

# Albert Einstein: Leben und Werk

Wissenschaftsgeschichtliche Hausarbeit  
Ingo Teßmann und Wolfgang Frede  
Sommersemester 1982

23. Februar 2000

## Zusammenfassung

Es handelt sich um die Überarbeitung einer Seminararbeit auf der Basis der Collected Papers of Albert Einstein, die seit 1987 herausgegeben werden. Zudem sind einige wissenschaftstheoretische und politische Ergänzungen vorgenommen worden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>	4.2 Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen . . . . .	7
1.1 Persönlich politischer Werdegang und Krisenbewältigung in der Physik . . . . .	1	4.3 Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt . . . . .	8
1.2 Weltanschauliches und die Verantwortung des Naturwissenschaftlers . . . . .	2	4.4 Zur speziellen Relativitätstheorie	9
<b>2 Biographisches</b>	<b>2</b>	4.5 Zur allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	13
2.1 Krisenhafte Entwicklung des Kapitalismus . . . . .	2	<b>5 Der Pazifist und Humanist Albert Einstein</b>	<b>15</b>
2.2 Obrigkeitsstaatliche und religiöse Bevormundung . . . . .	2	5.1 Gegen den Militarismus . . . . .	15
2.3 Postpubertäre Krise . . . . .	3	5.2 Gesellschaftspolitische Einstellungen Albert Einsteins . . . . .	17
<b>3 Zur Krisensituation in Physik und Philosophie um 1900</b>	<b>4</b>	5.3 Einsteins Erfahrungen in der Weimarer Republik, seine Haltung zum Faschismus . . . . .	19
3.1 Mechanistisches Weltbild . . . . .	4	<b>6 Einstein und die Bombe</b>	<b>20</b>
3.2 Paradigmen und Themata . . . . .	4	6.1 Der Beitrag Einsteins zum Bau der Atombombe . . . . .	20
3.3 Einsteins Krisendarstellung der Physik . . . . .	5	6.2 Der Atomtod und die Verantwortung des Naturwissenschaftlers	20
3.4 Machs Positivismus und der Zerfall der Philosophie . . . . .	5	<b>7 Literatur</b>	<b>22</b>
<b>4 Zur Krisenbewältigung in der Physik</b>	<b>6</b>		
4.1 Einsteins erkenntnisleitende Interessen . . . . .	6		

# 1 Einleitung

Die historische Behandlung des Lebens und Werkes Albert Einsteins besteht für uns in dem Bemühen, seine wissenschaftliche Tätigkeit aus dem Zusammenhang seines persönlichen Werdeganges und der Krisensituation in Philosophie und Physik zu verstehen. Denn wie das Verständnis *kommunikativer Handlungen* überhaupt, so unterstellt auch das **Verständnis wissenschaftlicher Tätigkeit** den Bezug auf *drei Welten*: der subjektiven, sozialen und objektiven Welt bzw. den Erlebnissen, Normen und Tatsachen. (1., Bd. I, S. 126ff).

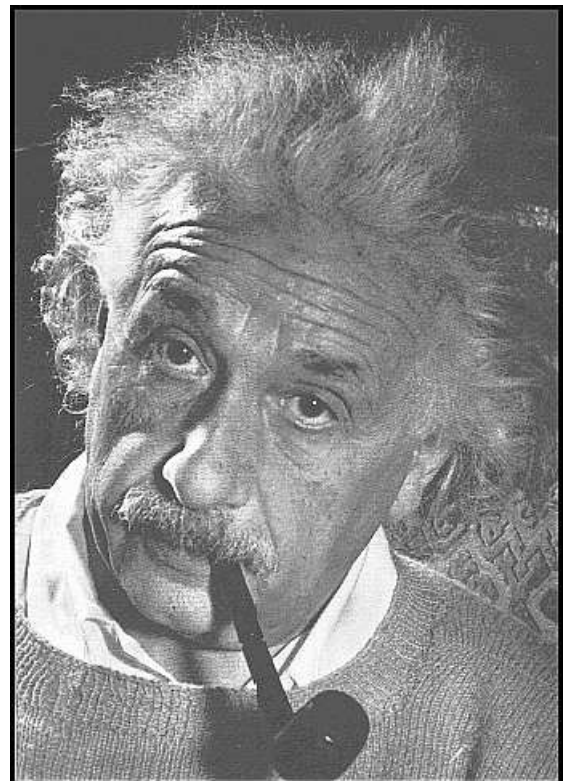
## 1.1 Persönlich politischer Werdegang und Krisenbewältigung in der Physik

Anknüpfend an die Unterscheidungen zwischen dramaturgischem, normenreguliertem und teleologischem Handeln (1., Bd. I, S. 126ff) geht es uns im folgenden zunächst um die **Andeutung** eher auf Erlebnisse bezogener, **subjektiver Situationsbewältigungen** sozialer und objektiver Tatbestände in Einsteins Kindheit und Schulzeit (Kap. 2: Biographisches). Im nächsten Abschnitt behandeln wir dann die **Krisensituation in Physik und Philosophie** (Kap. 3), wobei mehr den sozialen und objektiven Gegebenheiten Rechnung getragen wird. Die **Bewältigung der Krise** durch Einstein und seine Zeitgenossen ist Thema des 4. Kapitels. Dabei wird es uns insbesondere um die Herausarbeitung der Unterschiede in der Behandlung physikalischer Probleme zwischen Einstein und den Physikern seiner Zeit gehen.

## 1.2 Weltanschauliches und die Verantwortung des Naturwissenschaftlers

Dem preußischen Obrigkeitsstaat und dem Nationalismus der wilhelminischen Ära ausgesetzt, fühlte Einstein sich wiederholt zum Widerspruch herausgefordert. So hob er unter dem Eindruck des 1. Weltkrieges gegenüber dem zur Massenbewegung ausufernden Patriotismus seine pazifistische Haltung hervor, nahm zu revolutionären Bewegungen Stellung und wandte

sich später entschieden gegen den Faschismus. Diese **weltanschaulichen Auseinandersetzungen Einsteins mit den reaktionären Ideologien** seiner Zeit sind Gegenstand des 5. Kapitels. Um das Verständnis des Einflusses Einsteins auf das *Manhattan Projekt* geht es uns im 6. Abschnitt. Hierunter fällt auch die Behandlung der **Verantwortung des Naturwissenschaftlers**: der Berücksichtigung subjektiver wie sozialer Voraussetzungen und Folgen *scheinbar* bloß objektiver Tatbestände.



Albert Einstein

## 2 Biographisches

Albert Einstein wurde am 14. März 1879 in Ulm an der Donau als Sohn jüdischer Eltern geboren. Seine Geburt fiel in die Zeit der Wirtschaftskrise, die sich an den kurzen Boom der Gründerjahre anschloß und Neugründungen kleinerer Unternehmen nicht gerade begünstigte.

### 2.1 Krisenhafte Entwicklung des Kapitalismus

Nachdem der Vater, Hermann Einstein, 1876 in Ulm Teilhaber eines kleinen Geschäftes geworden war, ließ er sich Anfang der 80er Jahre von seinem Bruder Jakob dazu überreden, in München mithilfe wohlhabender Verwandter ein elektrotechnisches Unternehmen aufzubauen. 1882 übersiedelten die Einsteins nach München. Da sich der Absatz des Unternehmens lediglich in Italien bescheiden entwickelte, wurde die Fabrik 1894 auf Drängen des italienischen Firmenvertreterers nach Pavia verlegt. Dieses Vorhaben scheiterte ebenfalls und so zog die Familie 1896 nach Mailand, wo der Vater zum drittenmal versuchte, eine elektrotechnische Fabrik einzurichten. Nach Liquidation der Firma im Jahre 1898 verschlechterte sich zunehmend der Gesundheitszustand Hermanns. Ein Herzleiden raffte ihn 1902 dahin. (2., S. 1–1vi).

Alberts Kindheit stand also unter dem Einfluß wirtschaftlicher Unsicherheit. Die sich früh abzeichnende **krisenhafte Entwicklung des Kapitalismus** (4., S. 7–11) führte einerseits zu nationalstaatlichen wie imperialistischen Versuchen, den wirtschaftlichen Fortschritt zu sichern. Die Ideologie dieses militanten Macht- und Expansionsdranges entwickelte sich andererseits vom Sozialdarwinismus zum Antisemitismus als dem innenpolitischen Ableger des Imperialismus und Nationalismus (vgl. 3., S. 13).

### 2.2 Obrigkeitsstaatliche und religiöse Bevormundung

**Neben persönlichen Eigenheiten** Alberts mag die **Erfahrung wirtschaftlicher Wechselfälle** mitgewirkt haben, wenn er sich später

erinnert: „Als ziemlich frühreifen jungen Menschen kam mir die Nichtigkeit des Hoffens und Strebens lebhaft zum Bewußtsein, das die meisten Menschen rastlos durchs Leben jagt. Auch sah ich bald die Grausamkeit dieses Treibens“ (5., S. 1). Über seine **Abneigung gegenüber dem Obrigkeitsstaat** schreibt Einstein später im Anschluß an Erlebnisse im Münchner Luitpold-Gymnasium: „Mir scheint es das Schlimmste, wenn eine Schule prinzipiell mit den Methoden der Angst, der Gewalt und der künstlichen Autorität arbeitet. Solche Behandlungsmethoden zerstören die gesunden Gefühle, die Aufrichtigkeit und das Selbstvertrauen der Schüler. Damit produziert man den unterwürfigen Untertan“ (6., S. 19). Auch unter dem Eindruck populärwissenschaftlicher Bücher mechanisch-materialistischer Prägung gelangte Einstein zu der Einsicht, „daß die Jugend vom Staate mit Vorbedacht belogen wird“ (5., S. 1). Weitere Folgen dieses „niederschmetternden Erlebnisses“ waren für ihn „fanatische Freigeisterei“, „Mißtrauen gegen jede Art von Autorität“ und die **Aufgabe des religiösen Paradieses**: „Es war mir klar, daß das so verlorene religiöse Paradies der Jugend ein erster Versuch war, mich aus den Fesseln des *Nur-Persönlichen* zu befreien, aus einem Dasein, das durch Wünsche, Hoffnungen und primitive Gefühle beherrscht ist“ (5., S. 1f). Diese *Daseinsflucht* mag auch eine Folge *narzistischer Kränkungen* (7., S. 63ff) gewesen sein; jedoch wollen wir uns hier nicht weiter mit psychoanalytischen Deutungen beschäftigen.

Um dem Chaos dumpfer Gefühlswallungen und der Bevormundung durch den Obrigkeitsstaat zu entfliehen, suchte Einstein nach einer nichtmißtrauenswürdigen **Ordnung in den Naturerscheinungen**: Nachwirkenden Eindruck machten auf ihn der Umgang mit einem Kompaß im Alter von vier oder fünf Jahren sowie das Lesen eines Buches über euklidische Geometrie mit etwa zwölf Jahren (5., S. 3f). Mit 16 Jahren stieß er dann schon auf das folgenschwere Paradoxon, das sich aus der Konsequenz ergibt, einem Lichtstrahl mit Lichtgeschwindigkeit nachzueilen (2., S. 6ff, 5., S. 20). „Das gedankliche Erfassen dieser außerpersönlichen Welt im Rahmen der uns gebotenen Möglichkeiten“ schwebte ihm „halb be-

wußt, halb unbewußt als höchstes Ziel vor“ (5., S. 2).

Schon in Einsteins Kindheit läßt sich also seine **Suche nach einer überstaatlichen oder gar übermenschlichen Ordnung** nachweisen, die ihn zeitlebens an der statistischen Deutung der Quantentheorie zweifeln ließ. Neben persönlichen Eigenheiten und möglichen narzistischen Kränkungen scheinen die Widerigkeiten des Obrigkeitstaates und die Wechselfälle wirtschaftlicher Entwicklung sowie die mechanisch-materialistischen Auffassungen bestimmend auf dem Wege zu seiner später sog. **kosmischen Religiösität** (8., S. 15ff) gewesen zu sein. „Das wesentliche im Dasein eines Menschen von meiner Art“, schreibt er später, „liegt in dem, was er denkt und wie er denkt, nicht in dem, was er tut oder erleidet“ (5., S. 12). Der Schriftsteller Max Brod soll Einsteins Haltung wie folgt umschrieben haben: „Er hatte kein Herz. Und deshalb eben hatte er von der Welt nichts zu fürchten. Er hatte kein Gefühl, keine Liebe. Und deshalb war er natürlich auch vor den Verirrungen des Gefühls sicher“ (3., S. 23). Diese *überpersönliche* Haltung Einsteins ist keineswegs im Widerspruch, vielmehr als Grundlage seiner sozialen und ethischen Strebungen zu sehen (vgl. S. 17).

### 2.3 Postpubertäre Krise

Eine weitere Ausprägung der überpersönlichen Haltung Einsteins erscheint an dem **Wendepunkt** seiner Entwicklung, den er 1897 in einem Brief an die Mutter seiner ersten Freundin wie folgt umschreibt: „Die angestrenzte geistige Arbeit & das Anschauen von Gottes Natur sind die Engel, welche mich versöhnend, stärkend & doch unerbittlich streng durch die Wirren dieses Lebens führen werden“. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß diese Äußerungen dem „Seelenkampf“ einer gescheiterten „idealen Liebe“ entsprangen (2., S. xxxviii, S. 55f, S. 385).

