

# Was ist Zeit?

## **Eine philosophische Fundierung der physikalischen Zeittheorie**

Hausarbeit für das Hauptseminar: *Raum, Zeit, Materie*  
geleitet von Dr. K. Engelhardt, Prof. Dr. P. Mittelstaedt  
im SoSe 06  
verfasst von Carsten Roeger

Hürth, 30. September 2006

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kants Zeittheorie</b>	<b>2</b>
2.1	Kants Zeitargumente . . . . .	2
2.1.1	Schlussfolgerungen aus den Zeitargumenten . . . . .	3
2.2	Zeitfolge, Gleichzeitigkeit und Beharrlichkeit . . . . .	5
2.3	Struktur der Zeit . . . . .	5
2.3.1	Verhältnisse der Erscheinungen untereinander und zur Zeit . . . . .	5
2.3.2	Kausalität der zeitlichen Reihenfolge . . . . .	7
2.3.3	Gleichzeitigkeit . . . . .	8
2.4	Zeit nach Kant . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Newtons Zeittheorie</b>	<b>10</b>
3.1	Machs Einwände gegen Newton . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Das Maß der Zeit</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Die Relativität der Zeit</b>	<b>15</b>
5.1	Das Problem der Gleichzeitigkeit . . . . .	15
5.1.1	Verschiedene Zeiten für verschiedene Beobachter . . . . .	15
5.1.2	Zwei verschiedene Wirklichkeiten am Bahndamm . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Die physikalischen Probleme der Zeittheorie Kants</b>	<b>18</b>
6.1	Eine kritische Würdigung Kants und Newtons . . . . .	18
6.2	Die Kritik der Relativität der Zeit . . . . .	20
6.2.1	Das Problem der Zeitordnung . . . . .	21
6.2.2	Zeit und Wirklichkeit . . . . .	23
<b>7</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Bilderverzeichnis</b>	<b>26</b>

# 1 Einleitung

Im Folgenden soll geklärt werden was Zeit ist. In unserer Alltagserfahrung sprechen wir oft von Zeit. Doch es ist schwer zu erklären was Zeit ist. Man spricht von einem Zeitfluß oder davon das die Zeit vergeht. Mal scheint es so als verginge die Zeit langsam und ein anderes mal verfließt sie schnell. Ist die Zeit also ein Wesen oder eine Substanz, welche man irgendwie messen oder beobachten kann? Was wir beobachten sind Veränderungen, ist die Zeit vielleicht der Grund für die Veränderung? Bewirkt die Zeit als eine Art Kraft das man altert? Da die Zeit offensichtlich wichtig für unser alltägliches Leben wie auch für die Wissenschaft ist, motiviert dies eine Erklärung.

Aus der Philosophie gibt es verschiedene und widersprüchliche Antworten auf das was Zeit ist. Isaac Newton und Samuel Clark vertreten die These, das die Zeit „ein 'wirkliches Wesen', ein 'selbständiges Ding', eine Substanz“ (Mohr 1998, S.110) ist.

Nach René Descartes ist Zeit „eine Bestimmung [...], also *Akzidenz* von Substanzen“ (ebd.). Man könnte nach Leibniz die Zeit auch als ein Verhältnis der Dinge sehen. „Die Zeit wäre dann *objektive Relation*“ (ebd.). Immanuel Kant vertritt eine vierte Alternative, auf die wir nun genauer eingehen werden. Es wird sich zeigen das die Argumente Kants die oben genannten Zeitbestimmungen widerlegen.

Aber nicht nur die Philosophen sondern auch die Physik haben sich mit der Zeit beschäftigt, so das auch eine Untersuchung der physikalischen Vorstellung von Zeit interessant ist.

Zunächst soll dargelegt werden, wie der Begriff der Zeit in *der Kritik der reinen Vernunft* analysiert wird, um so zu begreifen wie Zeit nach Kant zu verstehen ist.

Doch jede Theorie hat keinen Sinn, wenn man sie nicht auf die Wirklichkeit anwenden kann. So soll anschließend der Zeitbegriff nach physikalischen Theorien betrachtet werden. Da die Zeit für jede physikalische Messung erforderlich ist, wäre es interessant diese Zeitvorstellung mit der Kants zu vergleichen.

Nun sind Raum und Zeit miteinander verknüpft. Ebenso ausführlich könnte man den Begriff des Raumes zu diskutieren.

Da ich mich in dieser Arbeit aber vor allem auf die Zeit konzentrieren möchte, werde ich auf den Raum nur insofern eingehen, wie es für das Verständnis der Zeit nötig ist.

## 2 Kants Zeittheorie

### 2.1 Kants Zeitargumente

In der *Transzendentalen Ästhetik* der Kritik der reinen Vernunft werden in §§ 4-8 die Zeitargumente aufgeführt, welche bestimmen sollen was Zeit ist. Kant beginnt mit der Metaphysischen Erörterung des Begriffs Zeit und untersucht, „was den Begriff, als a priori gegeben, darstellt“ (KrV, B38).

#### 1. Zeit ist kein empirischer Begriff

Als erstes führt Kant ein epistemologisches Argument an. Die Zeit kann nicht aus unserer Erfahrung erkannt werden. Intuitiv könnte man meinen wir würden die Zeit beobachten können, indem wir Dinge betrachten die sich verändern und in dieser Veränderung würde man das Wirken der Zeit sehen. Dies ist nach Kant falsch. Ein Ableiten der Zeit aus unseren Sinneswahrnehmungen ist nicht möglich. „Die Zeit ist kein empirischer Begriff, der irgend von einer Erfahrung abgezogen worden“ (B46) ist. Tatsächlich lernen wir nicht etwa aus der Erfahrung wie wir Ereignisse zeitlich ordnen. Wir könnten zwei Ereignisse nicht als gleichzeitig oder aufeinander folgend beschreiben, „wenn die Vorstellung der Zeit nicht a priori zum Grunde läge“ (ebd.). Wenn wir also Veränderung in unserer Umwelt wahrnehmen, dann abstrahieren wir nicht aus dieser die Zeit, sondern unsere Vorstellung der Zeit ist Voraussetzung dafür, dass wir die Veränderung erkennen können.

#### 2. Zeit ist eine notwendige Vorstellung

Die Zeit ist die ontologische Bedingung, damit zeitliche Dinge in ihr existieren können. Jedoch ist die Zeit selbst nicht auf die Existenz dieser Dinge angewiesen. „Man kann in Ansehung der Erscheinungen überhaupt die Zeit selbst nicht aufheben, ob man zwar ganz wohl die Erscheinungen aus der Zeit wegnehmen kann“ (ebd.). Die ersten beiden Zeitargumente begründen somit die Apriorität der Zeit, welche sich folgendermaßen zusammenfassen lassen: „Alle Wahrnehmungen und Feststellungen des Nacheinander oder des Zugleichseins von Ereignissen setzt bereits die Vorstellung der Zeit voraus“ (Düsing 1980, S.3). Da die Zeit die Voraussetzung ist, damit wir eine zeitliche Ordnung oder Veränderung erkennen können, kann sie nicht selbst „aus Wahrnehmungen abgelesen oder abstrahiert“ werden (ebd.). Deswegen sind Bewegungen oder Gegenstände nicht ohne Zeit denkbar, wohl aber kann man sich die Zeit ohne diese denken „Die als ein bestimmtes Relationssystem bleibt in Gedanken erhalten“ (Düsing 1980, S. 4).

### 3. Zeit ist eindimensional

Das dritte Zeitargument führt an, dass verschiedene Zeiten nicht parallel zu einander sein können. „Verschiedene Zeiten sind nicht zugleich, sondern nacheinander“ (ebd.). Während sich Räume mehrdimensional auch nebeneinander anordnen können, hat die Zeit „nur eine Dimension“ (ebd.).

### 4. Singularität der Zeit

Es gibt keine finite Anzahl von Zeiteinheiten, beispielsweise Epochen deren Summe die Zeit konstituieren würden. Jede Epoche ist ein Teilabschnitt der Zeit, aber erst die Ganzheit der Zeit ermöglicht eine Einteilung. Es gibt nach Kant nur eine Zeit und diese ist demnach nicht ein Begriff, sondern Anschauung. „Verschiedene Zeiten sind nur Teile eben derselben Zeit. Die Vorstellung, die nur durch einen einzigen Gegenstand gegeben werden kann, ist aber Anschauung“ (B47).

### 5. Zeit ist infinit

Betrachtet man bei Messungen bestimmte Zeitabschnitte so sind dies Einteilungen von dem was man sich unter Zeit vorstellt. Ferner lassen sich zu diesen Einteilungen beliebig viele weitere hinzufügen. Man kann aber nur dann beliebig viele Zeitabschnitte betrachten, wenn die Zeit selbst unendlich ist. „Daher muß die ursprüngliche Vorstellung der Zeit als uneingeschränkt gegeben sein“ (B48). Dies wiederum ist auch ein Argument dafür, dass die Zeit Anschauung ist. Begriffe „enthalten nur Teilvorstellungen“ (ebd.) und können somit nicht unendlich sein.

