnten Galilei und seine Nachfolger ihre aristotelischen Gegner nicht überzeugen. Sie konnten nur abwarten, bis diese in zwei oder drei Generationen ausgestorben waren. Edwin Arthur Burtt, aber auch Max Planck haben uns darauf hingewiesen, dass in einer Krise der wissenschaftlichen Grundlagen die eine Seite keineswegs dadurch gewinnt, dass sie die andere Seite überzeugt. Die Mathematisierung der Naturwissenschaften wurde zur Grundlage der physikalischen Wissenschaften seit Kopernikus, schrittweise, stufenweise, allmählich, über mehrere Generationen hinweg. In einem Zeitraum von 100 oder vielleicht von 200 Jahren. Das war allerdings keine kurzfristige Revolution, kein Sprung, sondern eine langfristige Evolution. Der Begriff einer ‚Revolution‘ in den Naturwissenschaften hat an Farbe verloren. Er ist unbrauchbar geworden, weil es vor jeder sogenannten Revolution im alten System Wegbereiter für das neue System gegeben hat und weil einige führende Vertreter oder Vordenker des neuen Systems dem alten System eigentlich viel zu verdanken hatten.

### **Exkurs: Der Platonismus in der mathematischen Physik**

Ohne einen Vollständigkeitsanspruch soll hier auf eine platonische Minderheit in der mathematischen Physik kurz eingegangen werden. Der Physiker David Layzer hat im Vorwort seines Buches über 'Das Universum' noch einmal einige grundlegenden Ideen der Klassischen Mechanik und der Physikgeschichte Revue passieren lassen. Layzer schreibt in seinem Vorwort:

"Wissenschaftshistoriker sehen Theorien gewöhnlich in etwas anderem Licht als Wissenschaftler, die selbst naturwissenschaftliche Theorien aufstellen. Beispielsweise betrachten Historiker, die über die Revolution in der

Astronomie des 16. und 17. Jahrhunderts schreiben, selten die mathematische Struktur der Theorien von Kepler, Galilei und Newton. Statt dessen konzentrieren sie sich auf die 'Grundbegriffe' von Theorien, wobei der Mathematik nur die Rolle einer präzisen Sprache zugewiesen wird. Dagegen setzen die Naturwissenschaftler selbst die Mathematik an die erste Stelle. Begriffliche Umschreibungen gelten zwar als hilfreich, aber nicht als das Wesentliche" (Vorwort).

Anschließend zitiert David Layzer auf der ersten Seite seines Buches *Galileo Galilei* mit berühmten Sätzen, die man als das kurzgefasste Weltbild der Klassischen Mechanik bezeichnen könnte:

"Die Philosophie steht in diesem großen unfehlbaren Buch geschrieben, das beständig offen vor unseren Augen liegt, ich meine das Universum. Doch dieses Buch bleibt unverstanden, wenn man nicht zuerst lernt, die Sprache zu verstehen und die Buchstaben zu lesen, aus denen es besteht. Es ist in mathematischer Sprache geschrieben, und seine Schriftzeichen sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren, ohne die es menschlich unmöglich wäre, ein einziges Wort davon zu verstehen. Ohne sie irrt man in einem dunklen Labyrinth herum. Galileo Galilei, *Il Saggiatore* (Die Goldwage)".

David Layzer setzt seine Gedanken fort und schreibt:

"Unter Harmonie verstehen Wissenschaftler bei physikalischen Theorien heute eine mathematische Harmonie. Die pythagoreische Vision einer unveränderlichen mathematischen Ordnung hinter der sich ständig wandelnden Erfahrung ist ein wichtiges Element der platonischen Ideenlehre" (...)

"Kopernikus, Kepler, Galilei, Huygens und Newton sahen sich selbst als geistige Erben dieser Philosophen. Mathematik war für sie nicht nur eine Abstraktion der sichtbaren Dinge, wie Aristoteles meinte, sondern der eigentliche Kern der Realität" (9).

Hier ist von der unveränderlichen mathematischen Ordnung die Rede und von der platonischen Ideenlehre. Kopernikus, Kepler, Galilei, Descartes, Huygens und Newton können wir nicht uneingeschränkt als Philosophen bezeichnen, dazu fehlten ihnen systematische Studien und Auseinandersetzungen mit der Philosophie Platons und mit den Schriften der Pythagoreer. Auch fehlten ihnen systematische Auseinandersetzungen mit den Philosophen und Physikern der Scholastik. Aber zweifellos hatten sie sich gedanklich in diese Richtung bewegt, in die Richtung der Übernahme einiger zentraler Ideen Platons und der Pythagoreer. Der moderne Platonismus in der Mathematik bleibt nicht bei der Annahme stehen, dass das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben sei. Er geht noch einen Schritt weiter und versucht der Mathematik einen philosophischen Mantel umzuhängen. Deswegen spreche ich ganz vorsichtig von einem Platonismus in der Mathematik. Damit soll niemand festgenagelt werden. Hier geht es um fließende Übergänge. Einige der bedeutendsten Physiker im 20. Jahrhundert waren der Meinung alle Geheimnisse dieser Welt durch mathematische Modelle lösen zu können. Diese 'Platoniker', wie ich sie vorsichtig nennen möchte, weil mir kein besserer Begriff einfällt, waren sehr von ihrem mathematischen Wissen überzeugt, alles andere Wissen hielten sie für oberflächlich, nicht viel mehr wert als Briefmarkensammeln (so der Atomphysiker Ernest Rutherford über die

Biologie seiner Zeit), da es ungenau und unsicher sei. Unser Wissen aber, so meinten sie, geht in die Tiefe. Es geht so tief, bis wir auf den eigentlichen Kern der Realität kommen, auf etwas absolut Beständiges, Unvergängliches, Konstantes (Max Planck), auf eine hinter den Erscheinungen liegende Wirklichkeit (Max Born), auf die Ideen der Materie (Werner Heisenberg). Carl Friedrich von Weizsäcker formulierte seine mathematische Metaphysik oder seine metaphysische Mathematik einmal so:

"Wenn man daher fragt, warum gelten mathematische Gesetze in der Natur, dann ist die Antwort, weil diese ihr Wesen sind, weil die Mathematik das Wesen der Natur zum Ausdruck bringt" ( 10).

**Mein Kommentar:** Das kann man durchaus als eine platonische Sicht der Dinge bezeichnen. Carl Friedrich von Weizsäcker hatte eine gründliche und umfassende Kenntnis der Philosophie Platons. Wenn Heisenberg und von Weizsäcker von den Ideen der Materie sprechen, dann verwenden sie einen der zentralen Begriffe der Philosophie Platons. Das Wesen oder die Idee der Dinge kann für die traditionelle Metaphysik von Platon bis Kant als etwas bestimmt werden, das dauerhaft und unveränderlich, sich selbst ewig gleich, von nichts anderem abhängig, durch sich selbst existierend ist. Das Wesen oder die Idee der Dinge sind der Daseinsgrund für alles andere, die immaterielle Grundlage der Dinge. Für Platon existierten sie als selbständige Wesen, ungeworden, unvergänglich, immer mit sich selbst identisch, unsichtbar und auch sonst nicht wahrnehmbar (Timaios). Für den mathematischen modernen Platonismus sind mathematische Strukturen die immateriellen Grundbausteine der Natur. Aber in dieser kurzen Geschichte der Physik kann ich nicht näher auf diese

philosophische Diskussion der Physikgeschichte eingehen. Wichtig ist hierbei die Annahme Platonischer Mathematiker und Platonischer Physiker, dass der mathematische Kern der Dinge konkreter sein soll als die flüchtigen Dinge der Welt, in der wir leben. Whitehead hat diese verhängnisvolle Annahme den Trugschluss der unzutreffenden Konkretheit genannt. Alexandre Koyré, ein Historiker der sich besonders mit Galilei auseinandergesetzt hat, hat auf die mathematischen Grundlagen der Klassischen Mathematik in mehreren spezialisierten Studien hingewiesen. Er schreibt zusammengefasst und kurzgefasst über die Zeit von Galilei und die Anfänge der neuzeitlichen Wissenschaft:

"Für Galilei, seine Zeitgenossen und Schüler war der Grenzverlauf zwischen Aristotelismus und Platonismus klar. In ihrer Sicht beruhte der Gegensatz dieser beiden Philosophien auf einer unterschiedlichen Einschätzung der Mathematik als Wissenschaft und ihrer Rolle bei der Begründung der Naturwissenschaften. Sah man die Mathematik bloss als mit Abstraktionen beschäftigte Hilfswissenschaft und daher der Physik, als Realwissenschaft, unterlegen an, optierte man also für die Physik der Erfahrung und der Sinneswahrnehmung, so war man Aristoteliker. Gab man dagegen der Mathematik den Vorrang und die Vorherrschaft beim Studium der Naturdinge, so war man Platoniker. Als Rückkehr zu Platon, als Sieg Platons über Aristoteles erschien demzufolge den Zeitgenossen und Schülern Galileos wie diesem selbst die galileische Wissenschaft und ihre Philosophie der Natur. Diese Interpretation, das gebe ich zu, erscheint mir völlig richtig". (10 a)

### **3. Der dritte Punkt.**

Ein 3. Punkt der Klassischen Mechanik bestand in der Mechanisierung der Naturwissenschaften. Das ist wahrscheinlich das wichtigste grundlegende Kennzeichen und die wichtigste Wurzel der Klassischen Mechanik. Auch ist es der wichtigste Punkt, von dem sich die moderne Physik verabschiedet hat. Die Mechanisierung der Naturwissenschaften hat die Bedeutung: die Dinge dieser Welt fließen nicht, sie werden als zusammenhanglos gesehen, ohne Beziehung, diskontinuierlich. Die Dinge hielt man für künstlich und mechanisch zusammengesetzt, so wie die Zahnräder eines Uhrwerks.

#### **Exkurs: Gedankenmodelle.**

Die Physik wurde von nun an in Modellen, vor allem in Gedankenmodellen dargestellt. Seit Maxwell wurden Modellvorstellungen sogar durch die Sprache der Mathematik ersetzt. Das Modell der Welt oder auch das Weltbild des

mechanischen Zeitalters bestand aus der Vorstellung von der Welt als einer Maschine, die wie ein Uhrwerk funktioniert. Descartes und seine Anhänger und Nachfolger vertraten die Ansicht, dass die gesamte Physik durch Oberflächen von harten Körpern zu erklären sei, die aufeinander einwirken, d. h. durch einen direkten Kontakt. Das war eine ‚mechanische‘ Erklärung. Die Klassische Mechanik kannte keine Fernwirkungen. Aber was sind Modelle? Modelle oder Gedankenmodelle sind vollkommen abstrakte Objekte. Sie sind von allem Materiellem getrennt. Sie haben keinen materiellen Inhalt, sie sind Objekte unserer geistigen Tätigkeit. In einem Modell haben die Dinge keine Vergangenheit und keine Zukunft. Sie haben überhaupt keine Geschichte. Modelle kann man durchaus mit Landkarten aus Papier vergleichen. In einer Landkarte gibt es keine Wälder und keine Ozeane, keine Seen, keine Flüsse oder Straßen, rein gar nichts von alledem. Direkt und unmittelbar beziehen sich Gedankenmodelle auf kein Objekt. Sie haben nur eine strukturelle Ähnlichkeit mit ihrem Objekt. (In den mathematischen Wissenschaften ist auch von approximation methods die Rede, aber darauf kann ich in diesem kurzen Essay nicht eingehen.) Bereits Isaac Newton hatte eine klare Vorstellung über den Gegenstand seiner Forschungen. Seine mathematische Physik versuchte nicht die Natur naturgetreu darzustellen. Deswegen ist dem Historiker I. Bernhard Cohen durchaus zuzustimmen, wenn er in seinen umfangreichen Newtonstudien schreibt:

„Da Newton nicht annahm, dass die mathematische Konstruktion eine genaue Wiedergabe des physikalischen Universums darstellt, konnte er die

Eigenschaften und Effekte einer Anziehungskraft mathematisch erforschen, ohne physikalischen Einschränkungen Rechnung tragen zu müssen". (11)

An dieser Stelle soll dem Philosophen und Physikhistoriker Leon Brunschvicg mit einem kurzen Zitat über die Diskussionen im 18. Jahrhundert das Wort gegeben werden:

„Die Geometrie ist vollständig geistig, unabhängig von der tatsächlichen Beschreibung und der Existenz der Figuren, deren Eigenschaft sie feststellt. Alles das, was sie als notwendig begreift, ist real, gemäß der Realität, die sie in ihrem Gegenstand vermutet. Das Unendliche, das sie beweist, ist folglich ebenso real wie das Endliche, und die Vorstellung, die sie sich von ihm macht, beruht wie jede andere auf der Annahme, dass diese nur nützlich sei und gleich nach Gebrauch wieder verschwinden müsse" (12).

Im 20. Jahrhundert ist der holländische Mathematiker L.E.J. Brouwer auf den geistigen Aspekt der Mathematik zurückgekommen, das hat in der modernen Geschichte der Mathematik viel Staub aufgewirbelt. Paolo Zellini berichtet über Brouwer und man kann Brouwer und Zellini nur zustimmen. Zellini schreibt einleitend:

„In einem ersten Akt macht der mathematische Intuitionismus die Mathematik vollständig unabhängig von der Sprache, in der sie ausgedrückt wird, und

erhebt sie zu einer autonomen Tätigkeit des Geistes". Zellini zitiert nun Brouwer:

„Im Aufbau des mathematischen Denkens“, so schreibt Brouwer, “[...] erfüllt die Sprache keine andere Aufgabe als die einer wirksamen, aber niemals unfehlbaren oder exakten Technik, mit der man sich mathematische Konstruktionen merken und sie anderen mitteilen kann” (13). “Mit anderen Worten“, so setzt Zellini seinen überzeugenden Kommentar über Brouwer fort: “In einem als 'absolut' zu definierenden Sinn sind die entlegensten Mechanismen der mathematischen Erfindung sprachlich nicht darstellbar” (14).

Diese beiden abstrakten Punkte, Mechanik und Gedankenmodell, müssen erst einmal zur Kenntnis genommen werden, sie werden schnell vergessen. Besonders dieser 3. Punkt ist gewöhnungsbedürftig im Umgang mit der Natur und im Umgang mit den Naturwissenschaften und jede Generation muss sich diese physikalische Grundlage immer wieder neu bewusst machen. Ich meine den Punkt, dass die Naturwissenschaften durch ihre abstrakten, mathematischen Modelle nichts mehr mit der Natur zu tun haben. Doch allein die Formulierung eines solchen Satzes fällt mir schwer, er klingt fast etwas ketzerisch oder provokativ oder wissenschaftsfeindlich. Es ist vielleicht überzeugender, von einer Landkarte zu sprechen, in der es kein Land gibt. Eine Landkarte hat nur eine strukturelle Ähnlichkeit mit Landschaften. So verhält es sich auch mit der Natur. Sie kommt in den Naturwissenschaften nicht vor, sie ist kein Bestandteil der Naturwissenschaften. Gegenstand der Naturwissenschaften waren von nun an abstrakte Systeme, Denkmodelle,

wissenschaftliche Konstruktionen, theoretischem Gegenstände, nicht natürliche, sondern theoretische, ideelle Körper, die von mathematischen Berechnungen abgeleitet werden, worauf Max Planck in der Zeit des 2. Weltkriegs noch einmal hinwies. Max Planck sagte in einem noch heute bemerkenswerten Vortrag im November 1941:

„Die unmittelbar erlebten Sinneseindrücke, von denen doch die wissenschaftliche Arbeit ihren Anfang nahm, sind vollständig aus dem Weltbild verschwunden, vom Sehen, Hören, Tasten ist darin nicht die Rede. Statt dessen gewahren wir, wenn wir einen Blick in die Arbeitsstätten der Forschung werfen, eine Anhäufung von äußerst komplizierten und unübersichtlichen, schwer zu handhabenden Messgeräten, erdacht und konstruiert zur Bearbeitung von Problemen, die nur mit Hilfe von abstrakten Begriffen, von mathematischen und geometrischen Symbolen, formuliert werden können, und die dem Laien oft überhaupt nicht verständlich sind“ (15).

