

Die Entwicklung des Naturwissenschaftlichen Weltbildes

Einführung

Persönliche Motivation

Ich bin in der christlichen abendländischen Kultur aufgewachsen, habe ein humanistisches Gymnasium besucht, meine mündliche Matura hatte u.a. Philosophie und Physik als Prüfungsgegenstände. Ich habe dann Mathematik und Physik an der Universität Wien studiert, eine Dissertation in experimenteller Kernphysik verfasst, hatte aber auch ein Rigorosum in Philosophie abzulegen. Mein Universitätsabschluss ist der eines Dr. phil. Beruflich war ich bis jetzt aber im Bereich der Informatik tätig.

Ich betrachte mich aber heute in allen diesen Gebieten als einen interessierten Laien. Dennoch wage ich mich an dieses Thema der Entwicklung des Naturwissenschaftlichen Weltbildes heran. Denn es ist eine der Grundlagen dessen, was wir tun und warum wir es tun. Die aber mindestens genauso wichtigen Fragen von Ethik und Moral werden hier bewusst nicht diskutiert. Eine kleine Ausnahme wird meine Schlussbemerkung sein.

Entwicklung der westlichen Kultur und der Philosophie

Die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Weltbildes ist eng mit der Entwicklung der westlichen bzw. westasiatischen Kultur verknüpft. Klarerweise gibt es auch Einflüsse aus anderen Kulturgebieten, diese werden, wenn notwendig, auch erwähnt. Die folgende Darstellung ist vorwiegend zeitlich geordnet. Wenn hier von naturwissenschaftlicher Entwicklung die Rede ist, so kann diese Entwicklung nicht von der Entwicklung der philosophischen Weltanschauungen getrennt werden. Historisch haben sich die Naturwissenschaften aus der Philosophie entwickelt.

Mario Sedlak (Sedlak) vertritt die Ansicht, dass Philosophie und Wissenschaft Gegensätze seien:

- *Die Wissenschaft beschäftigt sich mit dem Wissbaren.*
- *Die Philosophie beschäftigt sich mit dem Unwissbaren, also dem, was man nicht wissen kann, z. B.*
 - "Was ist Materie wirklich?"
 - "Gibt es das Universum wirklich?"
 - "Warum gibt es das Universum überhaupt?"
 - ...

Heinz Palasser und Bernd Wass vertreten in einem Artikel über das Verhältnis von Philosophie und Management eine Meinung, die auch für die Naturwissenschaften gelten kann: „*Wichtiger scheint es zu sein, überhaupt erst in einen kritischen, an prinzipiellen Fragen ausgerichteten Diskurs zu treten und das vorwurfsvolle Getue auf beiden Seiten hinter sich zu lassen.*“ (Palasser & Wass, 2015)

Diese Problematik wird im Folgenden noch mehrmals eine Rolle spielen.

Die ersten Fragen nach dem Warum und dem Woher versuchten allerdings die Religionen zu klären.

Modellbildung

Obwohl der Begriff des Modells erst sehr spät auftaucht, ist die Modellbildung ein zentraler Punkt des naturwissenschaftlichen Verständnisses.

Karl Popper (geb. 1902 in Wien, gestorben 1994 in London) war ein bedeutender Philosoph, in diesem Zusammenhang ist vor allem die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie relevant. Sein diesbezügliches Hauptwerk ist „Logik der Forschung“. Er beschreibt seine Überlegungen so (Popper, Conjectures and Refutations - The Growth of Scientific Knowledge, 1962):

1. *It is easy to obtain confirmations, or verifications, for nearly every theory--if we look for confirmations.*
2. *Confirmations should count only if they are the result of risky predictions; that is to say, if, unenlightened by the theory in question, we should have expected an event which was incompatible with the theory--an event which would have refuted the theory.*
3. *Every 'good' scientific theory is a prohibition: it forbids certain things to happen. The more a theory forbids, the better it is.*
4. *A theory which is not refutable by any conceivable event is nonscientific. Irrefutability is not a virtue of a theory(as people often think) but a vice.*
5. *Every genuine test of a theory is an attempt to falsify it, or to refute it. Testability is falsifiability; but there are degrees of testability: some theories are more testable, more exposed to refutation, than others; they take, as it were, greater risks.*
6. *Confirming evidence should not count except when it is the result of a genuine test of the theory; and this means that it can be presented as a serious but unsuccessful attempt to falsify the theory. (I now speak in such cases of 'corroborating evidence').*