Durch das vierte und fünfte Argument wird Zeit als Anschauung bestimmt. „Die Struktur von Anschauungen ist das Ineinander-Enthaltensein, und dies ist auch die Struktur der Zeit“ (Mohr 1998, S.112).

## 2.1.1 Schlussfolgerungen aus den Zeitargumenten

In der *Tranzsendentalen Erörterung* schließlich führt Kant das dritte Zeitargument noch weiter aus. So ist der „Begriff der Veränderung“ insbesondere der „Begriff der Bewegung“ nur „durch und in der Zeitvorstellung möglich“ (B48). Nach den Argumenten für die Apriorität ist Zeit kein Substanz, also nichts „was für sich selbst bestünde“ (B49).

Ferner ist sie nichts was „den Dingen als objektive Bestimmung anhinge“ (ebd.), d.h. sie ist kein Akzidenz und letztendlich könnte sie auch nicht als Relation bzw. als „Ordnung nicht vor den Gegenständen als ihre Bedingungen vorhergehen“ (ebd.). Nach dem Kant diese ontologischen Alternativen, der Substanz, der Akzidenz und

der Relation ausgeschlossen hat, findet er eine Definition, welche sich aus seinen Zeitargumenten ergibt.

„Die Zeit ist nichts als die subjektive Bedingung [...], unter der alle Anschauung in uns stattfinden können“ (B49).

Das Zeit ein subjektive Bedingung ist, folgt aus den Argumenten für die Apriorität und der Notwendigkeit. Da Zeit nicht aus der Erfahrung abstrahiert werden kann, man aber dennoch Erfahrungen zeitlich ordnet, muss sie von einem selbst in diese gelegt werden. Die Anschauung folgt aus den letzten beiden Argumenten. Somit ist Zeit kontinuierlich und homogen.

In einem zweiten Schluß legt Kant dar, dass die Zeit nichts anderes ist, „als die Form des inneren Sinnes“ (B47). Kant grenzt hiermit die Zeit vom Raum ab, da sie „keine Bestimmung äußerer Erscheinungen“ (B49) ist. Die Zeit bestimmt stattdessen „das Verhältnis der Vorstellung in unserem inneren Zustande“ (B51).

Nun folgt ein dritter Schluss, welcher das Verhältnis von Raum und Zeit zueinander näher bestimmt. Der Raum ist „als Bedingung a priori bloß auf äußere Erscheinungen eingeschränkt“ (B50f.). Mittels des Raumes können wir zum Beispiel Lagebeziehungen erkennen. Die Zeit ist allerdings universaler.“ Die Zeit ist die formale Bedingung a priori aller Erscheinungen überhaupt“ (ebd.). Denn äußere Bestimmungen sind zugleich auch immer zeitlich bestimmt. Nichts erscheint uns im Raum was uns nicht auch in der Zeit erscheint. Wir können nicht nur Lagebeziehungen erkennen, sondern auch deren zeitliche Veränderung, zum Beispiel durch Bewegung. Demnach können wir nichts räumlich denken, ohne es auch zeitlich zu erkennen. Allerdings kann ich etwas zeitlich anschauen ohne es auch räumlich anschauen zu müssen, zum Beispiel einen Gedanken, der sicher in seinem Vollzug zeitlich bestimmbar ist, aber dennoch nicht räumlich.

Wenn wir uns zeitliche Gegebenheiten vorstellen, so ereignen sie sich entweder simultan oder nacheinander. Wie diese beiden Zeitverhältnisse der Gleichzeitigkeit und der Folge sich zu einander verhalten, legt Kant in den Axiomen der Anschauung dar. Axiome sind „intuitiv gewisse synthetischer Grundsätze“ (Düsing 1980, S. 4).

## 2.2 Zeitfolge, Gleichzeitigkeit und Beharrlichkeit

In den *Axiomen der Anschauung* (B197-B218) legt Kant das Prinzip zugrunde, dass „alle Anschauungen [...] extensive Größen“ sind (B202). Extensive Größen wiederum sind Größen, in denen „die Vorstellung der Teile die Vorstellung des Ganzen möglich macht“ (B203).

Hier führt Kant das Beispiel vom *Zeichnen der Linie* an. Im Vollzug des Zeichnen einer Linie fügt sich ein Punkt an den Anderen, ebenso wie sich ein zeitlicher Augenblick an den nächsten reiht. Die Linie ist natürlich räumlich und das Zeichnen soll nur anschaulich verdeutlichen, dass auch bei der Zeit der sukzessive „Fortgang von einem Augenblick zum anderen, wo alle Zeitteile und deren Hinzutun endlich eine bestimmte Zeitgröße erzeugt“ (B203).

Ferner folgt daraus, das „verschiedene Zeiten nicht zugleich, sondern nur nacheinander sein können, dass Nacheinander und Zugleichsein als Zeitbestimmungen sich also gegenseitig ausschließen und dass infolgedessen die Zeit, genauer: das Verfließen der Zeit nur eine Dimension haben“ (Düsing 1980, S. 4f.).

Nachdem nun deutlich wurde, was eine Zeitfolge ist, stellt sich nun die Frage, wie eine Zeitfolge erkennbar ist. Da Zeit nicht empirisch ist, kann auch diese Erkenntnis nicht a posteriori sein. Um zu verstehen, wie wir eine Folge in der Zeit erkennen können, müssen wir zunächst auf die Struktur der Zeit eingehen. Zu der nicht nur die Folge als ein Modus der Zeit gehört, sondern auch die Beharrlichkeit und die Gleichzeitigkeit. Die Struktur der Zeit wird in den *Analogien der Erfahrung* (B218-B265) dargelegt.

## 2.3 Struktur der Zeit

### 2.3.1 Verhältnisse der Erscheinungen untereinander und zur Zeit

Unter Analogien versteht Kant als Regel dienende Grundsätze. Diese bestimmen in welchem Verhältnis gegebene Erscheinungen zu anderen Erscheinungen in der Erfahrung stehen. Kant legt in der ersten Analogie dar, dass es drei Modi der Zeit gibt: „Beharrlichkeit, Folge und Zugleichsein“ (B219).

Nun kann alles Zeitliche entweder „in einem Verhältnis zur Zeit selbst und andererseits in Verhältnissen zu anderem, das in der Zeit existiert“ (Thöle 1998, S. 273) stehen. So ist das „Zugleichsein nicht ein Modus der Zeit selbst“ (B226).

Das Zugleichsein bezieht sich auf die Erscheinungen in der Zeit. Zwei zeitliche Ereignisse können zugleich sein. Somit beschreibt das Zugleichsein das Verhältnis der beiden Ereignis-

nisse zueinander, nicht deren Verhältniss zur Zeit selbst.

Gleiches gilt für die Folge. Die Dinge in der Zeit sind also entweder Zugleich oder Nacheinander.

Ihr „Verhältnis zur Zeit selbst ist die Dauer“ (B262). Damit etwas überhaupt in einem oder mehreren Augenblicken vorgestellt werden kann und so entweder zugleich oder nacheinander ist muss es andauern. Für die Dauer benötigen wir den Modus der Beharrlichkeit. „Nur in der Beharrlichkeit sind also Zeitverhältnisse möglich“ (B226). Das wesentliche Charakteristikum der Zeit ist demnach die Beharrlichkeit:

„Die Zeit also, in der aller Wechsel der Erscheinungen gedacht werden soll, bleibt und wechselt nicht“ (B224f).

Die Beharrlichkeit drückt überhaupt die Zeit als „beständiges Korrelatum alles Daseins der Erscheinungen [...] aus“ (B226). Die Zeit ist für Kant „selbst unwandelbar und bleibend“ (B183). So wie wir die Zeit selbst als a priori zugrunde legen müssen, um uns zeitliches vorzustellen, müssen wir die Beharrlichkeit annehmen, um „das Verfließen des Mannigfaltigen im [kontinuierlichen] Nacheinander und auch dessen Gegenteil, das Zugleichsein, vorstellen“ (Düsing 1980, S.6) zu können.

Bevor wir nun klären können, wie wir Aussagen darüber treffen können, ob etwas zugleich ist oder nacheinander, soll erst noch kurz auf den Begriff der Substanz eingegangen werden, der nötig ist um diese Verhältnisse zu klären.

Kant formuliert in der ersten Analogie einen Substanzen Erhaltungssatz: „Bei allem Wechsel der Erscheinungen beharret die Substanz, und das Quantum derselben wird in der Natur weder vermehrt noch vermindert“ (A182). Die Substanz selbst wechselt also nicht, sondern ist beharrlich. Sie ist vielmehr das, an der wir die Veränderung wahrnehmen, nämlich den Wechsel der Eigenschaften, genauer: der Akzidenzien. „Bei allen Veränderungen in der Welt bleibt die Substanz, und nur die Akzidenzen wechseln“ (B227). Akzidenzen sind „Bestimmungen einer Substanz, die nicht anderes sind, als besondere Arten derselben zu existieren“ (B229). Veränderung ist also ein Wechsel der Akzidenzen, das heißt ein Wechsel des Zustandes, wie zum Beispiel Wasser einen festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand haben kann.

