

Kritische Physik am Beispiel Albert Einsteins: Physik - Gesellschaft - Kosmos

Ingo Tessmann

21. Juni 2005

Zusammenfassung

Vom Anbeginn der Zeiten haben die Menschen die Welt zu verstehen und die Natur zu bearbeiten versucht. Früh wurden sie sich der kosmischen Bedingungen ihrer Existenz bewusst. Die faszinierende Vielfalt praktischer Lebensbemeisterungen stand allerdings stets in Konflikt mit der schlichten Einfachheit theoretischer Sinndeutungen und Welterklärungen. Erst die Wissenschaft disziplinierte das Mundwerk in gleicher Weise wie das immer schon erfolgskontrollierte Handwerk. Die im Einklang mit dem technischen Fortschritt stehende Wissenschaftskritik an den Weltbildern, Heilserwartungen und Ideologien rationalisierte die Mythen, Religionen und Philosophien und schuf eine wissenschaftliche Kosmologie, die im 3. Jahrtausend allen Menschen auf der Erde Orientierung und Sinnstiftung böte. In Albert Einstein überschritten sich dabei die Tendenzen der Dezentrierung und Reflexion, die im Zuge der westlichen Zivilisation Person, Gesellschaft und Kosmos rationalisierten. Aufgabe kritischer Wissenschaft sollte es sein, den gegenwärtig geführten Krieg zwischen militärisch-industriellem Komplex und Modernisierungsverweigerern in einen friedlichen Konflikt um die Verfassung einer Kosmologie zu überführen, die Grundlage aller menschlichen Gesellschaften auf der Erde sein könnte. Auf dem Weg in das Sonnenzeitalter nachhaltiger Lebensweisen und Technologien sind Gesellschaftstheorien zu formulieren, die sich am Forschungsprogramm der Einsteinschen Invariantentheorien orientieren. Die nach Einsteins Vorbild eingeübte intellektuelle Redlichkeit könnte dabei jedem Einzelnen immer wieder als Richtschnur zur Persönlichkeitsbildung durch kritische Praxis dienen.

1 Vorbemerkungen

Die **Sommersonnenwende**, der längste Tag im Jahr, wird seit Jahrtausenden ritualisiert gefeiert. Zeugnis dieser alten Bräuche sind Stonehenge und das antike Ägypten. Echnaton macht die Sonne zum einzigen Gott und preist sie im **Sonnengesang**. Der hebt an mit:

*Schön erscheinst du
im Horizont des Himmels
du lebendige Sonne,
die vom Anbeginn lebt!
Du bist aufgegangen im Osthorizont,
und hast jedes Land mit deiner Schönheit erfüllt.
Schön bist du, groß und strahlend,
hoch über allem Land.*

Etwa um die gleiche Zeit beschwört der **Schöpfungshymnus** des indischen Rigveda das *Eine* als Weltgrund und Ursprung:

*Damals war nicht das Nichtsein noch das Sein,
Kein Luftraum war, kein Himmel darüber her.
Wer hielt in Hut die Welt; wer schloss sie ein?
Wo war der tiefe Abgrund, wo das Meer?
Nicht Tod war damals noch Unsterblichkeit,
Nicht war die Nacht, der Tag nicht offenbar.
Es hauchte windlos in Ursprünglichkeit,
Das Eine, außer dem kein andres war.*

Die physikalische Erklärung der Sommersonnenwende folgt der Neigung der Erdrotationsachse zur Ebene der Umlaufbahn von etwa 23° . Damit gibt es vier ausgezeichnete Punkte auf der Ellipsenbahn der Erde um die Sonne, nach denen bekanntlich die Jahreszeiten unterschieden werden. Neben der Tag/Nacht-Periodizität, den Jahreszeiten und dem Jahresrhythmus gibt es weitere Periodizitäten durch die Präzession der Erdachse (25000 Jahre), ihre Nutation zwischen 22 und 24° (40000 Jahre) aufgrund der Mondbahneklptik (von 5°) sowie eine systemisch bedingte Exzentrizität der Ellipsenbahn zwischen 147 und $152 \cdot 10^6$ km alle 100000 Jahre. Im gleichen zeitlichen Bereich sollen die Schwankungen des solaren Magnetfeldes liegen.

Der **Mond** im Gravitationsfeld der Erde stabilisiert und bremst leicht die Erdrotation (Gezeiten), wodurch er sich langsam von der Erde entfernt. Die Erde wird auf der Bahn gehalten durch das Gravitationsfeld der Sonne, die 99,9 % der Massen im Sonnensystem auf sich vereint. Der Erdkörper umrundet mit 30 km/s die Sonne, so dass sich Flieh- und Gravitationskraft über Jahrmilliarden die Waage halten. Dabei wird das Gravitationsfeld der Erde überlagert von einem Magnetfeld, das sich periodisch umpolt. Die letzte Feldum-

kehr soll ungefähr 780000 *Jahre* zurück liegen. Wir leben auf einem Vulkan aus Magma, das sich um einen flüssigen Kern aus Eisen und Nickel wölbt. Die feste Erdkruste ist dabei vergleichbar mit einer Apfelschale.

Neben der Gravitationsenergie der **Sonne**, die nach außen die Erde auf ihrer Bahn hält, strahlt unser Zentralgestirn zudem Fusionsenergie ab in Form elektromagnetischer- und Teilchenstrahlung (Elektronen, Protonen). Gravitation und Fusion halten die Sonne über Jahrmilliarden stabil. Im Proton-Proton-Zyklus wird über mehrere Zwischenschritte Wasserstoff zu Helium fusioniert, wobei Positronen und Neutrinos freigesetzt werden. Pro Heliumkern werden dabei 23 *MeV* Energie abgestrahlt. Das sind pro Nukleon etwa zehn Mal mehr als bei der Kernspaltung von Uran.

Atmosphäre und Magnetfeld der **Erde** filtern Anteile der elektromagnetischen Strahlung aus dem Sonnenlicht und lenken den Teilchenstrom des Sonnenwindes ab. Dabei schützt uns der Sonnenwind wiederum vor der energiereichen kosmischen Höhenstrahlung. Von der etwa $4 \cdot 10^{23}$ *kW* betragenden Strahlungsleistung der Sonne erreichen den Erdquerschnitt im Abstand von rund $150 \cdot 10^6$ *km* ca. $1,4$ *kW/m²*, die zum Glück gestreut, abgeschwächt und gefiltert im vornehmlich sichtbaren Wellenlängenbereich von 400 bis 800 *nm* die Erdoberfläche erreichen. Die Massenverhältnisse, Bahn- und Eigendrehimpulse sowie die Abstände voneinander gewährleisten auf der Erde im Wechselspiel mit Sonne und Mond einen stabilen Oberflächenzustand, der das **Wasser** zugleich in seinen drei Aggregatzuständen vorkommen lässt und so höheres Leben ermöglicht.

Die extrem genau austarierten kosmischen Bedingungen in der zarten Schicht der Biosphäre zwischen Sonne, Mond und Erdinnerem lassen uns als **Kinder des Weltalls** erscheinen, wie Hoimar von Ditfurth den Titel seines lesenswerten Buches genannt hat. Die Erde gleicht dabei einem *Raumschiff*, das mit der Sonne und der Milchstraße seinem einsamen Weg durch das Universum folgt. Das Licht von Sonne, Mond und Sternen hatte auch Albert Einstein schon früh in seinen Bann gezogen. Bereits als Jungendlicher fragte er sich in einem *Gedankenexperiment*, was wohl geschehe, wenn man einem Lichtstrahl mit Lichtgeschwindigkeit naheile. Das Weiterdenken auf dieser Spur machte ihn 1919 schlagartig weltberühmt.

2 Einleitung

In der Physik hatte Einstein 1905 die Trägheit der Energie nachgewiesen, indem er sich fragte: *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* Und antwortete: $E = mc^2$. 1911 dachte er folgerichtig *Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes* nach und leitete in erster Näherung für die Ablenkung des Sternenlichtes an der Sonne als prüfbare Hypothese einen Winkel von $0,83''$ ab. Nach Ausarbeitung seiner allgemeinen Relativitätstheorie (ART) gibt er 1916 in einer zusammenfassenden Arbeit *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie* den doppelten Winkel mit $1,7''$ an. Und die Periheldrehung des Merkurs (d.h. die Drehung seiner Bahnellipse in Bewegungsrichtung) berechnet er zu $43''$ *pro Jahrhundert*. Gemessen worden waren: $43,11 \pm 0,45''$ *pro Jahrhundert*. Eine Bogensekunde ($''$) erstreckt sich über den winzigen Bereich von etwa $5 \cdot 10^{-6}$ des Kreisumfangs.

Die Expedition Sir Arthur Eddingtons zur Sonnenfinsternis auf Principe Island in West Africa vom 29. Mai 1919 ergab nach Angabe Steven Weinbergs für die Lichtablenkung von fünf Sternen an der Sonne im Mittel: $1,6 \pm 0,4''$. Die Expeditionsergebnisse wurden am 6. Nov. 1919 in der Royal Society bekannt gegeben. Am 8. Nov. erschien THE TIMES mit der Überschrift: *THE REVOLUTION IN SCIENCE. Einstein vs. Newton. Views of eminent physicists*. Und am 14. Dez. kam die *Berliner Illustrierte* heraus mit einem großen Titelphoto und dem Bekenntnis: *Eine neue Größe der Weltgeschichte: Albert Einstein, dessen Forschungen eine völlige Umwälzung unserer Naturauffassung bedeuten und den Erkenntnissen eines Kopernikus, Kepler und Newton gleichwertig sind.*

Einstein wurde öffentlich als *weltgeschichtliche Größe*, als *Umwälzer* und *Revolutionär* geoutet. Innerhalb der Physik war die **Einsteinsche Revolution** von 1905 bereits auf der Naturforscherversammlung 1909 durch Planck als *kopernikanische Tat* gewürdigt worden. Die noch anhaltende Umwälzung unserer Naturauffassung wurde auf die **kopernikanische Revolution** bezogen, die 1543 im Todesjahr des Kopernikus begann mit seinem Werk: *Über die Umläufe der Himmelskreise*. Nach Kepler und Galilei fand sie 1687 mit Newtons *Mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie* ihren Abschluss. Kopernikus und Kepler standen noch ganz in der Tradition der Pythagoräer, die im Neoplatonismus der Renaissance wieder zu einer spirituell-idealistischen Bewegung erstarkten. Weltbild und Kulte wurden durch Lichtmetaphern und Sonnenverehrung sowie Sphärenharmonik und Zahlenmystik geprägt. Dem stand die christlich-aristotelische Scholastik gegenüber, die auf dem geozentrischen Weltbild der Bibel beharrte und sich bei Aristoteles die passenden Argumente suchte.

Ähnlich wie Galilei, der für seine Verteidigung des kopernikanischen Systems 1633 von der katholischen Inquisition zum Abschwören seiner Thesen gezwungen wurde, erging es in den 1920er Jahren auch Einstein. Dem *heiligen Offizium* entsprachen die germanofaschistischen Tribunale zur *Reinhaltung der Wissenschaft*. Der Naturforscher konnte nur durch Emigration sein Leben retten; denn der Invarianzforderung seiner Relativitätstheorie entsprach die Weltbürgerlichkeit seiner Persönlichkeit. Einstein trat nicht nur als Physik- und Philosophiekritiker hervor, sondern betätigte sich auch als Gesellschafts- und

Kulturkritiker; wobei ihm Obrigkeitsstaat und Deutschtum besonders zuwider waren. Er hatte den Durchbruch zu einer neuen **Kosmologie** geschafft und als *Gefühlssozialist* die Weimarer Republik begrüßt. Im Ausland galt er als willkommener **Weltbürger**, der sich zu Freiheit und Demokratie bekannte. Für die deutsche Reichsregierung war er das für ein besseres Deutschland werbende Aushängeschild. Das gab auch den durch die schmachvolle Niederlage deprimierten bürgerlichen Schichten wieder Auftrieb und Selbstbewusstsein.

Neben der Physik- und Gesellschaftskritik beschäftigte sich Einstein auch mit der im engeren Sinne **kritischen Physik**, d.h. mit der Untersuchung von Systemen in der Nähe kritischer Übergangsbereiche bei Phasenübergängen oder sonstigen Instabilitäten. Die Erforschung **statistischer Schwankungen** war sein zweites großes Betätigungsfeld neben den **Invariantentheorien**. Zur statistischen Physik und nicht zu einer Grundlagentheorie rechnete er zeitlebens auch die Quantentheorie. Pythagoräisch-platonischer Idealismus und atomistisch-epikureischer Materialismus prägen bis heute die Forschungsprogramme der Wissenschaften. Den gesetzmäßigen Zusammenhängen auf der Systemebene unterliegen die eher statistischen Teilchenwechselwirkungen, Genkombinationen und Handlungszusammenhänge auf dem Niveau der Atome, Zellen und Individuen.

Nach Habermas sind **Gesellschaften** *systemisch stabilisierte Handlungszusammenhänge sozial integrierter Gruppen*. Zu den systemischen Steuerungsmedien zählt er Geld und Macht. Energie und Information erwähnt er nicht, so dass in seiner Gesellschaftstheorie neben Wirtschaft und Staat weder Natur noch Technik eine Rolle spielen. Ebenso vernachlässigt er die sexuellen Reproduktionsverhältnisse der Menschen. Der natürliche Stoffwechsel wird von ihm zwar als Basis der symbolischen Austauschbeziehungen gesehen, aber nicht weiter analysiert. Der sozialen Integration dient die verständigungsorientierte Kommunikation und das funktionsorientierte instrumentelle Handeln vermittelt die Systemintegration. Biologisch können Menschen als systemisch stabilisierte Genkombinationen phänotypisch integrierter Gruppen aufgefasst werden. Sexualität basiert ihre Gruppenzusammenhänge. Und in der Physik lassen sich **Sonnensysteme** als systemisch stabilisierte Wechselwirkungen gravitativ integrierter Körper verstehen. Starke und elektroschwache Wechselwirkungen stabilisieren dabei die Gravitation der Sonnenmasse. Menschheit und Natur ließen sich über die Steuerungsmedien Materie, Energie und Information in der irdischen Biosphäre verkoppeln. Die Verbindung von Gesellschaft, Biosphäre und Sonnensystem, Mensch, Umwelt und Natur, bzgl. der menschlichen Kommunikation, der sexuellen Reproduktion und der physischen Wechselwirkungen im Rahmen einer vereinheitlichten Kosmologie ist eine Herausforderung der Zukunft.

Der **Kosmos** ist dem Wortsinn nach für Einstein kein chaotisches Durcheinander; vielmehr ein wohlgeordnetes Weltganzes. Im Rahmen der ART sogar eine kontinuierlich-zusammenhängende Totalität, in der holistisch alles mit allem wechselwirkt und mit der Materie auch Raum und Zeit verschwinden. Die **Einheit des Seins**, das kontinuierlich-gleichförmige, statisch-ewige Universum findet bei Einstein seinen Ausdruck in der kosmologischen Konstanten, die er seiner Feldgleichung 1917 in den *kosmologischen Betracht-*

tungen hinzufügte. Diese von ihm später als *größte Eselei* seines Lebens bezeichnete Tat spielt heute wieder eine Rolle beim Aufklären des Rätsels der dunklen Energie und Materie, aus der das Universum zu 95 % bestehen soll.

In der Einleitung pflegt man die im Titel genannten Ausdrücke zu erläutern und den roten Faden der Argumentation für die ganze Arbeit zu spinnen. Auf die allgemeine Bestimmung von Wissenschaft werde ich im Kontext der westlichen Zivilisation eingehen; denn die neuzeitliche Naturwissenschaft ist in keiner anderen Zivilisation entstanden. Eine weitere Präzisierung von begründender Wissenschaft werde ich dann im Rahmen der politischen Forschungsprogramme geben, die sowohl Entstehung als auch Verwertung von Wissenschaft kontrollieren. Nach der in groben Zügen verfolgten Entwicklung der westlichen Zivilisation kann das Forschungsprogramm Einsteins herausgearbeitet und seine Relevanz zur Verbesserung der gegenwärtigen Weltlage aufgezeigt werden.

Dabei bestimmen zwei große **Entwicklungslinien** den Auftakt und Fortgang der westlichen Zivilisation: Die aus der Jagdtechnik und Bodenbearbeitung hervorgegangene Handwerkskunst einerseits und die aus der Himmelsbeobachtung und den Religionsriten entstandene Schriftgelehrtheit andererseits. Lässt sich aus dem technischen Fortschritt geradezu ein Maß der jeweils erreichten Kulturhöhe gewinnen, hat sich an der Schriftgläubigkeit und Autoritätshörigkeit in den patriarchalen Religionen bis heute kaum etwas geändert. Nur die sich vom Ackerbau bis hin zur Feldtheorie entwickelnde **Physik** konnte mit der Technik Schritt halten und in eine wissenschaftliche Kosmologie einmünden, deren Parameter nach Anzahl und Genauigkeit eine fortwährende Verbesserung ermöglichten.

In den Schlussfolgerungen wird es deshalb um die vereinheitlichende Sicht der literarischen und naturwissenschaftlichen Kultur im Rahmen einer allumfassenden Kosmologie gehen, auf die sich auch Gesellschaftstheorien beziehen könnten. Hedonistischer Materialismus und moralischer Idealismus, westliche Popkultur und religiöser Fundamentalismus stehen sich nach wie vor unversöhnlich gegenüber. Einstein scheint das Kunststück eines hedonistischen Moralisten fertig bekommen zu haben. Und so wird im Ausblick schließlich angedeutet, was jeder selbst nach Einsteins Vorbild der *intellektuellen Redlichkeit* folgend zur Verbesserung der Lebensverhältnisse beitragen könnte.

3 Westliche Zivilisation

Die Zivilisation hob an mit der **neolithischen Revolution**, während der sich – einem *Urputsch der Männer* gleich (wie sich Ernest Bornemann einmal ausdrückte) – die egalitär-matriarchalen Wildbeuter-Horden der Jäger und Sammler zu autoritär-patriarchalen Bauerndörfern mit Ackerbau und Viehzucht organisierten. Von der Übergangszeit der herumstreunenden Wildbeuter zum Sesshaftwerden kündeten die Ausgrabungsstätten in **Mähren** (im heutigen Tschechien) und auf dem Nabelberg (Göbekli Tepe im Südosten der heutigen Türkei). Das in Mähren ausgegrabene Eiszeit-Dorf bot kaum 100 Menschen Unterschlupf und wurde bereits vor 24000 *Jahren* angelegt. In diese Zeit fallen auch die alten Malereien, die in verschiedenen Höhlen Südeuropas entdeckt wurden. Die darstellende Kunst befand sich noch im Einklang mit der Handwerkskunst der Steinbearbeitung, des Fallenbaus und des Netzeknüpfens. Wir sind die **Kinder der Eiszeit**. Rund 80 % der heutigen Europäer sollen von diesen insgesamt etwa 1000 Wildbeutern abstammen.