Alberts Liebesschmerz mag schon bald durch das Kennenlernen der serbischen Studentin Mileva Marić gemildert worden sein. Denn auf der Grundlage gemeinsamer Studienarbeiten entwickelte sich eine gelungene „reale Liebe“. Die beiden lernten sich im Wintersemester 1896/97 an der ETH Zürich kennen. Aus ihrem Brief-

wechsel geht hervor, daß sie zusammen Privatstudien betrieben und insbesondere bereits 1901 eine *Arbeit über die Relativbewegung* begonnen hatten: Im März 1901 schreibt Albert an Mileva: „Wie glücklich und stolz werde ich sein, wenn wir beide zusammen unsere Arbeit über die Relativbewegung siegreich zu Ende geführt haben! Wenn ich so andre Leute sehe, da kommt mir so recht, was an Dir ist!“ (2., S. 282). Über Art und Inhalt der gemeinsamen Arbeiten sowie über den Anteil Milevas an der Ausarbeitung der *Relativitätstheorie* im Jahre 1905 kann nur spekuliert werden (54.).

## 3 Zur Krisensituation in Physik und Philosophie um 1900

### 3.1 Mechanistisches Weltbild

Innerhalb des mechanistischen Weltbildes waren die meisten Physiker im Laufe des 19. Jahrhunderts bestrebt, sämtliche Naturerscheinungen auf der Basis der durch Newton begründeten Mechanik zu erklären (10., S. 13f). Als *Mechanismus* galt ihnen ein System, das dem Euler-Lagrangeschen Variationsprinzip genügte; also in seiner *geometrischen Struktur* durch die anschauliche Bedeutung der Koordinaten, in seiner *dynamischen Struktur* durch die Lagrangefunktion und in seiner *zeitlichen Entwicklung* durch die Lösung der Lagrangeschen Bewegungsgleichungen beschrieben wurde (9., S. 159). Die noch heute nachwirkende **mechanistische Deutung der Mechanik** geht weniger auf Newton, als vielmehr auf seine Kommentatoren und Interpreten zurück. So schrieb Voltaire, der Newtons Mechanik in aufklärerischer Absicht auf dem Kontinent populär machte: „Entweder ergibt sich alles aus dem notwendigen Wesen der Dinge oder aus der ewigen Ordnung, die ein absoluter Geist gestiftet hat. In dem einen wie dem anderen Falle sind wir nur Räder in der Weltmaschine“ (10., S. 43). Diese Deutung erlaubt sowohl eine **mechanisch-materialistische** (notwendiges Wesen der Dinge) als auch eine **kosmisch-religiöse** (ewige Ordnung des absoluten Geistes) **Interpretation** der Mechanik.

### 3.2 Paradigmen und Themata

Die metaphysischen Überzeugungen und forschungspolitischen Annahmen, die den Entwurf von Theorien und die Planung von Experimenten leiten, hat Kuhn, wie unterdessen wohl allgemein bekannt, **Paradigmen** genannt (11., S. 186ff). Formulierung der Theorien und Ausführung der Experimente folgen den spezielleren formalen Operationen und methodologischen Regeln der Forschergemeinde (22., 23., S. 210ff) sowie der Intuition und dem Geschick der Forscher. Gegenüber den Paradigmen zur analytischen Charakterisierung des Überganges zwischen *normaler und revolutionärer Wissenschaft* als eines *Paradigmenwechsels*, bezeichnen die **Themata** innerhalb der *thematischen Analyse* Holtons (12., S. 18ff) eher die individuellen Neigungen der Forscher. „Einer der Befunde der thematischen Analyse, der mit der dialektischen Natur der Naturwissenschaft als einer öffentlichen, einen Konsens anstrebenden Tätigkeit in Beziehung steht, ist die häufige Koppelung zweier Themata im Modus der Antithese, wenn etwa ein Vertreter des Themas des Atomismus sich einem Vertreter des Themas des Kontinuums gegenüber sieht“ (12., S. 21). Neben der bereits bei der Andeutung seiner Persönlichkeitsentwicklung aufgefallenen Suche nach *Ordnung* und *Gewißheit* (siehe S. 3) lassen sich einige weitere **Themata innerhalb der wissenschaftlichen Tätigkeit Einsteins** nennen: die der *Einheitlichkeit*, *Einfachheit*, *Symmetrie* und *Vollständigkeit*.

Inwieweit bei der Bearbeitung der **Krise der Physik** die Einstein als Forscher bildenden Themata mit den (ihn in die Gemeinde der Wissenschaftler) sozial integrierenden Paradigmen lebensweltbildend zusammenwirken, mag andeutungsweise aus der eher stichwortartigen **Krisendarstellung** Einsteins hervorgehen. Auf den Zusammenhang der öffentlichen wie privaten Lebenswelt der Wissenschaftler einerseits und dem durch Geld und Macht gesteuerten Gesellschaftssystem andererseits (1., Bd. II, S. 470ff) kann hier nicht weiter eingegangen werden (siehe dazu 13., 14., 15.).

### 3.3 Einsteins Krisendarstellung der Physik

Einstein geht es zunächst um die **Hervorhebung allgemeiner Gesichtspunkte**, nach denen physikalische Theorien überhaupt kritisiert werden können. Dabei unterscheidet er 1.) *innere Vollkommenheit*, 2.) *äußere Bewährung* sowie 3.) *Einfachheit* und *Reichhaltigkeit* einer Theorie. Die Anwendung dieser Aspekte auf die **Kritik der Mechanik als Basis der Physik** liefert folgende Präzisierungen (5., S. 9ff):

1. Mit der **Kritik der Mechanik unter dem Aspekt der inneren Vollkommenheit** knüpft Einstein an die philosophische Tradition des *Rationalismus* an, der (noch) heute spezieller unter dem Titel *Kohärenztheorie der Wahrheit* diskutiert wird. Demgemäß ergeben sich für ihn „ernste Bedenken“ bei der „**Einverleibung der Wellenoptik**“ in die Mechanik. Zudem nötige die Faraday-Maxwell'sche Elektrodynamik zur „**Einführung elektrischer Massen**“ und unterstelle die **Existenz von Feldern** im leeren Raume. Damit seien „**zweierlei Begriffselemente**“ geschaffen: materielle Punkte mit Fernkräften und kontinuierliche Felder.
2. Mit der Nennung des **Aspektes der äußeren Bewährung** folgt Einstein der philosophischen Tradition des *Empirismus*, der wahrheitstheoretisch gewendet als *Korrespondenztheorie der Wahrheit* diskutiert wird. Einstein bezieht sich zunächst auf die **positivistische Newton-Kritik Machs** (16., S. 210ff). Nach ihm seien **alle starren Koordinatensysteme als gleichwertig** anzusehen und die **Trägheit sei auf die Wechselwirkung der (schweren) Massen zurückzuführen** (*Mach'sches Prinzip*). Weiter stört Einstein die Primitivität der mechanischen Basis: die Bewegungsgesetze seien zwar präzise, aber leer. Die Kraftgesetze böten einen „**Spielraum für Willkür**“. Diese „Bewährungsgesichtspunkte“ hätten Konsequenzen für die Kohärenz der Theorie: es verschwänden die Unsymmetrien zwischen

träger und schwerer Masse sowie potentieller und kinetischer Energie.

3. **Allgemeine thermodynamische Prinzipien**, wie den 2. Hauptsatz, **als Maßstab für die Vereinheitlichung anderer Theorien** zu nehmen, führe nach Einstein zur Vereinfachung der theoretischen Basis wie zu größerer Reichhaltigkeit erklärbarer Naturbeobachtungen und experimenteller Meßergebnisse.

Neben der Kritik des *mechanistischen Weltbildes* ergibt sich nach Einstein eine **zweite fundamentale Krise der Physik** aus den **Folgerungen des Planck'schen Strahlungsgesetzes**, die sowohl der Mechanik als auch der Elektrodynamik widersprechen. Es ergäben sich Konsequenzen für die „Struktur der Strahlung“ wie für ein alternatives „elektromagnetisches Fundament der Physik“.

Die Vielfalt der von Einstein hervorgehobenen Unvereinbarkeiten und Mängel theoretischer Annahmen mag andeuten, daß es eines *Freigeistes* wie Einstein bedurfte, die zu meist unausgesprochenen Grundannahmen der physikalischen Theorien klar herauszustellen, auf ihre Konsequenzen hin zu überprüfen und in Widerspruch zu führen. Darauf wird noch näher einzugehen sein (siehe Kapitel 4).

### 3.4 Machs Positivismus und der Zerfall der Philosophie

Einstein versteht es, für seine physikalischen Arbeiten verschiedene **philosophische Annahmen** fruchtbar zu machen. Steht er in seiner Frühzeit mehr unter dem Einfluß des mechanischen Materialismus Büchners (17.), des Positivismus Machs (16., 18.) und des Empirismus Humes (19.), wendet er sich in späteren Jahren mehr einer *kosmischen Religiösität* zu (8., S. 15ff, 12., S. 203ff). Es sei hier lediglich kurz beim **Positivismus** verweilt: Anknüpfend an die Aufklärungsphilosophie (20.) propagiert Comte das Erkenntnismonopol der Naturwissenschaft (Physik): der *positive Geist* soll sich beziehen auf Tatsachen (im Ggs. zu Einbildungen), Gewißheit (im Ggs. Unentschiedenheit), Genauigkeit (im Ggs. zu Unbestimmtheit), Nützlichkeit (im Ggs. zu Eitelkeit) und

auf relative Geltung (im Ggs. zu Absolutheit).

**Machs Elementenlehre** ist dann der Versuch, die Welt als Inbegriff von Tatsachen und damit die Wissenschaft als die Sphäre zu rechtfertigen, der ausschließlich Realität zugesprochen werden kann (*Immanenzphilosophie*). „Der Witz seines monistischen Ansatzes ist, daß Elemente im Zusammenhang mit einem Ich Empfindungen sind, aber in Relation untereinander Merkmale von Körpern“ (21., S. 105ff). „Die ganze innere und äußere Welt (setzt sich) aus einer geringen Zahl von gleichartigen Elementen in bald flüchtiger, bald festerer Verbindung zusammen“ (18., S. 17ff). Als **erkenntnistheoretische Konsequenz** dieses Ansatzes führt Mach weiter aus: Der Begriff *Ursache* wird durch den Funktionsbegriff ersetzt. Die physikalischen Begriffe dienen lediglich als Mittel dem Zweck der ökonomischen Darstellung des Tatsächlichen (16., S. 258). Nach dem Zerfall des Idealismus und der Anruchigkeit des Materialismus sowie der bloßen Subjektbezogenheit des Nihilismus ist der Versuch Machs, die Physik von Metaphysik reinigen zu wollen, ideologisch und fruchtbar zugleich. Ideologisch, weil er sich über die Unterstellungen seiner eigenen philosophischen Basis hinwegtäuscht. Fruchtbar ist seine **Kritik Newtons**: Die Reformulierung der Newton'schen Definitionen und Axiome (16., S. 237f) sowie seine Forderung, *absolute Größen* aus der Physik zu verbannen in Verbindung mit dem nach ihm sog. *Mach'schen Prinzip* (16., S. 227ff, siehe oben S. 5).

## 4 Zur Krisenbewältigung in der Physik

Im folgenden versuchen wir anhand der drei berühmt gewordenen Arbeiten Einsteins aus dem Jahre 1905, beispielhaft seine spezifische Behandlungsweise physikalischer Probleme anzudeuten. Auf die Herausarbeitung der jeweiligen *Forschungseinheiten* (22., S. 949ff) sei dabei im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

#### 4.1 Einsteins erkenntnisleitende Interessen

Vor der genaueren Skizzierung der Argumentation Einsteins in seinen erwähnten Originalarbeiten, eine Bemerkung zu seinen „erkenntnisleitenden Interessen“ (21., S. 240ff). Auf der Basis früherer Situationsbewältigungen (siehe S. 3) formen sich Einsteins **Erkenntnisinteressen** vornehmlich in späterer **Orientierung an Themata des mechanistischen Weltbildes** (kosmisch-religiös wie mechanisch-materialistisch): **Ordnung, Gewißheit und Vereinheitlichung**.

Einsteins wissenschaftliche Leistungen umfassen Beiträge zur statistischen Mechanik (24.), zur Quantentheorie (Quantenoptik, Theorie der spezifischen Wärmen, Quantenstatistik) sowie zur Elektrodynamik und Kosmologie (Relativitätstheorie, 25., 26., 27., 28.). Dem Interesse an **Vereinheitlichung** physikalischer Theorien folgend, geht es Einstein um die präzise Herausarbeitung der Anwendungsbereiche und Grenzen jeweiliger Theorien sowie um die Übertragung in einer Theorie bewährter Prinzipien auf andere. Etwa beim Aufzeigen der Gültigkeitsgrenzen der klassischen (phänomenologischen) Thermodynamik gegenüber seiner *molekularkinetischen Theorie* (vgl. 4.2) sowie bei seiner Erweiterung des Gegenstandsbereiches der kinetischen Theorie über den der Gase hinaus (vgl. 4.3). Oder bei der Übertragung des *Relativitätsprinzips* von der Elektrodynamik auf die Gravitationstheorie (vgl. 4.4) sowie bei der Anwendung des *Quantenprinzips* auf die Struktur der Strahlung (Photonenhypothese, vgl. 4.3) und die Gitterschwingungen in Festkörpern (Theorie der spezifischen Wärmen).