Steven Hawking stellt fest:

„Until the advent of modern physics it was generally thought that all knowledge of the world could be obtained through direct observation. ...we shall adopt an approach that we call model-dependent realism. It is based on the idea that our brains interpret the input from our sensory organs by making a model of the world. When such a model is successful at explaining events, we tend to attribute to it ... absolute truth. ... If two such physical theories or models accurately predict the same events, one cannot be said to be more real than the other; rather, we are free to use whichever model is most convenient.“ (Hawking, 2010)

„A model is a good model if it:

1. *Is elegant*
2. *Contains few arbitrary or adjustable elements*
3. *Agrees with and explains all existing observations*
4. *Makes detailed predictions about future observations that can disprove or falsify the model if they are not borne out.*

(Hawking, 2010)

Religionen

Die Religionen waren der 1. Versuch einer Deutung der Umgebung durch die Menschen und damit auch eine Art der Modellbildung.

„All science is cosmology, and all civilizations of which we have knowledge have tried to understand the world in which we live, including ourselves, and our own knowledge, as part of that world.“
(Popper, Quantum Theory and the Schism in Physics, 1982)

Schöpfungsmythen

Schon seit Urzeiten hat sich der Mensch Gedanken über seine eigene Herkunft und die Ursachen für die Existenz seiner Umgebung gemacht. Dabei bedeutet Mythos nicht nur „Wort“, sondern auch „Geschichte“ und später eine Geschichte, die eine hinter den Worten stehende „höhere“ Wirklichkeit bedeutet. (Mann U. , 1985)

Man unterscheidet mehrere Typen von Schöpfungsmythen:

- **Weltelternmythos:** z. B. Gilgamesch-Epos
- **Heiliger Streit:** Gottheiten (oft: Gottheiten der Oberwelt und Unterwelt streiten, das Ergebnis ist eine Trennung von Himmel und Erde)
- **Gottesopfer:** Durch Tötung einer Gottheit entsteht die Welt
- **Urmuttermythos:** eine ewig bestehende Urmutter ist der Ursprung allen Seins, vor allem der Menschen.
- **Selbstentstehungsmythos:** keine Schöpfergestalt, Gottheiten entstehen erst später.
Beispiele dafür sind das Urmeer der Sumerer und die „Weissagung der Seherin“ Völuspá aus der Edda.

Reale Schöpfungsgeschichten vereinen oft mehrere dieser Typen. Z. B. in Ägypten Osiris (als Fruchtbarkeitsgott) mit seiner Gattin Isis und Seth (als Nomadengott) mit seiner Gattin Nephthys. Daraus entsteht Atum (Aton), die Urgestalt des durch Selbstbefriedigung zeugenden Vaters der Welteltern Schu (Luft – Mann) und Tefnut (Feuchtigkeit – Frau), die wiederum die Eltern von Geb (Erde – Mann) und Nut (Himmel – Frau) sind.

In der griechischen Mythologie ist Okeanos der alleinige Ursprung von allem (Selbstentstehungsmythos), doch Tethys ist die Urmutter. Zeus ist der Gott, der das Chaos überwunden hat.

Eine Gemeinsamkeit der meisten Schöpfungsmythen sind gleichzeitig existierende Gottheiten, meist aber in einer zeitlichen und hierarchischen Ordnung.

Eingott-Glaube

Die 3 großen Weltreligionen Judentum, Christentum und Islam kennen hingegen nur einen Gott (Urvater-Mythos). Die historische Wurzel könnte aber beim ägyptischen König Echnaton (ca. 1350 v.Chr.) liegen, der verschiedenen Historikern zufolge Aton zumindest als Schöpfergott und wichtigsten, wenn vielleicht auch nicht einzigen Gott gesehen hat.