Die auf dem Nabelberg in der Türkei freigelegten Steinkreisanlagen waren schon das Werk einiger Tausend in der Nähe lebender Wildbeuter, die vor rund 11000 *Jahren* durch die fruchtbaren Jagdgründe des Zweistromlandes streiften. Die freigelegten Steinkreise auf dem **Göbekli Tepe** haben die Form von Berg- und Wettergöttern und sind mit verschiedenen Tiersymbolen verziert. Darstellende Kunst und naturreligiöse Rituale waren noch nicht geschieden.

Die in den Höhlen verehrten und beschworenen Erdgeister der Mondwanderer und die auf den Berggipfeln gefeierten und angerufenen Himmelsgötter der Sonnenanbeter fielen noch in der Zeit von **Stonehenge** zusammen. An der gewaltigen Steinkreisanlage wurde beginnend vor etwa 5000 *Jahren* über 1000 *Jahre* lang immer wieder gearbeitet. In dem wohl als Tempel und Kultstätte genutzten Monument wurden womöglich nicht nur die Sonnenstände zelebriert, sondern auch der Mondlauf gefeiert. Die alle neun Jahre auftretende Koinzidenz von Sonne und Mond bildete den jeweiligen Höhepunkt der Feierlichkeiten, indem der Mondkult der Wildbeuter gleichsam mit der Sonnenanbetung der Bauern zusammenfiel. In Skandinavien wird die Erinnerung an eine Sonnengöttin aus matriarchaler Zeit bis heute wach gehalten.

Gerda Lerner datiert die Periode der **Durchsetzung des Patriarchats** auf einen Zeitraum von etwa 2500 *Jahren* zwischen 3100 und 600 vor der Zeitenwende. Neben den Geschlechterkonflikten begannen mit dem Sesshaftwerden unserer Vorfahren nach außen die Rassenkriege gegen andere Völker und nach innen die Klassenkämpfe gegen die aufbegehrenden Besitzlosen. Durch die wohlorganisierte Ausbeutung der Naturressourcen fruchtbarer Uferregionen und der unterdrückten Arbeiter, Sklaven und Frauen entstanden die ersten **Hochkulturen** am Nil, im Zweistromland, am Indus und Jangtse. Die herrschenden Aristokraten-Dynastien konnten sich neben stehenden Heeren auch Priester und Künstler sowie Handwerker und ein Heer von Staatsdienern leisten. Aus den Anfängen der Himmelsbeobachtung, der Feldvermessung und der Volkszählungen schufen sie neben der Schrift auch Arithmetik und Geometrie sowie Musik und Astronomie.

Zur mathematischen **Wissenschaft** wurden die Künste aber erst, als nicht mehr nur

einfach regelgeleitet gemessen, gerechnet und gezeichnet, sondern nach Rechtfertigungen und Begründungen für die Geltung und Gültigkeit der Regeln gesucht wurde. Erste Beweise führte Thales (um -600) und Euklid (um -300) fasste das mathematische Wissen seiner Zeit in den *Elementen* zusammen nach dem Schema: **Definition, Satz, Beweis**. Damit war im antiken Griechenland die exakte Wissenschaft geboren, die bis heute das Vorbild aller Wissenschaften geblieben ist: Möglichst genau anzugeben, worum es sich handelt (Definition), wie es sich damit verhält (Satz) und warum es sich so verhält (Beweis).

Als frühe Beweisverfahren schon bei den Vorsokratikern beliebt waren die Widerspruchsbeweise in Verbindung mit Paradoxien. Parmenides bewies so, dass es nicht Vieles, sondern nur **das Eine** geben könne und sein Schüler Zenon wies ergänzend die Unmöglichkeit von Bewegung nach. Demgegenüber behauptete Demokrit: *Der gebräuchlichen Rede-weise nach gibt es Farbe, Süßes, Bitteres, in Wahrheit aber nur die Atome und das Leere*. Aber sogleich ließ er die Sinne gegen den Verstand reden: *Armer Verstand, von uns nimmst Du die Beweisstücke und willst uns damit niederwerfen? Dein Sieg ist Dein Fall!* Die hinter den Erscheinungen vermuteten Atome und die Leere erschlossen den Atomisten bereits die Perspektive eines offenen, der Tendenz nach unendlichen Universums. In ihrer einheitlichen **Kosmologie** waren nicht nur die Erde und der Sternenhimmel mit seinen Feuern und Planeten aus einem Wirbel kleinster Teilchen verständlich, sondern auch Licht und Schall sowie Wärme und Berührung, Geruch und Geschmack ließen sich in die Weltsicht einbeziehen. Die argumentierende Naturphilosophie der Vorsokratiker wirft bereits all die Grundlagenprobleme auf, die die Physiker noch heute umtreibt: Ist das Universum ein deterministisch-kausales, kontinuierlich-zusammenhängendes Ganzes oder eine chaotisch-stochastische, diskontinuierlich-atomistische Vielheit? Können wir mehr den Sinnen oder eher dem Verstand trauen? Sind Sein und Erkenntnis unabhängig voneinander? Ein **Dialektiker** wie Heraklit hatte kein Problem damit, im Vielen das Eine und im Einen das Viele anzunehmen; denn alles fließe, sei im Wandel und gehe ineinander über: Das Warme werde kalt, der Tag zur Nacht, ein ewiger Wechsel zwischen Gegensätzen. *Sie verstehen nicht, wie das Eine, auseinanderstrebend, in sich übereinstimmt. Harmonie ist gegenstrebige Vereinigung wie beim Bogen und der Leier*, empörte sich der Dialektiker.

Die rationalen Argumentationen der früher Physiker unterminierten natürlich den Götterglaube und die Staatsautorität. Aber erst nachdem Sokrates die kosmologischen Betrachtungen in den Naturphilosophien seiner Vorgänger in ethische Unterredungen um das bessere Leben verwandelt hatte und offen für Kritik und Selbstbestimmung argumentierte, wurde er zur Gefahr für die Obrigkeit und – zum Tode verurteilt! Die in den platonischen Dialogen niedergelegte **Vernunft-Philosophie** kann neben der **exakten Wissenschaft** als die herausragende Leistung der altgriechischen Kultur angesehen werden. Die Maxime des Sokrates wurde nicht nur in der Aufklärungsphilosophie Kants, sondern auch im kritischen Rationalismus Poppers wieder aufgegriffen: *Mein ganzes Leben lang halte ich es so, dass ich nichts anderem gehorche als dem Logos, der sich mir in der Untersuchung als der beste erweist*. Der Popper-Fan Niemann argumentiert in seiner *Strategie der Vernunft* für die Maxime: *Finde heraus, worin genau dein Problem besteht, und suche unparteiisch nach der bestmöglichen Lösung*.

Der Untergang der griechischen Kultur im römischen Imperium hatte den Siegeszug des Christo- und Islamo-Faschismus im **Mittelalter** zur Folge. Damit meine ich eine Gewaltherrschaft, die ihre Legitimation aus einem Heilsversprechen für das auserwählte Volk bezieht. Römische Kaiserherrschaft und christliches Papsttum bzw. islamisches Sultanat, hierarchische Staatsorganisation und religiöse Dogmenfestigkeit verbanden sich zur patriarchalen Gewaltherrschaft des germanisch-islamischen Mittelalters, in dem der Aufbruch in die Zivilisation unterzugehen drohte. Nach dem ersten 30jährigen Krieg zwischen Germanen und Römern um die Zeitenwende und der islamischen Expansion im Mittelmeerraum, bildeten sich erst unter Karl, später unter Osman, religionsbestimmte Großreiche heraus, in denen Philosophie und Theologie zu verschrobenen Glaubenslehren verhandelt wurden. Da Praktiker mit dem rechten Glauben weniger Probleme haben als Theoretiker, gedieh im Untergrund des Gottesstaates gleichwohl der **technische Fortschritt**: Räderpflug und Dreifelderwirtschaft, Wasser- und Windmühlen, Linsen und Brillen, Uhren und Instrumente, Schiffe mit Achterruder und Kompass, Kanonen mit Schießpulver sowie – der Buchdruck revolutionierten die Produktivkräfte. Die Großereignisse zum Auftakt der Neuzeit waren davon wesentlich beeinflusst: Renaissance und Reformation, die Entdeckung Amerikas und das Kopernikanische Weltbild.

Mit der Wiederentdeckung und Verbreitung der griechischen Kultur verbanden sich Philosophie und Arbeitserfahrung zur **neuzeitlichen Naturwissenschaft**. In ihr kamen Sokratischer LOGOS und Galileisches EXPERIMENT zusammen. Galilei versuchte, mit der Sprache der Mathematik im *Buch der Natur* zu lesen und aus den Messergebnissen seiner Experimente mathematische Verallgemeinerungen zu folgern. Mit seinem *Fallgesetz* überwand er die scholastische Bewegungslehre und sein *Trägheitssatz* lieferte ein schlagendes Argument für die Eigenbewegung der Erde im kopernikanischen Weltsystem. Die Geschossbahn von Kanonenkugeln verstand er aus der Überlagerung von Trägheits- und Fallbewegung in der *Wurfparabel*. In dem von Newton aus den *Keplerschen Gesetzen* gefolgerten *Gravitationsgesetz* waren dann auch die Wurfparabel und das Fallgesetz als Spezialfälle enthalten. Dabei hatte Newton nicht nur eine bzgl. des Trägheitssatzes invariante Mechanik formuliert, sondern auch Himmels- und Erdbewegungen vereinheitlicht. Nach dem sokratischen Übergang vom Mythos zum Logos und dem Galileischen Wandel vom Logos zum Experiment, brachte Newton wieder Himmel und Erde zusammen. Diese Vision hatten schon die Atomisten. Da ihr hedonistischer Materialismus vom Klerus allerdings als Häresie gebrandmarkt worden war, sah Newton seine Mechanik im Sinne der Pythagoräer lediglich als eine Art von *Physikotheologie* an, die dem Preisen und Verstehen der göttlichen Schöpfung diene. Korpuskulartheoretische Hypothesen über den Wirkungsmechanismus der Gravitation machte er nicht. Nur das Licht behandelte er in seiner Strahlenoptik atomistisch. Die aus dem Wellencharakter des Lichtes resultierenden Interferenzerscheinungen hielt er bloß für *Anwendungen*. Trotz der bestehenden Probleme mit der instantanen Fernwirkung der Gravitation und den unverstandenen Interferenzerscheinungen beim Licht gab seine Mechanik den Anstoß zu einem mechanistischen Weltbild. Danach sollte sich alles aus dem notwendigen Wesen der Dinge ergeben oder aus der Ordnung folgern lassen, die ein absoluter Geist gestiftet hatte. Diese Interpretation

ließ eine materialistische oder idealistische Sichtweise zu.

Nachdem der zweite 30jährige Krieg zwischen Katholiken und Protestanten die deutschen Länder verwüstet und entvölkert hatte, kolonisierten die europäischen Großmächte die Welt. Im Kolonialismus des **neuzeitlichen Imperialismus** verbanden sich ökonomisches Ausbeutungsinteresse, europäischer Herrenrassenanspruch und christlicher Missionswahn zu einer Schreckensallianz, der Millionen Heiden zum Opfer fielen. Nach außen wütete der **Christo-Faschismus** gegen die Fremdvölker, nach innen gegen Ketzer, Juden und Hexen. Auch der rationalen Kritik der Naturwissenschaft an den irrationalen Glaubenssätzen des Klerus wurde mit aller Härte der Macht begegnet: Giordano Bruno, der dem hedonistischen Materialismus der Atomisten folgend die Existenz vieler weiterer Welten im Universum behauptet hatte, endete auf dem Scheiterhaufen und Galileo Galilei, der nüchtern die zwei hauptsächlichen Weltsysteme diskutierte, musste abschwören, um dem Todesurteil zu entgehen. Während sich die christlichen Fundamentalisten bis heute auf der Erde im auserwählten Mittelpunkt der Welt wähnen, mussten die Naturwissenschaftler ihre Theorien fortan als Physikotheologie ausgeben. Andererseits führte die Unterdrückung durch den Klerus dazu, dass die physikalischen Theorien nicht als wahre Naturerkenntnis, sondern lediglich als Hilfsmittel zur Prognose kosmischer Ereignisse oder zur Bereitstellung technischen Bewirkungswissens diente. Diese dem Vorwort des kopernikanischen Werkes über die *Umläufe der Planeten* untergeschobene instrumentalistische Sicht der Naturforschung hatte es schon dem Herausgeber ermöglicht, das ansonsten häretische Buch über das heliozentrische Weltbild durch die klerikale Zensur zu bekommen. In der Postmoderne sollte der **Instrumentalismus** wieder ganz groß herauskommen und bis heute einem naiven Relativismus Vorschub leisten.

Kant machte es sich im Rahmen seiner **Transzendentalphilosophie** zur Aufgabe, auch die Newtonsche Physik zu verstehen. Seiner transzendentalen Erkenntniskritik folgend, erhob er Raum und Zeit ins unangreifbar synthetische Apriorie, indem er sie zu Anschauungsformen vor aller Erfahrung machte. Kant war aber nicht nur Natur-, sondern auch Sozialphilosoph; der bestirnte Himmel über ihm und das moralische Gesetz in ihm, faszinierten ihn gleichermaßen. Neben seinen drei fundamentalen *Kritiken* hatte er zwei kleinere Arbeiten veröffentlicht, die im 19. Jahrhundert zu Unrecht weitgehend ignoriert wurden. Damit meine ich die 1755 publizierte *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* und seine Schrift **Zum ewigen Frieden** von 1795. Mit dem auch ironisch gemeinten Titel schlägt Kant in visionärer Voraussicht nach dem Vorbild des Vertragsrechts einen *Völkerbund* vor, der nach ähnlichen Prinzipien friedfertig und gewaltfrei die Konflikte zwischen den Völkern und Nationalstaaten so regeln sollte wie zwischen Personen nach bürgerlichem Recht.

Wie seine Vorgänger Kepler und Newton war auch Kant in seiner **Theorie des Himmels** noch ganz der Physikotheologie verhaftet, um nicht mit dem Klerus in Konflikt zu geraten. Ausgehend von den Vorsokratikern untersuchte er einen chaotisch-atomistischen Anfangszustand des Universums, der dann allein durch die beiden Grundkräfte der Attraktion und Repulsion zur Bildung rotierender Sonnensysteme und Galaxien führte. Neben

einer Objektivierung der Kosmologie ging es ihm dabei auch um eine Historisierung der Natur, gleichsam um eine Naturgeschichte kosmischen Entstehens und Vergehens. Mit dieser Analogie zu den Lebensvorgängen war der Philosoph nahe bei der **Morphologie** des Dichters: *Die Gestalt ist ein Bewegliches, ein Werdendes, ein Vergehendes. Gestaltenlehre ist Verwandlungslehre. Die Lehre der Metamorphose ist der Schlüssel zu allen Zeichen der Natur.*

Der **wissenschaftlich-technische Fortschritt** revolutionierte nicht nur die Produktivkräfte, sondern sprengte auch die Produktionsverhältnisse. In den **Modernisierungsprozessen** der Neuzeit ging mit der Verwissenschaftlichung auch eine Verweltlichung und mit der Industrialisierung auch eine Demokratisierung einher. Italienische Renaissance, niederländischer Humanismus, englischer Empirismus und französischer Rationalismus revolutionierten Philosophie und Künste. Im Gegensatz zur katholischen Prunk- und Verschwendungssucht begünstigte die protestantische Ethik den Kapitalismus. Das durch Handel und Ausbeutung zu Reichtum und Wissen gekommene Bürgertum forderte seine Rechte an der Staatsmacht ein; amerikanische und französische Revolution waren die Folge. In Kant, Goethe, Schiller und Beethoven kulminierte eine Aufklärungsbewegung, die den Mythos der deutschen Denker, Dichter und Musiker heraufbeschwor. Diese Lichtgestalten des deutschen Idealismus bildeten aber nur den schönen Schein einer mit der Reformation als deutscher Revolutionsvariante begonnenen fatalen Entwicklung in die Innerlichkeit der Volksseele, die bestärkt durch den antinapoleonischen Nationalismus und vertieft durch die irrationale Romantik im Großmachtwahn des Wilhelminischen Reiches den dritten 30jährigen Krieg einleitete. Am deutschen Wesen sollte die Welt genesen!

Die Werke der großen Denker, Dichter und Musiker wurden zitiert und interpretiert, aber nicht gelebt. Gegen diese deutsche Ideologie wandte sich schon Marx mit seiner These: *Die Philosophen haben die Welt nur interpretiert, es kommt aber darauf an, sie zu verändern.* Ohne praxistaugliche Philosophie dominiert die Macht dumpfer Gefühle. Im Manifest der Kommunistischen Partei stellte er die bisherige Geschichte der Gesellschaft als Geschichte von Klassenkämpfen dar und pries als Ziel der Bewegung eine Gesellschaft, in der die freie Entfaltung eines jeden die Bedingung für die freie Entfaltung aller sein sollte. Dem Internationalismus der Arbeiterbewegung standen die reaktionären Nationalisten gegenüber, die in aller bisherigen Geschichte eher die Geschichte von Rassenkämpfen um den Lebensraum und die Naturressourcen sahen. Menschheits-Universalisten und Kulturrelativisten stehen sich bis heute unversöhnlich gegenüber im globalen wie europäischen Vereinigungsprozess. In diese **europäische Umbruchsituation** einer durch Großmacht-politik fehlgeleiteten industriellen Revolution hinein wurde 1879 in Ulm Albert Einstein als Sohn jüdischer Eltern geboren.

4 Einsteins Forschungsprogramm

Mit einer Theorie der Forschungsprogramme soll berücksichtigt werden, dass **Wissenschaft** keine Privatangelegenheit einzelner Forscher ist, die in einsamer Abgeschiedenheit ihren Visionen folgen und Interessen nachgehen. Wissenschaft hat überprüfbar, lehrbar und institutionalisierbar zu sein. Neben dem inneren Begründungszusammenhang steht sie immer auch in einem äußeren Entstehungs- und Verwertungszusammenhang. Gesellschaftliche Umwälzungen und polit-ökonomische Rahmenbedingungen werden dabei präzisiert durch **Paradigmen, Erkenntnisinteressen und Themata**.

Mit *Paradigmen* werden seit Kuhn die metaphysischen Überzeugungen und forschungspolitischen Annahmen bezeichnet, die den Entwurf der Theorien und die Planung der Experimente leiten. Die von Habermas im Wissenschaftsbetrieb vermuteten *erkenntnisleitenden Interessen* beziehen sich demgegenüber eher auf die handfesten polit-ökonomischen Interessen, die in der jeweiligen Forschungsorganisation erkenntnisleitend wirksam werden. Und die *Themata* Holtons meinen darüber hinaus die individuelle Seite des Forschens, wie sie sich in den persönlichen Vorlieben, Werthaltungen und Orientierungen des jeweiligen Wissenschaftlers äußern.