„Veränderung ist eine Art zu existieren, welche auf eine andere Art zu existieren eben desselben Gegenstandes erfolgt. Daher ist alles, was sich verändert, bleibend, und nur sein Zustand wechselt“ (B230). Die Substanz bleibt und verändert sich durch den Wechsel der Eigenschaften. „Nur das Beharrliche [die Substanz] wird verändert, das Wandelbare erleidet keine Veränderung, sondern einen Wechsel“ (B231).



Ein Tisch kann beispielsweise grün erscheinen, dann bestreiche man ihn mit roter Farbe und er erscheint rot. Die Farben sind die Akzidenzen die wechseln. Das Grüne hat sich nicht verändert es war nur in einem Augenblick da und in einem späteren nicht mehr. Der Tisch jedoch beharrte in der Zeit und sein Zustand hat sich verändert.

So ist also „die Beharrlichkeit eine notwendige Bedingung, unter welcher allein Erscheinungen, als Dinge oder Gegenstände, in einer möglichen Erfahrung bestimmbar sind“ (B286).

Um aber nun die Erscheinungen in einem zeitlichen Verhältnis zu bestimmen, müssen wir nun die Folge und das Zugleichsein untersuchen.

### 2.3.2 Kausalität der zeitlichen Reihenfolge

Nach Kant geht jeder Veränderung eine Ursache voraus, so dass er hier das Kausalgesetz zugrunde legt: „Alle Veränderungen geschehen nach dem Gesetze der Verknüpfung der Ursache und Wirkung“ (B232). Man verknüpft „zwei Wahrnehmungen in der Zeit“, wenn zwei „Erscheinungen aufeinander folgen“ (B233). Dem gegenüber steht Humes skeptische These, dass Ursache und Wirkung bloßer Schein seien und nur auf Gewohnheit beruhen. „Selbst nachdem wir den Ablauf von Ursache und Wirkung erfahren haben, unsere Schlüsse aus dieser Erfahrung nicht auf einen Denkkakt oder sonst irgend einem Verstandesvorgang beruhen“ (Hume 1993, S.42).

Kant aber argumentiert in der *zweiten Analogie*, dass wir bereits gesetzmäßige Verknüpfungen voraussetzen müssen, um sie in der Erfahrungswelt überhaupt erkennen zu können. So ist denn auch die Kausalität eine Kategorie, welche der Kategorie der Relation untergeordnet ist, durch die wir erst Ursache und Wirkung und somit Veränderung erfahren können. „Es geht hiermit aber so, wie mit anderen Vorstellungen a priori, (zum Beispiel Raum und Zeit) die wir darum allein aus der Erfahrung als klare Begriffe herausziehen können, weil wir sie in die Erfahrung gelegt hatten, und diese daher durch jene allererst zu Stande brachten“ (B241). Es liegt also an der logischen Struktur unseres Denkens, dass wir die Ereignisse in einer kausalen Relation erkennen.

Durch diese Kategorien ist die Zeitfolge gesetzmäßig angeordnet und somit objektiv. Objektiv bedeutet dies, dass die Dinge notwendig auf eine gewisse Art und Weise aufeinander folgen. Sie können vom Subjekt nicht sinnvoll anders geordnet werden.

„Die Zeitverhältnisse und Zeitstellen von realen Erscheinungen in der Einheit der Zeit sind demgemäß nur dann objektiv, wenn sie bestimmten in der Einheit der Apperzeption begründeten Regeln konform sind; diese Regeln sind die Kategorien, vornehmlich die

Kategorien der Relation“ (Düsing 1980, S. 11).

Die Zeit besitzt eine formale Einheit zu der gehört, „daß die vorige Zeit die folgende notwendig bestimmt“ (B244), indem ich zur folgenden nicht anders gelangen kann, als durch die vorhergehende.

Die Ordnung in der Folge von zeitlichen Ereignissen geschieht also durch die Kausalität. Die Ursache ist das frühere, die Wirkung das spätere Ereignis.

Allerdings kann es sein, dass man Ursache und Wirkung subjektiv gleichzeitig wahrnimmt. Zum Beispiel wenn ein Feuer einen Raum erwärmt. Offensichtlich ist das Feuer die Ursache für die Wärme im Raum. Aber ein Beobachter, welcher den bereits warmen Raum betritt, nimmt beide Ereignisse zugleich wahr. Das Feuer (die Ursache) ist zugleich mit der Wärme im Raum (die Wirkung). Dies liegt daran, dass „die Ursache ihre ganze Wirkung nicht in einem Augenblick verrichten kann“ (B248). Objektiv ist diese Zeitreihe aber eindeutig bestimmt, denn die Wärme im Raum würde nicht ausreichen, um ein Feuer zu erzeugen. Subjektiv werden beide Phänomene aber als gleichzeitig wahrgenommen. „Subjektives Zeit erleben, auch bei Beobachtungen, und objektive Zeitbestimmung realer Erscheinungen sind also oft inkongruent“ (Düsing 1980, S.10).

Dieses Beispiel führt uns auf den Begriff der Gleichzeitigkeit.

### 2.3.3 Gleichzeitigkeit

Nach der *dritten Analogie* wird die Gleichzeitigkeit ebenfalls der Kategorie der Relation zu geordnet, nämlich der Wechselwirkung. „Alle Substanzen, so fern sie im Raume als zugleich wahrgenommen werden können, sind in durchgängiger Wechselwirkung“ (B 256).

Die Kategorie der Gemeinschaft, das ist die Wechselwirkung, ist die Regel dafür, wie man Zugleichsein erkennen kann. „Das Zugleichsein der Substanzen im Raume [kann] nicht anders in der Erfahrung erkannt werden, als unter Voraussetzung einer Wechselwirkung derselben untereinander; diese ist also auch die Bedingung der Möglichkeit der Dinge selbst als Gegenstände der Erfahrung“ (B258).

Wir benötigen die Gemeinschaft auch deswegen als Kategorie zur Erkenntnis des Zugleichseins, da die Zeit selbst nicht empirisch erfahrbar ist und wir deswegen nicht aus ihr ableiten können, dass zwei Ereignisse in der gleichen Zeit existieren. Mit der Kategorie der Gemeinschaft ist dies aber möglich. Wenn zwei Ereignisse miteinander wechselwirken, so ist die Reihenfolge irrelevant im Gegensatz zur Folge.

Erde und Mond beispielsweise wechselwirken über die Schwerkraft. Dabei ist es egal ob man zuerst die Erde betrachte, welche den Mond anzieht oder den Mond welcher ebenfalls auf die Erde wirkt.

Auch hier gibt es wieder ein Differenz zwischen objektiver Zeitbestimmung und subjektives Zeiterleben. Subjektiv könnte man zuerst nur die Erde wahrnehmen und später den Mond. Dies ist aber keine verfließende Zeitreihenfolge, da sowohl Erde als auch Mond objektiv miteinander wechselwirken. Man hätte sie auch in umgekehrter Reihenfolge wahrnehmen können.

Etwas ist somit zugleich, wenn „Die Ordnung in der Synthesis der Apprehension dieses Mannigfaltigen gleichgültig ist.“ (B259)

## 2.4 Zeit nach Kant

Dies führt uns zu folgendem Ergebnis.

„Raum und Zeit sind ideal als Anschauungen a priori, die in den Anschauungsformen des Subjekts begründet sind.“(Düsing 1980, S.3)

Diese These besagt, dass die Zeit eine Anschauung ist (folgt aus dem vierten und fünften Zeitargumenten). Demnach ist sie vom Begriff abzugrenzen. Ferner ist Zeit a priori (vergleiche erstes und zweites Zeitargument). Da sie also nicht empirisch ist, kann eine Erkenntnis der Zeit nicht aus der Erfahrung kommen. Dies deckt sich mit der Aussage, das sie in den Anschauungsformen begründet ist. Da sie Form ist, kann sie kein sinnlicher Eindruck sein. Ferner liegt sie im Subjekt, das heißt, sie kann keine Substanz sein, keine objektive Relation und auch keine Eigenschaft von Dingen. Darüberhinaus folgt aus der Singularität der Zeit auch, dass es nur eine Zeit gibt und in diesem Sinne wäre Zeit absolut. Zwei verschiedene Beobachter könnten demnach nicht Ereignisse unterschiedlich in der Zeit ordnen. Dies soll später mittels der Relativitätstheorie problematisiert werden.

In dieser Anschauung a priori ordnen sich die Dinge der Erfahrung durch ein kausales Verhältnis.

Nachdem nun Kants Zeittheorie dargelegt worden ist, soll im Folgenden Zeit aus der Sicht der Physik erörtert werden. Schließlich liefert die Physik Messergebnisse, die von der Zeit abhängig sind.

Im Anschluss sollen die physikalischen Theorien mit der kantischen Zeittheorie gegenübergestellt werden. So soll geprüft werden, ob die kantische Zeittheorie als eine philosophische Fundierung des Zeitbegriffes auch in der Physik gilt.