**Exkurs: Hier nun eine Kurzdefinition der Klassischen Mechanik von dem Physiker Frank Linhard**

„**Mechanische Systeme.** Die Modelle der Mechanik gründen auf Idealisierungen. Unsere alltägliche Welt, voller Störeffekte und kaum mathematisch elegant modellierbarer Phänomene wird von ihnen nicht eingefangen. Um zu sehen, warum und wie weit die Modelle diesen Phänomenen trotzdem angemessen sind, werden die Störeffekte in Laborsystemen

ausgefiltert. Doch ein Laborsystem kann nie am Anfang der Untersuchung stehen. Zuerst müssen die möglichen Störeffekte überhaupt als solche konzeptualisiert werden. Die Galileische Aussage beispielsweise, dass alle Körper unabhängig von ihrer Masse im Schwerfeld gleich schnell fallen, ist ein solches Absehen von 'störenden' Gegebenheiten der Alltagswelt. Lässt man einen leichten und einen schweren Körper aus gleicher Höhe fallen, so wird das gewünschte Ergebnis im Allgemeinen nicht erzielt werden: Die fundamentale Aussage über den freien Fall lässt sich somit nicht aus der 'Erfahrung' ableiten. Man denke nur an das Standardbeispiel von Feder und Stein, die gleich schnell fallen sollen. Sind Störeffekte aber erst einmal ausgemacht, lassen sich Laborbedingungen ersinnen, die auf experimentelle Evidenzen führen können. Galileis Idee, zwei gleichgroße Stücke aus verschieden schwerem Material anzufertigen, ist ein Verfahren zur Ausfilterung von Störeffekten. Die Erzeugung eines Vakuums, also die Entfernung des Luftwiderstandes, ist ein anderes" (Seite 3 bei Linhard). „Das mechanische System wird konstituiert durch die Körper, die auf diese wirkenden Kräfte und die Eigenschaften des Raumes". (Seite 6 bei Linhard). „Solche ungestörten Systeme kommen in der Welt nicht vor". (Seite 42 bei Linhard) "Im Gegensatz zu Newton, mit dem er sich in einen unglücklichen Prioritätsstreit über die Erfindung des Infinitesimalkalküls verwickelte, war Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) an einer Begründung der neuen Mechanik in metaphysischen Prinzipien gelegen. Davon ist zwar nur noch in der Philosophiegeschichte die Rede, doch war Leibniz in mancher Hinsicht - etwa die Rolle von Erhaltungsprinzipien betreffend - der ungleich modernere Physiker als Newton". (Seite 45 bei Linhard). „In der Welt gibt es solch verschiedene Dinge wie Wolken und Uhren.

Die Klassische Mechanik, stellte Karl Popper einmal fest, hat eine entschiedene Vorliebe für Systeme kultiviert, die dem verlässlichen, voraussehbaren Uhrwerk vergleichbar sind. In der Welt überwiegen aber zweifellos die wolkigen Dinge, deren Entwicklung sich kaum oder nur in sehr engen Grenzen berechnen und prognostizieren lässt. Von ihnen abzusehen, um zu grundlegenden Prinzipien und Methoden vorzustoßen, mag rückblickend als Voreingenommenheit für bestimmte, technisch beherrschbare Modellsysteme erscheinen". (Seite 76 bei Linhard). [ **Ende der Kurzdefinition der Klassischen Mechanik.(16)**]

Mit der Natur hat die Klassische Mechanik direkt nichts zu tun. Kein einziger Baum ist in Gedankenmodellen von Bäumen enthalten. Ein Gedankenmodell ist eben zunächst einmal nur eine Idee und kein Objekt. Um noch einmal auf Max Planck zurückzukommen: Beachtenswert ist bei den Worten von Max Planck, dass er ein wichtiger theoretischer Physiker war, kein Romantiker, kein Physikkritiker. Man kann ihn nicht als ein Außenseiter der Physikgeschichte abstempeln. Max Planck reiht sich ein in die Reihe der oben genannten 11 Physikhistoriker.

Die Natur als eine leblose mathematische Maschine zu bezeichnen, die von Gott in Gang gesetzt wurde, ist eine extrem neue Sichtweise der Klassischen Mechanik, die im 16., 17. und 18. Jahrhundert immer wieder neu diskutiert wurde. Auch Sir Isaac Newton (1642-1726/27) hat sich intensiv an dieser Diskussion beteiligt, doch es war eine physikalische grundlegende Sichtweise der Welt, keine religiöse, keine theologische. Die Vorstellung, nach der nun der Natur eine mathematische Mechanik oder eine mathematische Maschine

zugrunde liegen soll, ist nicht mehr als eine bloße Behauptung, eine metaphysische Annahme, ein Vorurteil, ein gedankliches Fundament oder ein Prinzip, das den physikalischen Wissenschaften zugrunde lag. Dieses mechanische Weltbild war nicht belegt und nicht bewiesen, es wurde von nun an vorausgesetzt und einige Generationen lang weitergegeben. Dieser Punkt, der darin bestand, die Welt als eine Maschine oder eine Uhr oder als ein aus Bausteinen bestehendes Gebäude zu betrachten, wurde durch Faradays bahnbrechende Entdeckungen in der Mitte des 19. Jahrhunderts schrittweise fallen gelassen. Die moderne Physik hatte sich davon schrittweise verabschiedet. Das ist in der Geschichte der Physik von Physikhistorikern durchaus beachtet worden. Doch Physiker sind keine Physikhistoriker. Sie brauchten mehrere Generationen, um zu bemerken, dass ihre eigenen Forschungen die mechanischen Denweisen und die mechanischen Modelle von Uhren und Maschinen fallen gelassen hatten. Überraschend war eigentlich nur, dass diese Art der ‚Herrschaft der Mechanisierung‘ einige Jahrhunderte lang einen großen Erklärungswert für einen Teil der Natur hatte, für den Teil der Natur, der tatsächlich annäherungsweise eine strukturelle Ähnlichkeit mit einer mathematischen Maschine hat. Seit der Klassischen Mechanik dachten einige mathematischen Naturwissenschaftler wohl, sie könnten eines Tages die ganze Natur, einfach alles, mathematisch und mechanisch erklären. Diese Annahme war ein verhängnisvoller Irrtum, der seit Faraday nur langsam und schrittweise überwunden wurde. Vor allem die Fachwissenschaftlern der Elektrodynamik haben sich schrittweise von einer mechanischen Betrachtung der Dinge verabschiedet.

Seit der Klassischen Mechanik haben sich die Naturwissenschaften mit der von ihnen als tot und mechanisch und geistlos und farblos bezeichneten Materie auseinandergesetzt und der Philosophie den Rest überlassen: die Beschäftigung mit dem Geist oder der Seele oder dem Bewusstsein oder dem Leben oder den Sinnesdingen, wie Formen, Farben, Gerüche und dergleichen, eigentlich die ganze Welt, in der wir leben. Rückblickend kann man durchaus Edwin Arthur Burtt zustimmen, der vor 100 Jahren zu der Bewertung gekommen war: Physikalisch waren die Physiker der Klassischen Mechanik (Kopernikus, Kepler, Galilei, Descartes, Newton etc.) großartig, einmalig und erstklassig. Philosophisch waren sie zweitklassig. Sie waren nicht in der Lage, ihre mathematischen Erkenntnisse in ein umfassendes Bild der Natur zu integrieren. Darauf hat Edwin Arthur Burtt in seinen bahnbrechenden Studien vor 100 Jahren ausführlich und mit vielen Beispielen hingewiesen.

## **Exkurs: Newtons Philosophie am Beispiel der Farben.**

In seinem Werk *Opticks* diskutiert Newton seine Vorstellung von Farben. Für Newton waren Farben Hirngespinnste („phantasms of colours in our minds“, wie Newton sie bezeichnete). Hier können wir durchaus der umfassenden Analyse von Edwin Arthur Burtt folgen, der sich vor 100 Jahren intensiv mit Newtons Farblehre auseinandergesetzt hat. Edwin Arthur Burtt schreibt:

„If at any time I speak of light and rays as coloured or endued with colours, I would be understood to speak not philosophically and properly, but grossly, and according to such conceptions as vulgar people in seeing all these experiments would be apt to frame. For the rays to speak properly are not coloured. In them there is nothing else than a certain power and disposition to stir up a sensation of this or that colour. For as sound in a bell or musical string or other sounding body, is nothing but a trembling motion, and in the air nothing but that motion propagated from the object, and in the sensorium `tis a sense of that motion under the form of sound; so colours in the object are nothing but a disposition to reflect this or that sort of rays more copiously than the rest; in the rays they are nothing but their dispositions to propagate this or that motion into the sensorium, and in the sensorium they are sensations of those motions under the forms of colours.“ (Newton, *Opticks*, 108 ff.)

Übersetzung:

"Wenn ich zu irgendeinem Zeitpunkt von Licht und Strahlen spreche, die gefärbt oder mit Farben versehen sind, würde man mich nicht philosophisch richtig verstehen, sondern grob und nach solchen Vorstellungen, die vulgäre Menschen beim Anblick all dieser Experimente zu bilden geneigt wären. Denn die Strahlen sind, richtig gesprochen, nicht gefärbt. In ihnen ist nichts anderes als eine gewisse Kraft und Neigung, eine Empfindung diese oder jene Farbe hervorzurufen. Denn wie der Schall in einer Glocke oder Musiksaiten oder einem anderen klingenden Körper nichts anderes ist als eine zitternde Bewegung, und in der Luft nichts anderes als diese Bewegung, die sich vom Objekt ausbreitet, und im Sensorium eine Empfindung dieser Bewegung unter der Form des Schalls ist, so sind die Farben im Objekt nichts anderes als eine Veranlagung, diese oder jene Art von Strahlen reichlicher zu reflektieren als die übrigen; in den Strahlen sind sie nichts anderes als ihre Veranlagungen, diese oder jene Bewegung in das Sensorium zu übertragen, und im Sensorium sind sie Empfindungen dieser Bewegungen unter den Formen der Farben."

(Newton, *Opticks*, Seite 108 ff.)

Edwin Arthur Burtt kommentiert Newtons Argumentation folgendermaßen (sein Kommentar ist von mir verkürzt wiedergegeben):

„Here the current doctrine of secondary qualities is clearly proclaimed. They have no real existence outside of human brains, save as a disposition of the bodies or the rays to reflect or propagate certain motions. Outside, nothing but the particles of matter, equipped with the qualities which have become mathematically handled, moving in certain ways. (...) The world that people had thought themselves living in - a world rich with colour and sound, redolent with

fragrance, filled with gladness, love and beauty, speaking everywhere of purposive harmony and creative ideals - was crowded now into minute corners in the brains of scattered organic beings. The really important world outside was a world hard, cold, colourless, silent, and dead; a world of quantity, a world of mathematically computable motions in mechanical regularity. The world of qualities as immediately perceived by man became just a curious and quite minor effect of that infinite machine beyond. In Newton the Cartesian metaphysics, ambiguously interpreted and stripped of its distinctive claim for serious philosophical consideration, finally overthrew Aristotelism and became the predominant world-view of modern times". (Burt, page 233-237).

Übersetzung:

"Hier wird die gängige Doktrin der sekundären Qualitäten klar verkündet. Sie haben keine wirkliche Existenz außerhalb der menschlichen Gehirne, außer als Disposition der Körper oder der Strahlen, bestimmte Bewegungen zu reflektieren oder fortzupflanzen. Außerhalb, nichts als die Teilchen der Materie, ausgestattet mit den Eigenschaften, die mathematisch gehandhabt werden, die sich auf bestimmte Weise bewegen. (...) Die Welt, in der die Menschen zu leben geglaubt hatten - eine Welt, die reich an Farben und Klängen war, in der es duftete, die von Freude, Liebe und Schönheit erfüllt war und die überall von zweckmäßiger Harmonie und schöpferischen Idealen sprach - war nun in winzige Winkel in den Gehirnen verstreuter organischer Wesen gedrängt. Die wirklich wichtige Welt da draußen war eine Welt, die hart, kalt, farblos, still und tot war; eine Welt der Quantität, eine Welt der mathematisch berechenbaren Bewegungen in mechanischer Regelmäßigkeit. Die

Welt der Qualitäten, wie sie der Mensch unmittelbar wahrnimmt, wurde nur ein merkwürdiger und ziemlich unbedeutender Effekt dieser unendlichen Maschine im Jenseits. Mit Newton stürzte die kartesische Metaphysik, zweideutig interpretiert und ihres unverwechselbaren Anspruchs auf ernsthafte philosophische Betrachtung beraubt, schließlich den Aristotelismus und wurde zur vorherrschenden Weltanschauung der Neuzeit". (17)

**Mein Kommentar:** Das ist ganz und gar keine altmodische, nostalgische Kritik an der mathematischen Physik, das hat mit einer romantischen Abwertung der mathematischen Physik überhaupt nichts zu tun (Die Wissenschaftshistorikerin Lorraine Daston hatte so etwas gegenüber E.A. Burtt behauptet (17a)). Bei Edwin Arthur Burtt geht es um eine umfassende Analyse der Philosophie Newtons, der wir durchaus noch im Jahre 2023 zustimmen können, da sie nichts an Aktualität verloren hat. Aber darauf kann ich mich an dieser Stelle, in dieser kurzen Physikgeschichte nicht weiter einlassen, hier folge ich den umfangreichen Analysen des bahnbrechenden Physikhistorikers Edwin Arthur Burtt aus dem Jahre 1925 und den zahlreichen Analysen seiner Nachfolger, die sich von dem schwarzweißen Denkmodell der Klassischen Mechanik verabschiedet hatten, nach dem Farben nur entweder im Objekt verankert sein konnten oder im Geist des Betrachters. Ein Zwischending oder eine Zwischenstufe kam für dieses philosophische Denkmodell nicht infrage. Dass Farben Teil eines komplexen Zusammenspiels zwischen den Objekten und dem Bewußtsein der Subjekte sein könnten, wurde von dem schwarzweißen Denkmodell Newtons nicht in Betracht gezogen.

**Nebenbemerkung:** In modernen Lehrbüchern lesen wir auch im Jahre 2023 noch immer diese verstaubten dualistischen Auffassungen aus der Zeit der Klassischen Mechanik, nach denen die Natur farblos sei und nach denen Farben noch immer im Geist oder im Auge oder im Gehirn oder im Bewusstsein der Betrachter verortet sein sollen. Moderne Farbtheorien, die Farben eher im Zwischenbereich oder im Zwischenraum von Objekt und Subjekt auffassen, sind wissenschaftliche Positionen einer kleinen Minderheit (18). In diesem Punkt kann von einer Verabschiedung vom dualistischen Schwarz-Weiß-Denken der Klassischen Mechanik nicht die Rede sein. Ganz und gar nicht. In diesem Punkt triumphiert das mechanische Denken auch heute noch. Zahlreiche Farbtheoretikern im 21. Jahrhundert halten krampfhaft an der dualistischen Auffassung fest, nach der die Welt, in der wir leben, farblos sein soll, da bereits Newton nachgewiesen haben soll, dass Farben in der Natur nicht vorkommen, sondern nur im Bewusstsein oder im Geist oder sonstwo.

#### 4. Der vierte Punkt.

##### Die Trennung von Physik und Philosophie.

Dieser letzte Punkt, der im 16. Jahrhundert begann, muss hier etwas vertieft werden, denn er ist in der Geschichte der Physik nur nebenbei beachtet worden, weil die Trennung von Philosophie und Physik auch heute noch, im 21. Jahrhundert, als eine ausgemachte Sache behandelt wird, so als ob sie einen selbstverständlichen Ewigkeitswert hätte und dem gesunden Menschenverstand entsprechen würde. Die Klassische Mechanik und nach ihr auch die moderne Physik seit Faraday haben die Trennung zwischen Physik und Philosophie zu einer ausgemachten Sache gemacht, die man eigentlich nicht infrage stellen kann. Diese Trennung stellt einen Vorstellungshintergrund der ganzen modernen Wissenschaften dar, fast unbemerkt und kaum hinterfragt, wie eine Selbstverständlichkeit mit einem ewigen Wert und einer absoluten Bedeutung. Seit Immanuel Kant (1724-1804) ist es nach der Auffassung von Whitehead auf beiden Seiten zu einer beklagenswerten Beschränktheit des Denkens gekommen.

„Die Philosophie hat den ihr zustehenden Anspruch auf uneingeschränkte Allgemeinheit aufgegeben; und die Naturwissenschaft hat sich in den eng begrenzten Kreis ihrer Methodik zurückgezogen“ (19)

Die Unfähigkeit zu Verallgemeinern, das Versagen der spezialisierten Naturwissenschaften, die Trennung zwischen Naturwissenschaften und Philosophie zu überwinden, diese Themen können in diesem kurzen Beitrag nur kurz angedeutet werden. Whitehead kommt mit zahllosen Hinweisen und Kurzanalysen immer wieder darauf zurück. Diese Hinweise durchziehen sein philosophisches Gesamtwerk wie ein roter Faden, den er immer wieder neu aufgreift, in jeder philosophischen Schrift seit dem Jahre 1925. Mit anderen Worten, wie es auch Edwin Arthur Burtt immer wieder dargestellt hatte: Dieser Punkt besteht in der Anerkennung der physikalischen und mathematischen Methoden als spezialisierte Einzelwissenschaften, mit einem überwältigenden Erfolg, bei gleichzeitigem Versagen, diese Erkenntnisse in einen größeren Zusammenhang einzuordnen.