Paradigmen, wie beispielsweise das geozentrische Weltbild, kennzeichnen die normale Wissenschaft. Wissenschaftliche Revolutionen lassen sich dann als Paradigmenwechsel beschreiben, wie z.B. der Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild. Das Paradigma leitet die Interessen bei der Auswahl und Gewichtung der Probleme wie bei der Erhebung und Interpretation der Daten, während die Themata spezieller die Methoden bestimmen, ob z.B. mit kreisförmigen Deferenten und Epizykeln, wie bei Ptolemäus und Kopernikus, gearbeitet wird oder mit Ellipsen, wie bei Kepler. Weitere Themata wären Korpuskular- oder Wellentheorie, Nah- oder Fernwirkungsprinzip.

Ein allgemeineres Paradigma ist das der exakten Wissenschaft. Geschaffen in der griechischen Antike von Thales über Euklid, Aristarch und Archimedes bis hin zu Ptolemäus, hatte der Aufbruch in die Moderne von Kopernikus über Kepler und Galilei bis hin zu Newton seine Revolutionierung zur Folge. Und im 20. Jahrhundert wurde es von Einstein und Heisenberg zum **näherungsweise vereinheitlichenden Paradigma** (NVP) verfeinert. In ihm umfassen jeweils in sich abgeschlossene Theorien einen logisch-mathematisch wie empirisch-experimentell überprüften Geltungs-, Gültigkeits- und Genauigkeitsbereich, der möglichst sicher, weit und tief sein sollte.

Die von Staat und Wirtschaft vorgegebenen Ziele zur Verbesserung der Gesellschaft bestimmen die Interessen der Forschungspolitik, wenn z.B. neue Waffen oder Kraftwerke entwickelt werden sollen wie etwa Laserkanonen oder Fusionsreaktoren. Derartig anwendungsbezogene Forschung lässt den Forschern natürlich weniger Spielraum, ihren Themata zu folgen, als die Grundlagenforschung. Hinsichtlich der Grundlagen kann eine kontinuierlich-deterministische Theorie ggf. einer atomistisch-stochastischen vorgezogen werden.

Im Zuge der deutschen Großmachtpolitik nach der Reichsgründung 1871 kam es durch die großzügige Förderung von Naturwissenschaft und Technik zu einer gewaltigen **Ausweitung des militärisch-industriellen Komplexes** in Deutschland. Davon profitierten nicht nur die Schwerindustrie und der Energiesektor, sondern auch die chemische Industrie und das Verkehrswesen und nicht zuletzt die neuen Disziplinen Elektro- und Nachrichtentechnik. In der Elektrofirma seiner Familie bekam Einstein im Detail die Fortschritte in der Beleuchtungstechnik mit und konnte verfolgen wie im Verkehrswesen und der Nachrichtentechnik das Synchronisieren der Uhren vorgenommen wurde. Technische Anwendung und theoretische Reflexion gingen dabei Hand in Hand. Denn Physik ist ja seit Galilei immer zugleich quantitative Experimentalwissenschaft und mathematisch-spekulative Naturphilosophie.

Die folgenreiche **Entdeckung des Wirkungsquantums** wurde nicht zufällig um 1900 in Berlin gemacht. Planck konnte auf die weltweit beste Laborausstattung zurückgreifen. Denn die Untersuchung der Schwarzkörperstrahlung diente dem Ziel, verbesserte Temperatur-Messmethoden für die Schwerindustrie zu entwickeln.

Die großspurige politische Förderung von Naturwissenschaft und Technik zog eine Welle populärwissenschaftlicher Propaganda und Information nach sich. Das wirkte sich positiv auf die Verbreitung einer materialistischen Weltansicht aus, von der auch Einstein profitierte als er mit unbändigem Eifer Bernsteins naturwissenschaftliche Volksbücher verschlang. Die Lektüre befreite ihn von seiner frühen religiösen Prägung und ließ ihn fortan zu einem Freigeist werden, der keiner Religion oder Ideologie mehr traute. Zwischen 1888 und 1894 besuchte Einstein das Luitpold Gymnasium in München. Die dortigen Unterrichtsmethoden deprimierten ihn nachhaltig: *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.*

Einstein war ein Spätentwickler von grüblerischer Natur, der mehr in der Freizeit als in der Schule lernte. Diese Neigung behielt er noch im Studium bei und wich auch nicht während seiner ersten Anstellung im Berner Patentamt zwischen 1902 und 1908 von ihr ab. Schon als Kind machte der Umgang mit einem Kompass auf ihn einen nachhaltigen Eindruck. Was bewirkte diese geradezu wundersame Bewegung der Magnetnadel? Welche verborgenen Kräfte walteten im Universum? Die **Feldtheorie** sollte ihn sein Leben lang in den Bann ziehen. Ein paar Jahre später ließ ihn die Euklidische **Geometrie** nicht mehr los. Wie war es möglich, allein durch Denken wahre Sätze über den Raum beweisen zu können? Angeregt durch die Volksbücher fragte er sich dann als Jugendlicher, was wohl geschehe, wenn man einem **Lichtstrahl** mit Lichtgeschwindigkeit naheile? Sah man noch sein Spiegelbild? Existierte überhaupt ein ruhendes elektromagnetisches Feld? Mit ungestüher Leidenschaft stürzte er sich in das Studium der höheren Mathematik, um Maxwells **Elektrodynamik** zu verstehen. Alle Themen, die Einstein sein Leben lang beschäftigten, waren bereits in seiner Kindheit und Jugend versammelt. *Das gedankliche Erfassen dieser außerpersönlichen Welt im Rahmen der uns gebotenen Möglichkeiten*

schwebte ihm *halb bewußt, halb unbewußt als höchstes Ziel vor.*

Zur Entspannung in gelegentlich nötigen Denkpausen pflegte er das Violinenspiel, mit dem er als Kind von fünf Jahren begonnen hatte. Auch diese Leidenschaft hielt sein ganzes Leben über unvermindert an. Neben Wissenschaft und Kunst bestimmte natürlich auch die Liebe Einsteins Leben. *In der Jugend gehören alle Gedanken der Liebe; im Alter gehört alle Liebe den Gedanken,* hat er einmal geschrieben. In diesem Sinne war Einstein früh gealtert. In seiner ersten Liebe zu Marie Winteler während seiner Schulzeit in der Schweiz fehlte ihm die Gemeinsamkeit sehnenenden Suchens beim Enträtseln des Geheimnisvollen. Dem *Seelenkampf* seiner ersten gescheiterten Liebe entsprangen folgende Zeilen: *Die angestrengte geistige Arbeit & das Anschauen von Gottes Natur sind die Engel, welche mich versöhnend, stärkend & doch unerbittlich streng durch die Wirren dieses Lebens führen werden.* Seine zweite Liebe zu der Kommilitonin Mileva Marić während der Studienzeit vermittelte ihm den Rausch des Gemeinschaftsgefühls im Lieben und Studieren nur vorübergehend. Schnell erstarb der verzückte Überschwang im Alltag des Ehelebens. Dazu meinte er rückblickend: *Die Ehe ist der erfolglose Versuch, einen Zufall zu etwas Dauerhaftem zu machen.* Einsteins zweite Ehe war nur noch eine Zweckgemeinschaft, neben der er sein Leben lang wechselnden erotischen Freundschaften nachging. Wie stark er auf seine Eigenständigkeit wert legte, zeigen folgende Zeilen aus seinem Nachlaß:

*Unbehaglich macht mich stets das Wörtchen „wir“
Denn man ist nicht eins mit einem andern Tier.
Hinter allem Einverständnis steckt
Stets ein Abgrund, der noch zugedeckt.*

Dauerhaft unterhielt Einstein nur intellektuelle Freundschaften, etwa zu seinen Studienkollegen Michele Besso und Marcel Grossmann oder zu den „Akademikern“ Conrad Habicht und Maurice Solovine sowie in Princeton zu Kurt Gödel. *Das Wesentliche im Leben eines Menschen von meiner Art, ist, wie er denkt und was er denkt, nicht was er tut oder erleidet,* schrieb er später. Mit dem Philosophie-Studenten Solovine und dem Studenten der Mathematik Habicht, gründete Einstein 1903 die Diskussionsgemeinschaft **Akademie Olympia**. Zusammen lasen und besprachen sie Texte und Bücher verschiedener Philosophen und Wissenschaftler, wie Plato, Spinoza, Hume, Kant, Mill, Avenarius und Poincaré. Während seiner Studienzeit zwischen 1896 und 1900 hatte Einstein nebenher die Originalarbeiten und Bücher herausragender Physiker gelesen. Philosophisch anregend und nachwirkend waren dabei vor allem Machs *Analyse der Empfindungen* und seine *Mechanik, historisch-kritisch dargestellt*. Unter seinen Vorbildern dominierten neben Galilei und Newton noch Faraday und Maxwell sowie Kirchhoff, Helmholtz und Boltzmann. Für Einstein und seine Mitstreiter war es selbstverständlich, dass sie sich auch mit der Geschichte und Philosophie ihrer Fachwissenschaften beschäftigten.

Im Rahmen des Paradigmas der exakten Wissenschaft waren **Theorien** zu *interpretierten Formalismen* geworden, die dem Prinzip der Vereinheitlichung folgend immer mehr Einzelphänomene und Teiltheorien umfassten. Newton hatte aristotelische Bewegungsleh-

re und archimedische Statik sowie Galileis Erd- und Keplers Himmelskinematik zu einer abgeschlossenen Theorie vereinigen können, die auf wenigen Definitionen, Postulaten und Axiomen basierte. Aus seinem Gravitationsgesetz folgen neben den Wurfparabeln auch die Ellipsenbahnen und Fluchthyperbeln der Planeten, Kometen und Raketen. Die Mechanik der Kontinua bezieht neben den deformierbaren Festkörpern auch Flüssigkeitsströmungen und Gasvolumina ein. Zudem sind Schall und Wärme mechanistisch verstehbar.

Nachdem der Astronom Hamilton um die Mitte des 19. Jahrhunderts versucht hatte, auch die Lichterscheinungen in den Formalismus der Mechanik einzubeziehen, konnte er umgekehrt zeigen, dass die Mechanik als geometrisch-optischer Grenzfall der Wellenoptik aufgefasst werden konnte. Danach entsprechen den Teilchenbewegungen die senkrecht zu den Wellenfronten sich im kontinuierlichen Medium fortpflanzenden Lichtstrahlen. Heron hatte schon um 300 das Reflexionsgesetz aus dem *Prinzip des kürzesten Weges* gefolgert; Fermat dann im 17. Jahrhundert aus dem *Prinzip der kürzesten Zeit* das Brechungsgesetz herleiten können. Die Verallgemeinerung zum **Prinzip der kleinsten Wirkung** durch Euler und Lagrange ermöglichte es Hamilton wiederum, Teilchenbahnen aus Extremalbedingungen für Wirkungswellen herzuleiten. Im Rahmen des Extremalprinzips sind die Bewegungsgleichungen dem Wirkungsintegral äquivalent, d.h. Wirkungsursache und Zielvorgabe sind einander gleichwertig!

Zu der Zeit als Galilei sich mit den Untersuchungen der Fall- und Wurfbewegungen beschäftigte und sein Teleskop in den Himmel richtete, erforschte Gilbert den Magnetismus und sah die Erde insgesamt als großen Magneten an. Nachdem Ampère den Zusammenhang zwischen elektrischem Strom und Magnetismus nachgewiesen hatte und Coulomb in Analogie zur Gravitationswirkung zwischen Massen eine Elektrizitätswirkung zwischen Ladungen ermitteln konnte, postulierte Faraday die Existenz von Feldlinien als Träger der Kraftwirkungen zwischen Ladungen, Strömen und Magnetpolen. Maxwell gelang es dann um die Mitte des 19. Jahrhunderts unter kreativem Einsatz des Energieerhaltungssatzes Magnetismus und Elektrizität in einer gemeinsamen Theorie der **Elektrodynamik** zu vereinheitlichen. Als Frucht dieser Vereinheitlichung konnte er die Existenz elektromagnetischer Wellen nachweisen und zeigen, dass Licht alle Eigenschaften dieser Wellen hatte. Neben der Newtonschen Mechanik war mit der Maxwellschen Elektrodynamik eine weitere abgeschlossene Theorie entwickelt worden. Die Unvereinbarkeit zwischen diskreten Ladungen und kontinuierlichen Wellen bestand aber weiter. Im Gegensatz zur Newtonschen Mechanik war mit dem elektromagnetischen Feld aber das Nahwirkungsprinzip untermauert worden, da sich die elektromagnetischen Feldwirkungen mit der endlichen Lichtgeschwindigkeit ausbreiteten. Und Einstein wies dann nach, dass sich die Maxwellsche Elektrodynamik hinsichtlich der Invarianz bei der Wahl verschiedener Bezugssysteme nicht wie die Newtonsche Mechanik verhielt.

Die mit dem Wirkungsquantum und der Elementarladung eingeführten Diskontinuitäten verschärften die Annahmen der Atomisten. Und die mit den Lichtwellen nach wie vor bestehenden Kontinuitäten wurden durch die Feldtheorie zugespitzt. In dieser **Krisensituation der Physik** trat Albert Einstein auf den Plan, ein Freigeist, der unverfroren

und vorurteilsfrei genug war, die Krise einer grundsätzlichen Lösung zuzuführen. Seinen Werdegang persönlicher Dezentrierung hatte er mit der Befreiung vom *Nur-Persönlichen* und der Hinwendung zur nicht misstrauenswürdigen Ordnung in den Naturerscheinungen erreicht. Staunenswerte Naturerscheinungen, religiöse Bevormundung und autoritäres Ge-
 habe in der Schule veranlassten ihn, vorzeitig das Müncher Luitpolt-Gymnasium zu verlas-
 sen und sein Glück in der liberalen Schweiz zu versuchen. Dort konnte er seinen Neigungen
 nach studieren und musizieren, verliebte sich allerdings so unglücklich, dass er sich weiter
 von seinen Mitmenschen entfernte. Während des Physikstudiums und vor allem durch
 seine umfangreichen privaten Studien seiner Vorbilder muss es ein für ihn berauschendes
 Erleben gewesen sein, in der Reflexion der Theorien-Entwicklung eine ähnliche Dezen-
 trierung wahrzunehmen wie er sie persönlich und gesellschaftlich erfahren hatte. Bereits
 1901 berichtet er über eine Arbeit zur Relativbewegung. In diese Zeit fallen auch seine
 Bemühungen darum, die Existenz der Atome nachweisen zu können. Das besonders durch
 Mach angeregte historisch-kritische Studium der Physik hatte reiche Früchte getragen.

In Einsteins Krisendarstellung der Physik geht es ihm zunächst um die *Hervorhebung
 allgemeiner Gesichtspunkte*, nach denen physikalische Theorien überhaupt kritisiert wer-
 den 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:

1. Mit der **Kritik der Mechanik unter dem Aspekt der inneren Vollkom-
 menheit** knüpft Einstein an die philosophische Tradition des Rationalismus an,
 der heute spezieller unter dem Titel Kohärenztheorie der Wahrheit diskutiert wird.
 Demgemäß ergeben sich für ihn *ernste Bedenken* bei der *Einverleibung der Wellen-
 optik* in die Mechanik. Zudem nötige die Faraday-Maxwellsche 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 phi-
 losophischen Tradition des Empirismus, der wahrheitstheoretisch gewendet als Kor-
 respondenztheorie der Wahrheit diskutiert wird. Einstein bezieht sich zunächst auf
 die positivistische Newton-Kritik Machs. Nach ihm seien *alle starren Koordinaten-
 systeme* als *gleichwertig* anzusehen und die *Trägheit* sei *auf die Wechselwirkung der
 (schweren) Massen zurückzuführen* (*Machsches Prinzip*). Weiter stört Einstein die
 Primitivität der mechanischen Basis: die Bewegungsgesetze seien zwar präzise, aber
 leer. Die Kraftgesetze böten einen *Spielraum für Willkür*. Diese *Bewährungsgesichts-
 punkte* hätten Konsequenzen für die Kohärenz der Theorie: es verschwänden die Un-
 symmetrien zwischen träger und schwerer Masse sowie potentieller und kinetischer
 Energie.
3. **Allgemeine thermodynamische Prinzipien**, wie den 2. Hauptsatz, *als Maß-
 stab 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 Planckschen Strahlungsgesetzes*, die sowohl der Mechanik als auch der Elektrodynamik widersprächen. Es ergäben sich Konsequenzen für die *Struktur der Strahlung* wie für ein alternatives *elektromagnetisches Fundament der Physik*.

Nachdem Einstein 1902 eine Anstellung im Berner Patentamt gefunden hatte, die ihn nicht sonderlich anstrengte, konnte er nebenbei frei seinen kritischen Erkenntnisinteressen folgen und die Grenzen seiner Themata ausreizen, d.h. nach Ordnung und Gewissheit, Einheitlichkeit und Einfachheit streben. Sein **Forschungsprogramm** bestimmten auch naturphilosophische Überlegungen; ging es ihm doch in der Regel um das Grundsätzliche. Stets bemühte er sich um eine Grundlegung der Theorien durch wenige fundamentale Prinzipien. Mit ungewöhnlicher physikalischer Intuition und möglichst einfacher mathematischer Beweisführung arbeitete er die Unstimmigkeiten und Gültigkeitsgrenzen der Theorien heraus und bemühte sich nach seinem *Maßstab der Vollkommenheit* um eine Vereinfachung und Vereinheitlichung des physikalischen Theoriengebäudes. Unstimmigkeiten sah er in den Symmetriebrüchen der mathematischen Strukturen und die Gültigkeitsgrenzen der Theorien sollten seinen kosmischen Visionen gemäß möglichst weit hinaus geschoben werden. Die Durchbrüche in seiner berühmten **Trilogie** von 1905 gelangen ihm jeweils in den kritischen Übergangsbereichen zweier Theorien: Die *Relativitätstheorie* ergab sich aus Mechanik und Elektrodynamik, die *Photonenhypothese* aus Thermodynamik und Quantentheorie und der Nachweis der Atome durch die *Brownsche Bewegung* aus der Mechanik und der statistischen Physik. Einsteins Arbeiten handeln immer auch ein wenig von ihm selbst und bleiben klassischen Vorbildern verhaftet, die er in kongenialer Weise weiterführt.