Infolge seiner in Newton'scher Tradition stehenden Auffassung, „daß jegliches Indiz von Chaos oder Ungewißheit auf einer zugrundeliegenden Schicht von **Ordnung und Gewißheit** beruhen und durch sie erklärbar sein müsse“ (12., S. 38f), bleibt Einstein zeit lebenslang ein Gegner der Quantentheorie (29.) Bohrs, Heisenbergs und Borns (wie auch die in Einsteins Folge arbeitenden de Broglie und Schrödinger). Dieses Erkenntnisinteresse trägt auch entscheidend zum „Verständnis“ seiner

Arbeit zur Brown'schen Bewegung bei.

#### 4.2 Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen

Nachdem infolge der kinetischen Theorie „der geordnete Zustand auf dem Niveau des Sichtbaren durch das Chaos auf dem des Nicht-Sichtbaren“ erklärt werden konnte, kehrte Einstein in seiner in der Überschrift genannten Arbeit „die Richtung des Erklärungsvorgehens“ erneut um. Die zufälligen Bewegungen der suspendierten Teilchen waren zur Gänze durch die einfachen Newton'schen Gesetze erklärbar (12., S. 39, vgl. *innere Vollkommenheit*). Des weiteren ging es Einstein darum, den *Atomismus* vom Ruch der Metaphysik zu befreien (*äußere Bewährung*), den er vom *Energetiker* Mach innerhalb seiner positivistischen Kritik der Mechanik erhielt. Die experimentelle Bestätigung der atomistischen Struktur der Materie verlieh den Atomen demgegenüber die Weihe zumindest indirekt beobachtbar zu sein: Einsteins **Hauptziel** war es, „Tatsachen zu finden, welche die Existenz von Atomen von bestimmter endlicher Größe möglichst sicherstellen“ (5., S. 18).

Einstein beginnt seine im Titel dieses Abschnittes genannte Arbeit (30.) mit den Worten: „In dieser Arbeit soll gezeigt werden, daß nach der molekularkinetischen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von mikroskopisch sichtbarer Größe infolge der Molekularbewegung der Wärme Bewegungen von solcher Größe ausführen müssen, daß diese Bewegungen leicht mit dem Mikroskop nachgewiesen werden können.“ Gemäß seiner Formulierung im Anschluß an Kant: „Das Wirkliche ist uns nicht gegeben, sondern aufgegeben“ (31., S. 505); oder seiner Äußerung gegenüber Heisenberg: „**Erst die Theorie entscheidet darüber, was man beobachten kann**“ (32., S. 80), liefert die Theorie hier überhaupt erst die Voraussetzungen dafür, die Molekularbewegung indirekt zu messen.

Unter Einschränkung der phänomenologischen Thermodynamik und mit Hinweis auf

die Atomgröße fährt Einstein fort: „Wenn sich die hier zu behandelnde Bewegung samt den für sie zu erwartenden Gesetzmäßigkeiten wirklich beobachten läßt, so ist die **klassische Thermodynamik** schon für mikroskopisch unterscheidbare Räume **nicht mehr als genau gültig** anzusehen und es ist **dann eine exakte Bestimmung der wahren Atomgröße möglich**“ (30., S. 549). Unzufrieden darüber, daß der **osmotische Druck** suspendierter Körper im Gegensatz zu dem gelöster Substanzen nach der klassischen Theorie nicht zu erwarten wäre, zeigt Einstein dann: „daß die Existenz des osmotischen Druckes eine Konsequenz der molekularkinetischen Theorie der Wärme ist, und daß nach dieser Theorie gelöste Moleküle und suspendierte Körper von gleicher Anzahl sich in Bezug auf osmotischen Druck bei großer Verdünnung vollkommen gleich verhalten“ (30., S. 553).

Unter dem Titel: „**Theorie der Diffusion kleiner suspendierter Kugeln**“ (30., S. 554) leitet er dann her, daß „der **Diffusionskoeffizient D** der suspendierten Substanz äußer von „universellen Konstanten und der absoluten Temperatur nur vom Reibungskoeffizienten der Flüssigkeit und von der Größe der suspendierten Teilchen abhängt“ (30., S. 555f):

$$D = \frac{RT}{N} \frac{1}{6\pi\nu r}; \quad \text{wobei } k = \frac{R}{N} \quad (4.2.1)$$

Es bedeuten  $k$  die Boltzmann-Konstante,  $R$  die allgemeine Gaskonstante,  $T$  die absolute Temperatur,  $N$  die Anzahl der in einem Mol enthaltenen Moleküle,  $\nu$  die Viskosität und  $r$  der Kugelradius der suspendierten Teilchen.

Für die **mittlere Verschiebung**  $\lambda_x$  (in Richtung der  $x$ -Achse) bei der ungeordneten Bewegung von in einer Flüssigkeit suspendierten Teilchen erhält Einstein schließlich mit Gleichung (4.2.1) ein zur Quadratwurzel der Zeit  $t$  proportionales Ergebnis (30., S. 559):

$$\lambda_x = \sqrt{\langle x^2 \rangle} = \sqrt{2Dt} = \sqrt{t} \sqrt{\frac{kT}{3\pi\nu r}} \quad (4.2.2)$$

Bei Messung der Verschiebung  $\lambda_x$  ließe sich diese Beziehung zur Bestimmung von  $N$  (oder  $k$ ) benutzen. Und Einstein schließt seine Arbeit

mit den Worten: „Möge es bald einem Forscher gelingen, die hier aufgeworfene, für die Theorie der Wärme wichtige Frage zu entscheiden!“ (30., S. 560).

Die durch Einsteins Formel (4.2.2) überhaupt erst möglich gewordene Messung der Brown'schen Bewegung gelang (bei vollkommener Bestätigung) J. Perrin 1909 (24., S. 79).

### 4.3 Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt

Nachdem Einstein auf den „**tiefgreifenden formalen Unterschied**“ zwischen den Grundannahmen der Mechanik und Elektrodynamik, also auf den *antithetischen Modus* (siehe S. 5) einer **diskontinuierlichen Verteilung von Massenpunkten gegenüber einem kontinuierlichen Feld** hingewiesen hatte, fährt er fort: „Die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Undulationstheorie des Lichtes hat sich zur Darstellung der rein optischen Phänomene vortrefflich bewährt und wird wohl nie durch eine andere Theorie ersetzt werden. Es ist jedoch im Auge zu behalten, daß sich die optischen Beobachtungen auf zeitliche Mittelwerte, nicht aber auf Momentanwerte beziehen, und es ist trotz der vollständigen Bestätigung der Theorie der Beugung, Reflexion, Brechung, Dispersion etc. durch das Experiment wohl denkbar, daß die mit kontinuierlichen Raumfunktionen operierende Theorie des Lichtes zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt, wenn man sie auf die Erscheinungen der Lichterzeugung und Lichtverwandlung anwendet. Es scheint mir nun in der Tat, daß die Beobachtungen über die *schwarze Strahlung*, Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht und andere die Erzeugung bzw. Verwandlung des Lichtes betreffende Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, daß die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raum verteilt sei“ (33., S. 132f).

Unter dem Titel: „**Über eine die Theorie der schwarzen Strahlung betreffende Schwierigkeit**“ überlegt er sich dann anhand eines *Hohlraummodells*, in dessen Volumen sich



Gasmoleküle und Elektronen frei bewegen und an dessen Wänden sich an Raumpunkte elastisch gekettete Elektronen (*Resonatoren*) befinden, daß für den Mittelwert  $\langle E \rangle$  der Energie der geradlinigen Schwingbewegung von Resonatorelektronen nach Wechselwirkung mit Gasmolekülen im Gleichgewicht aus der kinetischen Gastheorie folge:

$$\langle E \rangle = \frac{R}{N}T = kT \quad (4.3.1)$$

Einstein schreibt weiter: „Eine ähnliche Überlegung machen wir jetzt bezüglich der Wechselwirkung der Resonatoren und der im Raume vorhandenen Strahlung. Hr. Planck hat für diesen Fall die Bedingung des dynamischen Gleichgewichtes abgeleitet“ (34., S. 99) „unter der Voraussetzung, daß die Strahlung als ein denkbar ungeordneter Prozeß betrachtet werden kann“ (33., S. 135). Er fand:

$$\langle E_\nu \rangle = \frac{c^3}{8\pi\nu^2} \varrho_\nu \quad (4.3.2)$$

Mit  $\langle E_\nu \rangle$  als mittlere Resonatorenenergie der Eigenfrequenz  $\nu$ ,  $c$  als Lichtgeschwindigkeit,  $\nu$  als Frequenz und  $\varrho_\nu$  als spektrale Energiedichte.

Die Gleichsetzung von (4.3.1) und (4.3.2) „als Bedingung des dynamischen Gleichgewichtes“ ergibt:

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} kT \quad (4.3.3)$$

ein Ausdruck, der als „Schwierigkeit“ die **UV-Katastrophe** zur Folge hat (vgl. 33., S. 136).

Nach der Überschrift: „Über die **Plancksche Bestimmung der Elementarquanta**“ fährt Einstein fort: „Wir wollen im folgenden zeigen, daß die von Hrn. Planck gegebene Bestimmung der Elementarquanta von der von ihm aufgestellten Theorie der *schwarzen Strahlung* bis zu einem gewissen Grade unabhängig ist“ (33., S. 136). „Aus der allen bisherigen Erfahrungen genügenden **Planckschen Formel**“ (35., S. 561) für

$$\varrho_\nu = \frac{\alpha\nu^3}{e^{\frac{\beta\nu}{T}} - 1} \quad (4.3.4)$$

(mit den experimentell bestimmten Konstanten  $\alpha, \beta$ ) folge für große Werte von  $T/\nu$ , d.h. für große Wellenlängen und Strahlungsdichten:

$$\varrho_\nu = \frac{\alpha}{\beta} \nu^2 T, \quad (4.3.5)$$

ein Ergebnis, das in Übereinstimmung mit (4.3.3) ergebe:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{R}{N} \frac{8\pi}{c^3}, \quad (4.3.6)$$

woraus wiederum in befriedigender Weise  $N$  berechnet werden könne.

Einstein gelangt dann zu dem **Schluß**: „Je größer die Energiedichte und die Wellenlänge einer Strahlung ist, als um so brauchbarer erweisen sich die von uns benutzten Grundlagen; für kleine Wellenlängen und kleine Strahlungsdichten aber versagen dieselben vollständig“ (33., S. 137).

Auf der Grundlage des für große Werte von  $\nu/T$  experimentell bestätigten **Wien-schen Gesetzes der schwarzen Strahlung**:

$$\varrho = \alpha\nu^3 e^{-\beta\frac{\nu}{T}} \quad (4.3.7)$$

zeigt Einstein weiter, daß für „**die Abhängigkeit der Entropie  $S$  von dem von der Strahlung eingenommenen Volumen  $V$** “ die Beziehung gelte:

$$S - S_o = \frac{E}{\beta\nu} \lg \left( \frac{V}{V_o} \right) \quad (4.3.8)$$

Und er folgert: „Diese Gleichung zeigt, daß die Entropie einer monochromatischen Strahlung von genügend kleiner Dichte nach dem gleichen Gesetze mit dem Volumen variiert wie die Entropie eines idealen Gases oder die einer verdünnten Lösung“ (33., S. 139).

Im Anschluß an die **Boltzmann'sche Beziehung** zwischen der Entropie  $S$  und der Zustandswahrscheinlichkeit  $W$ :

$$S - S_o = \frac{R}{N} \lg W \quad (4.3.9)$$

gelangt Einstein zu dem **Schluß**: „Ist monochromatische Strahlung von der Frequenz  $\nu$  und der Energie  $E$  in das Volumen  $V_o$  (durch spiegelnde Wände) eingeschlossen, so ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich in einem beliebig herausgegriffenen Zeitmoment die ganze

Strahlungsenergie in dem Teilvolumen  $V$  des Volumens  $V_0$  befindet:

$$W = \left( \frac{V}{V_0} \right) \frac{N}{R} \frac{E}{\beta\nu}.$$

Hieraus schließen wir weiter: Monochromatische Strahlung von geringer Dichte (innerhalb des Gültigkeitsbereiches der Wienschen Strahlungsformel) verhält sich in wärmetheoretischer Beziehung so, wie wenn sie aus voneinander unabhängigen Energiequanten von der Größe  $R\beta\nu/N$  bestünde“ (33., S. 143f):

$$E_q = \frac{R}{N} \beta\nu. \quad (4.3.10)$$

Die Frage, „ob auch die Gesetze der Erzeugung und Verwandlung des Lichtes so beschaffen sind, wie wenn das Licht aus derartigen Energiequanten bestünde“ (33., S. 144), beantwortet Einstein u.a. in Verbindung mit der **Aufhebung der Schwierigkeiten bei der undulationstheoretischen Behandlung des Photoeffektes**: Die kinetische Energie  $T$  der durch das Licht freigesetzten Elektronen sei

$$T = \frac{R}{N} \beta\nu - A,$$

wenn  $A$  die Austrittsarbeit von Elektronen bezeichne (33., S. 146). Einstein schreibt dazu: „Mit den von Hrn. Lenard beobachteten Eigenschaften der lichtelektrischen Wirkung steht unsere Auffassung, soweit ich sehe, nicht im Widerspruch“ (33., S. 147).