Vor 100 Jahren hat uns Edwin Arthur Burtt den ausführlichen und begründeten Hinweis gegeben: Als naturwissenschaftliche Spezialisten waren die mathematischen Physiker seit Kopernikus erstklassig, als Philosophen zweitklassig. Keinem Physiker der Klassischen Mechanik ist eine philosophische Verallgemeinerung seiner großartigen physikalischen Erkenntnisse und Entdeckungen gelungen. Noch einmal gebe ich den Hinweis: Diese Erkenntnis ist keineswegs eine polemische Behauptung. Sie ist nicht nur von Whitehead, sondern auch von Edwin Arthur Burtt und von Alexander Koyré ausführlich seit 100 Jahren beschrieben, analysiert und belegt worden. An dieser Stelle muss ein einziges Zitat von zahlreichen Hinweisen im Gesamtwerk von Whitehead ausreichen. Ich zitiere aus seiner kleinen Schrift *'Die Funktion der Vernunft'*,

die 1929 in englischer Sprache veröffentlicht wurde. Der Text hat im 21. Jahrhundert nichts an Aktualität verloren. Er könnte heute geschrieben sein. Seit 100 Jahren hat die recht erfolgreiche Jagd nach isolierten Details und die Unfähigkeit, Zusammenhänge zu erkennen und die isolierten Fakten in ein Gesamtbild einzuordnen eher zugenommen als abgenommen. Alfred North Whitehead schreibt im Jahre 1929 über unsere Unfähigkeit, physikalische Erkenntnisse zu verallgemeinern:

**„Wer über eine für die Verfolgung seiner dominierenden Interessen gute Methode verfügt, zeigt häufig bei den umfassenden Urteilen, bei denen es um die Einordnung seiner Methode in ein vollständiges Ganzes der Erfahrung geht, nahezu pathologische Defekte. Das ist ein Punkt, in dem sich Priester und Wissenschaftler, Staatsmänner und Geschäftsleute, Philosophen und Mathematiker auffallend ähnlich sind“ (20).**

Es gibt im philosophischen Gesamtwerk von Whitehead eine Fülle von Hinweisen auf die Physikgeschichte, ganz besonders in seiner Buch *'Abenteuer der Ideen'*, wo sich ganze Kapitel mit dem Zusammenhang von Physik und Philosophie beschäftigen. Sie belegen deutlich meine These, dass die Geschichte der mathematischen Physik bei Whitehead nicht von der Philosophiegeschichte getrennt werden kann. Es geht dabei eigentlich nicht nur um die Wurzeln der Philosophie Whiteheads. Die Geschichte der mathematischen Physik bildet eigentlich nicht nur die persönlichen, gedanklichen Vorprägungen Whiteheads, aus der Zeit, als Whitehead mit Bertrand Russell zusammengearbeitet hat, um eine Art von Mathematikgeschichte zu verfassen. Dieser Zeitabschnitt am Anfang des 20.

Jahrhunderts stellte einen Höhepunkt des mathematischen Denkens in ganz Europa dar. In dieser Zeit glaubten viele Naturwissenschaftler, mit Hilfe der Mathematik eigentlich alles erklären zu können.

„Die geistige Haltung“, so schreibt der italienische Mathematiker und Mathematikhistoriker Paolo Zellini in seinem Buch *„Eine kurze Geschichte der Unendlichkeit“*, „die Russel insbesondere in seinen allgemeinverständlichen Erläuterungen zum Inhalt der *Principia* oder in seinen philosophiegeschichtlichen Exkursen zum Ausdruck bringt, spiegelt dabei eine starke Tendenz wieder, welche die damalige Zeit beherrschte: Die Mathematik galt demnach als eine Art absolutes Erkenntnisinstrument mit der Fähigkeit, auch die am schwersten zu fassenden Begriffe, so den Begriff des Unendlichen, an die Ketten deduktiver Schlüsse zu legen und sie dabei auf einige unmittelbar einleuchtende Grundbegriffe zurückzuführen“. (21)

**Die Zeit, um die es hier geht, war der Beginn des 20. Jahrhunderts, ein kurzer Zeitabschnitt, in der die Überzeugung einen Höhepunkt an Selbstbewusstsein erreichte und weit verbreitet war, nachdem sich die Mathematik besonders dazu eigene, bestimmte Dinge zu erforschen und dadurch zu absoluten, exakten, wirklichkeitsgetreuen und fehlerfreien Ergebnissen zu gelangen. Es war eine Zeit, in der viele Mathematiker und mathematische Physiker überzeugt waren, der Wahrheit und der Wirklichkeit auf der Spur zu sein und sie eigentlich schon fast erreicht zu haben. Es war eine recht kurze Zeit, in der die mathematischen Wissenschaften über jeden Zweifel erhaben waren. Das war nicht immer so, weder vorher noch nachher.**

Paolo Zellinis zahlreiche historische Hinweise auf die Geschichte der Mathematik sind wertvoll und bahnbrechend für dieses ganze Thema.

Um diesen vierten Punkt abzuschließen, nenne ich nur eine einzige Bemerkung von vielen, in der Whitehead selber auf seine mathematischen und physikalischen Vorprägungen hinweist. Whitehead schreibt vor fast 100 Jahren in seinem Buch '*Wissenschaft und moderne Welt*' über sich selbst und seine eigenen gedanklichen Wurzeln und seinen eigenen **Hintergrund**:

„Zu dieser organischen Konzeption der Welt kann man auch gelangen, wenn man von den Grundvorstellungen der modernen Physik ausgeht, anstatt, wie oben, von der Psychologie und der Physiologie. Ich selbst bin aufgrund meines Studiums der Mathematik und der mathematischen Physik zu meinen Überzeugungen gelangt. Die mathematische Physik vermutet vor allem ein elektromagnetisches Aktivitätsfeld, das Raum und Zeit durchzieht“ (22).

**Mein Kurzkomentar:** Whitehead spricht hier eigentlich nicht über die mathematische Physik als solche, er spricht auch nicht über die Mathematik als solche. Whitehead behauptet nicht, dass die Mathematik als solche oder die moderne mathematische Physik als solche zu einem neuen Verständnis der Wirklichkeit führt. Whitehead spricht über die **Grundvorstellungen**, das sind die Grundlagen oder Wurzeln oder Fundamente oder Prinzipien der modernen Physik, die elektromagnetischen Felder, die der modernen Physik seit Faraday zugrunde liegen. Im nächsten Kapitel komme ich darauf zurück.

[ Eine Kurzdefinition von Organismus gibt Whitehead einige Seiten vorher in seinem Buch '*Wissenschaft und moderne Welt*' auf den Seiten 174-175, wo er schreibt: „Die Relation von Ganzem und Teil hat die spezielle Wechselseitigkeit, die mit dem Begriff des Organismus verbunden ist, worin der Teil für das Ganze entsteht; aber diese Relation herrscht überall in der Natur und fängt nicht erst bei den höheren Organismen an“. (23) ]

Mit diesen Begriffen sind wir am Übergang von der klassischen Mechanik zur modernen Physik angekommen. Er begann ca 1850, also ungefähr 50 Jahre vor der Relativitätstheorie und vor der Quantenphysik. 50 Jahre vor dem 20. Jahrhundert wurden von **Faraday**, **Maxwell** und ihren zahlreichen Nachfolgern die Grundlagen der modernen Physik geschaffen. Das ist der Punkt auf den ich hinaus will. Besonders Albert Einstein und Alfred North Whitehead haben auf diesen Punkt hingewiesen.

## 7. Kapitel

### Der Übergang von der Klassischen Mechanik zur modernen Physik.

In diesem Kapitel geht es **keineswegs** um wichtige neue physikalische Entdeckungen oder Erfindungen. Es geht auch nicht um neue oder neuartige physikalische Theorien, wie etwa die beiden Relativitätstheorien oder die Quantenphysik. Es geht hier um die Voraussetzungen und Hintergründe, um die Wurzeln der Physik oder um die Prinzipien der Physik, die man auch metaphysische Grundlagen nennen kann. Es wird hier also nicht die Relativitätstheorie oder die Quantenphysik aus dem 20. Jahrhundert mit der Klassischen Mechanik im 18. Jahrhundert verglichen. Hier werden nur die Fundamente der Relativitätstheorie und die Fundamente der Quantenphysik beschrieben, die sich schon vor dem 20. Jahrhundert entwickelt haben. Es geht also um folgende Fragen: **Was ist eigentlich neu an der modernen Physik? Wie entsteht etwas Neues in der Geschichte der Physik?** Hat die moderne Physik vollständig neue Wurzeln oder hat sie einige alte Grundlagen beibehalten? Sind die oben genannten 4 Punkte, die die Kennzeichen der Klassischen Mechanik ausmachen, übernommen worden?

**Punkt 1** bezog sich auf die Erde als Mittelpunkt. Dieser Punkt wurde in der modernen Physik übernommen. **Punkt 2** bezog sich auf die Mathematisierung der Physik. Auch dieser Punkt wurde von der modernen Physik übernommen und noch stärker betont, indem auf Anschaulichkeit weitgehend verzichtet wurde. Bereits das elektromagnetische Feld wurde nicht mehr bildhaft vorgestellt oder dargestellt. Es wurde zu einer Realität durch Messungen. ( Es ist wichtig, zu verstehen, was für ein abstrakter Begriff ein Feld in der Physik ist. Ein Feld ist ein geometrisches Objekt, das für jeden Punkt in Raum und Zeit einen Wert annimmt. Zum Beispiel ist die Temperatur ein Feld, da die Temperatur von Ort zu Ort variiert und sich von Zeit zu Zeit ändert.) **Punkt 3** bezog sich auf die Mechanisierung der Welt und auf das Denken in Modellen. Die Mechanisierung ist in der modernen Physik nicht mehr aufrecht erhalten worden. Wie ich am Beispiel der Farben erläutert habe, ist das mechanische und dualistische Denken keineswegs vollständig verschwunden. Doch das Denken in Modellen wurde zunehmend durch das Denken in mathematischen Operationen ersetzt. Heinrich Hertz war wohl der erste, der das bei Maxwell bemerkt hatte. **Punkt 4** bezog sich auf die Trennung von Physik und Philosophie. Dieser Punkt ist ein herausragender Punkt der modernen Physik geblieben.

### **Zusammengefasst:**

Der Übergang von der Klassischen Mechanik zur modernen Physik fand hauptsächlich dadurch statt, dass sich die Physiker langsam, schrittweise von der Mechanisierung der Naturwissenschaften verabschiedeten, ohne es zunächst selber vollständig zu bemerken. Der Übergang von der Klassischen Mechanik zur modernen Physik begann nicht erst im 20. Jahrhundert, wie oft behauptet worden ist. Der Übergang war eine Zwischenperiode in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. In diesen 50 Jahren war weder die Relativitätstheorie, noch die Quantenphysik vorhanden. Der Übergang von den alten Fundamenten der Klassischen Mechanik zu den neuen Fundamenten der modernen Physik begann mit dem bahnbrechenden experimentellen Physiker Michael Faraday (1791-1867) und dem 40 Jahre jüngeren mathematischen Physiker James Clark Maxwell (1831-1879), der sich ausdrücklich auf Faraday berufen hatte.

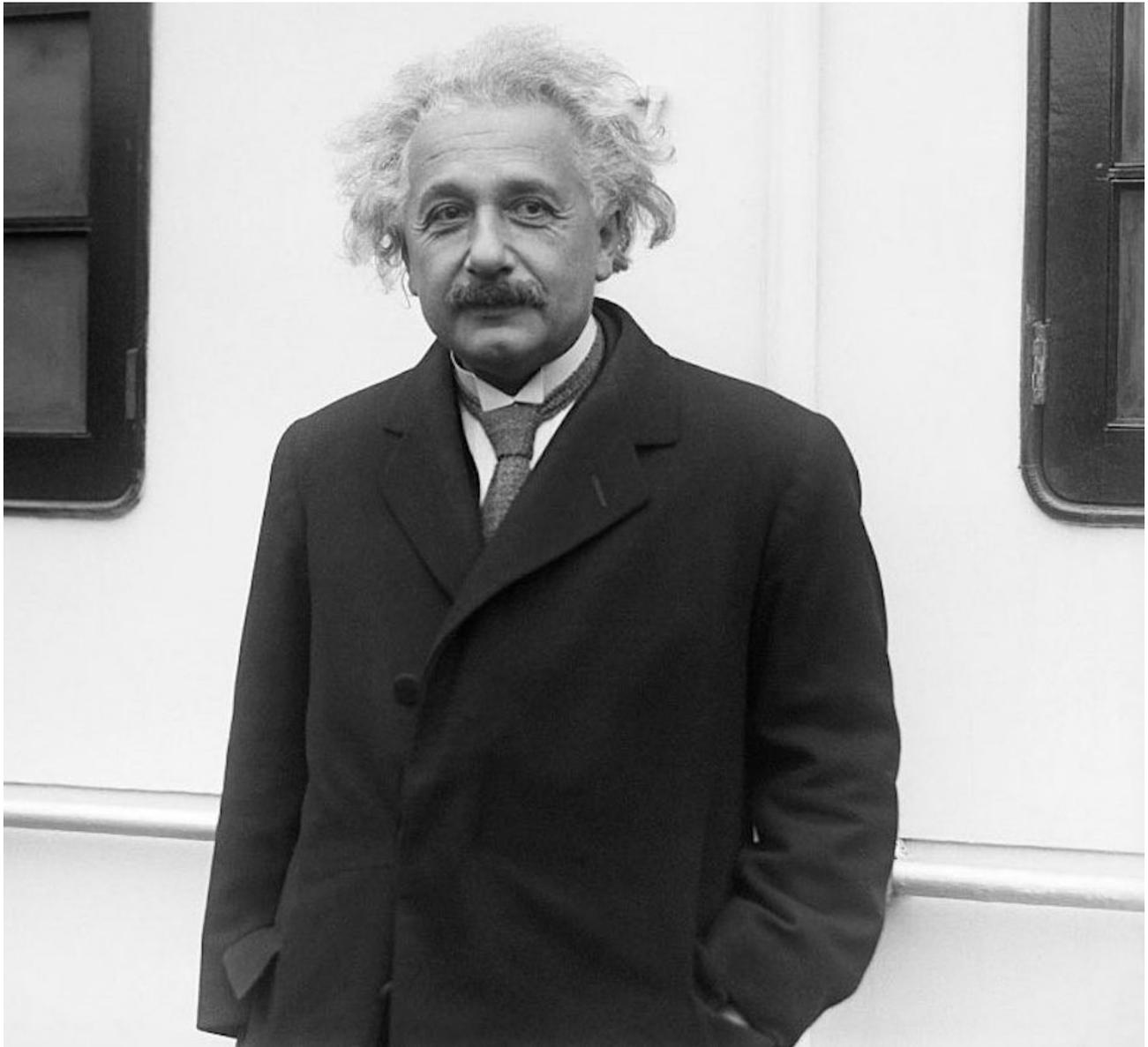
Während der Schlüsselbegriff in den Modellen der Klassischen Mechanik in dem Begriff eines unabhängigen Körpers oder unabhängiger Bausteine bestand, entstand im Kopf von Faraday ein neues Modell. Maxwell schreibt darüber in der Einleitung seines Werkes „*Treatise on Electricity and Magnetism*“ von 1873 (*Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus*, 1883):

„Faraday sah beispielsweise vor seinem geistigen Auge Kraftlinien, die den gesamten Raum durchdringen, wo Mathematiker Kraftzentren sahen, die sich über eine Entfernung hinweg anziehen; er gewährte ein Medium, wo jene nichts anderes als eine Distanz sahen“(24).

Das war ein entscheidender Punkt, an dem der Übergang von der klassischen Mechanik zur modernen Physik begann. In der klassischen Mechanik ging es mehr um Modelle von festen, unabhängigen Körpern, die im Nichts schwimmen und um von allem getrennte Bausteine der Materie und um schwarzweiße Schemata, die sich in den Denkweisen der klassischen Mechanik zu Vorurteilen und Klischeés verfestigt hatten. Die Vorstellung einer mechanischen Erklärung aller Naturprozesse hatte sich zu einem wissenschaftlichen Dogma verhärtet. In der modernen Physik dagegen handelte es sich um Modelle von 'fließenden' oder 'schwingenden' Prozessen und um Schwingungen oder Wellen oder Felder, die sich zwischen den Dingen befinden und die die Körper in ein Netz von Energie einbetteten. In der modernen Physik seit Faraday versagten die schwarzweißen Schemata. Jahrzehnte der intensiven Forschung über die elektromagnetischen Kräfte sollten nun folgen. Für diese Jahrzehnte soll hier nur ein einziger Name erwähnt werden, es ist der Name von **Heinrich Hertz (1857 - 1894)**, der als Erster experimentell die Existenz elektromagnetischer Wellen nachgewiesen hat und damit die Gültigkeit der mathematischen Theorien Maxwells bestätigte. Für diese Übergangsperiode der modernen Physik am Ende des 19. Jahrhunderts wären natürlich Dutzende von Physikern und Dutzende von schrittweisen Weiterentwicklungen auf dem Gebiet des Elektromagnetismus zu erwähnen. Bis Albert Einstein (1879 - 1955) am Anfang

des 20. Jahrhunderts mit seinen Relativitätstheorien in Erscheinung trat. Mit anderen Worten: Die beiden Relativitätstheorien Einsteins stellten nicht den Übergang zur modernen Physik dar. Es waren vielmehr die Vorarbeiten auf der Ebene der mathematischen und physikalischen Fundamente, die zunächst entwickelt wurden. Auch die Quantenphysik, die im Jahre 1900 durch Max Planck begann, stellte nicht den Übergang zur modernen Physik dar. Der Übergang und der Paradigmenwechsel hatten schon längst begonnen. Die gesamte Übergangsperiode von der klassischen zur modernen Physik fand schrittweise in der Zeit von 1850 bis ungefähr zum Jahre 1950 statt, in einer Periode von ca. 100 Jahren. Sie war zunächst einmal eigentlich fast unbemerkt. Fast unbemerkt hatten zwei Generationen von Physikern und Mathematikern eine Grundlagenforschung im Zusammenhang mit dem Elektromagnetismus betrieben, die sich von dem zentralen grundlegenden Realitätsbegriff der klassischen Physik verabschiedet hatte. Für die klassische Mechanik war der Begriff eines unabhängigen Körpers grundlegend. Für die Erkenntnisse auf dem Gebiet des Elektromagnetismus spielte das Modell von einem unabhängigen Körper keine grundlegende Rolle mehr. Die modernen Physiker waren auf elektrische und magnetische Kräfte gestoßen, die zwischen den Körpern und um die Körper herum wichtig waren und das Verhalten der Körper bestimmten und die grundlegende Ordnung der Dinge abgaben. Das war eine vollständig neue und neuartige Sichtweise und Denkweise von der grundlegenden Realität. Es war keine bloße Fortsetzung der Newtonschen Physik. Es war ein Bruch mit der klassischen Mechanik, ein Übergang in kleinen Schritten, der den Teilnehmern erst allmählich bewusst wurde. Es ist eine offene Frage ob dieser Übergang zu den Sichtweisen der modernen Physik allgemein nachvollzogen und mitgetragen

wurden. Im nächsten Kapitel werde ich zeigen, dass der Physiker und Physikhistoriker Albert Einstein durchaus eine recht ähnliche Sichtweise vertrat.