Im Folgenden gilt es zwei wesentliche physikalische Theorien zu unterscheiden. Zum einen das klassische Modell Newtons und zum anderen das moderne Modell Einsteins.

Während Newton von absoluten Maßstäben und somit auch von einer absoluten Zeit ausgeht, anhand man die Natur beobachten kann und sie im Rahmen der Messmethoden so erkennt, wie sie sich darbietet, hat sich in der modernen Physik die Erkenntnis durchgesetzt, dass „die Meßgeräte, mit denen die Eigenschaften der Natur bestimmt werden, [...] selbst Gegenstände dieser Natur sind.“ (Mittelstaedt 1981, S.16) Die Meßgeräte sind also nicht bloß neutrale Beobachter, sondern nehmen Einfluss auf das Ergebnis.

### 3 Newtons Zeittheorie

Newton unterscheidet zwei Vorstellungen der Zeit: die absolute, wahre und mathematische Zeit, von der relativen, scheinbaren und gewöhnlichen Zeit. Wäre die Zeit absolut, dann könnten man im ganzen Universum synchronisierte Uhren verteilen und sie würden alle die gleiche Zeit anzeigen, denn „die absolute wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand“ (Newton 1963; S.25ff). Newton betont hier die mathematische Zeit, da er sie offenbar abgrenzen will, von der Zeit, die jeder Mensch subjektiv wahr nimmt und keinem einheitlichem Zeitmaß folgt. Diese Alltagserfahrungen sind beliebig einteilbar. „Die relative, scheinbare und gewöhnliche Zeit ist ein fühlbares und äusserliches, entweder genauer oder ungleiches Maas der Dauer, dessen man sich gewöhnlich statt der wahren Zeit bedient, wie Stunde, Tag, Monat, Jahr“ (Mach 1901, S.233).

Um nun zu bestimmen, was Zeit ist geht Newton von der Überlegung aus, wie man Zeit messen kann. Dabei ergibt sich das Problem, das man zwar in der Natur Bezugspunkt suchen kann und deren Veränderung man als Zeiteinteilung nutzt, diese aber unterschiedlich genau sind. Tage oder Stunden sind keine zuverlässigen Mittel, um Zeit zu messen, da ihre Länge je nach Sommer oder Winter variieren. Für diese Variation ist die Bewegung der Erde um die Sonne verantwortlich, so kann man nach Newton mittels der Planetenbewegung die „richtige Zeit messen“ (ebd.).

Nun können sich Bewegungen ändern. Wenn sich die Himmelskörper mal schneller oder langsamer bewegen würden, könnte man sie nicht nutzen, um ein einheitliches Zeitmaß zu bestimmen. Um aber überhaupt etwas einheitlich zeitliches feststellen zu können, muss zumindest die Zeit selbst homogen sein, die unseren Messungen zu Grunde liegen soll. So

kann nach Newton „allein der Verlauf der absoluten Zeit nicht geändert werden“ (ebd.) und ist „eindeutig in seiner Reihenfolge geregelt“ (Düsing 1980, S.12). Newton postuliert demnach eine absolute Zeit, da sonst Zeitmessungen nach Newtons Theorie nicht möglich wären, denn alles verändert sich aber die Zeit bleibt als absoluter Bezugspunkt erhalten. Sie wird theoretisch zugrunde gelegt, ist aber „als absolut nicht wahrnehmbar“ (Düsing 1980, S.12).

Der zeitliche Verlauf der Dinge ist nur von der Zeit selbst abhängig. Betrachtet man eine Pendelschwingung, so muss man das Pendel nicht mit anderen Dingen vergleichen, um die Bewegung zu erkennen, wenn wir „von allen übrigen äußern Dingen absehen, und finden dass für jede Lage unsere Gedanken und Empfindungen anderes sind“ (Mach 1901, S.234). Dies bedeutet, dass die absolute Zeit nach Newton eine physikalische Realität besitzen muss, obwohl man sie nicht wahrnehmen kann. „Für Newton [ist] [...] die absolute Zeit [...] real“ (Düsing 1980, S.13).

Die Zeit ist unabhängig von äußeren Gegenständen, also weder wird sie von irgendetwas beeinflusst, noch wird sie erst durch die Beobachtung von sich verändernden Gegenständen erzeugt.

Nach Newton wäre die absolute Zeit eine Substanz.

### **3.1 Machs Einwände gegen Newton**

Mach wendet gegen diese Vorstellung der absoluten Zeit ein, dass „alle Dinge miteinander zusammenhängen“ (Mach 1901, S. 234). So schwingt das Pendel, weil man es ausgelenkt hat, es so an potentieller Energie gewonnen hat und von der Gravitationskraft der Erde angezogen wird. „Die Zeit ist vielmehr eine Abstraktion, zu der wir durch die Veränderung gelangen“ (ebd.). Mach bestimmt die Zeit empirisch, indem er beobachtet, wie sich etwas verändert. Er behauptet, dass „wir auf kein bestimmtes Maß angewiesen sind, da eben alle untereinander zusammenhängen“ (ebd.). Da sich die Dinge zwar unterschiedlich schnell auf unterschiedliche Weise verändern, können wir kein festes Zeitmaß aus der Erfahrung bestimmen, dies ist aber auch nicht nötig, da wir die Zeit ja relativ zu den verschiedenen Veränderungen bestimmen können. Veränderungen kann man nur im Vergleich mit anderen Dingen bestimmen. Eine absolute Veränderung hätte genauso wie die Frage „ob eine Bewegung [die ja auch eine Veränderung ist, nämlich die Veränderung des Ortes Anm.d. Autors] an sich gleichförmig sei, [...] gar keinen Sinn“ (ebd.). Eine Bewegung kann nur dann als gleichförmig identifiziert werden, wenn man sie mit etwas anderem vergleicht, das sich entweder auch bewegt oder in Ruhe ist. Sind beide Bewe-

gungen nicht beschleunigt, so sind sie gleichförmig. Da man Veränderung nur in Relation erkennen kann, folgert Mach, dass die absolute Zeit nicht erkannt werden kann und man diese nicht empirische messen kann. Somit hat die absolute Zeit „keinen praktischen und auch keinen wissenschaftlichen Werth, niemand ist berechtigt zu sagen, dass er von derselben etwas wisse, sie ist ein müßiger metaphysischer Begriff“ (ebd.).

Eine Vorstellung von Vergangenheit und Zukunft erhalten wir nach Mach dadurch, dass wir die Natur nicht immer beeinflussen können. Da wir nicht jede Veränderung rückgängig machen können „erscheint uns die Zeit als nicht umkehrbar“ (Mach 1901, S.235).

Mach schlussfolgert demnach, dass die absolute Zeit kein sinnvoller Begriff ist, und das wir zu jeder Vorstellung von der Zeit a posteriori durch Relation gelangen.

Mach argumentiert die absolute Zeit habe keinen Sinn.

Nun ist ebenso wie bei Newton auch die Zeit bei Kant nicht wahrnehmbar und Mach würde sie deswegen auch als einen *müßigen metaphysischen Begriff* verwerfen. In wie weit Kants Zeittheorie dennoch physikalische Bedeutung hat, werden wir später erörtern.

Das Zeit Relation sei, und diese Erkenntnis aus der Erfahrung stamme, wird von Kants Argumenten für die Apriorität widerlegt. Es ist nicht Zeit die wir wahrnehmen, sondern Veränderung, weil Zeit eine Vorstellung a priori ist. Die Relation ist eine Kategorie a priori und nur durch sie können wir nach Kant die zeitlichen Dinge erst nachdem sie uns dargeboten worden sind ordnen. Sie sind nicht an sich bereits geordnet.

Im Folgenden werden wir eine Ausführung Poincarés betrachten, welche uns von den kategoriale Zeitbestimmung Kants zu physikalischen Messungen führt.

## 4 Das Maß der Zeit

Nach Poincaré haben wir erst dann ein Problem, wenn wir versuchen einen physikalischen Zeitbegriff zu schaffen, denn ein „psychologischer Zeitbegriff ist uns gegeben“ (Poincaré 1898, S.27). Nun darf man Kants Theorie nicht unbedacht als eine psychologische Theorie verstehen, denn unter dieser würde man eine empirische Theorie verstehen. Kants Theorie ist nur in sofern psychologisch, als das man Psychologie hier auf eine *a priorische Vermögenlehre* begrenzt.

Erinnerungen und Dinge die noch nicht zur Erinnerung geworden sind werden in Gegenwart und Vergangenheit, in vorher und nachher geordnet. „Die Reihenfolge, in die wir die Begebenheiten des Bewusstseins ordnen, duldet keinerlei Willkür; sie ist uns vorgeschrie-

ben und wir können nichts daran ändern“ (ebd.). Dies ist es auch was Kant mittels den Kategorien deutlich gemacht hat. Da uns die Kategorien der Relation und der Kausalität von Natur aus gegeben sind und somit unsere Erkenntnis der Wirklichkeit bedingen, ordnen wir automatisch die Dinge in eine zeitliche Reihenfolge ein. Demnach sollte eine qualitative Bestimmung kein Problem sein. Das sie durchaus problematisch ist wird später mittels der Relativitätstheorie erörtert.