Aus seinem **Interesse an Vereinheitlichung** kommt Einstein nach Vorstehendem durch seine Untersuchung der Hohlraumstrahlung also zu der Erkenntnis (vgl. 5, S. 19), daß sowohl die Mechanik als auch die Elektrodynamik nur in Grenzfällen Gültigkeit beanspruchen können (vgl. Gln. 4.3.3, 4.3.10). Dabei nimmt er kühnerweise an, Licht im Gegensatz zur Wellenoptik bestehe aus voneinander unabhängigen **Energiequanten** (*Photonenhypothese*).

#### 4.4 Zur speziellen Relativitätstheorie

„Damals wie heute suchen viele der bekanntesten Physiker nach einer **einheitlichen feld-**

**theoretischen Beschreibung** der Natur“ (Lorentz, Poincaré, Wien); denn „um 1900 wurde es offensichtlich, daß alle Versuche, die elektromagnetische Theorie im Einklang mit einem mechanistischen Weltbild aus den Gesetzen der Mechanik abzuleiten, wesentlich weniger erfolgreich waren als die von **Lorentz** 1892 formulierte **elektromagnetische Feldtheorie**“ (26., S. 91). Wie alle Äthertheoretiker hielt auch Lorentz am **Vorhandensein ausgezeichneter Bezugssysteme** fest, die im kosmischen Äther ruhten.

Die **Äthertheorien** gingen auf die Elementenlehre des **Aristoteles** zurück, bei dem der Äther als Medium der gleichmäßigen Kreisbewegungen der Gestirne fungierte (37., S. 114). Nach Newton'scher Auffassung durchdrang der Äther den absoluten Raum. Im Gegensatz zur Emissionstheorie des Lichtes bezog sich nach undulationstheoretischer Auffassung die Lichtgeschwindigkeit nicht auf den Sender, sondern auf das Medium, den Äther. Innerhalb seines Partikelmodells sprach Newton noch bei der „Erklärung“ von Beugungserscheinungen des Lichtes ad-hoc-hypothetisch von *Anwandlungen*. Hatte Einstein mit seiner *Photonenhypothese* (siehe unter 4.3) der Newton'schen Lichttheorie zu neuen Ehren verholfen, suchten die Wellenoptiker in Verbindung mit der Ätherhypothese nach einer experimentellen Bestätigung der Existenz des Äthers. Die negativen Ergebnisse aller **Ätherdriftexperimente 1. Ordnung** erklärte Lorentz 1895 durch eine modifizierte Galilei-Invarianz der Maxwell'schen Gleichungen (26., S. 92), was wiederum einen Widerspruch zur Mechanik bedeutete. Lorentz ergänzte dazu die Galilei-Transformation um eine „**lokale Zeitkoordinate**“:

$$t_L = t - \frac{vx}{c^2}, \quad (4.4.1)$$

wenn, wie üblich, ein System  $S'$  mit der Geschwindigkeit  $v$  entlang der  $x$ -Achse relativ zu  $S$  bewegt wird und somit gilt:

$$x' = x - vt, y' = y, z' = z; t' = t. \quad (4.4.2)$$

Es sei schon hier hervorgehoben, daß die Gleichsetzung der Zeit:  $t' = t$  nur vereinbar mit

dem Fernwirkungsprinzip der Newton'schen Mechanik ist. Ihre **Galilei-Invarianz** ist dabei im Rahmen der Bemühungen vieler neuzeitlicher Gelehrter zu sehen, „sich in ihren kosmologischen Theorien **von der Vorstellung freizumachen, daß es im Universum ausgezeichnete Orte gäbe**“ (38., S. 641).

Nachdem 1881 und 1887 die berühmt gewordenen **Ätherdriftexperimente in 2. Ordnung von Michelson und Morley** (nach Deutung der Äthertheoretiker) fehlgeschlagen waren, führte Lorentz 1895 (wie schon Fitzgerald) als ad-hoc-Hypothese eine **Längenkontraktion** der Meßapparatur sowie bewegter Elektronen ein (39.). „Der Effekt 2. Ordnung, aus dem Vergleich des Hin- und Herganges von Licht für eine Bewegung gegen den Äther und senkrecht zum Äther“, ging auf Maxwell zurück (9., S. 255f):

$$t_{\parallel} = \frac{l}{c+v} + \frac{l}{c-v} \approx \frac{2l}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) \quad (4.4.3)$$

$$t_{\perp} = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}} \approx \frac{2l}{c} \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) \quad (4.4.4)$$

$c$  steht für die Lichtgeschwindigkeit,  $v$  für die Erdgeschwindigkeit,  $t$  für die parallele  $t_{\parallel}$  und senkrechte Laufzeit  $t_{\perp}$  sowie  $l$  für den Laufweg des Lichtes.

Dem Vorschlag Maxwells folgend erwartete **Michelson** eine Laufzeitdifferenz:  $\Delta t = t_{\parallel} - t_{\perp}$  bzw. mit den Gln. 4.4.3/4:

$$\Delta t = \frac{2l}{c} \left( \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) \quad (4.4.5)$$

Die Präzisionsmessungen mit einem eigens für die Versuche konstruierten Interferometer ergaben aber keinen Hinweis auf eine Laufzeitdifferenz, d.h.  $\Delta t = 0$ , wobei  $(v/c)^2 \approx 10^{-8}$ !

Nach der **Lorentz-Hypothese** verkürzen sich nun Körper, die sich parallel zum Äther bewegen um den Faktor

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

so daß sich die Laufzeit  $t_{\parallel}$  vermindert zu:

$$t_{\parallel} = \frac{2l}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = t_{\perp}$$

Also  $\Delta t = 0$  gilt in Übereinstimmung mit dem Experiment (vgl. 39.).

In Weiterentwicklung der Theorie formuliert **Lorentz** 1899 und 1904 gemäß seiner Kontraktionshypothese **Transformationen in 2. Ordnung**. Die Kontraktion folge dabei aus der Wechselwirkung der gebundenen Elektronen eines mikroskopischen Körpers mit dem Äther. Die Kinematik eines Körpers ergibt sich bei ihm also aus der Dynamik.

Eine mathematisch besonders durchsichtige Darstellung der Lorentz-Transformations-Gruppe sowie der Invarianz der Maxwell-Gleichungen formuliert Poincaré 1905. Die von Lorentz 1899 angegebene Transformation lautet, wenn  $S'$  als relativ zu  $S$  längs der  $x$ -Achse mit  $v$  bewegt angenommen wird:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, y' = y, z' = z. \quad (4.4.6)$$

Der Ausdruck für die **Zeittransformation** wird in der Arbeit von 1904 sinngemäß angegeben mit:

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad (4.4.7)$$

stellt jedoch, ähnlich der modifizierten Galilei-Transformation (vgl. Gln. 4.4.1/2), nur eine **Rechengröße** dar (9., S. 259f).

Im Gegensatz zu seinen in „empirischer Flickschusterei“ befangenen Zeitgenossen vermied **Einstein** die Einführung von ad-hoc-Hypothesen; vielmehr **suchte** er am Maßstab des II. Hauptsatzes **nach allgemeinen Prinzipien**. Er schrieb später dazu: Schon kurz nach Plancks bahnbrechender Arbeit war mir klar, „daß weder die Mechanik noch die Elektrodynamik (außer in Grenzfällen) exakte Gültigkeit beanspruchen können. Nach und nach verzweifelte ich an der Möglichkeit, die wahren Gesetze durch auf bekannte Tatsachen sich stützende konstruktive Bemühungen herauszufinden. Je länger und verzweifelter ich mich bemühte, desto mehr kam ich zu der

Überzeugung, daß nur die Auffindung eines allgemeinen formalen Prinzips uns zu gesicherten Erkenntnissen führen könnte. Als Vorbild sah ich die Thermodynamik vor mir. Das allgemeine Prinzip war dort in dem Satze gegeben: die Naturgesetze sind so beschaffen, daß es unmöglich ist, ein perpetuum mobile (erster und zweiter Art) zu konstruieren. Wie aber ein solches allgemeines Prinzip finden?

Ein solches Prinzip ergab sich nach zehn Jahren Nachdenkens aus einem Paradoxon, auf das ich schon mit 16 Jahren gestoßen bin: wenn ich einem Lichtstrahl naheile mit der Geschwindigkeit  $c$  (Lichtgeschwindigkeit im Vakuum), so sollte ich einen solchen Lichtstrahl als ruhendes, räumlich oszillatorisches, elektromagnetisches Feld wahrnehmen. So etwas scheint es aber nicht zu geben, weder auf Grund der Erfahrung noch gemäß den Maxwell'schen Gleichungen. Intuitiv klar schien es mir von vornherein, daß von einem solchen Beobachter aus beurteilt, alles sich nach denselben Gesetzen abspielen müsse wie für einen relativ zur Erde ruhenden Beobachter. Denn wie sollte der erste Beobachter wissen, bzw. konstatieren können, daß er sich im Zustand rascher, gleichförmiger Bewegung befindet?“ (5., S. 19f).

Das **Lichtstrahl-Paradoxon** führte Einstein in Verbindung mit der **Regulationstheorie der Kausalität** Humes und der Mach'schen Auffassung von der **Gleichwertigkeit aller starren Koordinatensysteme zur Aufgabe des absoluten Characters der Zeit** bzw. der Gleichzeitigkeit. Im Zusammenhang mit dem **Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit** gelangte er zur Formulierung des allgemeinen **Prinzips der speziellen Relativitätstheorie**: „die Gesetze der Physik sind invariant mit Bezug auf Lorentz-Transformationen.“ Und er bemerkte weiter: „Dies ist ein einschränkendes Prinzip für die Naturgesetze, vergleichbar mit dem der Thermodynamik zugrunde liegenden einschränkenden Prinzip von der Nichtexistenz des perpetuum mobile“ (5., S. 21).

Einstein gehörte um 1905 nicht der *Gemeinde der Wissenschaftler* an, sondern war als Experte dritter Klasse im Berner Patentamt tätig. Also in Unkenntnis der oben behandelten Arbeiten von Lorentz und Poincaré

nahm er sich auf der Grundlage der beiden genannten **Prinzipien** (Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Relativität) nichts geringeres vor als die Reformulierung der Elektrodynamik. Wie schon Einstein bemerkte (28., S. 29ff), ist das **Relativitätsprinzip** als Invarianzforderung an physikalische Gesetze grundlegend für jede vereinheitlichende Theorie. Das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit hat demgegenüber selbst dem Relativitätsprinzip zu genügen und läßt sich in Verbindung mit den Gruppeneigenschaften der Bezugssystem-Transformationen sowie mit Homogenitäts- und Isotropie-Forderungen auch aus diesem herleiten (40.). Bei der Ableitung der Lorentz-Transformationen ist im Auge zu behalten, daß die *Linearität* zwar eine hinreichende, aber keine notwendige Bedingung der *Homogenität* ist. So lassen sich leicht verallgemeinerte nichtlineare Transformationsgleichungen von 4. Ordng. in  $v$  herleiten (55.).

Entgegen vielfacher Lehrbuchauffassungen, die den für den Äthertheoretiker rätselhaften Ausgang des Michelson Versuchs als empirische Grundlage der ihnen andernfalls unglaubwürdigen Relativitätstheorie darstellen, ist mit Holten (12., S. 255ff) hervorzuheben, daß **Einsteins Konstruktion der Relativitätstheorie** eben prinzipiengeleitet am Maßstab *innerer Vollkommenheit* orientiert ist und in eher nachgeordneter Weise auf die *äußere Bewährung* der Theorie abzielt. So beginnt Einstein seine bahnbrechende Arbeit: **Zur Elektrodynamik bewegter Körper** mit den Worten: „Daß die Elektrodynamik Maxwells – wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt – in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z.B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter“. Unzufrieden mit inneren Unvollkommenheiten (*Asymmetrien der Elektrodynamik*), fährt er unter bloß summarischer Erwähnung von Ätherdriftexperimenten fort: „Beispiele ähnlicher Art, sowie die mißlungenen Versuche, eine Bewegung der Erde relativ zum *Lichtmedium* zu konstatieren, führen zu der Vermutung, daß dem Begriffe der absoluten Ruhe ... keine Eigenschaften der Erschei-

nungen entsprechen“. Unter der Voraussetzung der beiden genannten Prinzipien stellt er dann eine einfache und widerspruchsfreie Elektrodynamik bewegter Körper in Aussicht, die die **Einführung eines Lichtäthers überflüssig** machen wird (36., S. 891f).