## 8. Kapitel.

### Albert Einstein, ein bedeutender Historiker der Physikgeschichte.

Einstein war von Maxwell tief beeindruckt und beeinflusst. Aber warum? Eigentlich war er weniger von der sympatischen und liebenswerten und bescheidenen Persönlichkeit und Person Maxwells begeistert, als von den bahnbrechenden, wissenschaftlichen Forschungen Maxwells. Große Physiker stehen auf den Schultern ihrer Vorgänger und Kollegen, wie Einstein und viele bedeutende Physiker immerwieder betont haben, wenn sie über sich selber sprachen. Einstein war aber nicht nur einer der bedeutendsten Physiker im 20. Jahrhundert, er war auch ein weniger bekannter und wenig beachteter, bedeutender **Physikhistoriker** und er hat sich in seinem Buch, „*Die Evolution der Physik*“ im Jahre 1938 über **Faraday** und **Maxwell** wie folgt geäußert.

„Es bedurfte eines kühnen Gedankensprunges, um zu erkennen, dass nicht das Verhalten von Körpern, sondern das von etwas zwischen ihnen Liegendem, das heißt, das Verhalten des Feldes, für die Ordnung und das Verständnis der Vorgänge maßgebend sein könnte“ (Seite 194).

„Es kann nicht mehr die Rede davon sein, die ganze Physik auf dem Materiebegriff allein aufzubauen, wie es die Physiker des beginnenden neunzehnten Jahrhunderts noch getan haben“ (Seite 161).

„Die Relativitätstheorie hat uns gelehrt, dass die Materie als ungeheure Zusammenballung von Energie aufgefasst werden kann, während die Energie andererseits auch materiellen Charakter hat“ (Seite 162).

„Materie ist dort, wo sehr viel Energie konzentriert ist; ein Feld ist dort, wo wenig Energie ist“ (Seite 162).

„Was unseren Sinnen als Materie erscheint, ist in Wirklichkeit nur eine Zusammenballung von Energie auf verhältnismäßig engem Raum. Wir könnten die Materiekörper auch als Regionen im Raum betrachten, in denen das Feld außerordentlich stark ist“ (Seite 162).

„Wir fassen zusammen: Ein neuer Begriff taucht in der Physik auf, der bedeutendste Gedanke seit Newton: das Feld. Die Erkenntnis, dass es bei der Beschreibung physikalischer Vorgänge weder auf die Ladungen noch auf die Partikeln, sondern vielmehr auf das in dem Raum zwischen Ladungen und Partikeln liegende Feld ankommt, darf als wissenschaftliche Großtat angesprochen werden. Der Feldbegriff bewährt sich außerordentlich gut und führt zur Formulierung der Maxwellschen Gleichungen, welche die Struktur des

elektromagnetischen Feldes angeben und sowohl die elektrischen als auch die optischen Phänomene umfassen" (Seite 163).

„Eine weitere Folgerung aus der (speziellen) Relativitätstheorie ist der Zusammenhang zwischen Masse und Energie. Masse ist Energie, und Energie besitzt Masse" (25).

Das wurde einige Jahre vor dem Tod Albert Einsteins (1955) von Einstein und Infeld geschrieben und kurz nach dem Tod Albert Einsteins auf Deutsch übersetzt und veröffentlicht, rund 100 Jahre nach Faradays Entdeckungen. Auch in seiner Autobiographie hat Einstein den Übergang von der klassischen Physik zur modernen Physik betont. Er sprach dort von der Physik bis Maxwell und von der Physik seit Maxwell:

„Vor Maxwell dachte man sich das Physikalisch - Reale soweit es die Vorgänge in der Natur darstellen sollte - als materielle Punkte, deren Veränderungen nur in Bewegungen bestehen, die durch gewöhnliche Differentialgleichungen beherrscht sind. Nach Maxwell dachte man sich das Physikalisch - Reale durch nicht mechanisch deutbare, kontinuierliche Felder dargestellt, die durch partielle Differentialgleichungen beherrscht werden. **Diese Veränderungen der Auffassungen des Realen ist die tiefgehendste und fruchtbarste, welche die Physik seit Newton erfahren hat**" (26).

Mit den Worten des Physikers und Nobelpreisträgers Julian Schwinger klingt das Neue so:

„Einstein konfrontierte (in den beiden Relativitätstheorien) die beiden damals akzeptierten Möglichkeiten zur Beschreibung der Energieverteilung im Raum. Nach der Newtonschen Mechanik ist die Energie eines Körpers in seinen verschiedenen Bestandteilen konzentriert, während sich die Energie nach Maxwells Theorie des Elektromagnetismus über das gesamte Gebiet erstreckt, das vom elektromagnetischen Feld eingenommen wird“ (27).

Der amerikanische Physiker Richard Feynman bemerkte über Maxwell folgendes:

„Aus einer langen Sicht der Menschheitsgeschichte - etwa in zehntausend Jahren - kann es kaum einen Zweifel daran geben, dass das bedeutendste Ereignis des 19. Jahrhunderts die Entdeckung der elektrodynamischen Gesetze durch Maxwell sein wird“, Richard Feynman, Lectures on Physics, 1964.

**Darum geht es in der modernen Physik. Das sind die neuen Denkweisen der modernen Physik. Das sind ihre neuen Fundamente. Sie bestehen darin, die Energie nicht mehr in den Körpern oder Bausteinen, sondern zwischen den Körpern zu suchen. Die moderne Physik hat sich vom Klischee und Schema**

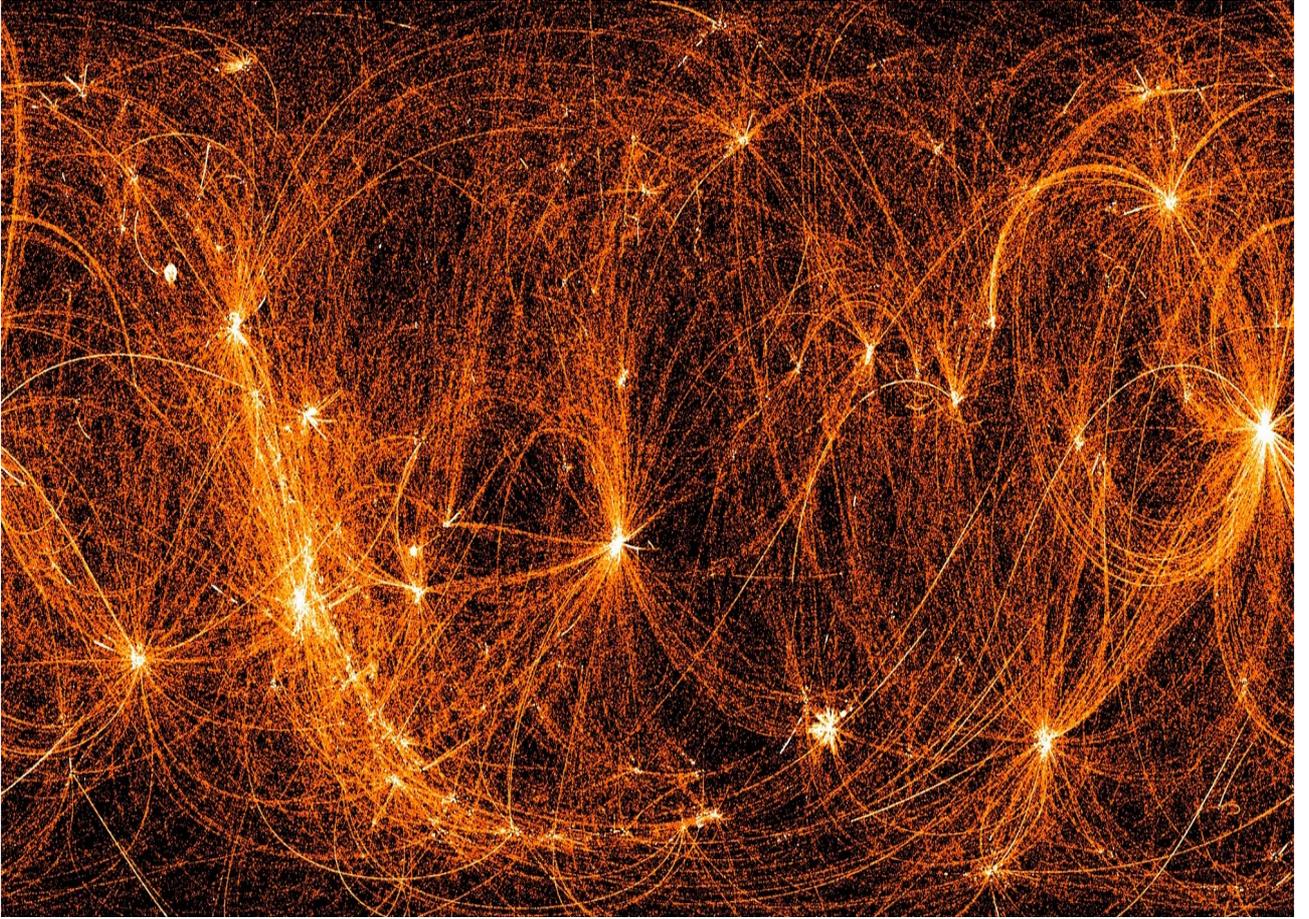
des Schwarz-Weiß-Denkens verabschiedet. Seit Faraday und Maxwell beschäftigt sich die moderne Physik nicht mehr mit dem Modell der isolierten Körper, die im Nichts schwimmen, sondern mit den Zwischenräumen zwischen den Körpern, mit dem flexiblen Beziehungsgeflecht zwischen den Dingen, mit dem Netzwerk, das die Dinge umgibt und mit den komplexen Zusammenhängen oder Bindungen oder Zwischenräumen oder Zwischenschichten oder Zwischenstufen oder mit dem Ineinanderfließen oder mit den Relationen oder mit der Interkonnektivität der Dinge, oder mit dem, was die Welt zusammenhält. Und das ist eine physikalische Erkenntnis, die durchaus vorsichtig verallgemeinert werden kann. Der Geltungsbereich dieser Denkweisen kann durchaus vorsichtig erweitert werden. Er kann auch in anderen Gebieten zu einer Verabschiedung des Denkens führen, in denen ein Schwarz-Weiß-Denken noch immer vorherrscht. Als kurzgefasste Beispiele wird in den Anhängen auf die Biochemie und die Hirnforschung und die Quantenphysik eingegangen.

## Exkurs: Aristoteles.

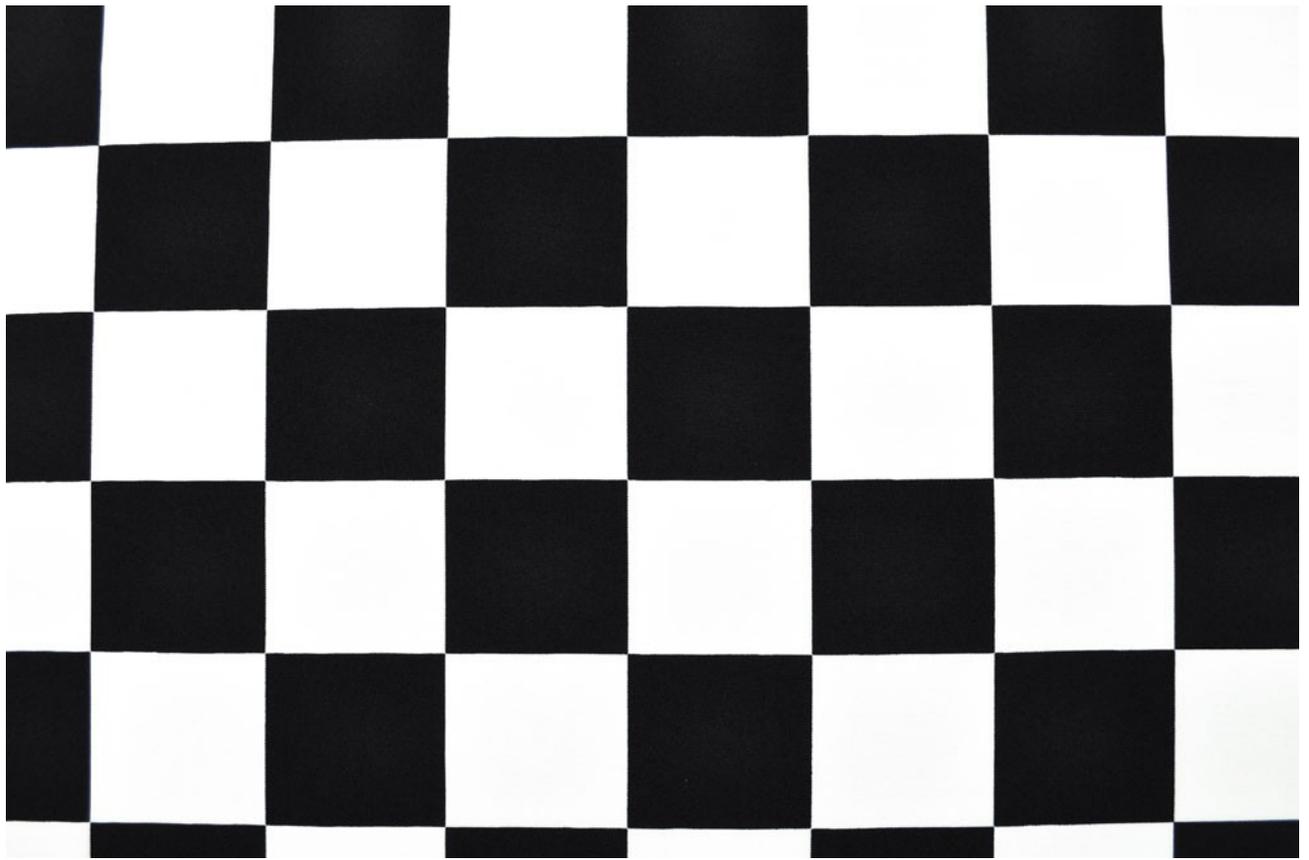
Kurzkommentar zum Schwarz-Weiß-Schema: Bereits Aristoteles formulierte als ein logisches Prinzip: Entweder besteht ein Sachverhalt oder er besteht nicht, tertium non datur, ein Drittes gibt es nicht. Das bedeutete: Es gibt keinen Übergang zwischen schwarz und weiß, es gibt keinen Zwischenbereich oder Zwischenraum oder Zwischenschicht oder Zwischenstufe zwischen den Dingen, es gibt nur isolierte, getrennte Sachverhalte oder Fakten, die im Nichts schwimmen, keine Verbindungen, keine Zwischenstufen, keine Zusammenhänge und keine Übergänge, die Dinge können nicht ineinander fließen. Dieses logische Prinzip durchzieht die klassischen und modernen Wissenschaften wie ein roter Faden. Es stellt einen selbstverständlichen Hintergrund wissenschaftlicher Denkweisen dar. Wie wir gesehen haben, war **Michael Faraday** der erste europäische Wissenschaftler, der sich von diesem Schwarz-Weiß-Schema verabschiedete, indem er gerade das zwischen den Dingen Liegende als grundlegendes physikalisches Fundament beachtete. Das zwischen den Dingen Liegende und die Übergänge waren für Faraday keine Verzierungen, die man einfach vernachlässigen könnte. In dem Bereich der mathematischen Wissenschaften folgte ihm am Anfang des 20. Jahrhunderts der holländische Mathematiker Luitzen Egbertus Jan Brouwer (1881 - 1966).