Anlässlich seiner Aufnahme in *Die Kaiserlich Deutsche Akademie der Naturforscher zu Halle*, hatte Einstein 1932 eine kurze Selbstbiographie zu schreiben: *Ich bin in Ulm als Sohn jüdischer Eltern am 14. März 1879 geboren. Mein Vater war Kaufmann, zog bald nach meiner Geburt nach München, später 1893 nach Italien.* Bemerkenswert an diesem Beginn ist sein Selbstbewusstsein, das er zeigt, indem er 1932 ausdrücklich darauf hinweist Jude zu sein. Von reaktionären und nationalsozialistischen Akademiemitgliedern wurde das als Provokation empfunden. Nach der knappen Schilderung seines schulischen und universitären Werdegangs hebt er hervor: *Seit 1914 bin ich bezahltes Mitglied an der Preuss. Akademie d. Wissensch. in Berlin und kann mich ausschließlich der wissenschaftlichen Forschungsarbeit widmen.* Das war ganz nach seinem Geschmack, eine Forschungstätigkeit ohne Lehrverpflichtung. Zurückgezogen in seiner *Bärenhöhle* im Turmzimmer des Instituts konnte er sich ungestört seinen Studien widmen. Unter seinen zahlreichen Veröffentlichungen zählt er die wichtigsten zu folgenden Themen auf:

Brownsche Bewegung (1905)
Theorie der Planckschen Formel und der Lichtquanten (1905, 1917)
Spezielle Relativitätstheorie und Trägheit der Energie (1905)
Allgemeine Relativitätstheorie 1916 und später
Ferner sind Arbeiten über die thermischen Schwankungen zu erwähnen
sowie eine 1917 mit Prof. W. Mayer verfasste Arbeit über die einheitliche Natur von
Gravitation und Elektrizität.

Mit seiner Arbeit zur Brownschen Bewegung hatte er die **Theorie stochastischer Prozesse** in die Physik eingeführt und eine experimentelle Überprüfung der atomistischen Struktur der Materie allererst ermöglicht. Seine Analyse des Planckschen Strahlungsgesetzes schwarzer Körper hatte 1905 die implizite Annahme von Feldquanten des elektromagnetischen Feldes zutage gefördert und kann als erste Vorarbeit zur später so erfolgreichen **Quantenfeldtheorie des Standardmodells** angesehen werden. In seiner weitergehenden Analyse der Planckschen Formel von 1917 führte er die Schwarzkörperstrahlung auf elementare, zufällige Emission- und Absorptionsprozesse in den Atomen zurück. Dabei machte er die Annahme einer auch induzierten Emission; hatte also nichts geringeres als die erste **LASER-Theorie** formuliert! In seiner 1905 veröffentlichten speziellen Relativitätstheorie reformulierte er auf der Grundlage zweier (spezieller) Prinzipien die gesamte **Elektrodynamik**. Unter Zugrundelegung zweier (allgemeiner) Prinzipien vollendete Einstein 1916 mit der allgemeinen Relativitätstheorie die **Gravitationstheorie** Newtons in einem visionären Entwurf, der die Energieverteilung im Universum wechselwirkend mit der vierdimensionalen Raumzeit-Krümmung in Beziehung setzte. Mit der bescheidenen Erwähnung seiner **Arbeiten über die thermischen Schwankungen** sind seine Grundlagenarbeiten zur statistischen Mechanik gemeint, dann seine quantentheoretische Behandlung der spezifischen Wärme von Festkörpern und zur Quantenstatistik der *Bosonen*. An einer **Vereinheitlichung von Gravitation und Elektromagnetismus** im Rahmen seiner Theorie ist er aber gescheitert, obwohl er sich bis an sein Lebensende immer wieder damit beschäftigte. Das Problem ist bis heute ungelöst.

Wichtig für das Verstehen der Relativitätstheorie ist ihr Bezug auf Invarianzforderungen. Einstein ging es nicht um einen naiven Relativismus, sondern gerade umgekehrt darum, möglichst weitgehend von der Wahl des Bezugssystems unabhängige und im gesamten Universum gültige physikalische Gesetze zu formulieren. Der Unabhängigkeit der Gesetze vom Bezugssystem entspricht dabei die jeweilige Invarianz des Formalismus von der Raum-Zeit-Transformation. In seiner 1905 veröffentlichten Arbeit **Zur Elektrodynamik bewegter Körper** bereinigte er die Theorie von *Asymmetrien*, indem er von zwei Prinzipien ausging: das *Prinzip der Relativität* und das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Nach dem *Relativitätsprinzip* sollten *für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektromagnetischen und optischen Gleichungen gelten*. Mit Blick auf eine Grundlegung der physikalischen Theorien nahm Einstein also die Elektrodynamik zum Vorbild einer Revision der Mechanik.

Zusammenfassend lassen sich aus der Reformulierung der Elektrodynamik folgende Konsequenzen ziehen:

- Raum und Zeit sind nicht unabhängig voneinander. Sie bilden ein vierdimensionales Kontinuum (Minkowski Raum).
- Es gibt keine Gleichzeitigkeit distanter Ereignisse, also auch keine unmittelbare Fernwirkung (Lokalitätsprinzip).
- Es gibt eine konstante Grenzggeschwindigkeit (vgl. das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit). Geschwindigkeiten addieren sich nach folgendem *Additionstheorem*:

$$v_r = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

- Bewegte Maßstäbe werden verkürzt (Lorentz-Kontraktion). Bewegte Uhren gehen langsamer (Einstein-Dilatation). Die von einer mitbewegten Uhr gemessene Zeit eines Körpers wird seine *Eigenzeit* genannt.
- Energie E und Frequenz ν eines Lichtkomplexes sind proportional (vgl. Photonenhypothese).
- Magnetische Kräfte erwachsen relativ zueinander bewegten Ladungen.
- Der Raum-Zeit-Umkehrinvarianz entspricht die Energie-Impuls-Erhaltung.
- Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt: $E = mc^2$.

Je nach **Invarianzforderung** entstehen die jeweiligen Geometrien, die eine je verbesserte Zuordnung zu den Naturobjekten zulassen:

Von der Erlebnisinvarianz zur Relativitätstheorie		
Invarianz	Geometrie	Theorie
Erlebnisinvarianz	Anschauungsraum	Gesunder Menschenverstand
Galilei-Invarianz	Euklidische Geometrie	Newtonsche Mechanik
Lorentz-Invarianz	Minkowskische Geometrie	Spez. Relativitätstheorie
Einstein-Invarianz	Riemannsche Geometrie	Allgem. Relativitätstheorie

Die Invarianzforderungen sind das entscheidende Kriterium für den Strukturreichtum der Geometrie wie der physikalischen Theorie. Dabei ist hervorzuheben, dass die Invarianzforderung der SRT in Verbindung mit der Gruppeneigenschaft (sowie Homogenität und Isotropie) der Bezugssystems-Transformationen die Existenz einer endlichen Grenzggeschwindigkeit für Naturobjekte zur Folge hat!

Die Gründe für eine Erweiterung der SRT zur ART folgert Einstein in den **Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie** von 1916 aus einem *schwerwiegenden erkenntnistheoretischen Argument* und einer *wohlbekannten physikalischen Tatsache*: dem Machschen Prinzip und dem Äquivalenzprinzip. Damit das *Kausalitätsgesetz* in der Mechanik wirklich gelte, fordert er im allgemeinen Relativitätsprinzip: *Die Gesetze der Physik müssen so beschaffen sein, daß sie in bezug auf beliebig bewegte Bezugssysteme gelten.* Und da uns *die Erfahrung die Existenz eines Kraftfeldes (nämlich des Gravitationsfeldes) gelehrt habe, welches die merkwürdige Eigenschaft hat, allen Körpern dieselbe Beschleunigung zu erteilen,* sehe man daß *die Durchführung der allgemeinen Relativitätstheorie zugleich zu einer Theorie der Gravitation führen muß; denn man kann ein Gravitationsfeld durch bloße Änderung des Koordinatensystems „erzeugen“.* Die mathematische Präzisierung des allgemeinen Relativitätsprinzips läuft dann auf die Forderung hinaus: *Die allgemeinen Naturgesetze sind durch Gleichungen auszudrücken, die für alle Koordinatensysteme gelten, d.h. die beliebigen Substitutionen gegenüber kovariant (allgemein kovariant) sind.* Diese *Invarianzforderung* bzgl. beliebiger Koordinatensysteme bildet den Kern der gesamten Theorie und wird auch **Einstein-Invarianz** genannt. Da die ART zugleich Raum-Zeit-Theorie, Gravitationstheorie und Kosmologie sowie den Maßstab der Vollkommenheit für physikalische Theorien schlechthin abgibt, ist sie zum Modellfall für die gesamte Physik des 20. Jahrhunderts geworden: *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.* Als Gravitationstheorie modifiziert die ART Raum und Zeit nicht nur in Abhängigkeit der Geschwindigkeit, sondern auch als Folge der Gravitation.

Einsteins verschiedene Versuche, durch Abwandlungen der Geometrie, eine vereinheitlichte Feldtheorie zu formulieren, können bei Pais nachgelesen werden. Bis zu seiner letzten, nichtsymmetrischen Feldtheorie, ist es ihm aber nicht einmal gelungen, zumindest die Maxwell'schen Gleichungen für das freie elektromagnetische Feld aus seinen erweiterten Theorien der Gravitation herzuleiten. Die Physiker Wheeler und Wisner haben 1957 eine *Geometrodynamik* ins Werk gesetzt, in der die Massen und Ladungen der Materie als topologische Knoten der Raumzeit angesehen werden können und insofern eine rein geometrische Feldtheorie formuliert, die ohne singuläre Feldquellen auskommt. 1965 hat dann der Mathematiker Penrose unter sehr allgemeinen und damit höchst wahrscheinlichen kosmologischen Randbedingungen bewiesen, daß Singularitäten der Raumzeit in der ART unvermeidbar seien. Derartige **schwarze Löcher** müssen demnach im Universum weit verbreitet sein. Viele indirekte Hinweise konnten bisher gesammelt werden, auch auf ein schwarzes Loch im Zentrum unserer Milchstraße. Neben schwarzen Löchern sagt die ART auch die Existenz von Gravitationswellen voraus. Aus dem exakt gemessenen Energieverlust der Rotation von Doppelsternen umeinander, konnte mit der phantastischen Genauigkeit von 14 Dezimalstellen im Rahmen der ART indirekt auf eine Abstrahlung von Gravitationswellen geschlossen werden. Ein weiterer Triumph der ART ist im GPS zu sehen, mit dem Objekte auf der Erde auf weniger als einen Dezimeter genau geortet werden können. Mit dem *differentiellen GPS* sind sogar schon zentimetergenaue Positio-

nierungen möglich. Neben ihrer herausragenden Bedeutung für die Kosmologie hat sich die ART damit auch in einem praktisch nützlichen Alltagsbereich bewährt.

Die Bedeutung der Genauigkeit der vielen Dezimalstellen in den Berechnungen der quantitativen Naturforschung zeigen auch die Folgerungen der **Quantentheorie** (QT), bildet sie doch die Grundlage der Elektronik, Nanotechnologie und Informationstechnik. In der technischen Anwendung des GPS sind ART und QT nicht theoretisch fundiert, aber auf praktisch nützliche Weise vereint. Funktionierende technische Anwendungen genügten natürlich nicht den visionären kosmologischen Ansprüchen des weltweisen Genies nach einem grundlegenden Verständnis der vereinheitlichten Feldtheorie aus ersten Prinzipien. Einstein hatte bereits einige Jahre darüber nachgedacht, als er der *Preußischen Akademie* 1923 einen Artikel vorlegte mit der Frage: *Bietet die Feldtheorie Möglichkeiten für die Lösung des Quantenproblems?* Seine Antwort läßt nicht lange auf sich warten: *Ganz gewiß, wir müssen nur die Feldvariablen durch Feldgleichungen „überbestimmen“.* So wie in seiner Gravitationstheorie und in der Maxwellschen Elektrodynamik sollten auch in der vereinheitlichten Feldtheorie aller Naturerscheinungen die Ereignisse durch Differentialgleichungen im Einklang mit ihren Anfangsbedingungen auf einer raumartigen Fläche kausal bestimmt sein. Die diskreten Quantenbedingungen hatten sich in dieses Schema einzufügen. Für sein Programm der **Überkausalität** durch überbestimmte Feldvariable fordert der Klassiker folgende Voraussetzungen:

1. Allgemeine Kovarianz wie in der ART,
2. Übereinstimmung mit Gravitationstheorie und Elektrodynamik,
3. Statische, sphärisch symmetrische Lösungen für die Materiegleichungen der Elementarteilchen, die die Felder überbestimmen.

Unter diesen Voraussetzungen *dürfen wir hoffen, daß durch diese Gleichungen auch das mechanische Verhalten der singulären Punkte (Elektronen) mitbestimmt wird, daß auch die Anfangszustände des Feldes und der singulären Punkte einschränkende Bedingungen unterworfen wird.* Im Gegensatz zu seinen (modernen) Fachkollegen forderte der Klassiker Einstein keine Abschwächung, sondern eine Verstärkung des Kausalprinzips. 1929 hebt er in *Forschungen und Fortschritte* gegenüber der *Subkausalität* einer *Beschränkung auf statistische Gesetze* die *Überkausalität* seiner Feldtheorie hervor: *Das Naturgeschehen scheint so weitgehend determiniert zu sein, daß nicht nur die zeitliche Folge, sondern auch noch der Anfangszustand weitgehend gesetzlich gebunden ist. Diesem Gedanken glaubte ich durch Aufsuchen überbestimmter Systeme von Differentialgleichungen Ausdruck geben zu müssen.* Mit der Aufgabe, die *Feldgleichungen für das totale Feld zu finden*, ist der Physiker allerdings Zeit seines Lebens nicht fertig geworden.

Die Suche nach einer vereinheitlichten Feldtheorie aus kontinuierlich-deterministischer Elektrodynamik und Gravitationstheorie sowie diskret-statistischer Thermodynamik und Quantentheorie ist bis heute Gegenstand intensiver Forschungen geblieben. Im Fortgang

seiner Entwicklung der speziellen zur allgemeinen Relativitätstheorie hatte sich Einstein vom Positivisten zum Klassiker geläutert. Fortan gehörte er zu denen, vor denen er früher immer gewarnt hatte, wie er selber lästerte. Jedenfalls erschien ihm die im **Seienden verkörperte Vernunft**, dargestellt in einer deterministisch-kausalen, kontinuierlich-holistischen Feldtheorie als das visionäre Ziel seines Strebens. Seiner Vision folgten allerdings nur noch wenige, darunter De'Broglie und Schrödinger, Bohm und Bell sowie 't Hooft.

Die jungen Physiker-Generationen folgten in der Regel der instrumentell-positivistischen Sichtweise der Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik, die von Bohr und Heisenberg zur modernen Physik erklärt worden war. Dabei gibt es interessante Parallelen zwischen Kopenhagener- und Frankfurter Schule, die beide unter ähnlichen politischen Bedingungen in der Weimarer Republik entstanden waren. So forderten die kritischen Theoretiker der **Frankfurter Schule** frühzeitig, Sprachkritik durch Gesellschaftskritik zu ersetzen und die Verengung auf *Spielmarkenlogik* und *subjektlose Erfahrung* durch eine *Dialektik* von Sozialphilosophie und Sozialforschung zu erweitern. Neben empirischen Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Faschismus und autoritärem Charakter, ging es den Dialektikern auch darum, *aus den Spuren des unterdrückten Dialogs das Unterdrückte zu rekonstruieren*, wie Habermas es einmal formulierte. Als Beispielfall ließe sich die Überlieferung des Atomismus von Demokrit über Epikur und Lukrez bis hin zu Bruno und Gallilei anführen.

Ähnlich wie die Dialektiker aus Frankfurt, kritisierten die Komplementaristen der **Kopenhagener Schule** den naiven Realismus und Objektivismus der traditionellen Physik. Denn für Heisenberg war es offensichtlich, dass die Objektivierung der Messergebnisse inkommensurabler Größen nur um den Preis einer prinzipiellen Unbestimmtheit zu haben sei. Die Kopenhagener richteten fortan ihr Augenmerk auf die Analyse des Messprozesses und suchten die Interpretationsprobleme des quantenmechanischen Formalismus durch eine *Komplementarität* von Naturphilosophie und Physik zu lösen. Die aus intensiven Diskussionen, insbesondere zwischen Bohr und Heisenberg, hervorgegangene **Kopenhagener Interpretation** (KI) kann in fünf Hauptpunkte zusammengefaßt werden:

- KI1 Positivismus:** Die Quantentheorie bezieht sich auf das atomare Naturgeschehen, wie es sich zeigt, wenn es mit realisierbaren Messgeräten untersucht wird.
- KI2 Wahrscheinlichkeit und Wissen:** Die Zustandsfunktion zur Beschreibung eines atomaren Systems meint lediglich die Wahrscheinlichkeitsamplitude, mit der Systemzustände sich entwickeln. Sie beinhaltet nur das Wissen, das wir von einem System haben können.
- KI3 Unbestimmtheitsprinzip:** Die methodische Forderung, Objekte zu beschreiben, hat eine Unschärfe in der Voraussage inkommensurabler Eigenschaften dieser Objekte zur Folge.
- KI4 Korrespondenz und Komplementarität:** Quantenzustände atomarer Systeme müssen mit Begriffen und Verfahren der klassischen Physik ausdrückbar sein. Die

Individualität und Totalität der Quantenzustände hat eine Komplementarität und Unbestimmtheit der klassischen Begriffe und Verfahren zur Folge.

KI5 Abgeschlossenheit und Einheit: Physikalische Theorien sind im Rahmen ihrer Geltungsbereiche abgeschlossen. Korrespondenzregeln zwischen ihnen vermitteln Übergänge. Die erlebte Einheit der Natur sollte in der Einheit der Physik ausdrückbar sein.

Frei nach Horkheimer ließe sich ergänzen: Es gibt nun ein menschliches Verhalten, das die Natur selbst zu seinem Gegenstand hat. Dieses Verhalten wird im folgenden als das „kritische“ bezeichnet. Das Wort wird hier weniger im Sinn der idealistischen Kritik der reinen Vernunft als in dem der komplementären Kritik der Quantentheorie verstanden. Es bezeichnet eine wesentliche Eigenschaft der komplementären Theorie der Natur. Folgende Besonderheiten sind hervorzuheben:

Kritische Theorie

gibt dem blinden Zusammenwirken der Quantenzustände eine vernünftige Interpretation; misst die als Zufall erscheinende Übereinstimmung zwischen Denken und Sein am Verhältnis vernünftiger Absicht und Verwirklichung;

hält das Verhältnis von Subjekt, Theorie und Gegenstand nicht für unveränderlich;

entnimmt der Naturgeschichte die Idee einer vernünftigen, der Allgemeinheit entsprechenden Einheit der Natur, die der Wechselwirkung bereits immanent ist;

Im Anschluss an die Unterscheidung zwischen System- und Handlungs- bzw. Wechselwirkungsebene, sehen kritische Sozialphilosophie und moderne Physik die Handlungszusammenhänge der Menschen bzw. die Wechselwirkungen der Atome mit Blick auf eine vernünftige Einheit der Gesellschaft bzw. Natur. Die Sicht des (kritischen) Klassikers Einstein dagegen folgt den allgemeinen Prinzipien der Systemebene, die den Handlungen bzw. den Wechselwirkungen gleichsam einen vernünftigen Rahmen vorgeben.