Nach der Art deduktiven Vorgehens behandelt Einstein in einem **kinematischen Teil** im Anschluß an eine (operationelle) *Definition der Gleichzeitigkeit* die „Relativität von Längen und Zeiten.“ Die **Transformationsgleichungen** zwischen einem ruhenden System  $S$  und einem relativ zu ihm mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  bewegten System  $S'$  leitet Einstein formal ab, indem er von vornherein die Relativität der Zeit berücksichtigt. Er schreibt: „Zu jedem Wertsystem  $x, y, z, t$ , welches Ort und Zeit eines Ereignisses im ruhenden System vollkommen bestimmt, gehört ein jenes Ereignis relativ zum System  $S'$  festlegendes Wertsystem  $x', y', z', t'$ , und es ist nun die Aufgabe zu lösen, das diese Größen verbindende Gleichungssystem zu finden.“ Die Lösung dieser Aufgabe liefert die bekannten Gleichungen (vgl. Glgn. 4.4.6/7). Neben der **Verkürzung bewegter Maßstäbe** weist Einstein explizit auf die physikalische Bedeutung der **Relativität der Zeit** hin, daß nämlich bewegte Uhren langsamer gingen (36., S. 903f).

Nach Ableitung des *Additionstheorems der Geschwindigkeiten* zeigt er im **elektrodynamischen Teil** zunächst die Invarianz der Maxwell-Gleichungen bzgl. der hergeleiteten Lorentz-Transformationen. Danach ist ihm klar, „daß die in der Einleitung angeführte Asymmetrie bei der Betrachtung der durch Relativbewegung eines Magneten und eines Leiters erzeugten Ströme verschwindet“ (36., S. 909). Weiter behandelt er die *Theorie des Doppler'schen Prinzips* und der *Aberation* und wendet sich der **Transformation der Energie der Lichtstrahlen** zu. Nachdem er die Transformationsgleichung:

$$\frac{E'}{E} = \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} \quad (4.4.8)$$

hergeleitet hat, hebt er hervor: „Es ist bemerkenswert, daß die Energie und die Frequenz eines Lichtkomplexes sich nach demselben Gesetze mit dem Bewegungszustande des Beob-

achters ändern“ (36., S. 913). Dieses Bemerkenswerte ist in Verbindung mit Einsteins *Photonenhypothese* zu würdigen; denn mit der Frequenztransformation nach dem Doppler'schen Prinzip folgt:

$$\frac{E'}{E} = \frac{\nu'}{\nu}, \quad (4.4.9)$$

also die Proportionalität von  $E$  und  $\nu$ .

Nachdem Einstein fürderhin die Lorentz-Invarianz der Ladungserhaltung gefolgert hat, macht er Ausführungen zur „Dynamik des (langsam beschleunigten) Elektrons.“ Für die **Bewegungsenergie  $T$  des Elektrons** erhält er:

$$T = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right), \quad (4.4.10)$$

wobei  $m_0$  die Ruhemasse des Elektrons und  $v$  seine Geschwindigkeit bezeichnet.

In einer ergänzenden Arbeit unter dem Titel: „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?“ (41.) leitet Einstein dann, anknüpfend an die Beziehung der Energietransformation (Glg. 4.4.8), die weitreichende Folgerung ab: „**Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt**“; ändert sich die Energie um  $E$ , so ändert sich die Masse in demselben Sinne um  $E/c^2$ , d.h.:<sup>1</sup>

$$E = mc^2. \quad (4.4.11)$$

Einstein gibt wiederum einen Hinweis zur Bestätigung seiner Folgerung: „Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei Körpern, deren Energieinhalt in hohem Maße veränderlich ist (z.B. bei den Radiumsalzen), eine Prüfung der Theorie gelingen wird.“

Bevor wir in groberer Skizze als bisher einige Gedanken zur allgemeinen Relativitätstheorie formulieren, seien noch einmal wichtige **Unterschiede in der Behandlung der Elektrodynamik durch Einstein und Lorentz** stichwortartig zusammengefaßt:

<sup>1</sup>Zur Problematik der Einstein'schen Ableitung siehe M. Jammer (56.)

- a) Deduktives (prinzipiengeleitetes) Vorgehen (Relativitätsprinzip) im Gegensatz zu induktiver (ad-hoc-hypothetischer) Behandlungsweise (Kontraktionshypothese)
  - b) Operationelle Definition der Gleichzeitigkeit (Relativierung der Zeit) vs. Verwendung nichtoperationeller Begriffe (Äther, absolute Zeit).
  - c) Scheinbare vs. wirkliche Längenkontraktion.
  - d) Revision der Kinematik vs. Revision der Dynamik.
- um die **Behebung der drei schon von Newton und Mach hervorgehobenen Mängel des Gedankengebäudes:**
  - c) der Annahme des absoluten Raumes und der absoluten Zeit,
  - d) der „Einführung unvermittelter, instantan wirkender Fernkräfte“ sowie
  - e) der fehlenden „Erklärung für die höchst merkwürdige Tatsache, daß Gewicht und Trägheit eines Körpers durch dieselbe Größe (die Masse) bestimmt werden“ (8., S. 155f).

Im Gegensatz zu a) und b) werden die unter c) und d) genannten Problembereiche nach wie vor diskutiert (42., 43., S. 84ff, 44., 45.).

#### 4.5 Zur allgemeinen Relativitätstheorie

Zu den „**Erkenntnissen** von definitivem Character, den die Physik **der speziellen Relativitätstheorie** verdankt“, zählen für Einstein (5., S. 23):

- a) „**Es gibt keine Gleichzeitigkeit distanter Ereignisse; es gibt also auch keine unvermittelte Fernwirkung** im Sinne der Newton'schen Mechanik. ... Der materielle Punkt dürfte deshalb als Grundbegriff der Theorie nicht mehr in Betracht kommen.“
- b) „Die Sätze der Erhaltung des Impulses und der Erhaltung der Energie werden zu einem einzigen Satz verschmolzen. **Die träge Masse eines abgeschlossenen Systems ist mit seiner Energie identisch**, so daß die Masse als selbständiger Begriff eliminiert ist.“

Fasziniert von der „**logischen Geschlossenheit des Newton'schen Begriffssystems**“, die darin liege, „daß als Beschleunigungsursachen der Massen eines Systems nur diese Massen selbst auftreten“ (8., S. 154), vollendet Einstein bis 1916 mit der allgemeinen Relativitätstheorie Newtons Mechanik. Gemäß Erkenntnis a) geht es ihm im Rahmen einer Feldtheorie

Erkenntnis b) habe nun mit der unter e) genannten Erfahrungstatsache zur Folge, „daß die Schwere eines Systems in genau bekannter Weise von seiner Gesamtenergie abhängt“ (5., S. 24). Eine Theorie, die diesen Zusammenhang nicht „in natürlicher Weise“ verständlich mache, sei nach Einstein zu verwerfen. Zum Glück fällt ihm schon sehr bald ein: „Die Tatsache der Gleichheit der trägen und schweren Masse bzw. **die Tatsache der Unabhängigkeit der Fallbeschleunigung von der Natur der fallenden Substanz**, läßt sich auch so ausdrücken: In einem Gravitationsfelde (geringer räumlicher Ausdehnung) verhalten sich die Dinge so wie in einem gravitationsfreien Raume, wenn man in diesem statt eines *Inertialsystems* ein gegen ein solches beschleunigtes Bezugssystem einführt“ (5., S. 24f). Dieses **Äquivalenzprinzip** habe zur Folge, „daß man eine **Invarianz** der Gesetze auch **bezüglich nichtlinearer Transformationen** der Koordinaten im vierdimensionalen Kontinuum zu postulieren habe“ (5., S. 25). Die „Brauchbarkeit des Grundgedankens der allgemeinen Relativitätstheorie macht Einstein in **Anknüpfung an die Poisson'sche Gleichung** plausibel, nach der das Gravitationspotential  $\varphi$  mit der Massendichte  $\rho$  über die Konstante  $k$  wie folgt zusammenhängt (5., S. 27f):

$$\Delta\varphi = 4\pi k\rho. \quad (4.5.1)$$

Für  $\rho$  wird in der relativistischen Theorie des Gravitationsfeldes der *Tensor der Energiedichte*  $T_{kl}$  zu setzen sein. An die Stelle von  $\Delta\varphi$  tritt der mit den Metrikkoeffizienten  $g^{im}$  verknüpfte

Krümmungstensor  $R_{iklm}$  in der Formulierung der **Feldgleichung**:

$$R_{kl} - \frac{1}{2}g_{kl}R = -kT_{kl}. \quad (4.5.2)$$

Diese Gleichung stellt die einfachste Gleichung dar, die invariant bzgl. der Gruppe der kontinuierlichen Koordinaten-Transformationen ist. Hieran knüpft Einstein seinen **Maßstab der Vollkommenheit**: „Es ist klar, daß man im allgemeinen eine Theorie als umso vollkommener beurteilen wird, eine je einfachere *Struktur* sie zugrunde legt und je weiter die Gruppe ist, bezüglich welcher die Feldgleichungen invariant sind“ (5., S. 29). Also am *Widerstreit* der Themata der **Einfachheit** (der mathematischen Struktur) und der **Reichhaltigkeit** (der Transformationsgruppe) sind physikalische Theorien zu entwickeln.

Im Vergleich mit den vielfältigen Alternativen der Allgemeinen Relativitätstheorie, hat sie sich bis heute behaupten können (57.). Zudem bewährt sich das von Weyl in die Einstein'sche Theorie eingeführte **Prinzip der lokalen Eichinvarianz** noch immer als eines der *Grundprinzipien* zur Vereinigung der Quantenfeldtheorien der Elementarteilchen (58., 59.).

Bevor wir auf die vielfältigen politischen Verstrickungen Einsteins eingehen, noch eine Bemerkung zur **Namensgebung der Relativitätstheorie** (57.). So wurde Einsteins Arbeit von 1905 bis etwa 1910 von Planck und Sommerfeld *Relativtheorie* genannt. Ab 1915 setzte sich dann die bis heute gebräuchliche Bezeichnung durch. Korrektere Bezeichnungen wie *Kovarianztheorie* oder *Invariantentheorie* hätten in der politischen und philosophischen Rezeption der physikalischen Theorien Einsteins weit weniger Anlaß zu verbaler Schaumschlägerei gegeben. In der Gegenwart scheint bei der *Chaos*theorie eine physikalisch ähnlich ungeeignete Namensgebung für die Theorie dynamischer Systeme vorzuliegen, die wiederum zu haltlosen polit-philosophischen Spekulationen Anlaß gibt. Die Diskussion der ausufernden *semantischen Umweltverschmutzung* wäre aber ein Thema für eine gesonderte Arbeit.

## 5 Der Pazifist und Humanist Albert Einstein

Im April 1914 siedelte **Einstein**, inzwischen Professor an der eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, **nach Berlin** über. Man hatte weder Kosten noch Mühe gescheut, ihn zur Rückkehr nach Deutschland, in die Hochburg des verhaßten preußischen Militarismus, zu bewegen: „Die Herren Berliner spekulieren mit mir wie mit einem prämierten Leghuhn, aber ich weiß nicht, ob ich noch Eier legen kann“ (3., S. 24).

Es waren die angebotenen Arbeitsbedingungen und das Gehalt, die ihn das Amt als Direktor eines eigens für ihn gegründeten Instituts der Kaiser Wilhelm Gesellschaft annehmen ließen: 12000 Mark jährlich, Lehrrecht ohne Lehrpflicht. So hoffte er, in Ruhe seinen Studien nachgehen zu können.

Im August 1914 eskalierte Deutschland eine Auseinandersetzung auf dem Balkan durch Eintreten auf der Seite seines Verbündeten Österreich und den Überfall auf das neutrale Belgien zum **1. Weltkrieg**.

### 5.1 Gegen den Militarismus

Bereits in der Einleitung wurde die Rolle des Sozialdarwinismus als ideologische Rechtfertigung des imperialistischen Expansionsdranges seit Mitte des 19. Jahrhunderts erwähnt. Inzwischen war Deutschland zweitgrößte Industriemacht, hinter den USA und noch vor Großbritannien und Frankreich geworden (46., S. 62), Japan und Rußland waren in den Kreis der Industrienationen eingetreten. Das war jedoch eher auf Krisenerscheinungen in den traditionellen Kolonialmächten England und Frankreich zurückzuführen als auf ungebremstes Wachstum im Deutschen Reich. Dieses erstrebte eine Neuaufteilung der kolonialen Rohstoff- und Absatzmärkte (z.B. Marokko Krisen).

Da die alten Kolonialmächte ihre Kolonien nicht freiwillig aufgeben würden, die Aufteilung Afrikas und Asiens jedoch weitgehend abgeschlossen war, konnte nur ein Krieg den deutschen Konzernen und Junkern die benötigten Gebiete bringen. Das war umso wichtiger, als

im Innern die organisierte Arbeiterbewegung an Stärke gewann und die alten Herrschaftsverhältnisse in Frage stellte.

Die massive **Verbreitung militaristischer Ideologie** durch Propagandaorganisationen (z.B. Alldeutscher Verband, Deutscher Flottenverein, Reichsverband gegen die Sozialdemokratie) sowie durch militaristische Jugendorganisationen und Kriegervereine verfehlte ihre Wirkung nicht: Schließlich stimmte sogar die Mehrheit der sozialdemokratischen Parlamentsfraktion der Gewährung von Kriegskrediten zu.