Der Mathematiker und Mathematikhistoriker Rudolf Taschner schreibt in einer Passage über Brouwer:

„Schon Aristoteles formulierte als logisches Prinzip: Entweder ein Sachverhalt besteht oder er besteht nicht, tertium non datur, ein Drittes gibt es nicht. Brouwer hingegen erkennt: Wenn das Unendliche ins Spiel kommt und man den Begriff des Unendlichen als ein nie zu Ende Kommendes ernst nimmt, dann verliert das Prinzip des tertium non datur seine Gültigkeit“ (28).



Vor 125 Jahren entdeckte Wilhelm Conrad Röntgen eine besondere Form der Strahlung, die sehr viel Energie zu transportieren schien. Diese Röntgenwellen (englisch: X-rays) haben eine viel kürzere Wellenlänge als sichtbares Licht. Seit ihrer Entdeckung haben sie viele Bereiche unserer Welt verändert: In der Medizin erlauben sie einen Blick ins Innere des menschlichen Körpers. Und in der Astronomie ermöglichen sie völlige neue Einblicke in weit entfernte Regionen des Weltalls.



Schon Aristoteles formulierte als logisches Prinzip: Entweder ein Sachverhalt besteht oder er besteht nicht, tertium non datur, ein Drittes gibt es nicht. ["Da wir nicht davon ausgehen können", schreibt der holländische Mathematiker L.E.J. Brouwer vor 100 Jahren, "dass jeder mathematische Satz beweisbar oder widerlegbar ist, darf das logische Prinzip des ausgeschlossenen Dritten in der Mathematik nicht verwendet werden". L.E.J.Brouwer, Mathematik, Wahrheit, Wirklichkeit, Groningen 1919.]

**Nebenbemerkung:** Beachtenswert und hoch aktuell ist im 21. Jahrhundert die Aristotelische Logik noch immer, da beispielsweise ein Computer nach seiner Logik funktioniert. Es geht dabei um den Binärcode. Es ist ein Code, in dem Informationen durch Sequenzen von zwei verschiedenen Symbolen dargestellt werden. Computer funktionieren mit diesem Code. Er stellt das Herz der Programmiersprache eines Computers dar, dabei ist von einer Maschinensprache oder von einem Maschinencode die Rede. Quantencomputer dagegen kennen Übergänge oder Zwischenstufen, zahlreiche Zwischenstufen. Aber das ist eine Nebenbemerkung, die hier nicht erörtert werden kann. Im Anhang erwähne ich ein Beispiel aus der Quantenphysik.

## 9. Kapitel.

### Alfred North Whitehead

A. N. Whitehead (1861-1947) war in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein außerordentlicher Mathematiker, Philosoph und Wissenschaftsphilosoph, der die philosophische Tradition Europas als eine Reihe von Fußnoten zu Platon charakterisierte und sie gegen den Strich bürstete. Whitehead war ein historischer Philosoph, es ging ihm jedoch nicht um die geschichtlichen Ablauf der Philosophie, ihm ging es darum, die erhellenden Potentiale der betrachteten Philosophen für die gegenwartsbezogene Diskussion bestimmter philosophischer Sachfragen zu erkunden. Seine Rückblicke waren problembezogene Prüfungen dessen, was von der Vergangenheit zu lernen ist. Whitehead integrierte sich selber in diese philosophische Tradition Europas, um die beiden grundlegenden Ideen der europäischen Philosophie, die Idee des Absoluten und des unabhängigen Subjekts, abzuschütteln und hinter sich zu lassen. Damit hat Whitehead den europäischen Denkweisen eine neue Richtung gegeben. Welche Richtung? Die Richtung auf das zwischen den Dingen Liegende, wie es Albert Einstein (1879-1955) für die Physik seit Faraday formulierte, auf die Mitte, die Vereinigung, den Durchgang, den Übergang, auf die Beziehung und das Band zwischen den Dingen, auf den Kontakt, wie es ein recht unbekannter Gelehrter, Vincenzo Gioberti 1864 in Neapel formulierte. Wir verdanken die Hinweise auf Gioberti dem italienischen Mathematiker Paolo Zellini. (29)

Whiteheads Prozessphilosophie ist von Christoph Kann zusammengefasst worden und soll hier nicht noch einmal dargestellt werden. Doch dient Kanns

gelungene, meisterhafte Zusammenfassung als eine bequeme Grundlage für diesen kleinen Überblick. (30).

In seinem Spätwerk *'Denkweisen'* schreibt Whitehead im Jahre 1938 gleich zu Beginn, wie man mit einer philosophischen Auseinandersetzung anfangen sollte, nämlich durch eine Sammlung der wichtigsten Begriffe und nicht durch eine systematische Darstellung:

„Philosophie kann nichts ausschließen. Sie sollte folglich niemals mit einer Systematisierung beginnen. Ihr anfänglicher Zustand kann nur 'Sammlung' genannt werden. Das ist natürlich ein nie endender Prozess. Alles was erreicht werden kann ist die Betonung einiger weniger umfangreicher Begriffe, zusammen mit der Erlangung einer Aufmerksamkeit für das Facettenreichtum anderer Ideen, die im Zusammenspiel eben dieser Begriffe hervortreten, die vorgängig ausgewählt worden sind“ (31).

Diese Hinweise setzt Whitehead fort und schreibt einige Seiten später:

„Wir müssen das Thema im Groben erfassen, bevor wir es glätten und formen“.  
(32)

Darum geht es in der folgenden Sammlung von wichtigen Begriffen, die sich wie ein roter Faden durch die Werke Whiteheads ziehen. Allerdings ohne einen Vollständigkeitsanspruch. Hier soll an einen wichtigen Punkt der Philosophie Whiteheads erinnert werden. Ich meine vor allem die Begriffe der **'wechselseitigen Abhängigkeiten der Dinge'** oder der **'wechselseitigen Verbundenheit der Dinge'** und ganz ähnliche Begriffe, die ich darstellen möchte. Mit diesen Ideen werden die Vorstellungen von einem absoluten Sein und von einem absoluten Subjekt aufgelöst. Whitehead Schlüsselbegriffe lassen sich nicht auf einen Begriff festnageln. Wie wir das bereits von Platon kennen, sind solche Ideen und Schlüsselbegriffe ohne eine Festlegung in der Wortwahl. Whitehead verwendet immer wieder andere Begriffe, die ähnlich sind,

„denn der voreilige Gebrauch irgendeines geläufigen Worts muss unweigerlich dazu führen“ meint Whitehead in *Abenteuer der Ideen*, „dass wir den angestrebten Grad von Allgemeinheit nicht erreichen“. „Wir brauchen die Ausdrücke „zusammen“, „das immanent Schöpferische“, „die Konkreszenz“, „das Erfassen“, „das Fühlen“, „die subjektive Form“, „die Gegebenheiten“, „Wirklichkeit“, „Werden“ und „Prozess“ (33).

## **Relationalität oder die wechselseitige Abhängigkeit der Dinge oder das Beziehungsgeflecht oder die Vernetzung der Dinge**

Wie beiläufig taucht der Begriff der **'Abhängigkeit'** auf, wenn eine unabhängige, unbewegliche, starre Existenz der Dinge negiert wird (Seite 66 bei Christoph Kann). Wie ein roter Faden durchzieht er Whiteheads philosophisches Gesamtwerk. Wirkliche, konkrete Dinge sind **'abhängig'** von anderen konkreten Dingen, sie befinden sich in einer **'Vernetzung'** mit ihrer realen Welt (Seite 196 bei Christoph Kann). Whitehead spricht von einer **'offensichtlichen Verbundenheit des Universums'** (Seite 201 bei Christoph Kann). An einer anderen Stelle ist von **'Relationen'** die Rede, sie bezeichnen die Beziehungen oder auch die **'inneren Relationen'**, die alle Realität aneinander binden (Seite 208 bei Christoph Kann). Bei unseren Anschauungen - macht Whitehead gegenüber Immanuel Kant geltend - geht es nicht nur um abstrakte Daten. Den Daten entsprechen **'wechselseitige Zusammenhänge der Realisierung'** (Seite 229 bei Christoph Kann) in einem **'mehrstufigen Empfindungsprozess'**. Christoph Kann fasst Whiteheads Sichtweise zusammen: **„Initiiert durch die Aristotelische Substanzmetaphysik hat für Whitehead die Philosophie einen Weg eingeschlagen, der den Gesichtspunkt einer universellen Bezogenheit der Erfahrungswirklichkeit sowie den platonischen Grundgedanken vom Sein als Werden preisgegeben hat“** (Seite 239 bei Christoph Kann). Bei der Substanzmetaphysik bleibe - nach Whitehead - die Frage nach **'Zusammenhängen und Beziehungen zwischen den Dingen'** außerhalb der Betrachtung, eine Welt, in der es Beziehungen zwischen realen

Individuen gibt, wird 'schlechthin unverständlich' (Seite 126 bei Christoph Kann). Whitehead meint, auch bei den mathematischen Grundlagen der Physik Isaak Newtons lassen sich keine inneren Gründe des **'Zusammenwirkens'** angeben (Seite 181 bei Christoph Kann). Es fehlen **'reale Beziehungen'** zu 'realen Subjekten' und 'realen Objekten' (Seite 171 bei Christoph Kann). Auch fehlt die Kategorie des **'Bezogenenseins der Dinge'**, schreibt Whitehead an einer anderen Stelle mit ganz ähnlichen Worten (Seite 132 bei Christoph Kann). Denn gemäß unserem natürlichen Bewusstsein und unserer Selbsterfahrung erscheint die Natur nicht als ein Nebeneinander isolierter Materieteilchen, sondern als ein **'Geflecht organisch verbundener Wesenheiten'** (Seite 182 bei Christoph Kann). Dieses **'Geflecht zwischen den Dingen'**, taucht unter verschiedenen Bezeichnungen auf. Whitehead nennt es auch **'Beziehungsfeld'** (Seite 183 bei Christoph Kann), manchmal ist von einem **'Kraftfeld'** die Rede (Seite 185 bei Christoph Kann) oder von **elementaren Prozesseinheiten**, die den materiellen Dingen zugrunde liegen, statt der überholten Idee eines leeren Raumes (Seite 185 bei Christoph Kann). Whitehead weist darauf hin, in der neuen Physik gebe es eine **'Wechselwirkung mit der Umgebung'** (Seite 186 bei Christoph Kann). Atomare Einheiten werden von einem **'Feld'** umfasst, das zugleich das **'Feld'** anderer Organismen ist (Seite 187 bei Christoph Kann). Hier wird deutlich, dass Whitehead Einheiten der Physik zum Modell für seinen Begriff einer organistischen Wirklichkeit nimmt, wie Christoph Kann zutreffende betont (Seite 188 bei Kann). Es geht Whitehead immer wieder um die wesentliche **'Verbundenheit der Dinge'** (Seite 127 bei Christoph Kann) und um den **'Strukturzusammenhang der Geschehnisse'** (Seite 187 bei Christoph Kann), was manchmal auch **'Nexus'** [Das Substantiv Nexus bedeutet **'Verbindung,**

**'Zusammenhang' oder 'Verflechtung']** oder **'Funktionszusammenhang'** genannt wird (Seite 188 bei Christoph Kann). Auch der bedeutende Begriff des **'Organismus'**, der für Whiteheads Philosophie ein zentrales Kennzeichen ist, wird von Kann zu einem **'Strukturzusammenhang'**, wenn er schreibt: "Whitehead versteht unter einem Organismus eine individuelle, atomare Einheit, die ein kontinuierliches Feld umfasst, das zugleich das Feld anderer Organismen ist" (S. 187). Christoph Kann hat in seinen abschließenden Bemerkungen über Whitehead mehrfach den Grundbegriff der **'Bezogenheit'** hervorgehoben. Und diese notwendige Bezogenheit aller Glieder eines Systems wird von Whitehead auch durch den Grundbegriff der **'Kohärenz'** zum Ausdruck gebracht, womit grundlegende Elemente gemeint sind, die ein System zusammenhalten, die aber isoliert betrachtet sinnlos wären (vgl. Kann, Seite 104 und Seite 108.)

Damit schließe ich diese kurzgefasste Übersicht ab, ohne diese Begriffe noch einmal zusammenzufassen. Sie lassen sich einfach nicht auf einen einzelnen Begriff festnageln. Selbst die allgemein formulierte Bezeichnung Einsteins von dem 'zwischen den Dingen Liegendem' stellt nur eine unvollständige, fragmentarische Sammelbezeichnung dar, die eigentlich gar keinen Begriff enthält.

**Zusammengefasst:** Ich habe den Versuch unternommen, in dieser kurzen Geschichte der Physik, zunächst die Sichtweisen darzustellen, die in der Klassischen Mechanik grundlegend waren und in der modernen Physik durch Netzwerke ersetzt wurden. Die völlig neuen Sichtweisen und die völlig neuen Denkweisen und die völlig neuen Begriffe des Philosophen Alfred North Whitehead haben einen Hintergrund, der in der Physikgeschichte zu finden ist. In der modernen Physik spielen nicht nur neue Entdeckungen und Erfindungen eine Rolle, sondern auch neue Denkweisen, bei denen es um Netzwerke und Zwischenräume oder Zwischenschichten und Verbindungen und Verschränkungen und um den Zusammenhalt der materiellen Teile und um fließende Energie geht. Die Dinge können ineinanderfließen. Diese Denkweisen haben sich von der fieberhaften Jagd nach einzelnen Dingen oder eben von dem Begriff der elementaren Bausteine der Materie verabschiedet. Die grundlegende Wirklichkeit wird nicht mehr in irgendwelchen fundamentalen Bausteinen der Dinge gesehen, sondern in den Zusammenhängen und Verbindungen, durch die den Dingen eine Struktur geben und durch die die Dinge eine Ordnung erhalten. Die moderne Physik hat sich von der Vorstellung eines Kerns oder eines Wesens oder einer Substanz oder des Seins der materiellen Dinge verabschiedet und dem zugewandt, was Albert Einstein das zwischen den Dingen Liegende genannt hat. Auch in der Quantenphysik ist von grundlegenden Wechselwirkungen und von Verschränkungen der elementaren Teilchen die Rede. Sie halten die Quantenobjekte zusammen.

## 10. Kapitel.

### Anhang (1)

**Keywords: Selbstevidenz, Entzücken, Beziehungsmuster, persönliche Freunde.**

„Nehmen wir beispielsweise Ramanujan, den großen indischen Mathematiker, dessen früher Tod ein ähnlicher Verlust für die Wissenschaft war wie der von Galois. Man sagte über ihn, jede einzelne der ersten hundert Integralzahlen sei sein ganz persönlicher Freund gewesen. Mit anderen Worten: Sein Einblick in Selbstevidenz und sein Entzücken über solch einen Einblick hatte für ihn denselben Charakter, wie es den meisten von uns mit den ganzen Zahlen bis 5 geht. Ich persönlich kann keine besonders tiefe Freundschaft für Zahlen jenseits dieser Zahlengruppe empfinden. In meinem Fall hindert mich auch die Begrenzung der Gruppe etwas daran, dieses Gefühl des Entzückens steigern zu können, an dem sich Ramanujan erfreute. **Ich gestehe, dass ich mehr an Beziehungsmustern gefallen finde, in denen sich numerische und quantitative Beziehungen vollständig unterordnen.** Ich erwähne diese persönlichen Details, um die große Vielfalt von Formen zu betonen, welche die Selbstevidenz annehmen kann: Sowohl was das Ausmaß als auch was die Charakteristika der Kompositionen angeht, die selbstevident sind. Der Sinn für Vollständigkeit, der schon erwähnt wurde, ergibt sich aus der Selbstevidenz innerhalb unseres Verstehens. Denn in der Tat ist Selbstevidenz Verstehen“ (34).

## 11. Kapitel.

### Anhang (2)

„Das elektrische Feld ist eine Modellvorstellung zur Veranschaulichung der Kraftwirkungen zwischen elektrischen Ladungen. Man denkt sich hierbei den Raum zwischen den elektrischen Ladungen mit einem Medium gefüllt. Sind keine Ladungen vorhanden, so befindet sich das Medium in einer Art Normalzustand, in dem es sich nicht bemerkbar macht. Bringt man aber an irgend einer Stelle eine elektrische Ladung, so versetzt diese das Medium in einen anderen Zustand, der sich durch Kraftwirkungen auf eine andere elektrische Ladung bemerkbar macht. Das elektrische Feld ist der Zustand dieses Mediums. Die Frage, was ein elektrisches Feld wirklich ist, kann man nicht beantworten, da der Feldbegriff auf dieser Modellvorstellung beruht. Dieser Sachverhalt ist aber keineswegs schlimm, denn entscheidend ist nicht, was ein elektrisches Feld eigentlich ist, sondern die Tatsache, dass man mit Hilfe des Feldkonzepts alle Probleme lösen kann...“ (35).