Die mit viel Wirbel und Propaganda zur *Modernen Physik* aufgebauchte **Kopenhagener Deutung** der Quantenmechanik machte aus der Not, es nur mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu tun zu haben, die Tugend, dass es sich dabei lediglich um das *Wissen* handelte, das wir von einem atomaren System haben könnten. Dieses Wissen musste darüber hinaus die gesamte physikalische Situation des Experiments umfassen und garantierte insofern Vollständigkeit. Die Ergänzung der *Wissensfunktion* als Lösung der Zustandsgleichung durch Teilchenbahnen als Wirkung eines Quantenpotentials wurde damit überflüssig. Der Mathematiker von Neumann brachte die Quantenmechanik 1932 in eine mathematische Form, die bis heute Bestand hat und von den Abweichlern gerne als *orthodox* bezeichnet wird. Die atomaren Zustände werden darin als Vektoren in einem hochdimensionalen, komplexen Zustandsraum, dem Hilbertraum, dargestellt. Die Messoperatoren werden zu selbstadjungierten Operatoren, die auf die Zustandsvektoren

anzuwenden sind, deren Dynamik durch unitäre Transformationen beschrieben wird. Als Wahrscheinlichkeitsmaß fungiert die Summe der Betragsquadrate der Eigenwerte bei der Entwicklung der Zustandsvektoren nach dem vollständigen System von Eigenfunktionen der Messoperatoren. Einem Theorem Gleasons zufolge ist ein solches Wahrscheinlichkeitsmaß sogar das einzig mögliche im Hilbertraum.

Von Neumann verfolgte 1932 mit seiner mathematisch rigorosen Formulierung der Quantenmechanik aber noch ein weiteres Ziel. Er wollte die Möglichkeit einer Ergänzung seiner Darstellung durch *verborgene Variablen* ausschließen. Dazu konnte er innerhalb seines Formalismus einen strengen mathematischen Beweis führen. Sein Beweis enthielt jedoch eine wesentliche, physikalisch unsinnige, Voraussetzung und wurde von den Physikern, die sich die Mühe machten, ihn nachzuvollziehen, nicht ernst genommen. 1935 trat Einstein wieder auf den Plan. Die Einfachheit und Reichhaltigkeit seiner Feldgleichungen blieben ihm zeitlebens die weitestgehenden Annäherungen an die *Größe der im Seienden verkörperten Vernunft*. Die *moderne Quantenlehre* dagegen führte er mit seinen Kollegen Podolsky und Rosen in eine Paradoxie, indem sich die Autoren fragten: **Kann man die quantenmechanische Beschreibung der physikalischen Wirklichkeit als vollständig betrachten?** Folgende Kurzfassung stellten die Physiker ihrer in den *Phys. Rev.* veröffentlichten Arbeit voran: *In einer vollständigen Theorie gibt es zu jedem Element der Realität stets ein entsprechendes Element. Eine hinreichende Bedingung für die Realität einer physikalischen Größe ist die Möglichkeit sie vorherzusagen, ohne das System zu stören. In der Quantenmechanik schließt im Falle von zwei physikalischen Größen, die durch nicht-kommutierende Operatoren beschrieben werden, das Wissen von der einen das Wissen von der anderen aus. Damit ist entweder (1) die Beschreibung der Realität, die durch die Wellenfunktion in der Quantenmechanik gegeben wird, nicht vollständig oder (2) diesen beiden Größen kann nicht gleichzeitig Realität zukommen. Die Betrachtung des Problems, Vorhersagen bezüglich eines Systems auf der Grundlage von Messungen zu machen, die an einem anderen System, das zuvor mit dem ersteren in Wechselwirkung stand, ausgeführt wurden, führen zu dem Ergebnis, daß wenn (1) falsch ist, dann auch (2) falsch ist. Man wird so zu dem Schluß geführt, daß die Beschreibung der Realität, wie sie von der Wellenfunktion geleistet wird, nicht vollständig ist.* Das saß! Die Autoren (EPR) messen die Quantenmechanik (QM) an dem Realismus, der Lokalität und der Vollständigkeit der SRT. Unter der Voraussetzung des Realitätskriteriums kann die QM nur entweder nichtlokal oder unvollständig sein. Die Preisgabe des Realitätsprinzips wäre für Einstein einem Abgleiten in die unwirklich-illusionäre Theorie von *Gespensterfeldern* gleichgekommen. Da er Realismus und Lokalität für unabdingbar hielt, stand die Quantenmechanik für ihn weiterhin in dem Ruch, unvollständig zu sein.

Kritische Wissenschaftler reflektieren ihr Denken und Handeln und so hat sich auch Einstein neben seiner fruchtbaren und kreativen Forschungsarbeit immer wieder zur Wissenschaftsphilosophie und Erkenntnistheorie der Physik geäußert. In seiner Antrittsrede vor der *Preußischen Akademie der Wissenschaften* behandelt Einstein 1914 die **Prinzipien der theoretischen Physik**. Das Programm der allgemeinen Relativitätstheorie ist formuliert; der Durchbruch zu einer logisch geschlossenen Form steht aber noch aus:

Die Methode des Theoretikers bringt es mit sich, daß er als Fundament allgemeine Voraussetzungen, sogenannte Prinzipie, braucht, aus denen er Folgerungen deduzieren kann. Seine Tätigkeit zerfällt also in zwei Teile. Inspiration beim Finden der Prinzipien und Transpiration beim Herleiten der Folgerungen. Bei der Suche nach den Prinzipien gebe es keine erlernbare Methode, die zum Ziele führt. Der Forscher muß vielmehr der Natur jene allgemeinen Prinzipie gleichsam ablauschen, indem er an größeren Komplexen von Erfahrungstatsachen gewisse allgemeine Züge erschaut, die sich scharf formulieren lassen. Dazu gehören die Hauptsätze der Thermodynamik (Energieerhaltung, Entropiezunahme) ebenso wie die Relativitätsprinzipien in der Elektrodynamik und Gravitationstheorie. In der Quantentheorie dagegen fehle es an Prinzipien: So unzweifelhaft auch erwiesen ist, daß wir die Wärme auf Molekularbewegung zurückzuführen haben, so müssen wir heute doch gestehen, daß wir den Grundgesetzen dieser Bewegung ähnlich gegenüberstehen wie die Astronomen vor Newton den Bewegungen der Planeten. Einstein fahndete beharrlich nach einer Ebene von Ordnung und Gewissheit, die dem Chaos und der Wahrscheinlichkeit auf molekularem Niveau unterliegen müsse.

1918 äussert Einstein **Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie**, indem er drei Hauptgesichtspunkte hervorhebt:

1. *Relativitätsprinzip*: Die Naturgesetze sind nur Aussagen über zeiträumliche Koinzidenzen; sie finden deshalb ihren natürlichen Ausdruck in allgemein kovarianten Gleichungen.
2. *Äquivalenzprinzip*: Trägheit und Schwere sind wesensgleich. Der symmetrische Fundamentaltensor ($g_{\mu\nu}$) repräsentiert damit nicht nur die metrischen Eigenschaften, sondern auch das Trägheitsverhalten der Körper und die Gravitationswirkungen.
3. *Machsches Prinzip*: Das Gravitationsfeld ist *restlos* durch die Massen der Körper bestimmt.

Anlässlich des 60. Geburtstages Max Plancks äußert er sich in der Festrede zu den **Prinzipien der Forschung**. Darin kommt er auf den Beitrag des theoretischen Physikers zum **Weltbild** zu sprechen und folgert: *Höchste Aufgabe der Physiker ist also das Aufsuchen jener allgemeinen elementaren Gesetze, aus denen durch reine Deduktion das Weltbild zu gewinnen ist. Zu diesen elementaren Gesetzen führt kein logischer Weg, sondern nur die auf Einfühlung in die Erfahrung sich stützende Intuition.* Obwohl kein logischer Weg von den Wahrnehmungen zu den Prinzipien führe, wirke die *prästabilierte Harmonie* dennoch einschränkend genug, um nicht im Sumpf der Willkür und Beliebigkeit zu versinken. Von Leibniz zieht er dann den Bogen zu Planck: *Die Sehnsucht nach dem Schauen jener prästabilierten Harmonie ist die Quelle der unerschöpflichen Ausdauer und Geduld, mit der wir Planck den allgemeinsten Problemen unserer Wissenschaft sich hingeben sehen.* ... Eingedenk der von Planck versuchten Rückführung des Wirkungsquantums auf die *Vakuumfluktuationen der Nullpunktenergie* beschließt Einstein seine Rede mit dem Appell: *Möge es ihm gelingen, die Quantentheorie mit der Elektrodynamik und*

Mechanik zu einem logisch einheitlichen System zu vereinigen.

Als Antrittsrede zur Übernahme einer Professur an der Universität Leiden spricht Einstein 1920 über **Äther und Relativitätstheorie**. 1921 greift er in einer Festrede anlässlich der traditionellen Geburtstagsfeier für Friedrich den Großen in Berlin unter dem Titel **Geometrie und Erfahrung** das Problem mit der Geometrie in der Physik auf. 1905 hatte er den Äther in der Elektrodynamik überflüssig gemacht, 1915 dann aber wieder implizit eingeführt. Denn was war das Medium der Gravitationswellen, der *Raumzeit-Verzerrungen*, die durch stark veränderliche Energiedichten hervorgerufen wurden und sich mit Lichtgeschwindigkeit im Universum ausbreiteten? Die *Raumzeit-Metrik* bestimmt dabei zugleich Geometrie und Gravitation und legt damit auch den wechselseitigen Zusammenhang zwischen Energiedichte und *Raumzeit-Krümmung* fest. In ungewöhnlich vager Ausdrucksweise stellt Einstein fest: *Der Äther der allgemeinen Relativitätstheorie ist ein Medium ohne mechanische und kinetische Eigenschaften, das jedoch die mechanischen und elektromagnetischen Ereignisse mitbestimmt.* Geometrie und Raumzeit waren gleichsam physikalisiert und in dem allumfassenden physischen Wirkungszusammenhang des Kosmos einbezogen worden. Und so nimmt es nicht wunder, dass er sich reflektierend fragt: *Wie ist es möglich, daß die Mathematik, die doch ein von aller Erfahrung unabhängiges Produkt des menschlichen Denkens ist, auf die Gegenstände der Wirklichkeit so vortrefflich paßt. Kann denn die menschliche Vernunft ohne Erfahrung durch bloßes Denken Eigenschaften der wirklichen Dinge ergründen? Hierauf ist nach meiner Ansicht kurz zu antworten: Insofern sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.* Einstein schlägt deshalb vor, von der *rein axiomatischen Geometrie* der Mathematiker eine *praktische Geometrie* für Physiker abzugrenzen. Um dies zu bewerkstelligen, brauche man im Falle der euklidischen Geometrie nur den Satz hinzuzufügen: *Feste Körper verhalten sich bezüglich ihrer Lagerungsmöglichkeiten wie Körper der euklidischen Geometrie von drei Dimensionen; dann enthalten die Sätze der euklidischen Geometrie Aussagen über das Verhalten praktisch starrer Körper.* Und er folgert: *Die so ergänzte Geometrie ist offenbar eine Naturwissenschaft.* Im Gegensatz zum *Konventionalismus* seiner frühen Phase, hält er die Frage nach der *wahren Geometrie* des Universums nunmehr für empirisch entscheidbar. Ob das nicht genau genommen ein Zirkelschluß sei, der auch nicht durch Verweis auf eine *prästabilierte Harmonie* entschärft werden könne, wird unter Wissenschaftstheoretikern bis heute kontrovers diskutiert. *Selbstkonsistenzverfahren* stehen dabei der methodischen Forderung nach einem schrittweisen und zirkelfreien Vorgehen beim Aufbau der Theorie gegenüber.

Über das **Das Raum-, Äther und Feldproblem der Physik** hat sich Einstein 1930 im *Forum Philosophicum* geäußert. Nach einleitenden Bemerkungen, die sich gegen eine apriorische Auffassung im Sinne Kants wenden, fasst der Physiker seine Überlegungen wie folgt zusammen: *Vom Sinneserlebnis aus betrachtet scheint ... die Entwicklung des Raumbegriffes an folgendes Schema gebunden zu sein: körperliches Objekt; Lagebeziehungen körperlicher Objekte; Zwischenraum; Raum. Der Raum erscheint bei dieser*

Betrachtungsweise als etwas in demselben Sinne Reales wie die körperlichen Objekte. Obwohl der Raum als etwas durchaus Reales angesehen werden könne, blieb der Raum im Bewußtsein der Physiker bis in die jüngste Zeit ausschließlich das passive Gefäß allen Geschehens, das am physikalischen Geschehen selbst keinen Anteil hatte. Die Kraftwirkungen vermittelte ein Äther, der den Raum erfüllte und die materiellen Korpuskeln beherbergte: Der Äther galt nur als Sitz aller über den Raum hinweg sich geltend machenden Kraftwirkungen. Seitdem man erkannt hatte, daß bewegte elektrische Massen ein magnetisches Feld erzeugen, dessen Energie ein Modell für die Trägheit abgab, erschien auch die Trägheit als eine im Äther lokalisierte Feldwirkung. Aber dunkel blieben vorerst die mechanischen Eigenschaften des Äthers. Unterschied er sich überhaupt vom Raum? Nur Riemanns Genie, unverstanden und einsam, rang sich schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Auffassung eines neuen Raumbegriffes durch, nach welchem dem Raum seine Starrheit abgesprochen und seine Anteilnahme am physikalischen Geschehen als möglich erkannt wurde. Im Rahmen der allgemeinen Relativitätstheorie wurde das metrische Feld dann zum Gravitationsfeld, mit dem der Äther wieder eingeführt werden konnte. Und so kommt Einstein auch auf den Grundcharakter der modernen Entwicklung der Theorie zu sprechen: Die Ausgangshypothesen werden nämlich immer abstrakter, erlebnisferner. Dafür kommt man aber dem vornehmsten wissenschaftlichen Ziele näher, mit einem Mindestmaß von Hypothesen oder Axiomen ein Maximum von Erlebnisgehalten durch logische Deduktion zu umspannen. Denn das mathematische Problem der allgemeinen Relativitätstheorie bestand darin, die einfachsten Bedingungsgleichungen zu finden, die invariant unter beliebigen kontinuierlichen Koordinatentransformationen blieben. Die Reichhaltigkeit der Folgerungen aus diesem einfachen Prinzip ist bis heute nicht ausgeschöpft.

Zur **Methodik der theoretischen Physik** hat sich Einstein ebenfalls 1930 geäußert. Das Credo seiner Naturphilosophie formuliert er nunmehr folgendermaßen: *Nach unserer bisherigen Erfahrung sind wir zum Vertrauen berechtigt, daß die Natur die Realisierung des mathematisch denkbar Einfachsten ist.* Und er hält sogar *in einem gewissen Sinn für wahr, daß dem reinen Denken das Erfassen des Wirklichen möglich sei, wie es die Alten geträumt haben.* Die Quantentheorie läuft seinem *reinen Denken* allerdings nach wie vor zuwider: *Ich glaube noch an die Möglichkeit eines Modells der Wirklichkeit, d.h. einer Theorie, die die Dinge selbst und nicht nur die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens darstellt.*

Im März 1936 erscheint in der Zeitschrift *The Journal of the Franklin Institute* der Aufsatz **Physik und Realität**. Im einleitenden Kapitel *Allgemeines über die wissenschaftliche Methode* grenzt sich der Kosmologe vom Psychologen ab, geht aber aus vom gleichermaßen erlebten Alltagsgeschehen: **Alle Wissenschaft ist nur eine Verfeinerung des Denkens des Alltags.** *Damit hängt es zusammen, daß die kritische Besinnung des Physikers sich nicht auf die Unterweisung der Begriffe seiner besonderen Wissenschaft beschränken kann, sondern daß er an der kritischen Betrachtung des viel schwierigeren Denkens des Alltags nicht achtlos vorbeigehen kann. Auf der Bühne unseres seelischen Erlebens erscheinen in bunter Folge Sinneserlebnisse, Erinnerungsbilder an solche, Vorstel-*

lungen und Gefühl. Im Gegensatz zur Psychologie beschäftigt sich die Physik (unmittelbar) nur mit den Sinneserlebnissen und dem „Begreifen“ des Zusammenhangs zwischen ihnen. Aber auch der Begriff der „realen Außenwelt“ des Alltagsdenkens stützt sich ausschließlich auf die Sinnesindrücke. Nachdem er die Begriffsbildungen im Denken von den Empfindungen im Erleben abgegrenzt hat, kommt er auf die *Begreiflichkeit der Welt* zu sprechen: *Daß die Gesamtheit der Sinneserlebnisse zu beschaffen ist, daß sie durch das Denken ... geordnet werden können, ist eine Tatsache, über die wir nur staunen, die wir aber niemals werden begreifen können. Man kann sagen: Das ewig Unbegreifliche an der Welt ist ihre Begreiflichkeit.* Erst komme die Intuition, dann die Wissenschaft; denn *die Verknüpfung der elementaren Begriffe des Alltags-Denkens mit Komplexen von Sinneserlebnissen ist nur intuitiv erfaßbar.* Der Wissenschaft gehe es dann um die *logische Einheitlichkeit* des Weltbildes wie um die *logische Einfachheit* seiner Grundlagen: *Ziel der Wissenschaft ist erstens die möglichst vollständige begriffliche Erfassung und Verknüpfung der Sinneserlebnisse in ihrer ganzen Mannigfaltigkeit, zweitens aber die Erreichung dieses Zieles unter Verwendung eines Minimums von primären Begriffen und Relationen.* Im Anschluss an eine Diskussion der physikalischen Grundbegriffe erscheint Einstein dann eines sicher: *Im Fundament einer konsequenten Feldtheorie darf neben dem Feldbegriff nicht der Partikelbegriff auftreten.* Und so fällt sein Urteil über die Quantenmechanik natürlich wieder abschätzig aus; denn sie sei *eine unvollständige Darstellung der wirklichen Gebilde, wenn auch die einzig zutreffende, welche sich auf die Grundbegriffe materieller Punkt und Kraft bauen lasse.* Abschließend zieht er die Konsequenz: *Der Unvollständigkeit der Darstellung entspricht aber notwendig der statistische Charakter (Unvollständigkeit) der Gesetzmäßigkeit.*

Weiter mit der Ausarbeitung einer Feldtheorie beschäftigt, die als Fundament der Physik taugen sollte, scheint Einstein im Mai 1940 zu resignieren. Jedenfalls läßt er den Ausgang der Kontroverse zwischen den Verfechtern einer kontinuierlich-deterministischen Feldtheorie und dem Mainstream einer diskontinuierlich-statistischen Korpuskulartheorie offen. Seinen Aufsatz über **Das Fundament der Physik** in der Zeitschrift *Science* beginnt er mit der Wiederholung seiner Maxime Ordnung statt Chaos: *Wissenschaft ist der Versuch, der chaotischen Mannigfaltigkeit der Sinneserlebnisse ein logisch einheitliches gedankliches System zuzuordnen.* Nach einer abwägenden Diskussion von Korpuskular- und Feldtheorie gesteht er sich dann ein, *daß wir eine allgemeine theoretische Grundlage der Physik, die man als logisches Fundament bezeichnen könnte, überhaupt nicht besitzen.* Die Feldtheorie versage in der molekularen Sphäre und die Quantentheorie scheitere an Realismus und Vollständigkeit. Da bleibt ihm nur mit Lessing der Trost, dass das Streben nach der Wahrheit köstlicher sei als deren gesicherter Besitz.