Für ein besseres Verständnis nehmen wir zunächst an, dass wir psychologisch kein Problem haben die Zeit qualitativ zu bestimmen. Nun ist es für unsere Erkenntnis der Wirklichkeit und zu einer genaueren Beschreibung eben dieser nötig auch quantitative Aussagen über die Zeit zu treffen, was die Physik ständig versucht.

Nach Poincaré ergeben sich somit zwei Probleme:

1. Kann die Vorstellungen der qualitativen Zeit in eine quantitative umgeformt werden?
2. Können Ereignisse die sich in unterschiedlichen Welten ereignen auf ein einheitliches Maß transformiert werden (vgl. Poincaré 1898, S.28)?

Nach Poincaré ist eine Umwandlung nicht möglich, da wir „keine direkte Empfindung für die Gleichheit zweier Zeiträume haben“ (Poincaré 1898, S.28). Man legt mehr oder weniger zwei Zeiträume willkürlich fest, beispielsweise indem man einen Tag in Stunden aufteilt, welche alle gleich lang sind. Doch wir empfinden sie zwangsläufig nicht als gleich lang. Je nachdem ob wir einer spannenden Beschäftigung nachgehen oder einer langweiligen. Dies ist bereits schon ein Verweis auf die Relativität der Zeit. Denn wie lang eine Stunde empfunden wird hängt nach Einstein davon ab wie sie verbracht wird: Eine Stunde mit einer hübschen Frau erscheint einem wesentlich kürzer als eine Stunde, in der man auf einer heißen Herdplatte sitzt.

Will man nun aber die Veränderung der Erscheinungen messen, benötigt man ein einheitliches Zeitmaß. Ob wir eine Uhr nach einem Pendel oder nach astronomischen Beobachtungen eichen, eine gewisse Ungenauigkeit muss immer berücksichtigt werden. Entscheidend ist allerdings, dass vorausgesetzt wird „daß die Dauer zweier identischer Ereignisse gleich sei oder [...], daß die gleichen Ursachen gleiche Zeit brauchen“ (Poincaré 1898, S.29) .

Nun hat auch Kant, wie gezeigt wurde, die Kausalität angeführt um zu argumentieren, dass wir mittels der Ursache und der Wirkung die Ereignisse in der Zeit ordnen.

Physikalisch ist dies allerdings problematisch, da viele verschiedene Ursachen eine Wirkung hervorbringen. Deswegen können wir nur von einer Näherung sprechen, wenn wir

die Zeit mittels der Pendelschwingung messen. „Es ist ungefähr richtig, daß die Pendelschwingung nur von der Anziehungskraft der Erde herrührt“ (Poincaré 1898, S. 31). Allerdings beeinflussen auch die Luftreibung, Die Reibung im Pendellager und die Anziehungskraft anderer Massen die Schwingung. Wenn wir die Kausalrelation ausnutzen wollen, um ein einheitliches Zeitmaß zu bestimmen, dann müssen wir berücksichtigen, dass gilt: „ungefähr gleiche Ursachen brauchen ungefähr gleiche Zeit, um ungefähr gleiche Wirkungen hervorzubringen“ (Poincaré 1898, S. 31).

Diese Näherungen finden sich auch in den Newtonschen Gesetzen, mit denen man die Pendelschwingung beschreiben kann. Weil es aber Näherungen sind, schließen sie nicht aus, dass es auch andere Methoden gibt die Zeit zu messen. „Es gibt keine Art, die Zeit zu messen, die richtiger ist als eine andere; die, die allgemein angewendet wird, ist nur bequemer“ (Poincaré 1898, S. 33).

Im Folgenden soll nun darauf eingegangen werden, ob sich verschiedene Ereignisse in verschiedenen Welten auf das gleiche Maß zurückführen lassen. Das Problem der Gleichzeitigkeit wurde nach Kant so gelöst, dass etwas gleichzeitig ist, wenn zwei Ereignisse miteinander Wechselwirken, das heißt wenn die Aufeinanderfolge mit denen sie uns erscheinen auch umgekehrt werden kann. „Durch die Ursache definieren wir also die Zeit“ (Poincaré 1898, S. 36). Es könnte sein, dass wir den Blitz A, welcher sich später ereignete als der Blitz B trotzdem früher wahrnehmen, weil er näher bei uns einschlug. Man muss also unterscheiden zwischen der wahrgenommenen Reihenfolge der Erscheinungen und einer tatsächlichen Reihenfolge. Aber schließlich können wir nur dasjenige mittels der Kausalität ordnen was wir auch wahrnehmen. Dies führt allerdings dazu, dass es physikalisch schwierig ist Gleichzeitigkeit zu messen, da auch eine Übertragung Zeit benötigt. So das Poincaré zu dem Schluss kommt, dass „wir keine unmittelbare Anschauung für die Gleichzeitigkeit“ (Poincaré 1898, S. 42 ) haben. Gleichzeitigkeit würde demnach physikalisch sinnvoll so definiert, „daß der Wortlaut der Naturgesetze so einfach als möglich wird“ (Poincaré 1898, S. 43).

Nach Poincaré wäre das physikalische Zeitmaß lediglich Konvention.

Dies zeigt uns, dass es Probleme bei der physikalischen Umsetzung der Theorie Kants gibt. Nach Kant schreibt die Kausalität eine eindeutige Ordnung vor, deren Umsetzung auf physikalische Messungen nach Poincaré schwierig ist und das Problem sich nur mittels Konvention lösen läßt. Dies jedoch ist hinsichtlich der Beantwortung der Frage was Zeit



ist unbefriedigend. Wie gezeigt wurde wird die kausale Verknüpfung der Ereignisse in die Wirklichkeit hineingelegt. In der Wirklichkeit selber ist zunächst keine Relation. Da die Kategorie der Relation für jeden Menschen gleich ist, ist die Ordnung nach Kant auch für jeden Beobachter gleich. Aber Poincarés Ausführung zeigte, dass zwei Ereignisse, die physikalisch gleichzeitig sind, mittels der Kausalität als nacheinander geordnet wurden.

Dies fordert eine genauere Untersuchung der Gleichzeitigkeit. So soll jetzt noch einmal vertieft auf die Gleichzeitigkeit eingegangen werden, unter Berücksichtigung der Relativitätstheorie.

## **5 Die Relativität der Zeit**

### **5.1 Das Problem der Gleichzeitigkeit**

Offensichtlich ist es einfach mittels synchronisierten Uhren Veränderungen zu messen. Zwei Beobachter können bestimmen ob zwei Ereignisse gleichzeitig waren, wenn sie auf ihren Uhren bei beiden Ereignissen die gleiche Zeit ablesen konnten. Dies trifft in der Tat für zwei zu einander ruhende Beobachter, welche sich am gleichen Ort befinden zu. „Für Ereignisse, die am gleichen Raumpunkt stattfinden, ist der klassische Begriff der Gleichzeitigkeit unproblematisch und soll daher beibehalten werden“ (Mittelstaedt 1981, S.23).

Allerdings gibt es Experimente, die belegen, dass ein bewegter und ein unbewegter Beobachter, welche die gleichen Ereignisse beobachten unterschiedliche Ergebnisse ihrer Zeitmessung erhalten.

Dazu betrachten wir zwei Gedankenexperimente:

#### **5.1.1 Verschiedene Zeiten für verschiedene Beobachter**

Die folgende Überlegung wird zeigen, dass eine bewegte Uhr langsamer tickt, für einen in Ruhe befindlichen Beobachter.

Zunächst ein anschauliches Experiment:

In einem Zug fällt während der Fahrt ein Koffer aus der Gepäckablage. Der Fahrgast im Zug sieht, wie der Koffer senkrecht zu Boden fällt und zwar genau auf den Punkt unterhalb der Ablage, in welcher der Koffer gelegen hat.

Ein Beobachter allerdings, der nicht mitbewegt wird sondern den Fall des Koffers vom Bahnsteig aus beobachtet, für den ist der Weg des Koffers eine Diagonale. Er sieht, wie

sich der Boden des Zuges weiterbewegt und der Koffer nicht auf den Punkt direkt unterhalb seines Startpunktes auftrifft.

Nach dem gleichen Modell bauen wir nun eine Uhr, mit der wir dieses Gedankenexperiment mathematisch beweisen können. Dies ist nötig, da dieses Problem vollständig verstanden werden muss, da es einer Vorstellung von einer absoluten Zeit widerspricht.

Stellen wir uns eine Uhr vor, welche die Zeit, mittels eines Lichtstrahles misst. Diese Uhr besteht aus zwei parallelen Spiegeln, die den Abstand  $L$  zueinander haben, zwischen denen ein Lichtstrahl hin und her läuft. Eine Zeiteinheit sei vergangen, wenn der Lichtstrahl vom ersten Spiegel ausgeht am 2. Spiegel reflektiert und beim ersten Spiegel wieder angekommen ist. Die Umlaufzeit des unbewegten Systems ( $T_0$ ) beträgt also die zweifache Länge ( $L$ ) geteilt durch die Geschwindigkeit des Lichtstrahles ( $c$ ):

$$T_0 = \frac{2L}{c}$$

Der Lichtstrahl startet am Punkt  $P_1$ , wird in  $P_2$  reflektiert und trifft wieder auf  $P_1$ .