"Das elektrische Feld ist für den modernen Physiker Realität, weil man es messen kann" (Pascual Jordan) ( 36).

"Erst dank Einsteins Spezieller Relativitätstheorie wurde schließlich klar, dass man Felder besser als abstrakte Größen ansehen sollte, ohne dabei zu versuchen, sich ein zu konkretes Bild von ihnen zu machen" (37).

## 12. Kapitel.

### Anhang (3)

#### Ein kleines Beispiel aus der Biochemie und Alzheimerforschung

"Früher hat man immer gesagt, es gibt die Vertreter der Tau-Hypothese und die Vertreter der Amyloid-Hypothese, und die bekriegen sich gegenseitig. Beide Hypothesen sind aber exakt gleich wichtig. Es gibt keinen Alzheimer Patienten, der nicht beides hat: Amyloid-Plaques und Tau-Tangles. Dieses Schubladendenken ärgert mich in der Wissenschaft wirklich gewaltig: Forscher tun so, als hätten sie einen Stein der Weisen gefunden und als gäbe es keinen anderen. (...) Aber genau dieses Schubladendenken behindert dann den wissenschaftlichen Fortschritt. Alzheimer ist eine Krankheit, bei der viele Komponenten zusammenspielen - es gibt ganz viele Stellschrauben. Und die sollten wir tunlichst alle durchprobieren. (...) **Frage: Braucht es einen Paradigmenwechsel in der Alzheimerforschung, wie er jetzt immer öfter gefordert wird?** Wir müssen gemeinschaftlicher arbeiten und die Krankheit als Ganzes verstehen. Ich war vor kurzem auf einem Workshop, und die Forscher dort sagten: Für Alzheimer sind nur die Mikrogliazellen entscheidend. Die sind natürlich sehr wichtig, aber sie sind auch nur ein Teil des komplexen Zusammenspiels: Amyloid, Tau, Nerven- und Mikrogliazellen sind gleich wichtige Bestandteile der Amyloid-Kaskade".

**Christian Haass** ist Sprecher des Deutschen Zentrums für Neurodegenerative Erkrankungen in München und Professor für Biochemie an der LMU.

Quelle: Überschrift eines Gesprächs mit dem Biochemiker Christian Haass in der FAZ, Mittwoch, 26.10.2022: **"Eine Krankheit mit vielen Stellschrauben"**.

## 13. Kapitel.

### Anhang (4)

## **“Long Covid im Nebel zwischen den Disziplinen.**

**Die Symptomverwirrung bremst Hilfen für die Kranken. Jetzt muss das Gelernte schnell genutzt werden. Von Martin Korte.**

Wie alles an SARS-CoV-2, so ist auch Long Covid, die langfristige Folgeerkrankung nach der akuten Infektion, hinterhältig, unerwartet und schlecht kommuniziert. Selbst in Japan geben 43 Prozent der Long-Covid-Patienten in Selbstauskünften an, als wehleidig stigmatisiert, diskriminiert oder nicht ernst genommen zu werden – obwohl Japan zu den Ländern gehört, die die Pandemie dank Aufklärung und klarer Kommunikation gut überstanden haben. Dokumentiert hat das Aya Sugiyama von der Hiroshima-Universität in Japan in einer Studie.

Vor zwei Jahren, als die Pandemie noch jung war, das Virus noch unverstanden und Covid-19 als neue Krankheit Ärzte und Klinikpersonal überforderte, lief die biomedizinische Forschung noch auf Hochtouren. Long Covid wurde vor allem von den Patienten und insbesondere den Patientinnen wahrgenommen, denn bis heute sind zwei Drittel aller Betroffenen Frauen. Die ersten wissenschaftlichen Artikel tauchten auf, die Long Covid als “durch die Vorerkrankungen der Betroffenen und durch den Covid-19 Verlauf nicht zu erklärende Symptome” definierten.

Wissenschaftlich gesehen fängt es schon schlecht an, wenn man eine Krankheit durch das definieren muss, was sie nicht ist. Bis heute herrscht in der Öffentlichkeit, aber auch in der medizinischen Praxis die irrige Idee, Long Covid sei nichts anderes als die normale Erholungsphase nach einer schweren Krankheit und bedürfte weder eines eigenen Namens noch einer gesonderten Forschung.

Dabei belegen Studien regelmäßig das Gegenteil: Gerade wurde eine Studie aus Schottland veröffentlicht, die zeigt, dass sechs Prozent aller Infizierten auch 18 Monate nach der Infektion noch Symptome zeigen. Nach 18 Monaten endete der Beobachtungszeitraum. Andere Forschungsarbeiten, vor allem aus Israel, Großbritannien und der USA, kamen sogar auf zehn bis 15 Prozent aller Infizierten, unabhängig davon, ob sie im Krankenhaus behandelt werden mussten oder zu Hause einen milden Verlauf auskurierten. Die Unterschiede in den Zahlen ergeben sich aus den verschiedenen Symptomen, die betrachtet werden - jeder Patientenfragebogen ist anders -, und aus der Virusvariante, die zum Zeitpunkt des Untersuchungszeitraumes kursierte.

Die babylonische Symptomverwirrung ist ein Grund, warum Long Covid so schwer zu fassen scheint. Zu Beginn zählten Forscher in viel beachteten Publikationen mehr als 200 Symptome, die mit Long Covid assoziiert sein sollten. Einige von den psychisch bedingten Störungen hätten aber auch durch die lange Pandemiezeit bedingt sein können, was sie nicht weniger behandlungsbedürftig macht. Auch haben einige Long-Covid-Studien gezeigt, dass Vorerkrankungen, ob vom Gehirn oder Herzen, durch Long Covid verstärkt werden können - was den Einwand ins Leere laufen lässt, Menschen haben

nichts erst durch Long Covid eine Depression bekommen, sondern schon vorher eine gehabt. Das Gleiche gilt für eine Alzheimer-Demenz, von der wir fürchten müssen, dass sie im Anfangsstadium durch Long Covid noch beschleunigt wird. So könnte die Krankheit noch mehr Menschen und in einem jüngeren Alter treffen, als es ohne eine Sars-CoV-2-Infektion der Fall gewesen wäre.

Was weder der Suche nach einer Therapie noch der Forschung generell und schon gar nicht in der öffentlichen Kommunikation hilft, ist ein Streit zwischen Disziplinen. Die Long-Covid-Symptome haben es an sich, dass sie weder allein aus der genetischen Struktur des Virus erklärt werden können, noch verläuft die Krankheit in der Domäne eines medizinischen Faches allein. Ganz pragmatisch erscheint mir eine Klassifikation der Symptome nach ihrer Häufigkeit sinnvoll, um dann Ursachen und Therapien für die Betroffenen zu entwickeln - das würde die Behandlung schneller vorantreiben. Zudem bedarf es der Einrichtung von Long-Covid-Sprechstunden, in denen Ärzte verschiedener Disziplinen zusammenarbeiten.

Erstaunlich ist, dass die häufigsten Long-Covid-Symptome mit unserem Nervensystem assoziiert sind, entweder mit dem Gehirn oder mit dem autonomen Nervensystem, welches besonders unsere Körperreaktionen kontrolliert, vom Herzschlag bis zum Schwitzen. Fatigue ist das am häufigsten genannte Symptom. Dabei handelt es sich um einen überaus starken Erschöpfungszustand, eine unerträgliche Müdigkeit, die sich auch nach Erholungsphasen nicht verbessert und starke körperliche wie mentale Ermüdung mit einschließt. Long-Covid-Fatigue hat viele Ähnlichkeiten mit dem Chronischen Fatigue-Syndrom (CFS) und geht wohl auf einen Energienotstand

des Gehirns zurück. Das Gehirn benötigt rund um die Uhr Energie, in Form von Glukose und Sauerstoff, beides liefert das Blut. Die energetische Erschöpfung kann auftreten, wenn Nervenzellen oder die sie unterstützenden Gliazellen im Gehirn, vor allem Astrozyten und Oligodendrozyten, vom SARS-CoV-2 selbst infiziert werden oder wenn entzündliche Prozesse im Gehirn durch Botenstoffe des Immunsystems aus dem Körper in das Gehirn gelangen und dort aus noch ungekannten Gründen eine lang anhaltende entzündliche Reaktion über die Aktivierung des Immunsystems verursachen. Der hier relevante und überaus wichtige Zelltyp sind die Mmikrogliazellen. Ein dritter Grund für die energetische Unterversorgung bei der Fatigue, aber auch für viele andere Symptome wie Schlaf-, Gedächtnis- und Konzentrationsstörungen, ist die Infektion der kleinen Gefäße. Die Perizyten, die zum Teil die Blutgefäße auskleiden und sich kontrahieren können, werden undurchlässiger. Und als wäre das nicht genug, werden die Blutgefäße auch noch durch verklumpte Blutzellen, die sogenannten Thromben, verstopft. Das trifft das Gehirn besonders, da es von unendlich vielen kleinen Blutgefäßen durchzogen wird, so dass ständig 15 Prozent unseres Bluts durch das Gehirn fließen, obwohl es nur zwei Prozent unseres Körpergewichtes ausmacht. Long Covid ist ein Sammelbegriff für Erkrankungen, die verschiedene Ursachen und auch verschiedene Symptome haben. Ähnlich wie es verschiedene Demenzen gibt, von denen die Alzheimer-Demenz nur eine von vielen ist (wenn auch die häufigste), gilt wohl Gleiches für Long Covid.

Es kann beispielsweise als Folge einer Autoimmunreaktion auftreten, was erklären könnte, warum so viele Frauen betroffen sind. Auch

Autoimmunerkrankungen treffen zu zwei Drittel Frauen, sind oft ähnlich diffus und vielfältig in den Symptomen wie in der Anzahl der betroffenen Organe. Die Vorgeschichte des Patienten zu berücksichtigen, ist immer geboten. So geht es auch darum, welche Gene exprimiert werden, welche Vorerkrankungen und Dispositionen jemand mitbringt und wie unterschiedlich das individuelle trainierte Immunsystem des jeweiligen Menschen ist. Unterschiede im Immunsystem zwischen Männern und Frauen erklären zu einem erheblichen Teil, warum Frauen einen schweren Covid-19-Verlauf erleiden, ihr Immunsystem reagiert schneller als das - durch Testosteron und andere Faktoren - langsamere Immunsystem von Männern. Doch genau diese schnelle, ausgeprägte Immunreaktion ist wohl auch dafür verantwortlich, dass Frauen stärker von Autoimmunreaktionen betroffen sind.

Selbst auf einen milden Covid-19-Verlauf können lang anhaltende, versteckte Autoimmunantworten folgen, die womöglich zu einem Teil der beschriebenen Long-Covid-Symptome führen. Hier können nicht nur schlummernde Autoantikörper mobilisiert werden, sondern vorher inaktive Viren wieder beginnen, sich zu teilen. Beobachtet wir das bisher vor allem bei Herpesviren, zu denen auch das Epstein-Barr-Virus gehört, die entzündliche Prozesse im Gehirn auslösen und ursächlich für die Multiple Sklerose (MS) verantwortlich sein können. Viele neuronal bedingte Long-Covid-Symptome sind vermutlich auf Prozesse der Neuroinflammation zurückzuführen. Gerade Aufmerksamkeits- und Gedächtnisstörungen ebenso wie der häufig von Patienten beschriebene "Hirnebel", der einhergeht mit einer Verlangsamung des Wahrnehmens, Denkens und Handelns, deuten auf eine neuronale

Dysfunktion hin - vor allem verursacht durch Probleme der Reizfortleitung. Und in der Tat gehört eine Beeinträchtigung der Funktion der Oligodendrozyten, die die Isolation der Axone übernehmen, mit zum Erscheinungsbild der Folgen einer endzündlichen Reaktion im Gehirn.

Zu akzeptieren ist auch, dass das Immunsystem des Körpers ebenfalls das Gehirn kontrolliert und die hirneigenen Immunzellen in Form der Mikrogliazellen aktivieren kann. Lange hat es bis zu dieser Einsicht gedauert. Mittlerweile werden immer mehr **Zusammenhänge** aufgedeckt. Dabei war die Beweisführung mühselig, und es bedurfte einer Reihe von Forscherteams aus aller Welt, die über Jahre hinweg zeigen konnten, dass sowohl bakterielle wie auch virale Infektionen, die nicht direkt das Gehirn betreffen, immunologische Reaktionen im Gehirn auslösen können.

Diese Neuroinflammation kann, wenn sie chronisch wird, langfristige Konsequenzen haben. Bereits 2013 konnten wir in einer Studie unter Leitung von Michael Heneka, damals am Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen in Bonn, zeigen, dass neuroinflammatorische Prozesse auch maßgeblich an der Entstehung der Alzheimerkrankheit und deren Verlauf beteiligt sind.

**Wissenschaftlich, medizinisch-diagnostisch oder als Patienten müssen wir lernen, ein Infektionsgeschehen "ganzheitlicher" zu betrachten. Die Infektion ist nicht allein beschreibbar als Schlacht des Körpers - oder der Therapien - gegen das Virus. Vielmehr muss man unser Immunsystem mit all seinen Schattenseiten berücksichtigen, ebenso wie das Mikrobiom im**

Darm, das ebenfalls Einfluss auf das Gehirn hat, sowie die genetische Ausstattung eines jeden Menschen.

Pandemien, das zeigt Corona, sind ein Stresstest und legen Schwächen gnadenlos bloß. Aber sie eröffnen auch Chancen, die Erforschung von Krankheiten, ja auch den Begriff Krankheit selbst, neu zu definieren. So werden über die Long-Covid-Ursachenforschung hoffentlich auch CFS-Patienten mit dem Erschöpfungssyndrom profitieren. Vor allem ist zu hoffen, dass wir alle lernfähig bleiben - auch was den gesellschaftlichen Umgang mit den von Long Covid betroffenen Menschen angeht".

Der Autor ist Hirnforscher und an der TU Braunschweig sowie dem Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung tätig. Quelle: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom Mittwoch, 16. November 2022.

An dieser Stelle möchte ich die Bioelektrizität erwähnen, also den von Lebewesen erzeugten elektromagnetischen Feldern, auf die M. Levin mit einigen Veröffentlichungen hingewiesen hat: 1. M. Levin, Bioelec networks: the cognitive glue enabling evolutionary scaling from physiology to mind. *Animal cognition*, 2023. 2. M. Levin *Technological Approach to Mind Everywhere. An Experimentally - Grounded Framework for Understanding Diverse Bodies and Minds*, *Frontiers in System Neuroscience*, 2022.

## 14. Kapitel

### Anhang (5)

## Quantenphysik. "Nächster Erfolg im Quantenrennen.

**Rechenfehler lassen sich auch ohne aufwendige Korrekturverfahren ausmerzen.**

Wer hat den derzeit leistungsfähigsten Quantencomputer? Im Oktober 2019 erhob diesen Anspruch noch Google. Mit seinem Quantenchip "Sycamore". Dessen 53 supraleitende Quantenbits (Qubits) lösten damals in drei Minuten ein komplexes Problem, an dem der IBM-Supercomputer "Summit" angeblich Tausende von Jahren geknobelt hätte. Allerdings handelte es sich um eine sehr spezielle Fragestellung, die genau auf Sycamores Fähigkeiten zugeschnitten war. In der Zeitschrift "Nature" präsentieren nun Forscher des Computerherstellers IBM einen supraleitenden Quantenprozessor, der ein relevantes Problem aus der Materialforschung lösen konnte - und zwar genauer als jeder klassische Supercomputer. Eine weitere Besonderheit: Er kam ohne eine Fehlerkorrektur aus, die überwacht, ob sich Rechenfehler eingeschleichen und diese schnell behebt.

Seit Jahren liefern sich Google und IBM in Sachen Quantencomputing ein Kopf-an-Kopf-Rennen. Beide Unternehmen nutzen die gleiche Architektur für ihre Prozessoren: supraleitende Mikrowellenresonatoren als Träger der Quantenbits. Wer aber aktuell vorne liegt, lässt sich nur schwer beurteilen. **Zwar hat IBM derzeit mit "Osprey" den größten Prozessor im Einsatz. Der**

Quantenchip verfügt über 433 supraleitende Quantenbits, 360 mehr als die aktuelle Version von Googles Scymore. Allerdings ist die Zahl der Quantenbits, die dicht gepackt auf einem Chip sitzen für die Leistungsfähigkeit nicht allein ausschlaggebend. Wichtiger ist, ob sich alle Qubits perfekt kontrollieren und ansteuern lassen und wie lange sie von äußeren Einflüssen ungestört rechnen können. Zentral ist dabei auch die Frage der Fehlerbehandlung. Denn schon geringe elektrische Streufelder und Temperaturschwankungen zerstören die fragilen Quantenzustände in den Quantenbits. Gehen dabei Quanteninformationen verloren, schleichen sich Fehler ein.

Anfang dieses Jahres haben Forscher von Google eine Fehlerkorrektur auf dem Quantenprozessor Scymore installiert. Anhand von Hilfs-Qubits, die den Status einer Gruppe von rechnenden Quantenbits überwachten, und eines speziellen Algorithmus ließen sich die Fehlerraten der Berechnungen deutlich reduzieren.