Einsteins klassisches Forschungsprogramm wird unterdessen zu einem neoklassischen Programm erweitert. Im **Forschungsprogramm der neoklassischen Physik** geht es darum, die Prinzipien der klassischen Physik wiederzubeleben und auch die Mikrophysik in natürlicher Weise der Alltagsrationalität zugänglich zu machen. Folgende Parolen könnten als Richtlinien dienen, um zu sehen, wie weit die **klassischen Prinzipien** zwingend

abgeschwächt werden müssen bzw. um zu prüfen, ob sie nicht vielleicht auch überzogen sind:

- Seinslehre statt Erkenntnistheorie!
- Realismus statt Positivismus!
- Objektivität statt Subjektivismus!
- Determinismus statt Wahrscheinlichkeit!
- Kausalität statt Zufälligkeit!
- Invarianz statt Relativismus!
- Ordnung statt Willkür!

Gegenwärtig unterfallen folgende drei Theorien dem neoklassischen Programm. Die Bohmsche Mechanik, die stochastische Elektrodynamik und die Quantengravitation (QG). Eine Vereinheitlichung von ART und QFT wird in der Theorie der **Quantengravitation** versucht. Lee Smolin hat in seiner lesenswerten populärwissenschaftlichen Einführung **Three Roads to Quantum Gravity** beschrieben, und zwar über die Thermodynamik schwarzer Löcher, die Stringtheorie und die Schleifen-Quantengravitation. Ist die *string theory* aus den Schwierigkeiten der QFT beim Verständnis der Kernkräfte hervorgegangen, entstammt die *loop quantum gravity* dem Versuch, die QM im Rahmen der ART zu verstehen. 100 Jahre nach Einsteins berühmter *Trilogie* zur Klärung der Ungereimtheiten in den physikalischen Theorien seiner Zeit, ist die Situation heute wieder ganz ähnlich. Dem damaligen Bemühen, die Existenz der Atome nachzuweisen und ihre Stabilität zu erklären, entspricht das heutige Ringen darum, die Existenz schwarzer Löcher nachzuweisen und aus ihrer Dynamik das Schicksal des Universums zu erahnen. Aus der Thermodynamik der Brownschen Bewegung zum Nachweis der Atome ist die Thermodynamik schwarzer Löcher geworden, für die Entropie und Wärmestrahlung nachgewiesen wurden. Aus dem Wechselwirkungsbild des Austausches von Bosonen zwischen Fermionen über die Kopplung von Eich- und Materiefeld in der QFT des Standard-Modells ist die supersymmetrische Wechselwirkung von Saiten (strings) hervorgegangen. Die Schwingungszustände geschlossener Strings liefern dabei auch noch die Gravitonen als Quanten des Gravitationsfeldes.

Aber erst mit der *loop quantum gravity* (LQG) wird wieder das Einsteinsche Reflexionsniveau der ART nach weitestgehender Koordinatenunabhängigkeit erreicht. Mathematiker nennen das auch *Invarianz unter Diffeomorphismen*. In der Stringtheorie ist die Raumzeit bloß ein fixer Hintergrund, ein passives Gefäß, vor dem oder in dem die wechselwirkenden Strings ihre Weltflächen gestalten. In der LQG wird die *background independence* der ART ernst genommen und die damit verbundene Dynamisierung der Raumzeit mit ihrer Quantisierung verbunden.

Lee Smolin hat kürzlich in einem Übersichtsartikel zum Forschungsstand unter der Frage: *How far are we from the quantum theory of gravity?* zwei Postulate der LQG formuliert:

1. *The quantum theory of gravity is the quantization of general relativity, or some extension of it, involving matter fields, such as supergravity.*
2. *The quantization must be done in a manner that preserves the background independence of classical general relativity, and hence exactly realizes diffeomorphism invariance.*

Als Hauptergebnis der LQG gilt ihm: *The states of the theory are known precisely. The Hilbert space $H^{diff eo}$ of spacially diffeomorphism invariant states of general relativity in $3 + 1$ dimensions has an orthonormal basis, whose elements are in one to one correspondence with the diffeomorphism equivalence classes of embeddings of certain labeled graphs, called spin networks.* Aus der geometrischen Struktur der *spin networks* auf dem Planck-Niveau folgt auch die von Beckenstein und Hawking semiklassisch ermittelte Proportionalität zwischen der Entropie und der Horizontfläche eines schwarzen Loches. So wie die statistische Analyse der Brownschen Bewegung auf die Existenz der Atome schließen ließ, steht die Entropie schwarzer Löcher im Einklang mit der Quantisierung des Raumes durch die *spin networks*. In Analogie zum quantisierten Magnetfluss in Supraleitern kann im Rahmen der LQG der durch die *spin networks* quantisierte „Raumfluss“ verstanden werden. Die „Flussströmung“ durch eine Fläche im Raum wird dabei mittels eines Linienintegrals über eine geschlossene Kurve bestimmt. Daher der Name *Schleifen-QG*. Da mit jeder Plancklänge von $10^{-33}cm$ ein „Raumbit“ verbunden werden kann, steckt in jedem cm^3 die gigantische Information von $10^{99}bit$! Der Flächenanteil von $10^{66}bit$ läßt den Informationsfluß im Raum beim „Planck-Computing“ weit über die schon phantastischen Möglichkeiten des „Quantum-Computing“ hinausgehen. Ist vielleicht sogar das ganze Universum ein gigantischer Computer, der mit den *spin networks* seines Raumes rechnet so wie wir mit den Nerven-Netzwerken unseres Gehirns denken? Momentan ist jedenfalls sehr viel Hirntätigkeit gefragt; denn die Analysen der Fluktuationen in der kosmischen Hintergrundstrahlung deuten darauf hin, dass rund 95% des (erfahrbaren) Universums nichtbaryonisch sind, d.h. nicht aus Elementarteilchen bestehen wie sie im Standardmodell vorkommen. Damit ist die Situation ähnlich wie vor 100 Jahren, als die Atome noch unbekannt waren und ihrer Entdeckung harrten.

Neben der kosmischen Erweiterung des Bewusstseins von der Plancklänge ($10^{-35}m$) bis hin zum Rand des Erfahrungshorizonts ($10^{28}m$) und des neoklassischen Forschungsprogramms, sind es folgende **philosophische Fragen** die seit Einstein teilweise sogar mit empirisch-analytischen Methoden behandelt werden:

Raum Welche Geometrie erwächst der Dynamik mikro- und makrophysikalischer Vorgänge? Warum ist der Raum dreidimensional?

Zeit Wie hängen psychologische, thermodynamische und kosmologische Zeit zusammen?

Endlichkeit Hat das Universum eine globale Raum-Zeit-Struktur? Ist die Zeit nur eine Illusion?

Atomismus Bestehen alle Stoffe aus kleinsten, unveränderlichen Teilchen?

Objektivität Zeigen sich in den physikalischen Größen die Dinge wie sie *an sich* sind?

Vollständigkeit Entsprechen *allen* Eigenschaften der Realität physikalische Größen der Theorie?

Kausalität Gehen die Ursachen den Wirkungen stets voran?

Determinismus Bestimmen Anfangsbedingungen und Gesetze vollständig den zukünftigen Wirkungsverlauf?

Chaos Haben *ähnliche* Ursachen *ähnliche* Wirkungen zur Folge?

Logik Ist eine Messtheorie innerhalb der klassischen Logik formulierbar?

Wahrheit Welche Kriterien garantieren die Wahrheit physikalischer Sätze?

Vereinheitlichung Wie lassen sich die physikalischen Theorien vereinheitlichen?

Die Anregung, alle **Wissenschaft** aus einer **Verfeinerung der Alltagspraxis** zu entwickeln, hat vom methodischen Konstruktivismus bis hin zum methodischen Kulturalismus geführt, der die kumulative Entwicklung technischer Innovationen zum Maßstab der Kulturhöhe gemacht hat. Dabei sind Handlungs- und Systemebene, Teilchen-Wechselwirkung und Kosmologie, im GPS gleichsam zu einer Synthese empirisch-praktischer und spekulativ-theoretischer Wissenschaft gelangt. Aus dem Zusammenhang von Himmelsbeobachtung und Feldbestellung sowie Seefahrt und Navigation ist über die Jahrtausende das erdumspannende Satellitennetz geworden, das heute den bereits automatisierten Ackerbau und das Reisen per Autopiloten ermöglicht.

5 Gegenwärtige Weltlage

Nach der Krisenbewältigung in der Physik komme ich zu Einsteins Beiträgen zur Welt-politik. In der BUND-Studie **Zukunftsfähiges Deutschland** werden folgende Großer-eignisse hervorgehoben, die Ende des letzten Jahrhunderts wirksam wurden: *Der Fall der Berliner Mauer und das Ende der bipolaren Welt, der wirtschaftliche Aufstieg Asiens und der verschärfte Standortwettbewerb in Europa, das Nebeneinander von Globalisierung und Neo-Nationalismus, die offene Wiederkehr von Gewalt, Rassismus und Krieg.* Mit dem Zerfall des Sowjet-Kommunismus endete zwar der kalte Krieg zwischen Kapitalismus und Kommunismus, dafür erstarkte aber durch die vom militärisch-industriellen Komplex diktierte US-Aussenpolitik der **Islamo-Faschismus**. Schon während des 1. Weltkrieges hatte Deutschland die Gegner seiner Feinde in unverantwortlicher Weise gefördert, indem Lenin nach Russland transferiert wurde, um den Zaren zu stürzen und in islamischen Staa-ten der *heilige Krieg* gegen die Kolonialmächte angezettelt werden sollte. Diese verfehlte Aussenpolitik Kaiser Wilhelms während des 1. Weltkrieges begünstigte den Germano-Faschismus in der Weimarer Republik und führte geradewegs in den 2. Weltkrieg. Und im Zuge des kalten Krieges war es wiederum der **Anti-Kommunismus**, der die USA zu dem gefährlichen Spiel mit dem Feuer des Islamo-Faschismus verleitete. Die momentane Großmachtpolitik der USA ähnelt in fataler Weise derjenigen des deutschen Kaiserreiches.

Wie hatte sich Einstein den Kaisertreuen und Nationalsozialisten entgegengestellt und was können wir in der gegenwärtigen Weltlage daraus lernen? Mit dem Erstar-ken des **Germano-Faschismus** im Deutschland der 1920er Jahre hatte Einstein unter Zwi-schenrufen und tumultartigen Übergriffen von NS-Studenten während seiner Vorlesun-gen an der Uni oder bei öffentlichen Vorträgen zu leiden. Der antisemitische Hass der deutschvölkischen Schwachköpfe und Zukurzgekommenen gipfelte in Morddrohungen, die den Gelehrten und Weltbürger wiederholt zu Auslandsreisen nötigten. Hermann hat in seiner Biographie Einsteins nachgezeichnet wie es zu der beispiellosen Popularität des Eigenbrötlers und zu dem fanatischen Hass auf den Weltweisen hatte kommen können: *Die erste Stufe zur Berühmtheit ist die Anerkennung unter den Fachkollegen. Die hat sich Einstein in den Jahren seit 1905 erworben. Bei der Salzburger Naturforscherversammlung 1909, als er zum erstenmal an einem wissenschaftliche Kongreß teilnahm, rühmte Max Planck die SRT als eine kopernikanische Tat. Die zweite Stufe ist das Interesse eines weiteren Kreises von Wissenschaftlern und allgemein Gebildeten. Im Falle Einsteins wa-ren das die Philosophen und philosophisch Gebildeten, die gehört hatten, daß durch ihn Kant entthront worden sei.* Fortan kommen auch die Gebildeten der Umgebung zu seinen Vorträgen in die Universität. *In der dritten Stufe der Berühmtheit erwächst die Neugier des großen Publikums, und die Zeitungen steigen ein.* Einsteins Ende 1919 schlagartig weltweit einsetzenden Ruhm kommentiert Hermann wie folgt: *Diesen Durchbruch zum großen öffentlichen Interesse hatte der Zeitgeist bewirkt. Die Anerkennung der Einstei-nischen Theorie durch britische Gelehrte war in Deutschland nach dem verlorenen Ersten Weltkrieg Balsam für den verletzten Nationalstolz.* Und das musste ausgerechnet dem Anti-Nationalisten Einstein passieren, der nicht verstand, was die Leute eigentlich von

ihm wollten und sich immer wieder vorkam, *wie ein Schwindler, wie ein Hochstapler, der den Leuten gar nicht das bringe, was sie von ihm erwarteten.*

Ruhm und Ansehen rufen aber auch Missgunst und Niedertracht hervor. Mit Einstein wurde nicht nur die ART gefeiert, sondern die theoretische Physik überhaupt sagenhaft aufgewertet. Das schürte den Argwohn der ohnehin den Theoretikern gegenüber skeptischen Experimentalphysiker. Kaum einer der praktisch arbeitenden Naturforscher verstand damals die ART. Paarte sich dieses Minderwertigkeitsgefühl mit verletztem Nationalstolz, wuchs es zu deutschvölkischem Hass aus, dem es gelegen kam, dass sein Opfer ein Jude war, der sich auch noch offen zum Sozialismus bekannte. Es war der Experimentalphysiker und Nobelpreisträger Philipp Lenard, ein deutschnationaler Antisemit, der angestachelt durch den *Relativitätsrummel* Anfang der 1920er Jahre die Gründung einer **Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft** plante. *Eine Bewegung braucht einen Kopf und einen Säbel*, merkt Hermann dazu an. Der Hochstapler und Betrüger, primitive Antisemit und deutschvölkische Anti-Demokrat Paul Weyland diente sich Lenard 1920 als Propagandist und Stimmungsmacher an. Er verfasste Hetzschriften und organisierte Massenveranstaltungen, um die naive Volksseele in Wallung zu versetzen. Gegen den *wissenschaftlichen Dadaismus* der Relativitätstheorie wollte er das *gesunde Volksempfinden* mobilisieren. Am 3. Jan. 1921 greift Hitler die Stimmungsmache im *Völkischen Beobachter* auf, indem er gegen die *jüdische Wissenschaft* polemisiert: *Wissenschaft, einst unser Volkes größter Stolz, wird heute gelehrt durch Hebräer, denen diese Wissenschaft nur Mittel ist ... zur bewußten planmäßigen Vergiftung unserer Volksseele und dadurch zur Herbeiführung des inneren Zusammenbruchs unseres Volkes.* Ob der Volkstribun rhetorischer Hasstiraden wusste, wovon er sprach? Wohl kaum. Er schürte lieber die primitiven Gefühle der Zukurzgekommenen.

Sachlicher und heiterer ging es auf der *Versammlung der deutschen Naturforscher und Ärzte* im Sept. 1920 zu. Die Diskussion erinnerte Einstein später als *Hahnenkampf über Relativität*. Lenard ging es um die **Veranschaulichung** des Gravitationsfeldes in der ART. Daraufhin entgegnete Einstein: *Was der Mensch als anschaulich betrachtet, ist großen Änderungen unterworfen, ist eine Funktion der Zeit. Ein Zeitgenosse Galileis hätte dessen Mechanik auch für sehr unanschaulich erklärt. Diese anschaulichen Vorstellungen haben ihre Tücken, genau wie der viel zitierte gesunde Menschenverstand.* Unter den Gelehrten hatte Einstein die Heiterkeit über diese ironische Belehrung auf seiner Seite. Auf der Straße dagegen dominierte nicht der zur Wissenschaft verfeinerte gesunde Menschenverstand, sondern sein zum gesunden Volksempfinden verhunzter antisemitischer Rassismus.

Die Anschaulichkeit einer Theorie lag nicht nur Lenard, sondern auch Heisenberg am Herzen, wobei er in der Quantenmechanik den schon von Einstein in der speziellen Relativitätstheorie fruchtbar gemachten Positivismus Machs weiterführte. In seiner grundlegenden Arbeit **Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik** ging es ihm darum, den *Kampf der Meinungen um Diskontinuums- und Kontinuumstheorie, Korpuskeln und Wellen* durch Beziehungen zwischen experimentell gegebenen Zahlen zu ersetzen. Heisenberg glaubte, die Entstehung der klassischen „Bahn“ so formulieren zu können: *Die „Bahn“ entsteht erst dadurch, daß wir sie beobachten.* Was mag Heisenberg zu einem derartigen Schritt in den Subjektivismus, gleichsam von der

Seins- in die Erkenntnistheorie, bewogen haben? Einstein hatte mit der allgemeinen Relativitätstheorie seinen Positivismus der frühen Phase überwunden. In seiner Feldgleichung hatte er einen objektiven Zusammenhang zwischen Materieverteilung und Raumzeit gefunden und mit dem Erfolg seiner Gravitationstheorie verknüpfte er seinen Maßstab der Vollkommenheit.

Der weltweite *Relativitätsrummel* hatte eine Flut popularisiert-vereinfachter bis hin zu propagandistisch-verzerrter Darstellungen zur Folge. Eine Vielzahl verkannter Genies sonnt sich bis heute im Ruhm Einsteins und versucht sich an „Verbesserungen“ oder „Widerlegungen“ seiner Theorie. Die von Einstein selbst verfasste, gemeinverständliche Schrift *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie* von 1917 erreichte im Nov. 1920 eine Auflage von 50 Tausend. Einstein selbst war der Rummel und die Reklame um ihn natürlich zutiefst zuwider: *Von hochtönenden Phrasen und Worten bekomme ich eine Gänsehaut*. Er hatte aber auch seinen Spaß daran und sparte nicht mit lustig verpacktem Hohn und Spott. Einer Dame, die ihm im Febr. 1920 sein Photo schickte und eine Widmung erbat, reimte er die Zeilen:

*Wo ich geh' und wo ich steh'
Stets ein Bild von mir ich seh',
Auf dem Schreibtisch, an der Wand,
Um den Hals am schwarzen Band.*

*Männlein, Weiblein wundersam
Holen sich ein Autogramm.
Jeder will ein Kritzel haben
Von dem hochgelehrten Knaben.*

*Manchmal denk' in all dem Glück
Ich im lichten Augenblick:
Bist verrückt du etwa selber
Oder sind die andern Kälber?*

Den *Kälbern* und Mitläufern aus dem Volk ging es nicht um das Verstehen seiner visionären mathematischen Kosmologie, sondern bloß darum, einem aufregenden Ereignis beizuwohnen, wenn er einen Vortrag hielt. Außenpolitisch wurde der Anti-Nationalist ironischerweise zu einem bedeutenden Kulturfaktor und Repräsentanten der deutschen Wissenschaft. Und so begab er sich in den 1920er Jahren vielfach auf Reisen. Dadurch entzog er sich auch der zunehmend erstarkenden reaktionären Strömungen im Deutschland der Weimarer Republik. Nationalismus und Antisemitismus breiteten sich nicht nur im Volk, sondern ebenso unter den Gelehrten der Naturforschergesellschaft aus. Auf ihrer Versammlung im Juli 1922 verteilten die deutschnationalen Getreuen Lenards ein Flugblatt gegen die Relativitätstheorie. Als ob es sich bei der Einsteinschen Theorie um eine politische Ideologie handelte. Nach der Ermordung Rathenaus spitzte sich die gereizte

politische Atmosphäre derart zu, dass Einstein um sein Leben fürchten mußte und froh war, im Okt. 1922 nach Japan reisen zu können. Schon in seinem *Aufruf an die Europäer* hatte er sich während des 1. Weltkrieges seinen mehrheitlich patriotischen Zeitgenossen gegenüber für eine schnellstmögliche Beendigung des Völkermordens einsetzen wollen. Da sich nur zwei weitere Unterzeichner fanden, wurde der Aufruf aber nicht veröffentlicht.