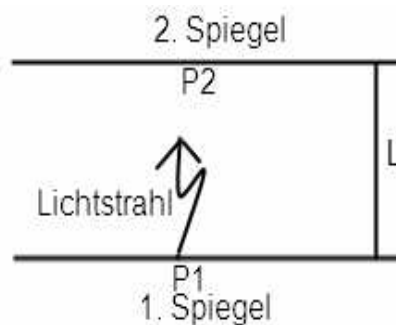


Abbildung 1: unbewegte Lichtuhr

Nun aber bewegen wir die Uhr während wir als Beobachter selber unbewegt verharren. Der Lichtstrahl startet wieder am Punkt  $P_1$ . Während der Umlaufzeit jedoch bewegt sich auch die Uhr. Die Umlaufzeit des bewegten Systems bezeichnen wir hier zu Unterscheidung zur ruhenden Uhr mit  $t$ .

Befinden wir als Beobachter uns nun relativ zu der bewegten Uhr in Ruhe, so verläuft der Lichtstrahl nicht senkrecht nach oben sondern verläuft wie die Bahn des Koffers schräg.

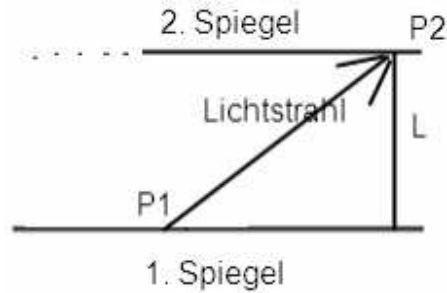


Abbildung 2: Bewegte Lichtuhr

Der Spiegel bewege sich mit einer Geschwindigkeit  $v$  nach rechts. Die gesamte Umlaufzeit war  $t$ . Wir betrachten hier aber nur die halbe Umlaufzeit also:  $\frac{t}{2}$ . Da die Strecke das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeit ist, legt der Lichtstrahl eine Strecke zurück von

$$s_{\text{Licht}} = c \cdot \frac{t}{2}$$

wobei  $c$  die Geschwindigkeit des Lichtstrahles ist. Der Punkt  $P_2$  hat sich in dieser Zeit auch weiterbewegt und zwar mit der Geschwindigkeit  $v$  um die Strecke

$$s_{\text{Spiegel}} = v \cdot \frac{t}{2}.$$

Wie wir an der obigen Skizze sehen können, bilden der Lichtstrahl der untere Spiegel und der Abstand der beiden Spiegel ein rechtwinkliges Dreieck. Deren Seitenverhältnisse lassen sich nach dem Satz des Pythagoras wie folgt berechnen lassen:

$$L^2 + \left(\frac{v \cdot t}{2}\right)^2 = \left(\frac{c \cdot t}{2}\right)^2$$

Diese Gleichung lösen wir nun nach der Zeit auf:

$$t = \frac{2L}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Nun vergleichen wir die Zeiten der unbewegten und der bewegten Uhr. Dazu müssen die Gleichungen ineinander eingesetzt werden. Wenn wir nun die Gleichung von  $T_0$  nach  $L$  auflösen und in die Gleichung der bewegten Uhr einsetzen, erhalten wir für die Zeit:

$$t = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Mit der Forderung, dass nichts schneller ist als das Licht, ergibt der Wurzelterm einen Wert kleiner als 1 und somit gilt

$$t > T_0.$$

Die Zeit  $t$  des unbewegten Beobachter vergeht aus dessen Sicht also langsamer, als die Zeit  $T_0$  des mitbewegte Beobachter. Die Zeit vergeht langsamer für einen in Ruhe befindlichen Beobachter.

Wäre die Zeit absolut, hätten beide Beobachter die gleiche Zeit erfahren müssen. Da es kein ausgezeichnetes Inertialsystem gibt, kann auch nicht eine Zeit als „die Richtige“ festgelegt werden. Demnach ist die Zeit nicht im Sinne Newtons absolut. Es lässt sich an dieser Stelle schon erahnen, dass diese Erkenntnis auch auf die Theorie Kants Auswirkungen hat. Wenn die Uhren andere Zeiten anzeigen, bedeutet dies das zeitliche Dinge anders geordnet werden, was Kante Theorie widerspricht, nach der die Ordnung der Kausalität unabhängig von der Erfahrung ist. Darauf soll später genauer eingegangen werden.

### 5.1.2 Zwei verschiedene Wirklichkeiten am Bahndamm

Ein Beobachter A steht in der Mitte eines Bahndammes an dessen beiden Enden zur gleichen Zeit ein Blitz einschlägt. Dieser Beobachter würde die beiden Blitze als gleichzeitig beschreiben, da ihre Lichtsignale gleichzeitig im Auge des Beobachters eintreffen. Ein zu dem ruhenden Beobachter A bewegter Beobachter B in einem Zug jedoch, würde die beiden Ereignisse nicht gleichzeitig wahrnehmen, wenn er sich von dem Blitz am einen Ende des Bahndammes weg und auf den anderen Blitz zu bewegen würde. Je nachdem ob man sich in dem bewegten oder unbewegten Bezugssystem befindet, erhält man zwei verschiedene Beschreibungen der Wirklichkeit. Zwei Ereignisse welche für den einen Beobachter gleichzeitig stattfinden, ereignen sich für den Bewegten nacheinander. Die Ereignisse werden von zwei verschiedenen Beobachter einmal als gleichzeitig und einmal als nacheinander in der Zeit geordnet.

Diese beiden Beispiele zeigen: Uhren können je nach Bewegungszustand andere Zeiten anzeigen und ein Ereignis ist nicht für jeden Beobachter gleichzeitig, was die von Kant dargestellte Einheit der Zeit in Frage stellt, aber auch Newtons absolute Zeit widerlegt.

## 6 Die physikalischen Probleme der Zeittheorie Kants

### 6.1 Eine kritische Würdigung Kants und Newtons

Kant übernimmt Newtons Auffassung, dass die Zeit nicht wahrnehmbar ist, in ihren Teilen gleichmäßig und diesbezüglich absolut ist. Mit einigen Einschränkungen, könnte man von einer „philosophischen Grundlegung von Newtons Theorie der absoluten Zeit“ (Düsing 1980, S.12) sprechen. Aber sie ist nicht absolut im Sinn einer Substanz wie bei Newton und hat keine physikalische Realität. Bei Kant ist sie nur insofern real, als das

sie im Subjekt verankert ist als a priori Bedingung der Erfahrung. Zeit ist die „transzendente Bedingung der Möglichkeit der Erfahrung“ (Mittelstaedt 1981, S.34) und kann daher von „dieser Erfahrung niemals eine Änderung der Begriffe Raum und Zeit erfolgen“ (ebd.).

Im Unterschied zu Newton verfließt die Zeit bei Kant nicht, sondern alles Verfließen findet nur auf Grund der Zeit statt, „denn alles Verfließen kann nur in der Zeit als beharrlicher Anordnungsgrundlage stattfinden“ (Düsing 1980, S.12). Wie mit dem zweiten Zeitargument gezeigt wurde, ist die Zeit weder eine Substanz noch eine Eigenschaft, sie ist nur eine beharrliche kognitive Grundlage, in der wir die Ereignisse ordnen. „Die Zeit und die Zeitverhältnisse sind damit in Kants kritischer Theorie der Erkenntnis Idealitäten, oder sie sind transzendental ideal“ (Düsing 1980, S.13f).

Ferner legte Newton dar, dass die absolute Zeit (und auch der absolute Raum) „als unveränderliche Dauer und unendliche Ausgedehntheit in der Ewigkeit und der Unendlichkeit“ (ebd.) gründeten und so Attribute des für Newton „notwendig existierenden Wesens“ (ebd.) Gottes seien.

Nach den Zeitargumenten kann Zeit aber kein Attribut sein.

Weiterhin gibt die Zeit nur den wahrgenommenen Erscheinungen ihre Form, indem sie diese zeitlich ordnet. Die Ewigkeit, findet sich aber nicht in der sinnlichen Anschauung und so kann die Zeit auch nicht in dieser gründen. Ewigkeit ist ebenso wie Unendlichkeit nichts was erkannt werden kann, sondern nur Begriffe, welche durch Verneinung des Bekannten gebildet werden. Ewigkeit wird „nur durch die Negation der Zeit und ihrer Verhältnisse gedacht“ (Düsing 1980, S.14).