Weil eine effiziente Fehlerkorrektur umso aufwendiger wird, je mehr Quantenbits im Spiel sind, haben die Forscher um Abhinav Kandala vom IBM-Forschungszentrum Yorktown Heights, New York, einen anderen Weg gewählt. Sie versuchten, allein mithilfe eines stochastischen Algorithmus die Fehler zu minimieren. Dabei erzeugten sie während der Kalkulationen gezielt Störsignale, um anschließend die Fehler aus ihrer Messkurve herausrechnen zu können: Über eine Extrapolation ermittelten sie, wie das Ergebnis ohne die Störsignale ausgesehen hätte. Wächter Quantenbits sind hierbei nicht notwendig.

Getestet haben die Forscher ihr Verfahren an einem komplexen Problem aus der Festkörperphysik. Sie simulierten das magnetische Verhalten von 127 Elektronenspins eines Ferromagneten in einem Magnetfeld. In der theoretischen Physik wird dieses Quantensystem mit dem sogenannten Ising-Modell beschrieben: Jeder Spin kann zwei Zustände annehmen, er kann sich parallel oder antiparallel zu den Magnetfeldlinien ausrichten. Die Wechselwirkungen zwischen den benachbarten spins stört jedoch die perfekte Ausrichtung und führt zu einer räumlichen inhomogenen Auslenkung des Spins. Will man die Gesamtmagnetisierung mit einem klassischen Computer modellieren, stößt man bei der Zahl der möglichen Spineinstellungen schnell an Grenzen.

Zur Modellierung nutzten Kandala und seine Kollegen die 127 Qubits des IBM-Quantenprozessors Eagle. Jedes Quantenbit repräsentierte einen der Elektronenspins mit seinen zwei möglichen Ausrichtungen. Die Wechselwirkung der Spins untereinander simulierten die Forscher, indem sie jeweils zwei Quantenbits über ein Quantengatter verschalteten und so miteinander verschränkten.

Tatsächlich konnten die Forscher mithilfe der Fehlerunterdrückung die Magnetisierung des Spinsystems überaus genau modellieren. Um die Genauigkeit zu prüfen, führte man die Modellierung auch mit zwei Supercomputern am Rechenzentrum des Lawrence Berkeley National Laboratory aus. Konnten die beiden Rechner anfänglich noch mithalten, ließ die Genauigkeit der Rechnung schließlich bei 127 Spins deutlich nach. Eagle lieferte die klar präziseren Resultate für die Magnetisierung des Systems.

Für die IBM-Forscher belegen die Simulationen, dass Quantenrechner auch ohne eine effiziente Fehlerkorrektur anwendungsbezogene Probleme korrekt modellieren können. Allerdings sei das nur eine Zwischenlösung. Denn für künftige komplexe Quantencomputer mit 1000 und mehr Qubits wird ein Korrektursystem schließlich wieder effizienter arbeiten als die vorgestellte algorithmische Lösung". Manfred Lindinger, Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 21. Juni 2023

## 15. Kapitel

### Anhang (6)

**Nervennahrung.** Muttermilch scheint ein Molekül zu enthalten, was für die Hirnentwicklung besonders bedeutsam ist. Der Zucker Myo-Inositol förderte in den Experimenten eines Forscherteams um Thomas Biederer von der Yale School of Medicine die Bildung von Synapsen und erhöhte somit die **Interkonnektivität [ Synonyme: Verbund, Vernetzung, Zusammenschaltung ]** zwischen den Nervenzellen. Dazu sammelten sie Muttermilchproben von Müttern aus den verschiedenen Regionen wie Mexico, China und den USA. Sie konnten die Wirkung von Myo-Inositol an menschlichen Neuronen, aber auch an den Nervenzellen von Nagetieren nachweisen. Die Forscher hoffen, dass ihre Erkenntnisse nützlich für die Herstellung von Produkten zur Ernährung von Babies sein können. Die Studie ist in "PNAS" erschienen. Kuro. Frankfurter Allgemeine vom 12. Juli 2023 Seite N 2.

## 16. Kapitel

### Anhang (7)

**Alfred North Whitehead, *Denkweisen* in Zitaten.**

Verbundenheit ist das Wesen jeglicher Art. (S. 54)

Es gibt keine klare Trennung zwischen Arten; es gibt überhaupt nirgendwo klare Trennungen. ( S. 59)

Die Wirkliche Welt ist der Wissenschaft durch das Netz gegangen. ( S. 62)

In erster Linie gibt es keine scharfe Trennung zwischen Tieren und Pflanzen. ( S.67)

Die Verbundenheit der Existenz ist die Essenz des Verstehens. ( Seite 75)

**Unser Verstehen charakterisiert sich also durch zwei Weisen des Voranschreitens, das Sammeln von Details innerhalb eines festgelegten Musters und die Entdeckung neuartiger Muster mit einer Ausrichtung auf neue Details. ( S. 98)**

Es gibt ein Ganzes, das aus dem Zusammenspiel vieler Details entsteht. Die Bedeutung rührt von einem lebhaften Begreifen der gegenseitigen Abhängigkeiten des Einen und der Vielen her. (S. 100)

... Wir sollten uns von ihr verabschieden und davon ausgehen, dass jede Entität - welcher Art auch immer - notwendigerweise über eine für sie wesentliche Verbindung mit dem Universum der Dinge verfügt. ( Seite 105)

Die einfachste These über verschiedene Typen von Existenz ist die, dass einige extreme Formen unabhängig vom Rest der Dinge existieren. (...) In diesem imaginierten Reich gibt es keinen Übergang, keinen Verlust und keinen Gewinn. Es ist in sich vollständig. Es ist selbsterhaltend. Deswegen ist es das Reich des "vollkommenen Wirklichen". ( S. 106)

Die Vorstellung einer Sphäre des menschlichen Wissens, voller ungetrübter Wahrheiten ist der bevorzugte Wahn von Dogmatikern - seien es Theologen, Natur- oder Geisteswissenschaftler. ( S. 107)

Mensch sein heißt Strukturen zu erforschen. Tier sein, heißt, sich lediglich ihrer zu erfreuen. ( S.115)

**So würde beispielsweise in einem Zeugnis der Satz, "Ihr Geist ist klar und ordentlich", als ein Lob gelten; wohingegen der Satz, "Ihr Geist ist vage und unordentlich", als Untauglichkeitsbescheinigung gelesen werden würde. Der Grund für ein solches Urteil basiert auf der Tatsache, dass derjenige, der Klarheit und Ordentlichkeit besitzt, dazu in der Lage wäre, mit vorhersehbaren Situationen umzugehen. Es sind notwendige Grundlagen zur Aufrechterhaltung des existierenden gesellschaftlichen Lebens. Trotzdem reichen sie nicht aus. Das Transzendieren bloßer Klarheit und Ordnung ist notwendig, wenn man mit dem Unvorhersehbaren, dem Fortschritt und der Aufregung umgeht. Das Leben degeneriert, wenn es in den Ketten reiner Konformität liegt. Die Kraft, vage und unordentliche Elemente zu integrieren, ist unerlässlich für den Fortschritt hin zu Neuem. ( S. 117)**

Wir sollten uns vor Philosophien hüten, die vorherrschende Emotionen von Epochen langsamen sozialen Verfalls zum Ausdruck bringen. ( S.118)

So wie die Griechen Mathematik und Geometrie verstanden, blieb jede Vorstellung von Übergängen für sie im Hintergrund. Jede Zahl, jedes Verhältnis, jede geometrische Form stellte eine statische Errungenschaft dar. ( S. 119)

Ideale Formen waren für sie bewegungslos, undurchdringlich und sich selbst genügend, indem sie je für sich eine besondere Art von Vollkommenheit darstellten. So reagierte Griechisches Denken auf die grundlegenden Begriffe der Mathematik. Der menschliche Geist war geblendet vom Aufblitzen der Ewigkeit. (S.119)

Vollkommenheit stand in keiner Beziehung zu Übergang. Das Schaffen und seine Welt des Wandels waren unbedeutende Nebenbeschäftigungen eines statischen Absoluten. (S.119)

Das Ergebnis war, dass Philosophie und Theologie die Aufgabe bekamen, die wechselhafte geschichtliche Welt von einer Welt ohne Wandel letzter Realität abzuleiten. Die ganze Konzeption unseres Wissens wurde verdorben. Die letzte Weisheit stellte man sich als ein unveränderliches Nachdenken über eine unveränderliche Realität vor. Ein Wissen ohne Beziehung zum Handeln wurde gepriesen. Handlung wird also als etwas begriffen, das mit einer Schattenwelt befasst ist. Platons Vorlesung vom Guten, mit der Betonung der Mathematik, so wie sie damals verstanden wurde, ist bezeichnend für eben diese Haltung von der die Philosophie getrieben wurde. In jenen Tagen war die

Mathematik eine Wissenschaft, die ein statisches Universum zum Gegenstand hatte. Jeder Übergang wurde als ein Übergang von statischen Formen wahrgenommen. Heute können wir Formen des Übergangs denken. Das moderne Konzept einer unendlichen Reihe ist das Konzept einer Form des Übergangs; so ist etwa in diesem Falle die Eigenschaft der Reihe als ganzer solch eine Form. (S.120)

Der begrenzte Fokus von Klarheit macht eine Umgebung von Vagheit sichtbar, die sich bis in die Dunkelheit erstreckt, die jenseits von ihr liegt. (S.121)

Wir erfassen außerdem drei Aspekte des Tatsächlichen, nämlich in der Erfahrung von Einheit, der von Vielheit und der des Übergangs. (S.122)

Die Entwicklung westlicher Philosophie wurde durch die stillschweigend vorausgesetzte Notwendigkeit statischer, raum-zeitlicher und physischer Ordnungsformen behindert. Aber die Dynamik der wissenschaftlichen Erkenntnisse in den letzten zwei Jahrhunderten hat die Annahme, dass eine solche Notwendigkeit existiert, als völlig unbegründet erscheinen lassen. Trotzdem hält sich diese Annahme selbst unter Wissenschaftlern noch immer. (S.125)

Wenn Prozess fundamental für die Wirklichkeit ist, dann muss jede grundlegende individuelle Tatsache als Prozess beschreibbar sein. Newtons Definition der Materie abstrahiert Materie von Zeit. Sie konzipiert "Materie in einem Moment". Das gleiche gilt für Descartes' Beschreibung. Wenn der Prozess fundamental sein sollte, dann ist solch eine Abstraktion ein Irrtum. (S.125)

Zuviel Aufmerksamkeit wurde auf das reine Datum und das bloß erlangte Resultat gelenkt. Das Wesen der Existenz liegt im Übergang vom Datum zu Resultaten. (S.132)

Eine wichtige Doktrin dieser Kapitel ist, dass man "Existenz" (in all ihren Bedeutungen) nicht von "Prozess" trennen kann. Die Begriffe Prozess und Existenz setzen sich gegenseitig voraus. (S.133)

Prozess und Individualität erfordern einander. Bei der Trennung geht all ihre Bedeutung verloren. Die Form des Prozesses (oder in anderen Worten, des Strebens) hat ihren Charakter von den Individuen, die in ihn involviert sind; und die Charaktere der Individuen können wiederum nur in Bezug auf den Prozess, in den sie eingebunden sind, verstanden werden. (S. 134)

Wenn nämlich der Prozess von Individuen abhängt, dann ändert sich die Form des Prozesses mit unterschiedlichen Individuen. Entsprechend kann das, was über einen Prozess gesagt wurde, nicht über einen anderen Prozess behauptet werden. (S.134)

Folglich schwindet die absolute Allgemeingültigkeit von Logik und Mathematik. (S. 134)

Das Universum ist seinem Wesen nach mehr als nur Prozess. (S.136)

Newtons Glaube an den absoluten Raum mag beispielsweise verfehlt sein. Aber trotz alledem legt er ein Zeugnis davon ab, dass für ihn offensichtlich Faktoren im Universum existieren, auf die sich ein Begriff der Prozesshaftigkeit nicht anwenden läßt. Zumindest die reine Möglichkeit

räumlicher Verhältnisse zwischen geschichtlichen Realisationen stand ihm als zeitloses Faktum vor Augen. (S. 137)

Philosophie ist die Suche nach Prämissen. Sie ist keine Deduktion. Wenn solche Deduktionen vorkommen, dann nur, um die Ausgangspunkte hinsichtlich ihrer Evidenz in Schlussfolgerungen zu testen. (S. 141)

Alles, was in irgendeinem Sinne existiert, hat zwei Seiten, sein individuelles Selbst und seine Signifikanz im Universum. (S. 146)

Zu Beginn der Wissenschaft betrachtete man die Natur als etwas, das eine Vielzahl von Arten und Klassen beinhaltet, die durch unüberschreitbare Grenzen voneinander getrennt waren. Heute herrscht die Lehre der Evolution. Wir müssen diese Lehre nicht notwendigerweise als eine betrachten, in der die Evolution stets vorwärts gerichtet ist. Was wir beobachten, ist der historische Übergang von Art zu Art, von Klasse zu Klasse. (S. 147)

Die Voraussetzungen der Physik von gestern bleiben im Denken der Physiker erhalten, selbst wenn ihre ausdrücklichen Lehren diese im Detail widerlegen. (S. 164)

Die Vorstellungen eines leeren Raumes, der ein reines Vehikel für räumliche Verbindungen ist, wurde aus der jüngeren Wissenschaft verbannt. Das ganze räumliche Universum ist ein Kraftfeld oder - mit anderen Worten - ein Feld unaufhörlicher Aktivität. Die mathematischen Formeln der Physik bringen die mathematischen Verbindungen dieser Aktivitäten zum Ausdruck. (S. 168)

[Im kleinsten Maßstab ist der Raum ein waberndes Gewimmel aus Gravitationsquanten, die wechselseitig aufeinander einwirken, alle gemeinsam auf die Dinge einwirken und sich in diesen Wechselwirkungen als Spin-Netzwerke, als Quantenkörnchen in wechselseitiger Beziehung manifestieren. Der physikalische Raum ist das Gewebe, das sich aus dem beständigen Gewimmel dieses Beziehungsgeflechts ergibt. Carlo Rovelli, Die Wirklichkeit, die nicht so ist, wie sie scheint, Rowohlt Verlag, Reinbeck bei Hamburg 2016, S. 194]

Die noch jüngere Revolution, die in der heute gegenwärtigen Physik kulminierte, hat diesen Trend der Wissenschaft des neunzehnten Jahrhunderts nur einen Schritt weiter nach vorne getrieben. Ihre Lehre zeugt von der extremen Oberflächlichkeit jener groben Verallgemeinerungen, welche die Menschheit auf der Basis von Sinneswahrnehmungen erwirbt. Der unaufhörliche Versuch, die Welt zu verstehen, hat uns von all diesen augenfälligen Ideen entfernt. Materie wurde mit Energie identifiziert, und Energie ist reine Aktivität; die Vorstellung eines passiven Substrats, das aus selbstidentischen, fortdauernden Materieteilchen zusammengesetzt ist, wurde damit aufgegeben, zumindest insofern es sich um eine grundlegende Beschreibung der Wirklichkeit handeln soll. (...) Der moderne Standpunkt wird durch die Begriffe **Energie**, **Aktivität**, **Schwingungsunterschied** und **Raumzeit** zum Ausdruck gebracht. (S. 169-170)

Aber im modernen Konzept wird jene Gruppe von Bewegungen, die wir Materie nennen, mit ihrer Umwelt verschmelzen. Es gibt keine Möglichkeit einer abgelegenen, sich selbst enthaltenen Existenz. Die Umwelt dringt in die Natur jedes vereinzelt Dings ein. (S. 170)

Nun ist eine Abstraktion selbst nichts anderes als die Unterschlagung eines Teils der Wahrheit. Eine Abstraktion ist wohlbegründet, wenn die aus ihr gezogenen Schlussfolgerungen nicht durch die unterschlagene Wahrheit widerlegt wird. (S.170)

Die Voraussetzungen des alten Common-sense-Weltbildes leben weiterhin fort, selbst wenn diese Sichtweise längst als grundlegende Beschreibung aufgegeben wurde. (S.171)

Ein Begriff autarker Isolation findet in der modernen Physik kein Beispiel. Es gibt keine wesentlich sich selbst erhaltenden Aktivitäten in begrenzten Regionen. (...) **Die Natur ist ein Theater für Wechselbeziehungen von Aktivitäten. Alle Dinge ändern sich, die Aktivitäten und ihre Wechselbeziehungen ebenfalls.** Für dieses neue Konzept ist der Begriff Raum mit seinem passiven, systematischen, geometrischen Verhältnis vollkommen unpassend. Die modische Vorstellung, derzufolge die neue Physik alle physikalischen Gesetze auf die Darlegung von geometrischen Beziehungen reduziert hat, ist ziemlich lächerlich. Sie hat das Gegenteil getan. Den aristotelischen Begriff der Abfolge der Formen hat sie durch den Begriff der Prozessformen ersetzt. Sie hat Raum und Materie hinweggefegt und hat die Erforschung interner Relationen durch einen komplexen Aktivitätszustand ersetzt. (S. 172)