Mehr Zuspruch fand Einstein im Völkerbund. Von 1922 bis 1932 war er Vertreter Deutschlands bei der **Kommission für geistige Zusammenarbeit** (Vorläufer der UNESCO) und hatte daher häufig Gelegenheit, sich zu Fragen der Friedenssicherung, Völkerverständigung, Friedenserziehung und des Pazifismus zu äußern. Während der Machtergreifung am 30. Jan. 1933 weilte Einstein im Ausland. Für ihn war der Germano-Faschismus eine *Völkerwanderung von unten*, ein *Zertrampeln des Feineren durch das Rohe*. Sein offenes Eintreten für Freiheit und Demokratie machte ihn in den USA zu einem Gegenspieler Hitlers. Die demokratischen Staaten könnten sich nur mit politischer Festigkeit und militärischer Stärke gegen die NS-Gewaltherrschaft behaupten. Hitler gegenüber relativierte der Freigeist Einstein sogar seinen Pazifismus.

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 Herbig beschrieben. Die Physiker wussten, dass es keine Rettung gäbe, wenn es den Deutschen gelänge, die Atombombe zuerst herzustellen.

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. 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 kerntechnischen 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. Diese Anspielung bezog sich auf die Familie der von Weizsäcker. Carl Friedrich arbeitete mit Heisenberg zusammen und sein Vater war als Aussenpolitiker tätig. Die Kollaboration der Weizsäcker und Heisenbergs mit den Nazis hat Einstein wohl zu Recht mit Argwohn verfolgt.

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.

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 wäre. Trotzdem war er wahrscheinlich vorbereitet, als der Rundfunk am

6. August 1945 die Nachricht vom Abwurf einer Atombombe auf Hiroshima brachte. In einem Brief an den Japaner Shinohara hat er seinen Pazifismus wie folgt relativiert: *Ich bin ein entschiedener, aber kein absoluter Pazifist, das heißt, daß ich der Anwendung von Gewalt unter irgendwelchen Umständen entgegenrete, 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.*

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 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.* Aber dabei blieb er nicht stehen. Bereits 1940 hatte sich Einstein in einem Rundfunkinterview in grundsätzlicher Weise zur Weltpolitik geäußert: *Ich bin davon überzeugt, dass eine internationale politische Organisation nicht nur möglich, sondern unbedingt nötig ist, wenn die Zustände auf unserem Planeten für die Menschen nicht schlechterdings unerträglich werden sollen. Der Völkerbund hat versagt, weil er nicht auf einen teilweisen Verzicht der Souveränität der ihn konstituierenden Staaten gegründet war, und weil es an jeder Exekutivgewalt fehlte. Ein Weltstaat kann nur dann den Frieden sichern, wenn die ihn bildenden Staaten ihm alle ihre militärischen Machtmittel an die Hand geben.* Und hinsichtlich der offensichtlichen Schwäche der entstehenden UN ergänzte Einstein 1946: *Unter dem Begriff „Weltregierung“ verstehe ich eine Institution, deren Entscheidungen und Gesetze die einzelnen Mitgliedstaaten binden.* Unter dem Eindruck der entsetzlichen Erfahrungen mit den Germano-Faschisten und seiner Weltbürgerlichkeit entsprechend, geht er weit über Kants Vorschläge zur Erlangung ewigen Friedens hinaus. Für den antinationalistischen Humanisten bricht Menschenrecht das Nationenrecht.

Einstein ist nach 1945 stets öffentlich gegen die **Gefahr einer atomaren Selbstvernichtung** der Menschheit aufgetreten, so auch am 13. Februar 1950 in einer Fernsehsendung, in der er den Glauben, man könne Sicherheit durch nationale Bewaffnung erreichen, als Illusion entlarvt, die Militarisierung der Gesellschaft anprangert und die Unsinnigkeit des beginnenden Wettrüstens kritisiert. Und am 20. September 1952: ... *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

Einstein hob auch besonders die politische Verantwortung der Naturforscher und Ingenieure hervor. So sagte er 1948 in seiner **Botschaft 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?*

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 gefallen 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.

Die USA haben durch ihren übertriebenen Anti-Kommunismus und in Verbindung mit der engen Verstrickung ihrer Politik im Waffen- und Ölgeschäft in fahrlässiger Weise den islamischen Fundamentalismus gefördert. Der neben dem Kapitalismus globalisierte Terrorismus wird eine Herausforderung der nächsten Jahrzehnte bleiben. Zudem hat der *11. September* zu einer weltweiten Renaissance des Religionswahns geführt. Neben der Bedrohung durch den **Islamo-Faschismus** ist es die Energiepolitik und die Verschwendung der Naturressourcen, die durch den wirtschaftlichen Aufschwung in Asien zu einer globalen **ökologischen Katastrophe** als Folge des Klimawandels führen könnte.

Im Anschluss an die **Evolutionstheorie** kann Leben schlechthin als Problemlösen verstanden werden. Entwicklungsbestimmend ist dabei aber eine Vernunft, die dem Darwinschen Optimierungsverfahren zur Genverteilung und Phänotypenselektion folgt. Um dem Vorwurf des *Darwinismus* zuvorzukommen, zitiere ich aus *The origin of species*. Dort schreibt Darwin zusammenfassend: *These laws, taken in the largest sense, being Growth with Reproduction; inheritance which is almost implied by reproduction; Variability from the indirect and direct action of the external conditions of life, and from use and disuse; a Ratio of Increase so high as to lead to a Struggle for Life, and as a consequence to Natural Selection, entailing Divergence of Character and the Extinction of less-improved forms.* Mit genialer Intuition hat Darwin aus dem Wirken der Natur einen universalen Optimierungs-Algorithmus herausgelesen, der aus den Voraussetzungen Stoffwechsel,

Selbstreproduktion und Mutation notwendig Selektion zur Folge hat. D.h. die Selektion ist eine *Systemeigenschaft*, die in Bioreaktoren schon vielfach bestätigt werden konnte. Als mathematisches Verfahren ist der Algorithmus universell einsetzbar. Er ist zwar einfach, hat aber den Nachteil sehr zeitaufwendig zu sein, weil er zufallsbasiert ist. Im Gegensatz zu Hitler, hatte Trotzki nicht nur hohle Phrasen gedroschen, sondern Darwin gelesen und verstanden. In seiner Autobiographie weist er darauf hin, dass Darwins Selektionsverfahren sehr schön den Zusammenhang von **Zufall und Gesetzmäßigkeit** im historischen Prozess demonstrierte. Stehen doch die statistischen Schwankungen im Einklang mit der naturgesetzlichen Ordnung – ganz ähnlich wie in der statistischen Physik und Thermodynamik. *Allgemein gesprochen, spiegelt sich das Gesetzmäßige des gesamten historischen Prozesses im Zufälligen wider. Will man die Sprache der Biologie gebrauchen, dann kann man sagen, daß sich die historische Gesetzmäßigkeit durch die natürliche Auslese der Zufälle verwirklicht. Auf dieser Grundlage entwickelt sich die bewußte menschliche Tätigkeit, die die Zufälle einer künstlichen Auslese unterwirft.*

Der Darwinsche Algorithmus ergänzt im Rahmen der Naturgeschichte das Boltzmannsche Optimierungsverfahren zur Energieverteilung. Insofern setzen Menschen fort, was mit der Selbstentwicklung der Energie und der Gene begann; denn **Optimierung ist die einfachste Form von Veränderung**. Als Extremalprinzip (der kleinsten Wirkung) bei der Variation sogenannter Wirkungsintegrale erlaubt die Optimierung sogar die Ableitung der grundlegenden physikalischen Feldgleichungen. Den Invarianten der Gleichungen entsprechen dabei Erhaltungssätze physikalischer Größen. Die auch als Symmetrien formulierbaren Invarianzen sind es, die aus dem Quantenbit den dreidimensionalen Raum entstehen lassen. D.h. die Rotationsymmetrie des Raumes kann als Folge der sogenannten unitären Ur-Symmetrie aufgefasst werden.

Konflikt- und Ökosystemforschung werden wichtige **Problemfelder kritischer Wissenschaft** bleiben. Dabei fällt unter Konfliktforschung auch die Einübung in das *rationale Argumentieren*, wie es in den exakten Wissenschaften beispielhaft praktiziert wird, auch wenn man in der Regel von der *idealen Sprechsituation* noch weit entfernt bleibt. Die schon von Einstein und Russell unterstützte Pugwash-Organisation bemüht sich nach wie vor um die Perspektive eines *Weges in der Gefahr*, wie es C.F. von Weizsäcker einmal ausdrückte. Der noch im Russell-Einstein-Manifest angeprangerte *struggle between Communism and anti-Communism* hat sich unterdessen zu einem Kampf zwischen Kapitalismus und Anti-Kapitalismus entwickelt. Nur durch **Abrüstung** des militärisch-industriellen Komplexes und durch **Aufklärung** über die gemeinsamen Wurzeln aller Menschen, werden sich mit Blick auf eine vereinheitlichte Kosmologie Globalisierung und Demokratisierung in Einklang bringen lassen.

6 Schlussfolgerungen

Von der Frage nach dem Grund und Ursprung aller Dinge und der Einheit im Sein bei den Vorsokratikern haben wir die Naturphilosophie und Physik bis hin zur Reflexionsstufe der Dezentrierung durch *diffeomorphism invariance* in der LQG verfolgt. Die praktische Seite dieser Entwicklung hat aus dem Zusammenhang von Himmelsbeobachtung und Feldbestellung sowie Seefahrt und Navigation zum weltumspannenden GPS geführt. Die Rolle der kritischen Physik in diesem **Rationalisierungsprozess** sei stichwortartig zusammengefasst:

Kritische Physik

- erweitert qualitativ und quantitativ unser Bewusstsein, unsere Denkhorizonte, insbesondere in Philosophie und Kosmologie;
- reiht die Entwicklung von Person, Gesellschaft und Kosmos in die allgemeine Evolution von Natur und Mensch durch Invariantenbildung und Optimierung ein;
- legt den Maßstab kritischer Wissenschaft auch an die Sozialwissenschaften an (Zusammenhang zwischen Kopenhagener und Frankfurter Schule, zwischen Soziologie, Sozialer Physik und Synergetik sowie zwischen Thermodynamik und Ökonomie);
- widmet sich verstärkt den Forschungsfeldern der Konflikt- und Ökosystemforschung (Neugründung eines Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen in der wissenschaftlich-technischen Welt);
- regt zu einem Forschungsprogramm neoklassischer Physik an, um dem modischen Relativismus der Postmoderne zu begegnen.

Pais fasst in seiner wissenschaftlichen Biographie Albert Einsteins die beiden **Wesenszüge des Physikers** prägnant zusammen: *Sollte mich jemand um eine Einsteinbiographie in einem Satz ersuchen, ich würde ihm antworten: „Er war der freieste Mensch, den ich jemals kennengelernt habe.“ Sollte ich um eine wissenschaftliche Biographie in einem Satz gebeten werden, ich würde schreiben: „Er verstand besser als alle vor oder nach ihm, Invarianzprinzipien zu erfinden und statistische Schwankungen anzuwenden.“* Freiheit, Invarianz und Fluktuationen bildeten die Wesensmerkmale des Menschen und Physikers Albert Einstein. Und so wundert es nicht, dass auch seine Theorien diesen Thematika unterfallen und er als Öko- oder Naturliberaler zu verstehen ist, der Hedonismus und Moral in Heiterkeit zu vereinbaren wusste.

Der die westliche Zivilisation kennzeichnende Weg der **Dezentrierung und Reflexion** führt gleichsam in jeweiligen Denkspiralen von der Ego- und Familien- sowie Sozio- und Anthro- über die Geo- und Helio- bis hin zur Kosmozentrik. Hinsichtlich des mittleren kosmischen Gravitationspotentials der Wirkung aller Massen im Universum ist im Rahmen der ART die Trägheit der Energie verständlich und die Größe der Lichtgeschwindigkeit als kontingente Eigenschaft seines momentanen Zustandes. Das Reflexionsniveau

der Einstein-Invarianz in der ART reicht dabei so weit, dass sie unabhängig von jedem Zentrum im Weltall formulierbar ist und weder eine globale Raum- noch Zeitstruktur voraussetzt. Das schafft andererseits die Freiheit, lokal beliebige stetige Bezugssysteme zu wählen und sich so Raum- und Zeitmaße zu konstruieren.

Wie sich die Alltagspraxis zur Wissenschaft verfeinern lässt, haben die methodischen Konstruktivisten ausgearbeitet: *Für alle konstruktiven Wissenschaften gilt, daß sie den Ausgangspunkt aller Begründungen in den vorwissenschaftlichen Praxen der Menschen suchen. Vor den Hochkulturen des Altertums gab es nur vorwissenschaftliche Praxen. Aus ihnen haben sich, insbesondere seit den Griechen, alle Wissenschaften entwickelt. Der Konstruktivismus versucht, kritisch diese Entwicklungen nachzuvollziehen, indem als konstruktive Wissenschaft nur das anerkannt wird, was methodisch, also schrittweise ohne Sprünge und Zirkel, aus einer auch für uns wichtigen Praxis begründet wird. Wir können uns auf zwei Praxen beschränken:*

- *eine technische Praxis des Umgangs mit Dingen, um Armut, z.B. Hungersnöte, zu verringern;*
- *eine politische Praxis des Miteinanderredens, um Gewaltsamkeiten möglichst zu vermeiden.*

Die methodischen Konstruktivisten unterscheiden nach dem Vorbild der Mathematik und Physik Formal- und Realwissenschaften. Wesentlich zum Verständnis der **Formalwissenschaften** ist das *Abstrahieren*, Grundlage der Realwissenschaften das *Ideieren*. In der theoretischen Physik dominiert das Abstrahieren, in der Experimentalphysik das Ideieren zur Konstruktion der physikalischen Größen Länge, Dauer, Masse, Ladung. Das **Abstrahieren** ist ein methodisch nachvollziehbares Verfahren. Es besteht darin, *verschiedene* Dinge als *äquivalent* zu betrachten und sich fortan darauf zu beschränken, bezüglich der Äquivalenzrelation *invariant* zu reden. Das hört sich komplizierter an als es ist. Denn schließlich gehört es zu den Grundvermögen aller Lebewesen.

Immer wenn sich Organismen von ihrer Umwelt abgrenzen, sind sie gezwungen, den für ihr Überleben wichtigen Stoffwechsel mit ihrer Umgebung aufrechtzuerhalten. Damit reduzieren sie aber ihre Umwelt auf einige für sie wesentliche Eigenschaften. Dieses grundlegende biologische Verfahren der **Invariantenbildung** bzgl. eines Energie- und Stoffaustausches ist auch in der Sinnesphysiologie wirksam. Unsere Sinne abstrahieren ständig aus der Fülle der Sinneseindrücke Gestalten oder Muster, die unter den verschiedensten Bedingungen als äquivalent erkannt werden müssen. Andernfalls könnten wir keine Gesichter oder Stimmen wiedererkennen. Man denke nur 'mal daran, welch ein Verrechnungsaufwand dahintersteckt, das Gesichtsfeld konstant zu halten, obwohl der Kopf bewegt wird.

Die Erfolge in der Vereinheitlichung der physikalischen Theorien beruhen ebenfalls auf Abstraktion. Einstein führte mit dem Relativitätsprinzip eine Äquivalenzrelation zwischen Bezugssystemen ein, bzgl. der die physikalischen Sätze invariant sein sollten. Die Physiker übertrugen das Prinzip von der Gravitation auf die anderen Wechselwirkungen. Die physikalische Basis des Abstrahierens liegt im Bosonen-Austausch zwischen Fermionen.

Auf der Ebene des Sozialsystems wird von der Reichhaltigkeit der Lebenswelt bzgl. der Steuerungsmedien abstrahiert. Aufgrund der Austauschbeziehung kann die Abstraktion auch umgekehrt gesehen werden. Durch die Sozialsysteme werden die Menschen auf wenige Eigenschaften reduziert. Diese durch Geld und Macht vermittelte Invariantenbildung hat Habermas **Realabstraktion** genannt. Der Ausdruck deutet an, daß es sich um einen *realen* Vorgang handelt.

Mindestens zwei Äquivalenzrelationen dürften allgemein bekannt sein: die Gleichheit (=) und die Bijunktion (\leftrightarrow). Die Tragweite des Abstraktionsverfahrens sei durch einige Beispiele erläutert:

- **Begriffe** werden abstrahiert bzgl. synonymen Worte.
- **Zahlen** werden abstrahiert bzgl. äquivalenter Zählzeichen.
- **Funktionen** werden abstrahiert bzgl. gleicher Terme.
- **Mengen** werden abstrahiert bzgl. äquivalenter Formeln.

Die philosophische Bedeutung des konstruktiven Abstraktionsverfahrens liegt in zweierlei. Zunächst ist es wichtig hervorzuheben, daß es beim Abstrahieren nicht um das *Absehen-von* etwas geht, wie es traditionell so gerne metaphorisch umschrieben wird. Vielmehr kommt es auf das *Hinsehen-auf* etwas an. Lebewesen abstrahieren aus ihrer Umwelt bzgl. des Stoffwechsels die Nährstoffe, die sie für ihr Überleben brauchen. Würden sie von etwas absehen, kämen sie nie zu einem Ende, da es potentiell unendlich viel wäre. Möglich wäre ein Abstrahieren durch Absehen nur bzgl. endlicher Gegenstandsbereiche. Aber auch dann wäre es noch extrem ineffizient. Zum anderen ist darauf hinzuweisen, dass mit dem Abstrahieren keine realen Objekte erzeugt werden. Es wird lediglich über bereits vorhandene Dinge bzgl. einer Äquivalenzrelation invariant geredet. Abstrakte Gegenstände werden bloß fingiert, sie existieren nur aufgrund ihres Bezuges zu realen Dingen. Natürlich kann man auch Abstraktionshierarchien bilden, z.B. *Blut – Rot – Farbe* oder *Strich – Zählzeichen – Zahl*. Analytische Wissenschaftstheoretiker halten *Farbe* oder *Zahl* für irreduzibel abstrakt, nur weil es sich um eine Meta-Abstraktion handelt. Was bliebe von all unserem Gerede ohne die ständige Verwendung nichtkonstruierter Abstrakta? Nichtexistierende Abstrakta, Ideale und Kennzeichnungen tragen wesentlich zur grassierenden semantischen Umweltverschmutzung bei!