Somit widerlegt Kant Newtons metaphysische Theorie von der Realität der absoluten Zeit. Im Gegensatz zu Mach widerlegt Kant diese Theorie allerdings nicht empirisch, sondern durch die „Apriorität der Zeit als Form der Anschauung und formale Anschauung und damit zugleich als Bedingung der menschlich-endlichen Erkenntnis“ (Düsing 1980, S.14). Damit wird Newtons Auffassung von der „Realität der absoluten Zeit“ (Düsing 1980, S. 4) zurückgewiesen. Kant spricht bezüglich der absoluten Realität von Raum und Zeit von „Undingen“ (B56) die von „mathematischen Naturforschern“ (B56) angenommen werden, „welche dasind (ohne daß doch etwas Wirkliches ist)“ (B56). Auch wendet sich Kant mit dieser Darlegung gegen Leibniz und Descartes, denn weder ist die Zeit „eine generalisierende Eigenschaft von Dingen“ (Düsing 1980, S. 4), noch ist sie ein Akzidenz von Substanzen.

Wie gezeigt wurde widerlegen Kants Zeitargumente Newtons Theorie der Zeit. Allerdings ergibt sich dadurch keine Problem für die Durchführung von physikalisch Messungen innerhalb der klassischen Mechanik. Dies wiederum liegt vor allem am Begriff

der Gleichzeitigkeit. Kant beschreibt Gleichzeitigkeit als Wechselwirkung von Ereignissen, diese gilt auch dann, wenn sich diese an verschiedenen Orten befinden. „Es wird [...] ausdrücklich davon gesprochen, daß diese Definition auf die entlegensten Gegenstände angewendet werden kann“ (Mittelstaedt 1981, S.39). Obwohl diese Definition logisch korrekt ist, stellt sie ein physikalisches Problem dar. Es gibt nämlich keine bekannte Möglichkeit Informationen quasi instantan zu übertragen. Wenn zwei räumlich entfernte Ereignisse miteinander wechselwirken gibt es eine Verzögerung. Das Licht hat mit  $299.792.458 \frac{m}{s} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$  die schnellste bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeit. Aber es handelt sich um eine endliche Geschwindigkeit, so könnte zum Beispiel mehrere Lichtjahre von der Erde entfernt eine Supernova stattfinden und gleichzeitig der erste Landbewohner aus dem Meer emporsteigen. Und trotzdem würden wir diese Supernova möglicherweise erst heute beobachten können. Ein zeitlich stark verzögerte „Wechselwirkung“, weil das Licht der Supernova solange benötigt um die Erde zu erreichen.

Nun ergibt sich das Problem, auf welches Poincaré hingewiesen hat. Solange wir den Bereich der a prioriischen Vermögenslehre nicht verlassen, erscheint uns Kants Theorie nicht als problematisch. Schwierigkeiten ergeben sich erst, wenn wir sie als Grundlage für physikalisch Messungen in Betracht ziehen.

## 6.2 Die Kritik der Relativität der Zeit

Die Apriorität der Zeit lässt nicht zu, dass wir durch Erfahrung zu unterschiedlichen zeitlichen Vorstellungen kommen. Die Zeit müsste demnach eine Einheit sein. Die oben dargestellte Zeitdilatation widerspricht dieser Auffassung. Die Zeit vergeht unterschiedlich schnell, je nachdem ob der Beobachter ruht oder beschleunigt ist. Nun widerspricht aber schon die Auffassung, dass die Zeit vergeht, dem was anfangs dargelegt wurde. „Die Zeit selbst verändert sich nicht“ (B58). Die Zeit ist das Einzige, das unveränderlich ist, nur die Dinge in ihr ändern sich, nur die Akzidenzien der Substanzen wechseln.

„Die Verwendung der Kantschen Kategorien hat dann also zur Folge, daß alle empirischen Ereignisse in einer einheitlichen Zeit angeordnet sind“ (Mittelstaedt 1981, S.39). Die Anordnung der empirischen Ereignisse in der Zeit sind Gegenstand der physikalischen Theorie. Während die klassische Mechanik auch von der Einheit der Zeit ausgeht, hat sich in der Moderne gezeigt, dass dieses Postulat messtechnisch nicht haltbar ist, da selbst die höchste bekannte Geschwindigkeit eine endliche ist. „Das bedeutet, daß die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit mit den Kantschen Begriffen der Zeitfolge und der Gleichzeitigkeit zwar nicht in Widerspruch steht, sie aber dennoch in ihrer Anwendbarkeit stark einschränkt“ (ebd.).

Wenn also gleichzeitig zum Fertigstellen dieser Hausarbeit ein mehrere Lichtjahre ent-

fernter Stern explodiert, wäre es mir unmöglich dies jetzt wahrzunehmen.

### 6.2.1 Das Problem der Zeitordnung

Um die Eigenschaften von Raum und Zeit zu veranschaulichen entwickelte Hermann Minkowski die nach ihm benannten Diagramme. Mit deren Hilfe nun Kantstheorie problematisiert werden soll.

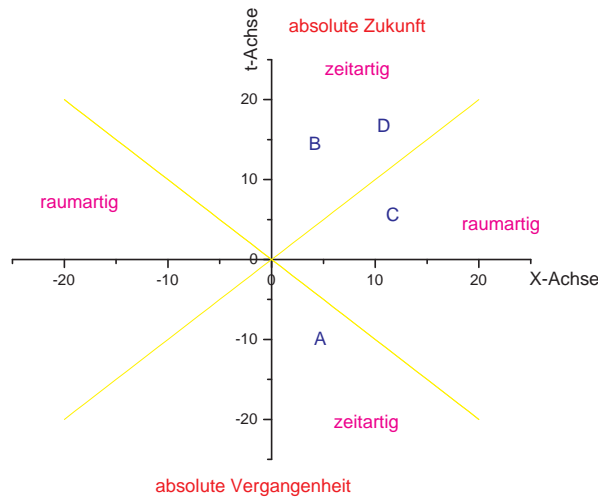


Abbildung 3: Minkowski Diagramm

Auf einen mathematischen Beweis des Minkowski Diagramms soll hier verzichtet werden. Das Minkowski Diagramm soll lediglich als Hilfsmittel verwendet werden.

Der Beobachter befindet sich im Mittelpunkt des Koordinatensystems. Aus Gründen der Einfachheit verfügt dieser neben einer Zeitdimension nur über eine Raumdimension. Die gelben Linien sind die Lichtkegel, welche wegen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit den Winkelhalbierenden entsprechen müssen. Alles was außerhalb der Lichtkegel liegt könnte der Beobachter nur wahrnehmen, wenn er über etwas verfügen würde das schneller als Licht ist.

Alle Ereignisse auf der x-Achse, welche man auch die Weltlinie des Beobachters nennt, sind gleichzeitig zum Beobachter.

A und B seien zwei Ereignisse, die kausal miteinander verknüpft sind, so dass A die Ursache von B ist. Dann ist A früher als B. Hier so dargestellt, dass A sich im Vergangenheits-

und B sich im Zukunftskegel befindet. Da der Beobachter sich auf seiner t- Achse immer weiter nach oben bewegt, wird sich B genau dann ereignen, wenn die Weltlinie des Beobachters B schneidet. Jedoch „für alle Ereignisse, die außerhalb des Lichtkegel liegen, bietet diese Definition aber keine Möglichkeit, etwas über ihre Zeitordnung auszusagen“ (Mittelstaedt 1981, S.40). Das Ereignis C zu irgendeinem Zeitpunkt gleichzeitig zu unserem Beobachter stattfindet ist nur möglich. Wie unsere Supernova, könnte es sein das wir deren Licht erst in der Zukunft wahrnehmen (D). Dann könnten wir vermuten, dass irgendwann einmal ein Ereignis gleichzeitig zu einem Zeitpunkt in unserer Vergangenheit stattgefunden hat. Vielleicht nehmen wir aber auch niemals Kenntnis davon, wenn die kausale Verkettung ausgehend von C niemals unseren Lichtkegel erreicht.

Somit ist „die Methode, die Kant zur Zeitordnung verwendet, [...] auf alle Ereignisse anwendbar, die innerhalb des Lichtkegels liegen“ (Mittelstaedt 1981, S.41). Sowohl das Verhältnis Ursache-Wirkung zur Bestimmung der zeitlichen Reihenfolge, sowie die wechselseitige Kausalität zur Bestimmung der Gleichzeitigkeit lassen sich hier anwenden. Ferner behält das Postulat von der Einheit der Zeit seine Gültigkeit, für alle Beobachter, die genau so schnell sind wie der Beobachter im obigen Diagramm.

Nur über raumartige, also räumlich getrennte Ereignisse können keine Aussagen getroffen werden. Würde man allerdings annehmen die Lichtgeschwindigkeit wäre unendlich, dann würden die Lichtkegel bis zur x-Achse aufgeklappt, „so daß alle Ereignisse zeitartig werden. Das bestätigt [...], daß nur unter der Voraussetzung instanter Signalübertragung die KANTschen Kategorien auf alle Ereignisse angewandt werden können“ (Mittelstaedt 1981, S.42).

Da Kausalität immer im Sinne einer Determination zu verstehen ist, also wenn eine Ursache eintritt, dann tritt auch deren Wirkung ein, gilt diese nur für die zeitartigen Ereignisse. Für raumartige Ereignisse gibt es keine kausale Beziehung, hier kann man nur Wahrscheinlichkeitsaussagen treffen.