Die weitverbreitete Haltung führender Köpfe in den Naturwissenschaften richtet sich heute vehement gegen die Überlegungen, die ich hier vorgebracht habe. (S.175)

Die physische Natur, wie sie von der Wissenschaft erforscht wird, muß als Komplex der stabileren Wechselbeziehungen zwischen den wirklichen Tatsachen dieses wirklichen Universums betrachtet werden. (S.176)

Aus moderner Sicht sind Prozess, Aktivität und Veränderung die eigentlichen Tatsachen. In einem Moment gibt es gar nichts. Jeder Moment ist nur ein Weg, das Tatsächliche zu gruppieren. Wenn es also keine Momente gibt, die als einfache ursprüngliche Entitäten betrachtet werden können, dann gibt es keine Natur in einem Moment. (S.177-178)

Die Lehre, die ich hier vertrete, besagt, dass weder die physische Natur noch das Leben verstanden werden können, wenn wir sie nicht miteinander zu einem wesentlichen Faktor in der Zusammensetzung der "wirklich wirklichen" Dinge verschmelzen, deren wechselseitige Beziehungen und individuelle Charaktere das Universum konstituieren. (S. 180)

Es ist Unsinn, die Natur als eine statische Tatsache zu begreifen, selbst für einen Moment ohne Dauer. Und es gibt keinen Übergang ohne zeitliche Dauer. (S. 181-182)

Jede Philosophie ist ein Streben danach, ein in sich konsistentes Verständnis der beobachteten Dinge zu erlangen. (S. 182)

Wissenschaft kann kein individuelles Erleben in der Natur ausmachen: Sie kann kein Ziel in der Natur finden, sie kann keine Kreativität in der Natur finden; sie findet bloß Sukzessionsregeln. Diese Negationen sind als solche wahr für die Naturwissenschaften. Sie sind ihrer Methodologie inhärent. Der Grund für die Blindheit der Physik liegt in der Tatsache, dass Wissenschaft nur mit der

halben Wahrheit umgeht, die von der menschlichen Erfahrung bereitgestellt wird. (S.184)

Die desaströse Trennung von Körper und Geist, auf die das europäische Denken durch seinen Cartesianismus fixiert ist, ist für diese wissenschaftliche Blindheit verantwortlich. (S. 184)

Das wissenschaftliche Denken wird vollständig von der Voraussetzung beherrscht, dass geistige Funktionsweisen keinen eigentlichen Teil der Natur darstellen. (186)

Die Punkte, die ich betonen möchte, sind erstens: dass diese scharfe Trennung zwischen Geist und Natur keine Grundlage in unseren fundamentalen Beobachtungen findet. Wir leben in der Natur. Zweitens sollten wir schließlich geistige Operationen auch unter jenen Faktoren ausmachen, welche die Natur konstituieren. Drittens sollten wir die Vorstellung vom leerlaufenden Getriebe im Prozess der Natur ablegen. (S. 186)

Die Natur wird so als eine beschrieben, die aus leeren Materieteilchen besteht, die über keinen inneren Wert verfügen und ruhelos durch den leeren Raum eilen. (S. 188)

So ist in einem bestimmten Sinne die erfahrene Welt ein komplexer Faktor bei der Komposition der vielen Faktoren, die das Wesen der Seele konstituieren. Wir können das kurz umschreiben, indem wir sagen, dass gewissermaßen die Welt in der Seele ist. (S. 193)

Sobald man sich mit primitiven Ideen und mit primitiven Annahmen zufriedengibt, hat man aufgehört Philosoph zu sein. (S. 199)

Kein Philosoph findet sich mit der Zustimmung vernünftiger Leute ab, seien es Kollegen oder er selbst zu einer früheren Zeit. Er greift die Befestigungen der Grenze immer wieder an. (S. 200)

Sie sind eine Gruppe des Abenteuers, der Spekulation, der Suche nach neuen Ideen. (S. 201)

Der Nutzen der Philosophie liegt in der Aufrechterhaltung einer aktiven Neuheit fundamentaler Ideen, die das soziale System erhellen. Sie macht den langsamen Abstieg bereits akzeptierten Denkens auf inaktive Gemeinplätze hin rückgängig. Wenn man es so nennen will, dann ist Philosophie mystisch. Denn Mystik ist der direkte Einblick in bisher noch unausgesprochene Tiefen. (201)

## 16. Kapitel

### Fußnoten

(1) Alfred North Whitehead, *Wissenschaft und moderne Welt*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1988, Seite 18

(2) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001, Seite 164

(2a) Karl R. Popper, *Die offene Gesellschaft und ihre Feinde*, Bd. 2, München 1980, Seite 308

(2b) Alistair Crombie: *Von Augustinus bis Galilei. Die Emanzipation der Naturwissenschaft*, dtv, Wissenschaftliche Reihe, Deutscher Taschenbuchverlag GmbH & Co. KG, München Juni 1977, S. 63-64

(2c) Alfred North Whitehead, *Abenteuer der Ideen*, suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1498, Suhrkampverlag Frankfurt am Main 1971, Seite 340-341).

(3) Isaak Newton, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, Übers. u. hg. v. J.Ph. Wolfers, Berlin 1872 (Nachdruck Darmstadt 1963, Seite 380). An dieser Stelle möchte ich den Begriff der Härte am Beispiel eines Diamanten diskutieren. Warum sind Diamanten hart und stabil? Eine erste Antwort ist recht bekannt: Sie bezieht sich auf den Aufbau von Diamanten, er entsteht dadurch, dass Kohlenstoffatome bei der Bildung von Diamanten in mindestens 120 Kilometer Tiefe, bei Temperaturen von mehr als 1000 Grad Celsius sehr dicht zusammengedrängt werden. Eine weitere Antwort bezieht sich auf die Bindungskräfte zwischen den Atomen. Für die Quantenphysik spielen

Bindungskräfte oder Wechselwirkungen zwischen den elementaren Teilen eine außerordentlich große Rolle. "Die Bindung im Diamanten ist außerordentlich stark. Daraus resultiert die sehr hohe Härte", so sagt kurzgefasst der Kristallograph Borchartd - Ott nach einer ausführlichen Darstellung zahlreicher quantenphysikalischer Beispiele und Beschreibung der inneratomaren Kräfte in einem umfangreichen Lehrbuch: Borchartd - Ott, *Kristallographie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2002, Seite 207).

(3a) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M 2001, Seite 125

(3b) Hans-Georg Gadamer, *Wege zu Plato*, Philip Reclam jun., Stuttgart 2001, Seite 137

(3c) Vgl. Christian Gleixner, *Elektrodynamik*, Stark Verlagsgesellschaft, (Abitur-Wissen Physik, (Zusammenhängende, schülergerechte Darstellung des gesamten prüfungsrelevanten Stoffs zu den Themenbereichen elektromagnetische Felder, Schwingungen und Wellen.), Freising 2011

(4) Alfred North Whitehead, *Die Funktion der Vernunft*, Reclam, Stuttgart 1974, Seite 41

(5) Max Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*, Vieweg Verlag, Bd. III, Braunschweig 1958, Seite 389, hier zitiert in: K. Simonyi, *Kulturgeschichte der Physik*, Urania Verlag Leipzig, 1990. Seite 428

(6) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001, Seite 60

(7) Wir verdankem dem Physikhistoriker Owen Gingerich eine Studie über die seine detaillierten Recherchen zur Rezeptionsgeschichte von Kopernikus' Hauptwerk *De revolutionibus*. In dieser Studie setzt sich Gingerich detailliert mit folgender Frage auseinander: Wurde Kopernikus' Hauptwerk von einer wirklich nennenswerten Zahl von Lesern vollständig zur Kenntnis genommen? „Alles in allem schaffte ich es“, so schreibt Gingerich, „bis zum Erscheinen dieses Artikels, 101 Exemplare von *De revolutionibus* durchzusehen. Anhand der eingetragenen Kommentare bestätigte sich die Vermutung, dass wohl nur ziemlich wenige Leser das Werk sorgfältig durchgearbeitet und verstanden haben. Andererseits scheint es einen ziemlich großen Kreis von Lesern gegeben zu haben, die dieses Werk bei Gelegenheit in die Hand nahmen - erheblich mehr, als wir ursprünglich angenommen hatten“ ( Owen Gingerich, *Nikolaus Kopernikus und Tycho Brahe*, in: *Newtons Universum*, Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1990, Seite 55/56.

(8) Alistair C. Crombie, *Von Augustinus bis Galilei. Die Emanzipation der Naturwissenschaft*, DTV, 1977, Seiten 71/72

(9) David Layzer, *Das Universum: Aufbau, Entdeckungen, Theorien*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin 1998, Seite 10.

(10) Max Born, *Physik im Wandel meiner Zeit*, Braunschweig 1983, Seite 254. Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Pieperverlag, München 1969, Seite 286. Carl Friedrich von Weizsäcker, *Ein Blick auf Platon*, Stuttgart 1988,

S. 134. Max Planck, *Vorträge, Reden, Erinnerungen*. Herausgegeben von Hans Roos und Armin Herrmann, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2001, Seiten 87 ff. Max Planck schreibt durchaus in einer Übereinstimmung mit den Ideen Platons: "Man bezeichnet daher die Welt der Gegenstände im Gegensatz zur Seinnenwelt auch als die reale Welt. Doch muss man mit dem Wort 'real' vorsichtig sein. Man darf es hier nur in einem vorläufigen Sinn verstehen. Denn mit diesem Wort verbindet sich die Vorstellung von etwas absolut Beständigem, Unveränderlichem, Konstanten...". Max Planck, *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*, München 1971, Seite 14.

(10 a) Alexandre Koyré, *Galilei. Die Anfänge der neuzeitlichen Wissenschaft*, Verlag Klaus Wagenbach, Berlin 1988

(11) I. Bernhard Cohen, *Newtons Gravitationsgesetz - aus Formeln wird eine Idee*, in: *Newtons Universum*, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, 1990, Seite 134

(12) Leon Brunschvicg, *Les etapes de la philosophie mathématique*, Paris 1922, Seite 243 f.

(13) L.E.J. Brouwer, *Historical Background*, in: *South African Journal of Science* 49 (1952), Seiten 139-143

(14) Paolo Zellini, *Eine kurze Geschichte der Unendlichkeit*, Verlag C.H. Beck, München 2010, Seite 103/104

(15) Max Planck, *Vorträge, Reden, Erinnerungen*. Herausgegeben von Hans Roos und Armin Herrmann, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2001, Seite 186

(16) Frank Linhard, *Klassische Mechanik*, Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt am Main, Oktober 2002, Seiten 3, 6, 42, 45, 76

(17) Edwin Artur Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Dover Publications, Mineola, New York 1925, page 233-237

(17a) <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/355842>

(18) Nach den wissenschaftlichen und philosophischen Hauptströmungen der Vergangenheit und Gegenwart müssen Farben entweder bei den Objekten oder aber bei den Subjekten zu finden sein. Das entspricht der Aristotelischen Logik. Etwas Drittes hielt Aristoteles nicht für möglich. Ein Zwischending gab es für Aristoteles und seine zahllosen Nachfolger nicht. Hier nun eine dritte Auffassung, nach der die Farben sich zwischen dem Objekt und dem Subjekt befinden: "Color is a complex construction of human vision. It is a construction not carried out in isolation, independent of other visual constructions. Instead it is a construction carefully coordinated with the construction visual motion, surfaces, depths, transparency, and light sources. The nature and complexity of these coordinated constructions has barely been sampled by psycho-physics to date". (Vgl. D.Hoffman (2003), S. 374: "*The interaction of colour and motion*", in: *Colour Perception: Mind and the Physical World*, hg. Von R. Mausfeld und D. Heyer: *Oxford University Press*, S. 361-374. Rainer Mausfeld schreibt: "Zwischen dem objektivistischen und dem subjektivistischen Pol gibt es vielfältige weitere Positionen, welche Farbe als wesentlich *relational* ansehen, also als etwas, das in der Interaktion von Beobachter und Objekt hervorgebracht wird" (Rainer Mausfeld, '*Zur Natur der Farbe*', in: Jakob

Steinbrenner und Stefan Glasauer, *Farben. Betrachtungen aus Philosophie und Naturwissenschaften*, Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2007, Seite 338)

(19) Alfred North Whitehead, *Die Funktion der Vernunft*, Reclam, Stuttgart 1974, Seite 52.

(20) 13. Alfred North Whitehead, *Die Funktion der Vernunft*, Reclam, Stuttgart 1974, S. 12

(21) Paolo Zellini, *Eine kurze Geschichte der Unendlichkeit*, Verlag C.H. Beck, München 2010 Seite 172

(22) Alfred North Whitehead, *Wissenschaft und moderne Welt*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1988, Seite 178/179

(23) Alfred North Whitehead, *Wissenschaft und moderne Welt*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1988, Seiten 174/175

(24) James Clark Maxwell, '*Treatise on Electricity and Magnetism*' (1873), in: *Maxwell. Der Begründer der Elektrodynamik*, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 2000, Seite 48

(25) Albert Einstein, Leopold Infeld, *Die Evolution der Physik, Von Newton bis zur Quantenphysik*, Rowohlt, Hamburg 1957, Seite 194

(26) Albert Einstein, *Mein Weltbild* (Hrsg. C. Seelig), Ullstein Bücher, Frankfurt/M. 1959, Seite 161

(27) Julian Schwinger, *Einsteins Erbe. Die Einheit von Raum und Zeit*, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin 2000, Seite 35

- (28) Rudolf Taschner, *Das Unendliche. Mathematiker ringen um einen Begriff*, Springer Berlin, Heidelberg 2006, Seite 105
- (29) Paolo Zellini, *Eine kurze Geschichte der Unendlichkeit*, C.H. Beck, München 2010, Seiten 70 ff.
- (30) Christoph Kann, *Fußnoten zu Platon. Philosophiegeschichte bei A. N. Whitehead*. Felix Meiner Verlag Hamburg 2001.
- (31) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001, Seite 47
- (32) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001, Seite 50
- (33) Alfred North Whitehead, *Abenteuer der Ideen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1971, Seiten 417, 419
- (34) Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001, Seiten 87,88
- (35) Horst Lautenschlager, *Elektrisches und magnetisches Feld*, Stark Verlagsgesellschaft, Freising 2001, Seite 87
- (36) Pascual Jordan, *Albert Einstein: sein Lebenswerk und die Zukunft der Physik*, Huber Verlag, Stuttgart 1969 Seiten 124/125
- (37) Jörg Resag, *Feynman*, Springer Verlag 2028, Seite 243

## 16 Kapitel.

### Literaturangaben

1. L. Brunschvicg, *Les Etapes de la philosophie mathématique*, Paris 1922
2. Edwin Artur Burttt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Dover Publications, Mineola, New York 1925. The work was first published in 1924 under the title *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*.
3. I. Bernhard Cohen, *Newtons Gravitationsgesetz - aus Formeln wird eine Idee*, in: *Newtons Universum*, Spektrum der Wissenschaft Verlag, Heidelberg 1990
4. Albert Einstein, Leopold Infeld, *The Evolution of Physics*, Cambridge University Press, 1938
- 4a. Albert Einstein & Leopold Infeld, *Die Evolution der Physik, Von Newton bis zur Quantentheorie*, Rowohlt Hamburg 1957
5. Hans-Georg Gadamer, *Wege zu Plato*, Philip Reclam jun., Stuttgart 2001
6. Christian Thomas Kohl, *Buddhismus und Quantenphysik, Schlussfolgerungen über die Wirklichkeit*, Windpferd Verlagsgesellschaft, Oberstdorf 2013
7. Alexandre Koyré, *Galilei. Die Anfänge der neuzeitlichen Wissenschaft*, Verlag Klaus Wagenbach 1988
8. Thomas S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp Verlag 1996

9. Christoph Kann, *Fußnoten zu Platon. Philosophiegeschichte be A.N. Whitehead*, Felix Meiner Verlag, Hamburg 2001
10. Max Planck, *Vorträge, Reden, Erinnerungen*. Herausgegeben von Hans Roos und Armin Herrmann, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2001
11. K. Simonyi, *Kulturgeschichte der Physik*, Urania Verlag Leipzig, 1990.
12. Julian Schwinger, *Einsteins Erbe. Die Einheit von Raum und Zeit*, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin 2000
13. Alfred North Whitehead, *Die Funktion der Vernunft*, Reclam, Stuttgart 1974
14. Alfred North Whitehead, *Wissenschaft und moderne Welt*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1988
15. Alfred North Whitehead, *Abenteuer der Ideen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 1971
16. 12. Alfred North Whitehead, *Denkweisen*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M. 2001
17. Paolo Zellini, *Eine kurze Geschichte der Unendlichkeit*, Verlag C.H. Beck, München 2010

Christian Thomas Kohl, Freie Universität Berlin, Alumnus

Email: [kohl2018@gmail.com](mailto:kohl2018@gmail.com)

01. August 2023

---