Wenn wir vom deutschen **Militarismus** dieser Zeit sprechen, meinen wir nicht mit Engels: „Die Armee ist Hauptzweck des Staates, ist Selbstzweck geworden, die Völker sind nur noch dazu da, die Soldaten zu liefern und zu ernähren“ (47., S. 158), gemeint ist vielmehr „die Erfüllung von Ideologie, Haltung und Tat der Gesellschaft mit dem Geist des Militärs“ (46., S. 313): „Die in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts begonnene systematische Durchtränkung aller Bereiche des öffentlichen Lebens mit militärischem Ungeist wurde in der imperialistischen Epoche mit Raffinement perfektioniert. Die militärische Ideologie herrschte uneingeschränkt im gesamten Staatsapparat, in den Parteien und Organisationen der herrschenden Klassen, im Bildungswesen von der Volksschule bis zu den Universitäten, in der Presse der Großbourgeoisie und des Junkertums und in deren Kunst und Literatur. Die Zahl der kritischen Stimmen aus dem Bürgertum gegenüber der militärischen Allmacht war klein. Auch die überwiegende Mehrheit der Repräsentanten beider Konfessionen in Deutschland ordnete sich in das militärische System willig ein“ (48., S. 282).

Wie weit dieser *Ungeist* die Intellektuellen Deutschlands, unter ihnen die Kollegen Einsteins, erfaßt hatte, wird aus dem **Manifest an die Kulturwelt** deutlich, das von 93 Wissenschaftlern, Schriftstellern, Künstlern u.a. unterzeichnet wurde, darunter Nernst, Ostwald, Planck, Haber, Röntgen, v. Laue. Jeder der sechs Abschnitte beginnt mit einem *Es ist nicht wahr*: „Es ist nicht wahr, daß Deutschland diesen Krieg verschuldet hat. ... Es ist nicht wahr, daß wir freventlich die Neutralität Bel-

giens verletzt haben. ... Es ist nicht wahr, daß unsere Kriegführung die Gesetze des Völkerrechts mißachtet. ... Es ist nicht wahr, daß der Kampf gegen unseren sogenannten Militarismus kein Kampf gegen unsere Kultur ist, wie unsere Feinde heuchlerisch vorgeben. Ohne den deutschen Militarismus wäre die deutsche Kultur längst vom Erdboden getilgt“ (mit eigenen Auslassungen zitiert nach 49.). Es soll nicht verschwiegen werden, daß Kollegen aus den alliierten Nationen dem nicht wesentlich nachstanden.

Die Ausnahmestellung Einsteins zu derartigen chauvinistischen Ergüssen wird nicht dadurch geschmälert, daß einige der Unterzeichner ihre Zustimmung telefonisch und ohne Kenntnis des genauen Wortlauts gaben, wie Herneck behauptet, und später wieder zurückgezogen haben. Denn innerhalb weniger Tage wurde ein **Gegenmanifest Aufruf an die Europäer** in Umlauf gebracht, das die Unterschriften von C.F. Nicolai, W. Förster (reumütiger Unterzeichner von *An die Kulturwelt*), des Studenten O. Buek und von Albert Einstein trug. Da sich keine weiteren Unterzeichner finden ließen, verzichteten die Autoren Nicolai und Einstein auf eine Veröffentlichung. In ihrem Appell forderten sie die Wissenschaftler Europas auf, sich mit ihrem ganzen Ansehen für die rasche Beendigung des Völkermordes einzusetzen und im Bewußtsein ihrer sittlichen Verantwortung dafür einzutreten, daß der Krieg als Mittel der Politik aus dem Leben der Nationen verbannt wird. Durch die stürmische Entwicklung der Technik und des Verkehrs seien die Völker näher zusammengedrückt; daher sollten sie in Frieden nebeneinander leben und sich nicht gegenseitig aufreiben in barbarischen Kriegen, die für alle Beteiligten nur Unheil brächten (Zusammenfassung nach 6., S. 58).

Der Aufruf *An die Europäer* ist das erste politische Dokument, das von Einstein mit verfaßt und unterschrieben wurde. Es verdeutlicht, daß Einstein, der wie kein anderer im Bereich der Physik mit überkommenen Vorurteilen und Denkgewohnheiten aufgeräumt hat, auch in politischen Fragen gegen den Strom schwamm, sich nicht wie viele seiner Kollegen vom Strudel militaristischer und chauvinistischer Gefühle mitreißen ließ. Und es ist kein Wunder, daß



Krieg und Militär Gegenstand seiner ersten politischen Äußerung sind; sie verachtet er mit mindestens ebenso großer Emotionalität, wie sie von anderen verherrlicht werden: „... komme ich auf die schlimmste **Ausgeburts des Herdenwesens** zu reden: auf das mir verhaßte **Militär**: Wenn einer mit Vergnügen in Reih und Glied zu einer Musik marschieren kann, dann verachte ich ihn schon; er hat sein großes Gehirn nur aus Irrtum bekommen, da für ihn das Rückenmark schon völlig genügen würde. Diesen Schandfleck der Zivilisation sollte man so schnell wie möglich zum Verschwinden bringen. Heldentum auf Kommando, sinnlose Gewalttat und leidige Vaterländerei, wie glühend hasse ich sie, wie gemein und verächtlich erscheint mir der Krieg; ich möchte mich lieber in Stücke schlagen lassen, als mich an einem so elenden Tun zu beteiligen! Ich denke immerhin so gut von der Menschheit, daß ich glaube, dieser Spuk wäre schon längst verschwunden, wenn der gesunde Sinn der Völker nicht von geschäftlichen und politischen Interessen durch Schule und Presse systematisch korrumpiert würde“ (8., S. 9). Daß Einstein kein Gefühl hätte, kann man wohl nicht behaupten (vgl. S. 4).

Aber seine **pazifistische Haltung** blieb nicht auf das Emotionale beschränkt (dann wäre sie kaum erwähnenswert), sie äußerte sich in Worten und Taten: Einstein war Mitbegründer vom „**Bund Neues Vaterland**“, der sich für einen baldigen, gerechten Frieden ohne Gebietsforderungen und für die Schaffung einer internationalen Organisation, die künftige Kriege verhindern sollte, eintrat. Im Jahre 1916 wurde der Bund von der Regierung verboten, bestand jedoch illegal weiter. Nach Kriegsschluß ging aus ihm die „**Die Deutsche Liga für Menschenrechte**“ hervor, die sich besonders für die Verständigung mit dem französischen Volk stark machte. Einstein gehörte der Liga bis zu ihrer Zerschlagung durch den deutschen Faschismus an und trat mehrfach auf Veranstaltungen als Redner auf.

Von 1922 bis 1932 war Einstein Vertreter Deutschlands bei der **Kommission für geistige Zusammenarbeit** (Vorläufer der UNESCO beim damaligen Völkerbund) und hatte daher häufig Gelegenheit, sich zu Fragen der Friedenssicherung, Völkerverständigung, Friedens-

erziehung und des Pazifismus zu äußern. Da die knappe, klare Ausdrucksweise, die seine wissenschaftlichen Arbeiten auszeichnet, auch in den politischen Äußerungen vorherrscht, überlassen wir ihm im folgenden das Wort: „Vor allem aber dürfen wir nicht zulassen, daß unsere Gedanken und Bemühungen von konstruktiver Arbeit abgehalten und für die Vorbereitung eines neuen Krieges mißbraucht werden. ... Ist es nicht besser, für eine Sache zu sterben, an die man glaubt, wie an den Frieden, als für eine Sache zu leiden, an die man nicht glaubt, wie an den Krieg? Jeder Krieg fügt ein weiteres Glied an die Kette des Übels, die den Fortschritt der Menschheit verhindert. ... Ich will lieber Frieden lehren als Haß, lieber Liebe als Krieg. Die Schulbücher müssen neu geschrieben werden. Statt uralte Konflikte und Vorurteile zu verewigen, soll ein neuer Geist unser Erziehungssystem erfüllen. Unsere Erziehung beginnt in der Wiege: Die Mütter der ganzen Welt haben die Verantwortung, ihre Kinder im Sinne der Friedenserhaltung zu erziehen“ (50., geschrieben ca. 1932).

Warum die **Frage der Friedenserziehung** für Einstein so zentrale Bedeutung besitzt, führt er im folgenden z.B. aus: „Das Ziel der Sicherung des internationalen Friedens ist von den wirklich bedeutenden Menschen früherer Generationen in seiner Wichtigkeit erkannt worden. Die Entwicklung der Technik in unserer Zeit aber macht dieses ethische Postulat zu einer Existenzfrage für die heutige zivilisierte Menschheit und die aktive Teilnahme an der Lösung des Friedensproblems zu einer Gewissenssache, der kein der moralischen Verantwortung bewußter Mensch ausweichen kann. Man muß sich klar machen, daß jene mächtigen Gruppen der Industrie, die an der Produktion der Waffen beteiligt sind, in allen Ländern einer friedlichen Regelung der internationalen Streitfragen entgegenwirken und daß die Regierenden nur dann jenes wichtige Ziel erreichen können, wenn sie der tatkräftigen Unterstützung der Majorität der Bevölkerung sicher sind. In unserer Zeit demokratischer Regierungsform ist das Schicksal der Völker von diesen selbst abhängig; dessen muß sich der einzelne stets eingedenk sein“ (8., S. 46; der Zeitpunkt dieser Äußerung ist nicht genau zu er-

mitteln).

Aber auch Einsteins Vertrauen in die Regierenden war nicht ungetrübt: „... Die Entwicklung der letzten Jahre hat wieder gezeigt, wie wenig wir dazu berechtigt sind, den Kampf gegen die Rüstung und gegen den kriegerischen Geist den Regierenden zu überlassen“ (8., S. 47). „... Nach meiner Überzeugung kann eine Rettung nur aus dem Schoß der Völker selbst kommen. Sie müssen sich, wenn sie die unwürdige Sklaverei des Kriegsdienstes vermeiden wollen, entschlossen für die vollständige Abrüstung einsetzen. Denn solange es Heere gibt, wird jeder ernstere Konflikt auch zum Krieg führen. Ein Pazifismus, der die Rüstungen der Staaten nicht aktiv bekämpft, ist und bleibt ohnmächtig“ (8., S. 55; um 1932).

All diese Zitate stammen aus der Zeit zwischen 1918 und 1933 und sind in ihrem historischen Kontext zu sehen. Sind sie deshalb weniger aktuell? Werden nicht immer noch Waffen für den möglichen Einsatz im Konfliktfall produziert und verkauft? Kann man die **Friedenssicherung** heute den Regierenden überlassen? In Anbetracht der Gleichgültigkeit, mit der viele Bundesbürger beispielsweise dem Krefelder Appell begegneten, könnte Einstein das folgende Zitat aus dem Jahre 1928 auch gegenwärtig geschrieben haben: „Die politische Apathie der Völker in Friedenszeiten weist darauf hin, daß sie sich später bereitwillig zum Hinschlachten führen lassen werden, weil ihnen heutzutage sogar der Mut fehlt, ihre Unterschrift zur Unterstützung der Abrüstung zu geben, werden sie morgen gezwungen sein, ihr Blut zu vergießen“ (51.).

## 5.2 Gesellschaftspolitische Einstellungen Albert Einsteins

**Einsteins** bedingungsloses Eintreten für Frieden und Völkerverständigung fand seine Fortsetzung in der **Haltung auf gesellschaftspolitischem Gebiet**. Zwar war Einstein kein Marxist, doch hat er sich einmal selbst als „**Gefühlssozialisten**“ bezeichnet, und dies ist wohl seine treffendste Bezeichnung für seine politischen Einstellungen.

Die Gedanken zum wissenschaftlichen Sozialismus waren ihm fremd, es ist wahrscheinlich,

daß er sie als eine Art Religionsersatz angesehen hat (auch wenn uns direkte Hinweise dazu fehlen). Jedoch blieb er nicht bei einem abstrakten Humanismus stehen, sondern machte sich sehr wohl sein **Bild von einer zukünftigen sozialistischen Gesellschaftsordnung**: „Die wirtschaftliche Anarchie der kapitalistischen Wirtschaft von heute ist meiner Meinung nach die wahre Quelle“ der sozialen Mißstände. „Die Produktion arbeitet für den Profit, nicht für den Verbrauch. Es sind keine Vorkehrungen getroffen, daß alle Arbeitsfähigen und -willigen stets eine Stellung finden; fast immer wird eine Armee von Arbeitslosen bestehen. Der Arbeiter lebt ständig in der Angst, seine Arbeit zu verlieren. ... Ich bin überzeugt, um diesen schweren Mißständen abzuhelfen, gibt es nur ein Mittel, nämlich die Errichtung einer sozialistischen Wirtschaft mit einem Erziehungssystem, das auf soziale Ziele abgestellt ist. In einer solchen Wirtschaft gehören dann die Produktionsmittel der Gemeinschaft, die sie nach einem bestimmten Plan benutzt. Man würde in einer solchen Planwirtschaft die Produktion den Bedürfnissen der Gemeinschaft anpassen, die zu leistende Arbeit unter die Arbeitsfähigen verteilen und jedem, Mann, Frau und Kind, den Lebensunterhalt garantieren. In der Erziehung würde man dafür sorgen, in jedem einzelnen neben seinen Gaben auch das Verantwortungsgefühl gegenüber seinen Mitmenschen zu pflegen und nicht wie in unserer heutigen Gesellschaft Macht und Erfolg zu verherrlichen“ (52., S. 131ff).