Nun gibt es noch das oben erwähnte Phänomen, dass sich die Zeitordnung ändert, wenn man unterschiedliche Bezugssysteme wählt, so dass ein Ereignis für einen ruhenden Beobachter noch in der Zukunft liegt, während für einen beschleunigt Beobachter das Ereignis gleichzeitig ist. Für einen beschleunigten Beobachter müssen die Koordinatenachsen gekippt werden. Im Minkowski-Diagramm sähe dies wie folgt aus:



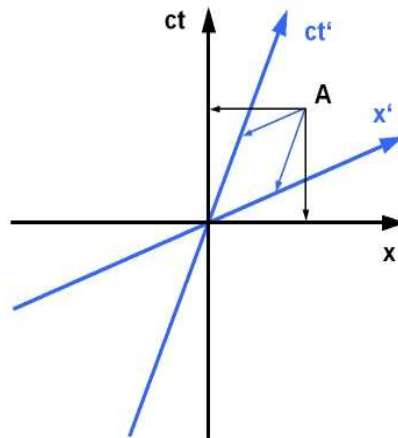


Abbildung 4: Relativität der Gleichzeitigkeit

Dieses Beispiel illustriert das Gedankenexperiment am Bahndamm. Der Blitz ereignet sich in A. Für den beschleunigte Beobachter sind alle Ereignisse die seine blauen Weltlinie schneiden gleichzeitig mit ihm. Eine raum-zeitliche Bewegung wird mittels Parallelverschiebungen der Koordinatenachsen veranschaulicht. Am obigen Diagramm sieht man, dass die blaue Weltlinie des beschleunigten Beobachter aus Sicht des ruhenden Beobachters eher den Punkt des Blitzes schneidet, als seine eigene (schwarze Weltlinie). Ist der Blitz gleichzeitig mit dem beschleunigten Beobachter, so ist dies noch ein zukünftiges Ereignis des ruhenden Beobachters. Dies widerspricht offensichtlich der Einheit der Zeit. Dennoch widerlegt es nicht Kants Theorie vollständig, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

### 6.2.2 Zeit und Wirklichkeit

Nach Poincaré stoßen wir auf Probleme, wenn wir versuchen mittels der kantischen Theorie physikalische Messergebnisse zu verstehen.

Nun ist dieser Punkt deswegen so wichtig, da wir gerade durch die Beobachtung und Messung der wirklichen Ereignisse zu neuen Erkenntnissen gelangen. Allerdings existieren wie oben gezeigt Fälle, die der kantischen Zeit widersprechen. Da Zeit eine a priori Bedingung der Erfahrung ist, kann die Zeit nicht durch die Empirie verändert werden. Allerdings vergeht für einen ruhenden Beobachter die Zeit eines beschleunigten Beobachters langsamer.

Also kann die Zeit nicht absolut sein.

Das Einzige was wir zu revidieren haben, ist die These, dass Zeit im kantischen Sinn

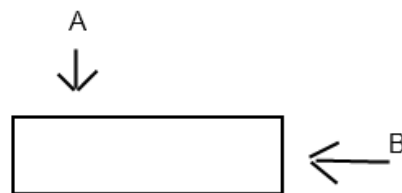
absolut ist. Da es für einige Ereignisse von der Wahl des Bezugssystems abhängt, wie jemand die Ereignisse in der Zeit ordnet.

Dennoch bleibt die Antwort auf die Frage was Zeit ist bestehen: Zeit ist eine a priori Bedingung aller möglichen Erfahrungen.

Denn nicht die Zeit wird durch die Beschleunigung des einen Beobachters verändert, sondern die Wirklichkeit.

Die Zeit verändert sich nicht. Auch nicht durch die Beschleunigung. Das die Uhren andere Zeiten anzeigen, liegt daran, dass sie sich in verschiedenen Wirklichkeiten befinden. Einer beschleunigten und einer relativ dazu ruhenden Wirklichkeit. Diese Schlussfolgerung von verschiedenen Wirklichkeiten deckt sich mit dem was bisher herausgearbeitet wurde. Philosophisch betrachtet wird nach Kant eine Relation in die Wirklichkeit hineingelegt. „Erfahrung [...] ist also eine Synthesis der Wahrnehmung, die selbst nicht in der Wahrnehmung enthalten ist“ (B218). Und auch physikalisch ist es eine empirische Tatsache, dass die Meßinstrumente die Wirklichkeit konstruieren. Dies zeigt sich zum Beispiel beim Wellenteilchen - Dualismus. Das Teilchenmodell und das Wellenmodell des Lichts schließen sich theoretisch aus, können aber beide experimentell nachgewiesen werden, je nachdem welche Meßgeräte man benutzt erhält man eine andere Wirklichkeit.

Betrachten wir ein räumliches Beispiel zu Veranschaulichung.



Zwei Beobachter, welche nur eine Dimension erkennen können, betrachten obiges Objekt und sollen es beschreiben.

Beobachter B wird es als kürzer als A beschreiben. Sie liefern deswegen unterschiedliche Beschreibungen, weil sie sich in einer anderen Wirklichkeit befinden, und deswegen das Objekt anderes wahrnehmen, dennoch behalten sie beide für ihr Bezugssystem recht. In Wirklichkeit ist das Objekt aber nicht eine längere oder eine kürzere Linie, sondern ein Rechteck. Dies jedoch sehen die Beobachter nicht, genau so wenig, wie sie ein Ding an sich erkennen könnten. Dadurch das wir so unterschiedliche Wirklichkeiten konstruieren, erhalten wir andere Messresultate. Der Zeitbegriff Kants büßt so nur seine Absolutheit hinsichtlich des Messergebnisses ein, da wir mehrere Wirklichkeiten betrachten. In ver-

schiedenen Wirklichkeiten können die Dinge anderes geordnet werden und innerhalb dieser Wirklichkeiten wird die Einheit der Zeit bewahrt. In dem der Mensch die Wirklichkeit beobachtet und sich in ihr bewegt, verändert er diese. Unterschiedliche Betrachtungsweisen und Bewegungen führen zu verschiedenen Wirklichkeiten.

Nun ergeben sich hieraus weitere Fragen, bezüglich der Wirklichkeit. Können die Beobachter sich darüber verständigen, dass sie einmal eine kurze und eine lange Linie sehen? Ist es für sie möglich zu erkennen, dass sie ein zweidimensionales Objekt betrachten? Mathematisch gibt es Lösungsansätze. Selbst wenn die eindimensionalen Beobachter kein zweidimensionales Objekt sehen können, könnten sie es sich gedanklich vorstellen. Denn obwohl auch wir nur drei Raumdimensionen erfahren, sind mathematisch unendlich viele Raumdimensionen denkbar, so daß man eine Erklärung finden kann, warum die Wirklichkeit unterschiedlich erscheint.

Physikalisch ließen sich beschleunigte und ruhende und die damit verbundenen Zeiten ineinander umrechnen. So das jeder Beobachter Kenntnisse über die Zeit und die Wirklichkeit des Anderen erlangt. Jedoch stellt sich dennoch philosophisch die Frage, wie diese verschiedenen Wirklichkeiten zu erklären und zu vereinbaren sind? Konstituieren verschiedene relative Wirklichkeiten eine absolute Realität? Wie wirklich sind Vergangenheit und Zukunft? Ist nicht auf Vergangenes und Zukünftiges auch jetzt wirklich, wenn auch nicht gegenwärtig?

An anderer Stelle wäre es interessant diese Fragen zu beantworten. Als Schluß und weiteren Denkanstoß bietet sich diesbezüglich ein Zitat von Einstein an:

„Menschen, die wie wir an die Physik glauben, wissen, dass die Unterscheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur eine besonders hartnäckige Illusion ist.“

## 7 Quellenverzeichnis

- DÜSING, KLAUS (1980) Objektive und subjektive Zeit. Untersuchungen zu Kants Zeittheorie und zu ihrer modernen kritischen Rezeption. In: Kant-Studien. 71, 1-34.
- HUME, DAVID (1993): Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand. Hamburg.
- KANT, IMMANUEL (1998): Kritik der reinen Vernunft. Hamburg
- MACH, ERNST (1901): Die Mechanik in ihrer Entwicklung: historisch und kritisch dargestellt. Leipzig.
- MOHR, GEORG (1998): Transzendente Ästhetik. In: Klassiker Auslegen Bd.17/18. Berlin
- MITTELSTAEDT, PETER (1981): Philosophische Probleme der Modernen Physik. Mannheim.
- NEWTON, ISAAC (1963) Principia mathematica. Darmstadt
- POINCARÉ, HENRI (1989): La mesure du temps. Dt: Das Maß der Zeit. In: Der Wert der Wissenschaft.
- THÖLE, BERNHARD (1998): Die Analogien der Erfahrung. In: Klassiker Auslegen Bd.17/18. Berlin

## 8 Bilderverzeichnis

- Abbildung 4 aus Wikipedia, 15.09.2006 *http : //de.wikipedia.org/wiki/Bild : Minkowski – Diagramm – newtonschePhysik.png*