Im Gegensatz zu den methodischen Konstruktivisten, die den Anspruch der Wissenschaft auf Überprüfbarkeit sehr ernst nehmen, bleiben die Dialektiker meistens ziemlich vage in ihren Äusserungen. Deshalb hier die Frankfurter Interpretation einer **kritischen Theorie** der Gesellschaft, wie sie ein Quantentheoretiker der Kopenhagener Schule vorschlagen könnte:

FI1 Positivismus: Die Gesellschaftstheorie bezieht sich auf das individuelle Gesellschaftsgeschehen, wie es sich zeigt, wenn es mit realisierbaren Erhebungsverfahren untersucht wird.

FI2 Wahrscheinlichkeit und Wissen: Die Zustandsfunktion zur Beschreibung eines individuellen Systems meint lediglich die Wahrscheinlichkeitsamplitude, mit der Systemzustände sich entwickeln. Sie beinhaltet nur das Wissen, das wir von einem System haben können.

FI3 Unbestimmtheitsprinzip: Die methodische Forderung, Objekte zu beschreiben, hat eine Unschärfe in der Voraussage inkommensurabler Eigenschaften dieser Objekte zur Folge.

FI4 Korrespondenz und Dialektik: Persönlichkeitszustände individueller Organismen müssen mit Begriffen und Verfahren der Umgangssprache ausdrückbar sein. Die Individualität und Totalität der Persönlichkeitszustände hat eine Dialektik und Unbestimmtheit in den Begriffen und Verfahren des Alltags zur Folge.

FI5 Abgeschlossenheit und Einheit: Soziologische Theorien sind im Rahmen ihrer Geltungsbereiche abgeschlossen. Korrespondenzregeln zwischen ihnen vermitteln Übergänge. Die erlebte Einheit der Gesellschaft sollte in der Einheit der Soziologie ausdrückbar sein.

Als Perspektive einer kritischen Theorie, die sich im Rahmen des NVP als eine Theorie der Erfahrung bewähren könnte, sollten sich Physik- und Soziologie verbinden lassen. Die nichtkommutative und nichtlokale Struktur des quantenmechanischen Zustandsraumes stellt einen angemessenen Rahmen zur Verbindung der Individualität und Totalität sowohl atomarer als auch persönlicher und gesellschaftlicher Zustände dar. Mit den Messoperatoren gehört das Messsubjekt bereits zum Formalismus, der damit die Bedingungen seiner Prüfbarkeit enthält. Diese Verbindung von Subjekt und Objekt in einer selbstbezüglichen Theorie ist das Kennzeichen einer kritischen Theorie, die sich keiner Isolierung und Subjektlosigkeit der Erfahrung schuldig macht. Wie formulierte es Horkheimer: *Was jeweils gegeben ist, hängt nicht allein von der Natur ab, sondern auch davon, was der Mensch über sie vermag.* Eine Objektivierung hat nicht nur in der Frankfurter Interpretation der Sozialforschung, sondern auch in der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie eine Unbestimmtheit in der Voraussage inkommensurabler Eigenschaften zur Folge.

Im Rahmen der **Synergetik** sind bereits Methoden der mathematischen Physik auf die Sozialforschung übertragen worden. Mathematische Modelle individuellen Verhaltens im sozialen Feld werden analog zu den Zustandsänderungen von Elektronen im elektromagnetischen Feld berechnet: Die Mastergleichungen zur Formulierung der Verhaltensdynamik in Populationen folgen aus der statistischen Beschreibung mikrophysikalischer Zustandsänderungen durch die v. Neumann-Gleichung für den statistischen Operator. Dieser phänomenologischen Analogie zwischen den physikalischen Zustandsvektoren im Hilbertraum und dem menschlichen Verhaltensrepertoire könnte eine Entsprechung zwischen den quantenmechanischen Produktzuständen durch Interferenzen und der Überlagerung von Stimmungen im menschlichen Erleben zugrunde liegen. Nicht nur atomare Zustände interferieren, sondern auch Persönlichkeitszustände interagierender Individuen

könnten verschränkt sein. Der Realabstraktion durch die Umstellung der Lebenswelt auf die Systemimperative entspräche die Zustandsreduktion durch das Experiment. D.h. der Natur im Experiment erginge es ähnlich wie dem Menschen im Kapitalismus.

Ein Team aus Ökonomen und Physikern hat kürzlich den Zusammenhang von **Energie, Innovation und Wirtschaftswachstum** analysiert. Ähnlich wie in der Thermodynamik untersuchten sie mit einer Zustandsgleichung für die Produktionsverhältnisse in USA, Japan und Deutschland den Einfluss der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit und Energie. Aus dem Abgleich der Produktionselastizitäten mit empirischen Daten zwischen 1960 und 2000 kommen sie zu dem Ergebnis, dass eine *Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Beschäftigung* eingetreten sei; denn *die mittlere Produktionselastizität der Energie* betrage in den industriellen Sektoren rund das Zehnfache und im Dienstleistungssektor etwa das Fünffache des jeweiligen absoluten Kostenanteils von 5%. Aus diesem *Ungleichgewicht zwischen dem hohen Kostenanteil der Arbeit und ihrem deutlich geringeren produktiven Beitrag*, kommen die Autoren zu dem Schluss: *Daher erscheint es aus Gleichgewichts- und Stabilitätsüberlegungen heraus erwägenswert, in den Industrienationen die steuer- und abgabenmäßige Belastung der Produktionsfaktoren Arbeit und Energie stärker als bisher an ihren produktiven Beiträgen zur Wertschöpfung zu orientieren.* Eine Verbilligung der Arbeit in Verbindung mit einer Verteuerung der Energie hätte auch den Vorteil, die Arbeitslosigkeit zu vermindern und den Einsatz regenerativer Energien zu fördern.

Nach dem letzten **SIPRI-Report** (Stockholm International Peace Research Institute) heizt der Krieg gegen den Terror weltweit die Rüstungsausgaben an. 2004 waren es 844 Mrd. Euro! Zur Zeit des kalten Krieges wurde kaum mehr ausgegeben. Die Terroristen legen es auch auf eine Erschöpfung des Kapitalismus an: mit wenig Aufwand und einfachen Mitteln durch selbstlosen Fanatismus, eine große Wirkung zu erzielen. Im letzten Jahr wurden weltweit 19 Kriege gezählt (Kämpfe mit mehr als 1000 Toten). Dabei handelt es sich zumeist um schon lange währende ethnische Konflikte, d.h. Rassen- und Religionskriege dominieren die Klassenkämpfe und Ressourcenkonflikte.

Mit dem Klimawandel als Folge der wachsenden Bevölkerung und Industrialisierung auf der Erde dürfte sich das ändern. Und so sind als wichtige Forschungs- und Entwicklungsfelder **kritischer Physik** die Konflikt- und Ökosystemforschung zu nennen:

- The Quest for Petascale Computing.
 - nuclear weapons stewardship,
 - cryptology,
 - climate and environmental modeling,
 - 3D protein molecule reconstruction,
 - severe storm forecasting,
 - design of advanced aircraft,

- molekulare nanotechnology,
- intelligent planetary spacecraft, and
- real-time medical imaging.
- Die Abrüstung von Massenvernichtungswaffen und die Entwicklung schlagkräftiger, hochtechnisierter Anti-Terror- sowie Friedens- und Sicherheitseinheiten.
 - Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)
 - Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg (IFSH)
- Die Förderung regenerativer Energiequellen, der Bau von Fusionsreaktoren, die Verbesserung von Klimaprognosen.
 - Forschungsverbund Sonnenenergie
 - Der Fusionsreaktor ITER („the way“)
 - Deutsches Klimarechenzentrum
 - Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Nach der ersten griechischen Aufklärung und der zweiten europäischen steht die dritte globale Aufklärung an aus der Synthese der System- und Handlungsebene: **Global denken, lokal handeln!** Folgende Maxime eines ökoliberalen hedonistischen Moralisten fordert den Anspruch an eine nachhaltige Politik ein: *Erstrebe das soziale Optimum zwischen dem Erhalt der natürlichen Lebensbedingungen und der Ausgestaltung der persönlichen Lebensmöglichkeiten der Menschen auf der Erde.* Auch wenn diese Maxime sehr allgemein und vage klingt, ergeben sich aus ihr einschränkende Bedingungen an Person, Gesellschaft und Wissenschaft. Statt der Autogesellschaft und dem Massentourismus wäre die Informations- und Wissensgesellschaft anzustreben. Darüber hinaus stellt die Informationsgesellschaft Telearbeit mit flexiblen Arbeitszeiten in Aussicht und könnte zu einer Wiederbelebung des WG-Gedankens führen, so dass niemand bei der Telearbeit vereinsamen müsste. Und statt Animismus, Esoterik und Religionschwachsinn, ist die wissenschaftliche Kosmologie zu verbreiten. Zu fragen bleibt dabei allerdings: Ist die Maxime als Invarianzforderung bzgl. des sozialen Wandels haltbar? Taugt sie als Grundlage der Weltbürgerlichkeit für alle Menschen auf der Erde? Der Streit zwischen LQG und Stringtheorie findet sich auch in der Politik wieder als Streit zwischen Menschheits-Universalisten und Kulturrelativisten. Der Invarianzforderung entgegen stehen z.B. die Religionsvorbehalte der Hinterweltler und die Energieverschwendung der Industrialisierten.

Sowohl die symbolisch-spekulative Seite in Mathematik und Literatur als auch die empirisch-praktische Seite im Experiment und der Technik finden zusammen in einer kritischen Physik und Naturphilosophie, die sich konstruktiv einbringt bei der Gestaltung unserer Zukunft durch **alternative Lebensformen**, wie z.B. im indischen Auroville. Das

Utopia **Auroville** *wants to be a universal town where men and women of all countries are able to live in peace and progressive harmony above all creeds, all politics and all nationalities. The purpose of Auroville is to realise human unity.* Das klingt eigentlich zu schön, um wahr zu sein, scheint aber schon seit 1968 zu funktionieren. Die Realisierung menschlicher Einheit mit Blick auf eine fortschreitende Dezentrierung, weg von all den kleinkarierten und dogmatischen religiösen und politischen Streitereien, das hätte auch Einstein gefallen.

Wem Auroville zu utopisch klingt, der Folge dem **Beispiel Islands**, das unlängst entschieden hat, seine Energieversorgung vollständig vom Öl zu befreien und auf regenerative Energiequellen umzustellen. Die geologischen Verhältnisse machen Island diese Entscheidung natürlich leicht, aber wenn man den Irrsinn bedenkt, der in dem Aufwand steckt, mit dem sich die USA die Ölquellen sichern, scheint es jedenfalls nicht an Kapital und Technik zu mangeln, sondern bloß an der Überwindung der Verstrickung von Waffen- und Ölgeschäft mit der US-Politik. Eine kritische Physik sollte ihren Beitrag leisten zur Umsetzung der **Energiewende** mit regenerativen Energien, Wasserstoff-Technologie und – der Entwicklung von **Fusionsreaktoren**, um gleichsam die Sonne auf die Erde zu holen. Der Entwicklungsreaktor ITER mit einer Leistung von 500 MW bei einer Betriebstemperatur um $10^8 C$ ist bereits projektiert und soll bis 2015 fertig sein. Ob die Einleitung der Energiewende den sich abzeichnenden Klimawandel noch aufzuhalten vermag, ist allerdings fraglich.

Dass Physik und Naturphilosophie auch literarisch ausgestaltet werden können, ist durchaus ernst gemeint. Man denke nur an das Lehrgedicht *De rerum natura* des Lukrez, die *Dialoge* Gallileis und Jauchs. Aber auch dem Beispiel Gaarders mit *Sofies Welt* ließe sich folgen. Zudem wäre es eine Aufgabe der (seriösen) *science fiction* – Literatur, zukünftige Lebensweisen künstlerisch und wissenschaftlich mit Phantasie und Logik in großen Romanen zu schildern.

7 Ausblick

Solange es keine interdisziplinären Institute oder Organisationen zur Erforschung und Erprobung alternativer Lebensweisen in der wissenschaftlich-technischen Welt gibt, hat jeder bei sich selbst anzufangen und möglichst aller Vorbild zu sein. Was können wir dabei von Einstein lernen?

- Darüber reflektieren, wie weit die eigene, die wissenschaftliche und die gesellschaftliche Dezentrierung gelingen kann und wie weit sie gehen sollte?
- Neben der Fachwissenschaft auch Philosophie und Geschichte studieren und sein Fach aus der Alltagspraxis konstruieren?
- Die übertriebene Spezialisierung der Studiengänge kritisieren und ein Basisstudium für alle fordern (zumindest in jedem Bereich, wie z.B. die Allgemeinen Ingenieurwissenschaften an der TU-Hamburg)?
- Das Studium und den Beruf durch Studiengruppen oder Diskussionskreise ergänzen (wie in der Akademie Olympia)?
- Sich an Initiativen zur Verbesserung der gesellschaftlichen Verhältnisse und der Weltlage beteiligen (Giordano Bruno Gesellschaft, Amnesty International, Greenpeace)?

Wer keine konkrete Entscheidung treffen möchte, der folge einfach der Problemlöse-Maxime Niemanns, die weitgehend aus dem Leben Einsteins gewonnen sein könnte: *Finde heraus, worin genau dein Problem besteht, und suche unparteiisch nach der bestmöglichen Lösung.* Dieser praktisch-problemorientierte Anspruch an die **intellektuelle Redlichkeit**, fordert zunächst *Genauigkeit*. Damit ist nicht nur die Verständlichkeit und Klarheit der Sprache gemeint, sondern auch die Nutzung quantitativer Verfahren; denn die Natur wie unser Bewusstsein sind wesentlich quantitativ! Und wie die Natur- sollten es auch die Rechtsgesetze sein (z.B. durch Kopplung der gewährten Sozialleistungen und der zugelassenen Schadstoffemissionen an die Bevölkerungsentwicklung). Die *Unparteilichkeit* ist eine Invarianzforderung, die sich am Erfolg in den Wissenschaften und der Kosmologie orientiert. Und mit der *bestmöglichen Lösung* wird auf Optimierungsverfahren angespielt, die sich ebenfalls in Natur, Wissenschaft und Technik bewährt haben; von der Energieverteilung im Universum über die Artenvielfalt in der Biosphäre der Erde bis hin zu der Herausforderung, zur Mitte dieses Jahrhunderts 10 Mrd. Menschen das Leben zu ermöglichen. Die gegenwärtige beispiellose Energie- und Ressourcenverschwendung in den Industriestaaten ist natürlich nicht nachhaltig. Die durchschnittliche Leistung pro Kopf müsste auf mindestens $1,5 \text{ kW}$ vermindert werden. Momentan liegt sie in Europa bei $5,5 \text{ kW}$ und in den USA bei 11 kW . Eine **Gesellschaftsveränderung zum Richtigen** hin, hatten schon die Sozialphilosophen der *kritischen Theorie* gefordert; im Verbund mit einer *kritischen* Naturphilosophie könnten sich wie die Physiker auch die Soziologen an der Sinnstiftung ihrer Prinzipien im Rahmen einer vereinheitlichten Kosmologie erfreuen.

Literaturliste

1. G. Böhme u.a. , Experimentelle Philosophie, Ffm. 1977
2. BUND Studie Zukunftsfähiges Deutschland, Bln. 1996
3. C. Darwin, Origin of Species, 1860
4. H.v. Ditfurth, Kinder des Weltalls, Hmb. 1970
5. dtv-Atlas Philosophie, P. Kunzmann ua., Mchn. 2000
6. H.P. Dürr, Fr eine zivile Gesellschaft, Mchn. 2000
7. Echnaton, Hermann A. Schlögl, rororo Bildmonographien 2000
8. E.P. Fischer, Einstein, Berlin 1996
9. J. Gaarder, Sofies Welt, Mchn. 1995
10. J. Habermas, Theorie des kommunikativen Handelns, Ffm. 1981
11. J. Habermas, Erkenntnis und Interesse, Ffm. 1975 (1968)
12. W. Heisenberg, Physikalische Prinzipien der Quantentheorie, Stgt. 1958
13. W. Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, Zschr. Phys. 1927
14. D. Helbing, A Mathematical Model for the Behavior of Individuals in a Social Field, cond-mat/9805194
15. K. Hentschel, Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins, Basel 1990
16. J. Herbig, Kettenreaktion: Das Drama der Naturwissenschaftler, Mchn. 1979 (1976)
17. A. Hermann, Einstein, München 1994
18. G. Holton, Thematische Analyse der Wissenschaft, Ffm. 1981
19. R. Inhetveen, Naturwissenschaft und Kapitalismus in: F. Reiß (Hrsg.), Kritik des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, Ffm. 1977
20. P. Janich, Die Struktur technischer Innovationen, in: D. Hartmann, P. Janich (Hrsg.), Die Kulturalistische Wende, Ffm. 1996
21. J.M. Jauch, Die Wirklichkeit der Quanten, Mchn. 1973
22. T.S. Kuhn, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Ffm. 1978 (1962)
23. G. Lerner, Die Entwicklung des Patriarchats, Mchn. 1991

24. D. Lindenberger ua., Energie, Innovation, Wirtschaftswachstum, ZfE 25 (2001) 4
25. P. Lorenzen, Die Entstehung der exakten Wissenschaften, Bln. 1960
26. P. Lorenzen, Lehrbuch der konstruktiven Wissenschaftstheorie, Stgt. 1987, 2000
27. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Leipzig 1883
28. E. Mach, Die Analyse der Empfindungen, Jena 1906
29. S. Mason, Die Geschichte der Naturwissenschaft, Stgt. 1974
30. K.v. Meyenn (Hrsg.), Quantenmechanik und Weimarer Republik, Brschw. 1994
31. A. Pais, „Raffiniert ist der Herrgott ...“, Braunschweig 1986
32. J. Pukies, Das Verstehen der Naturwissenschaften, Bschg 1979
33. S.v. Reden, Die Megalith-Kulturen, Köln 1989
34. L. Smolin, Three Roads to Quantum Gravity, London 2000
35. L. Smolin, How far are we from the quantum theory of gravity?
arXiv: hep-th/0303185
36. J. Stachel (Ed.), The Collected Papers of Albert Einstein,
Princeton University Press 1987ff
37. G. 't Hooft, In search of the ultimate building blocks, Cambridge 1997
38. G. 't Hooft, How God Play Dice? in: R.A. Bertelmann, A. Zeilinger,
Quantum (Un)speakables, Berlin 2002
39. G. 't Hooft, Quantum Mechanics and Determinism, arXiv: hep-th/0105105
40. L. Trotzki, Mein Leben, Ffm. 1974 (1929)
41. C.F.v. Weizsäcker, Wege in der Gefahr, Mchn. 1976
42. V.v. Weizsäcker, Faktor Vier, Mchn. 1995
43. S. Weinberg, Gravitation and cosmology, New York 1972