Bei allem Respekt klingt aus diesen Sätzen doch ein nicht geringes Maß an Naivität; als ob der Aufbau des Sozialismus ein problemloses Zuckerschlecken sei. Aber ganz so einfach ist es doch nicht: „Trotz allem darf man nicht vergessen, daß eine **Planwirtschaft noch kein Sozialismus** ist. Eine Planwirtschaft als solche kann auch eine vollständige Versklavung des einzelnen mit sich bringen. Der Sozialismus muß zuallererst einige äußerst schwierige sozialpolitische Fragen lösen, z.B.: Wie läßt es sich angesichts der weitreichenden Zentralisierung der politischen und wirtschaftlichen Macht vermeiden, daß die Bürokratie zu mächtig und anmaßend wird? Wie schützt man die Rechte des einzelnen? Wie bildet man aus ihnen ein de-

mokratisches Gegengewicht gegen die Bürokratie?“ (ebd.)

Diese zuerst 1949 erschienenen Sätze sind deutlicher Reflex auf die Fehlentwicklungen und Probleme im Sowjetsozialismus. Einstein hat sich offensichtlich nicht, wie viele andere, von der Notwendigkeit des Sozialismus abbringen lassen. Die Vielschichtigkeit und **Widersprüchlichkeit in der Person Albert Einstein**, zusammenhängend mit seiner sozialen Haltung, hat er selbst wieder am besten beschrieben: „Mein leidenschaftlicher Sinn für soziale Gerechtigkeit und soziale Verpflichtung stand stets in einem eigentümlichen Gegensatz zu einem ausgesprochenen Mangel an unmittelbares Anschlußbedürfnis an Menschen und menschliche Gemeinschaften. Ich bin ein richtiger *Einspanner* ... “ (8., S. 8, 1930).

Nach diesen generellen Statements soll kurz auf die **Haltung Einsteins zu den beiden wichtigen Revolutionen** zu Beginn des 20. Jahrhunderts eingegangen werden. Nachdem die ausweglose Lage den deutschen Generalstab 1918 zur Kapitulation gezwungen hatte, erreichten streikende Arbeiter und den Gehorsam verweigernde Soldaten die Abdankung des Kaisers und die Ausrufung der Republik durch einen widerstrebenden Friedrich Ebert. Die folgenden revolutionären Betreibungen der Arbeiter wurden von der sozialdemokratischen Staatsführung mit Hilfe der alten Reichswehr und nationalistischer Freikorps blutig niedergeschlagen (das bedeutete eine Spaltung der Arbeiterklasse in zwei Strömungen); und der reaktionäre kaisertreue Beamtenapparat wurde in die neue Republik übernommen. Obwohl der Privatbesitz an Produktionsmitteln nicht angefasst wurde, konnten sich in einigen Bereichen demokratische Umwandlungen halten.

Uns sind keine Äußerungen Einsteins zur Niederschlagung der Revolution bekannt, doch stand er den Veränderungen des Winters 1918/19 aufgeschlossen gegenüber (53., S. 189f) und mokierte sich über seine Kollegen, die sich von der Entwicklung bedroht fühlten oder sie sogar wie W. Wien aktiv bekämpften. Einstein war nicht Mitglied irgendeiner Partei, stand aber wohl der USPD nahe. Im Frühjahr 1920 wurde der Kapp-Putsch durch einen Generalstreik und bewaffneten Widerstand der Ar-

beiterschaft vereitelt. Das Scheitern des Putsches wurde von Einstein freudig begrüßt: „Wir sind froh darüber, daß der jüngste reaktionäre Putsch so jämmerlich fehlgeschlagen ist“ (6.). In den zwanziger Jahren hielt er wiederholt Vorträge in der Marxistischen Arbeiterschule der KPD, vornehmlich zu Themen wie: „Warum braucht der Arbeiter die Relativitätstheorie?“

Das **Verhältnis Einsteins zur Sowjetunion** war zwiespältig und hat sich im Laufe der Zeit geändert. Zunächst bewunderte er Lenin und begrüßte den Aufbau des Kommunismus (53., S. 39), ohne jedoch die konkrete Vorgehensweise in allen Punkten gutzuheißen. Später wurde seine Ablehnung grundsätzlicher, und er machte deutlich, daß er die parlamentarischen Demokratien dem Sozialismus in der UdSSR vorzog. 1921 unterzeichnete er den Aufruf des *Auslands-Komitees zur Organisierung der Arbeiterhilfe für die Hungernden in Rußland*, 1923 trat er in die *Gesellschaft der Freunde des neuen Rußland* ein, einer Organisation, die sich um freundschaftliche Beziehungen zwischen Deutschen und Sowjets, insbesondere auf kulturellem und wissenschaftlichem Gebiet bemühte.

### 5.3 Einsteins Erfahrungen in der Weimarer Republik, seine Haltung zum Faschismus

Wir glauben, daß die Rolle, die der Pazifist und Humanist Albert Einstein beim Bau der Atombombe spielte, nur aus seinen **Erfahrungen in der Weimarer Republik** und seiner **Haltung gegenüber dem Faschismus** verstanden werden kann. Der reaktionäre Justizapparat der Weimarer Republik ermunterte durch seine Einäugigkeit nationalistische und faschistische Elemente dazu, mit politischen Gegnern aufzuräumen. So wurde die Ermordung Rosa Luxemburgs kaum verfolgt, konnte sich Antisemitismus frei entfalten.

Zu Beginn des Jahres 1920 machte sich der erste organisierte Protest gegen Einstein bemerkbar: Studenten störten seine Vorlesung an der Berliner Universität. Einstein brach seinen Vortrag ab und verließ den Hörsaal. Die Hetze wurde angeführt von einer Gruppe Antisemi-

ten, die sich unter der Bezeichnung *Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft* zusammengeschlossen hatten. Einer der Drahtzieher war der Experimentalphysiker Philipp Lenard. Im August 1920 veranstaltete die Arbeitsgemeinschaft in der Berliner Philharmonie eine Kundgebung gegen die Relativitätstheorie, die in antisemitischen Morddrohungen endete. Bald wurde sogar zweimal in einer Berliner Zeitung zum Mord an Einstein aufgerufen! Einen Höhepunkt fand der antisemitische und gegen Demokraten gerichtete Terror mit der Ermordung Erzbergers und des Außenministers Rathenau. Auch Einsteins Sicherheit war bedroht, und er wurde von Kollegen aufgefordert, Berlin zu verlassen.

Wohl auch wegen dieser unsicheren Lage unternahm Einstein in dieser Zeit viele Reisen ins Ausland, so im Jahre 1921 seine erste USA-Reise. International hatte seine Popularität durch die Bestätigung einiger Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie unterdessen ihren Höhepunkt erreicht. Im eigenen Land mußte er im September 1922 seine Rede zur Hundertjahrfeier der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte wegen der Morddrohungen absagen.

Mit der Machtergreifung der Faschisten in Deutschland wandelte sich Einsteins Einstellung zum Pazifismus: „Bis 1933 habe ich mich für die Verweigerung des Militärdienstes eingesetzt. Als aber der Faschismus aufkam, erkannte ich, daß dieser Standpunkt nicht aufrechtzuerhalten war, wenn nicht die Macht der Welt in die Hände der schlimmsten Feinde der Menschheit geraten soll. Gegen organisierte Macht gibt es nur organisierte Macht; ich sehe kein anderes Mittel, so ich es auch bedaure“ (54., S. 84). Er ging sogar noch weiter, indem er in der ersten Wut die Belgier aufforderte, ihr Land mit der Waffe zu verteidigen. Im März 1933 sprach Einstein als **Bekanntnis** die Worte: „Solange mir eine Möglichkeit offensteht, werde ich mich nur in einem Lande aufhalten, in dem politische **Freiheit, Toleranz und Gleichheit** aller Bürger vor dem Gesetz herrschen. Zur politischen Freiheit gehört die Freiheit der mündlichen und schriftlichen Äußerung politischer Überzeugung, zur Toleranz die Achtung vor

jeglicher Überzeugung eines Individuums. Diese Bedingungen sind gegenwärtig in Deutschland nicht erfüllt. Es werden dort diejenigen verfolgt, die sich um die Pflege internationaler Verständigung besonders verdient gemacht haben, darunter einige der führenden Künstler ...“ (8., S. 81).

Die gleichgültige Haltung seiner Kollegen war ihm unverständlich: „Deine Ansicht, daß der wissenschaftliche Mensch in den politischen, d.h. menschlichen Angelegenheiten im weiteren Sinne, schweigen soll, teile ich nicht. Du siehst ja gerade an den Verhältnissen in Deutschland, wohin solche Selbstbeschränkung führt. Es bedeutet, die Führung den Blinden und Verantwortungslosen widerstandslos überlassen. Steckt nicht Mangel an Verantwortungsgefühl dahinter?“ (54., S. 86). Da er sich zur Zeit der Machtergreifung gerade im Ausland aufhielt, kehrte Einstein nicht nach Deutschland zurück, sondern ging in die politische **Emigration in die USA**. Er hat es bis an sein Lebensende weder den deutschen Kollegen noch den Deutschen allgemein verziehen, was sie getan oder zugelassen, auf jeden Fall aber zu verantworten haben.

## 6 Einstein und die Bombe

Die Bemühungen emigrierter europäischer Wissenschaftler, die US-Regierung zur Finanzierung von Kernspaltungsexperimenten mit dem Ziel der Entwicklung einer Atombombe zu gewinnen sowie der Ablauf der Arbeiten wurden ausführlich von J. Herbig (3.) beschrieben. Die Physiker wußten, daß es keine Rettung gäbe, wenn es den Deutschen gelänge, die Atombombe zuerst herzustellen. Im letzten Kapitel wollen wir kurz den Beitrag Einsteins zum Bau der Bombe diskutieren sowie die Schlüsse, die er aus seinem Verhalten gezogen hat.

### 6.1 Der Beitrag Einsteins zum Bau der Atombombe

Im Juli 1939 informierten die ungarischen Physiker Szilard und Wigner Einstein über die kriegstechnischen Möglichkeiten, die sich aus der Uranspaltung mit Kettenreaktion und Massendefekt ( $E = mc^2$ ) ergeben könnten. Ein-

stein: „Daran habe ich gar nicht gedacht“ (53., S. 284). Kurz darauf unterzeichnete er einen **Brief an Präsident Roosevelt**, in dem darauf hingewiesen wird, daß die Kernspaltung des Elements Uran zu einer wichtigen Energiequelle und insbesondere zur Herstellung neuer Bomben von höchster Detonationsgewalt nutzbar gemacht werden könne. Der amerikanischen Regierung wird empfohlen, den kern-technischen Fragen die notwendige Aufmerksamkeit und Geldmittel zukommen zu lassen. Abschließend werden die Anstrengungen deutscher Wissenschaftler auf diesem Gebiet und personelle Verknüpfungen mit dem Auswärtigen Amt erwähnt.

Zu seiner Rolle bei diesem Brief äußerte sich Einstein um 1950 so: „Ich habe eigentlich nur als Briefkasten gedient. Man hat mir einen fertigen Brief gebracht, und ich habe ihn bloß unterschrieben“ (53., S. 288). Allerdings fand sich in Einsteins Nachlaß ein offensichtlich aus dem Stehgreif diktiertem Entwurf des geplanten Briefes (52., S. 284), der Szilard als Vorlage zur Formulierung der von Einstein später unterzeichneten Fassung gedient haben könnte.

Die Unterzeichnung (oder auch Formulierung) des Briefes an Roosevelt war Einsteins einziger, wenn auch womöglich wichtiger Beitrag zur Entwicklung der Atombombe. An den wissenschaftlichen Arbeiten wurde er nicht mehr beteiligt, z.T. weil er sich inzwischen mit seinen vergeblichen Versuchen zur Formulierung einer einheitlichen Feldtheorie und seiner Ablehnung der Quantentheorie isoliert hatte, z.T. weil er als *Kommunistenfrend* als politisch unzuverlässig galt.

## 6.2 Der Atomtod und die Verantwortung des Naturwissenschaftlers

**Einstein**, nicht an der Entwicklung der Bombe beteiligt, erfuhr wahrscheinlich erst sehr spät, 1944 oder 1945, wie weit die Experimente vorangeschritten waren und daß eine Zündung möglich sein würde. Trotzdem war er wahrscheinlich vorbereitet, als der Rundfunk am 6. August 1945 die Nachricht vom Abwurf einer Atombombe auf Hiroshima brachte. Er soll nichts weiter gesagt als: „O weh!“ (53., S. 296).

Was er gemeint haben mag, hat er am 23.6.1953 in einem Brief an den Japaner Shinohara ausgedrückt: „Ich bin **ein entschiedener, aber kein absoluter Pazifist**, das heißt, daß ich der Anwendung von Gewalt unter irgendwelchen Umständen entgegentrete, ausgenommen, wenn ich mit einem Feind konfrontiert werde, der die Vernichtung von Leben als Ziel betreibt. Ich habe immer die Anwendung der Atombombe gegen Japan verdammt. Wie auch immer, ich war völlig machtlos, die verhängnisvolle Entscheidung zu verhindern, für die ich so wenig verantwortlich bin wie sie für die Handlungen der Japaner in Korea und China. Ich habe niemals gesagt, daß ich die Anwendung der Atombombe gegen die Deutschen gebilligt haben würde. Ich glaubte, wir müßten die Möglichkeit Deutschlands vermeiden, unter Hitler im alleinigen Besitz dieser Waffe zu sein. Das war die wirkliche Gefahr dieser Zeit. Ich bin nicht nur gegen den Krieg gegen Rußland, sondern gegen allen Krieg – mit obigem Vorbehalt“ (54., S. 84).

Aus diesem Brief spricht auch die **Ohnmacht, selbst des verantwortungsbewußtesten Wissenschaftlers**, der im allgemeinen nicht über die Verwertung seiner Ergebnisse bestimmen kann. Selbst wo nicht direkt Rüstungsforschung betrieben wird, können wissenschaftliche, zumal naturwissenschaftliche Erkenntnisse meist militärisch wie zivil, zum Schaden oder Nutzen der Menschen verwendet werden. Darauf haben die Wissenschaftler jedoch meist keinen Einfluß.

Welche Lehren lassen sich daraus ziehen? Welche **Konsequenzen** hat Einstein daraus gezogen? Zunächst, etwas zu spät, die: „Wenn ich gewußt hätte, daß die Deutschen nicht mit Aussicht auf Erfolg an der Atomwaffe arbeiten, hätte ich nichts für die Bombe getan. ... Ich beging einen großen Fehler in meinem Leben – als ich den Brief an Präsident Roosevelt unterschrieb, in dem ich die Herstellung der Atombombe empfahl“ (Zitiert nach 53., S. 298). Aber dabei blieb er nicht stehen.

Einstein ist nach 1945 stets öffentlich gegen die **Gefahr einer atomaren Selbstvernichtung** der Menschheit aufgetreten, so am 13. Februar 1950 in einer Fernsehsendung: „Der Glaube, man könne **Sicherheit durch nationale**

**Bewaffnung** erlangen, ist beim gegenwärtigen Stand der militärischen Technik ein verhängnisvolle **Illusion**. Auf der Seite der USA wurde diese Illusion noch besonders begünstigt durch eine zweite, die darauf beruhte, daß es in diesem Land zuerst gelang, eine Atombombe herzustellen. Man neigte zum Glauben, daß es für die Dauer möglich sei, eine entscheidende militärische Überlegenheit zu erreichen. ... Die Maxime, der wir in den letzten fünf Jahren vertrauten, lautet: Sicherheit durch überlegenen Zwang, was er auch Kosten möge. Die Folge dieser mechanistischen, technisch-militärischen und psychologischen Einstellung konnte nicht ausbleiben. ... Im Innern Konzentration ungeheurer finanzieller Macht in den Händen des Militärs, **Militarisierung** der Jugend, Überwachung der Loyalität der Bürger und besonders der Beamten durch eine immer mächtiger werdende Polizei, Einschüchterung der politisch unabhängig Denkenden, Beeinflussung der Mentalität der Bevölkerung durch Radio, Presse und Schule, Knebelung wachsender Gebiete der Mitteilung durch das militärisch bedingte Geheimnis. Weitere Folgen: Das ursprünglich nur als Vorbeugung gedachte **Wettrüsten** zwischen den USA und der UdSSR nimmt einen hysterischen Character an. Auf beiden Seiten werden die Mittel der Massenvernichtung mit fieberhafter Eile betrieben – hinter der Mauer des Geheimnisses. Die H-Bombe erscheint am Horizont der Öffentlichkeit als wahrscheinlich erreichbares Ziel. ... Ist sie erfolgreich, so bringt sie die radioaktive Verseuchung der Atmosphäre und damit die Vernichtung alles Lebendigen auf der Erde in den Bereich des technisch möglichen. Das Gespenstige dieser Entwicklung liegt in ihrer scheinbaren Zwangsläufigkeit. Jeder Schritt erscheint als unvermeidliche Folge des Vorhergehenden. Am Ende winkt immer deutlicher die allgemeine Vernichtung. ... Was können wir tun, um ein friedliches ... Zusammenleben der Nationen herbeizuführen? Erstes Problem ist die Beseitigung der gegenseitigen Furcht und des gegenseitigen Mißtrauens. Feierlicher Verzicht auf die gegenseitige Gewaltanwendung ... ist zweifellos nötig ... “ (8., S. 77).

Und am 20. September 1952: „... Solange aber die Nationen nicht dazu entschlossen

sind, durch gemeinsame Aktionen den Krieg abzuschaffen, und durch friedliche Entscheidungen auf gesetzlicher Basis ihre Konflikte zu lösen und ihre Interessen zu schützen, sehen sie sich genötigt, alle, auch die verabscheuungswürdigsten Mittel vorzubereiten, um im allgemeinen Wettrüsten nicht überflügelt zu werden. Dieser Weg führt mit Notwendigkeit zum Krieg, der unter den heutigen Bedingungen allgemeine Vernichtung bedeutet. Unter diesen Umständen hat die Bekämpfung der Mittel keine Aussicht auf Erfolg. Nur die **radikale Abschaffung der Kriege und der Kriegsgefahr** kann helfen. Dafür soll man arbeiten und entschlossen sein, sich nicht zu Handlungen zwingen zu lassen, die diesem Ziel zuwiderlaufen. Dies ist eine harte Forderung an das Individuum, das sich seiner sozialen Abhängigkeit bewußt ist. Aber es ist keine unerfüllbare Forderung ... “ (8., S. 46).

Einstein hob auch besonders die politische Verantwortung der Naturforscher und Ingenieure hervor. So sagte er 1948 in seiner **Botenschaft an die Intelligenz**: „Da wir als Wissenschaftler die tragische Bestimmung haben, die schaurige Wirksamkeit der Vernichtungsmethoden zu steigern, muß es unsere feierlichste und vornehmste Pflicht sein, nach besten Kräften zu verhindern, daß diese Waffen zu den brutalen Zwecken gebraucht werden, für die man sie erfand. Welche Aufgabe könnte für uns bedeutsamer sein? Welches soziale Ziel könnte unserem Herzen näherstehen?“ (6., S. 109f)

Die nach dem Zerfall des Warschauer Paktes im Rahmen der *Strategic Arms Reduction Talks (START)* vereinbarten Abrüstungsverträge mindern zwar die Gefahren eines Atomschlages zwischen den Supermächten USA und Rußland. Zugleich entstehen jedoch neue Gefahren des wieder stärker um sich greifenden Nationalismus und Rassismus. In Verbindung mit religiösem Fundamentalismus und den Armutswanderungen über die gefallenen Grenzen, wird auch in Zukunft die Gefahr sich ausbreitender Krisenherde akut bleiben. Die immer wieder aus Profitsucht und Machtstreben getätigten Waffenschiebereien lassen Einsteins Appell zwar naiv erscheinen, gleichwohl zählt die Stimmungsmache für ein friedfertiges Zusammenleben und die verstärkte internationale

Kontrolle des Waffenhandels nach wie vor zu den politischen Hauptaufgaben.

## 7 Literatur

1. J. Habermas, Theorie des kommunikativen Handelns, Ffm. 1981
2. J. Stachel (Ed.), The Collected Papers of Albert Einstein, Princeton University Press 1987, Vol. 1
3. J. Herbig, Kettenreaktion: Das Drama der Naturwissenschaftler, Mchn. 1979 (1976)
4. K. Marx, Zur Kritik der politischen Ökonomie, Bln. 1859, MEW 13, Bln. 1978, S. 7–160
5. A. Einstein, Autobiographisches in: P.A. Schilp (Hrsg.), Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher, Bschg 1979, S. 1–35
6. Zitiert nach: F. Herneck, Albert Einstein, Leipzig 1977 (1974)
7. A. Miller, Das Drama des begabten Kindes, Ffm. 1979
8. A. Einstein, Mein Weltbild, Zürich 1977 (1934)
9. F. Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe, Mannheim 1972
10. Zitiert nach: H.H. Borzeszkowski, R. Wahnser, Newton und Voltaire, Bln. 1980
11. T.S. Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Ffm. 1978 (1962)
12. G. Holton, Thematische Analyse der Wissenschaft, Ffm. 1981
13. R. Inhetveen, Naturwissenschaft und Kapitalismus in: F. Reiß (Hrsg.), Kritik des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, Ffm. 1977
14. J. Pukies, Das Verstehen der Naturwissenschaften, Bschg 1979
15. G. Böhme u.a. , Experimentelle Philosophie, Ffm. 1977
16. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1921 (1883)
17. L. Büchner, Kraft und Stoff, Leipzig 1876 (1855)
18. E. Mach, Die Analyse der Empfindungen, Jena 1906
19. D. Hume, Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand, Hmb. 1964 (1748)
20. J. d'Alembert, Einleitung zur Enzyklopädie, Hmb. 1955 (1751)
21. J. Habermas, Erkenntnis und Interesse, Ffm. 1975 (1968)
22. W. Detel, Wissenschaftstheorie der Erfahrungswissenschaft, Sonderdruck aus HdWW, 1982, S. 936–962
23. P. Lorenzen, O. Schwemmer, Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie, Mannheim 1974
24. H. Ezana, Einsteins Beitrag zur statistischen Mechanik, in: P.C. Aichelburg, R.U. Sexl (Hrsg.), Albert Einstein, Sein Einfluß auf Physik, Philosophie und Politik, Bschg 1979, S. 71-79
25. P.G. Bergmann, Die Entwicklung der Relativitätstheorie, in: wie unter 24., S. 1ff
26. A.I. Miller, Zur Geschichte der Relativitätstheorie, in: wie unter 24., S. 91ff
27. D.W. Sciama, Kosmologie, in: wie unter 24., S. 19ff

28. A. Einstein, Grundzüge der Relativitätstheorie, Bschg. 1979 (1922)
29. N. Rosen, Kann man die quantenmechanische Beschreibung der physikalischen Wirklichkeit als vollständig betrachten? in: wie unter 24., S. 59ff
30. A. Einstein in: Ann. Phys. 17, 1905, S. 549-560, Eing. 11. Mai 1905
31. A. Einstein, Nachwort in wie unter 5.
32. W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, Mchn. 1976
33. A. Einstein in: Ann. Phys. 17, 1905, S. 132-148, Eing. 18. März 1905
34. M. Planck, Ann. Phys. 1, 1900
35. M. Planck, Ann. Phys. 4, 1900
36. A. Einstein, Ann. Phys. 17, 1905, S. 891-921, Eing. 30. Juni 1905
37. P. Lorenzen, Die Entstehung der exakten Wissenschaften, Bln. 1960
38. S. Mason, Die Geschichte der Naturwissenschaft, Stgt. 1974
39. H.A. Lorentz, Der Interferenzversuch Michelsons in: Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, Leiden 1895
40. K. Schönhammer, Elektrodynamik, Vorlesung an der Uni Hmb. im WS 1980
41. A. Einstein, Ann. Phys. 18, 1905, S. 639-641
42. J. Pfarr (Hrsg.), Protophysik und Relativitätstheorie, Mannheim 1981
43. R. Sexl, H. Schmidt, Raum-Zeit-Relativität, Bschg. 1979 (1978)
44. W. Rindler, Length Contraction Paradox, Am. Journ. Phys. 29, 1961, S. 365f
45. F.W. Sears, Length of a Moving Rod, Am. Journ. Phys. 32, 1964, S. 266ff
46. J. Kuczynski, Geschichte des Alltags des Deutschen Volkes, Köln 1982, Bd. 4
47. R. Engels, Anti-Dühring, in: MEW Bd. 20, Bln. 1962
48. P. Bachmann, K. Zeisler, Der Deutsche Militarismus, Bln. 1971
49. A. Herrmann, Wie die Wissenschaft ihre Unschuld verlor, Stgt. 1982
50. A. Einstein, Für einen militanten Pazifismus, in: A. Einstein, S. Freud, Warum Krieg? Zürich 1972
51. A. Einstein, Zum zehnten Jahrestag des Waffenstillstands, in: Die Menschenrechte 1928
52. A. Einstein, Aus meinen späten Jahren, Stgt. 1952
53. H. Melcher, Albert Einstein wider Vorurteile und Denkgewohnheiten, Bln. 1979
54. M. Maurer, P. Seibert, Weil nicht sein darf, was nicht sein kann, WECHSELWIRKUNG 54/55, 1992, S. 50-52, S. 51-53
55. U. Hoyer, Die Grundlagen der Relativitätstheorie, Zschr. allg. Wissenschaftstheorie XVII/1, 1986, S. 1-13
56. M. Jammer, Der Begriff der Masse in der Physik, Darmstadt 1981, S. 185ff
57. K. Hentschel, Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins, Basel 1990
58. Becher/Böhm/Joos, Eichtheorien der starken und elektroschwachen Wechselwirkung, Stgt. 1981
59. H. Weyl, Raum, Zeit, Materie, Bln. 1921