Thomas Mann setzt in „Josef und seine Brüder“ dieser Entwicklung des Eingottglaubens ein literarisches Denkmal. (Mann T. , 1986)

Naturwissenschaftliche Entwicklung

Der Ursprung in Griechenland

Bertrand Russel (Russel, 2000)schreibt: „*Was sie (die Griechen der Antike) jedoch auf dem Gebiet des reinen Denkens leisteten, ist ganz einzigartig: Sie erfanden die Mathematik, die Naturwissenschaft und die Philosophie.*“

Die milesische Schule

Die Gemeinsamkeit lag im Versuch, Urprinzipien für Erscheinungen zu finden und Beobachtungen „wissenschaftlich“ zu erhärten.

Thales von Milet

Um 624 - 547 v. Chr. , sagte er die Sonnenfinsternis von 585 v. Chr. voraus. Seiner Hauptthese nach sei alles aus Wasser entstanden, die Erde ruhe auf Wasser. Er hat sich auch mit Magnetismus beschäftigt. Aus dem Nichts kann nicht etwas entstehen; etwas kann nicht zu Nichts werden.

Er selbst oder seine Schule (von ihm selbst sind keine schriftlichen Quellen bekannt) betonten aber, **Hypothesen sollten empirisch überprüft werden.**

Heute noch gilt Wasserstoff (nicht Wasser) als das chemische Element, aus dem alle anderen chemischen Elemente durch Fusion (bis Kohlenstoff) und dann durch Supernovae entstanden sind.

Anaximander von Milet

Zeitgenosse von Thales von ca. 610 – ca. 540 v. Chr. Er vertritt die Ansicht, dass eine **Ursbstanz** (Apeiron), die keinem bekannten Stoff entspricht, die Quelle aller Dinge ist. Diese Ursbstanz sei räumlich und zeitlich unbegrenzt und schließe alle Welten in sich ein. Unsere Welt sei nur eine von vielen Welten. Die Welten kehren auch wieder in diese Ursbstanz zurück.

Dieser Begriff einer Ursbstanz war lange Zeit auch die Grundlage für die Ausbreitung von Licht. Die These eines „Multi-Universums“ existiert noch heute. Und ob es einen Kältetod des Universums gibt oder doch wieder einen „Big Crunch“, wird noch immer heftig diskutiert.

Die Erde selbst war für ihn frei schwebend im Raum, zuerst flüssig und dann durch Austrocknung allmählich fest werdend. Die Gestirne seien aus einem Feuerkreis entstanden, der um die Erde rotierte und zersprang.

Anaximenes von Milet

Zeitgenosse von Anaximander von 585 – 528 v. Chr. Er sieht Luft als den Urstoff, wobei Luft auch „Seele“ bedeutet. Feuer ist verdünnte Luft. Aus Luft wird je nach Verdichtungsgrad Wasser, dann Erde und am Ende Stein.

Es gibt ebenfalls einen **Wechsel von Weltentstehung und Zerstörung.**

Die Erde besitzt eine Kugelgestalt. Der Beweis liegt darin, dass bei einer Mondesfinsternis der gekrümmte Erdschatten zu sehen ist.

Am Himmelsgewölbe sind die Sterne (Fixsterne) befestigt.

Pythagoras

Pythagoras wurde um 570 v. Chr. auf Samos geboren, er starb um 510 v. Chr. in Metapont in Italien. Seine bis heute bestehende Hauptidee liegt darin, ein **Urgesetz** anzunehmen, das mit unveränderlichen zahlenmäßigen Gesetzen die Beziehungen zwischen den Bestandteilen der Welt erklärt. Damit findet die **Mathematik** Eingang in die Naturwissenschaften. Die Sphärenklänge sind nicht nur für Kepler von Bedeutung, sie haben auch in der österreichischen Musik (Walzer von Josef Strauss) Bekanntheit erlangt.

Die Suche nach einer Weltformel (Vereinheitlichung der Gravitationskräfte, der schwachen und starken Wechselwirkung und des Elektromagnetismus) als Modell für die grundlegenden Wechselwirkungen der Natur beschäftigt die Physiker auch heute noch intensiv.

Heraklit von Ephesos

Lebte um 520 – 460 v. Chr. in Ephesus. Seine bekannteste Aussage ist: „Alles fließt, nichts besteht.“ Dabei ist der **zeitliche Aspekt** zentral. Die Ursubstanz ist das Feuer, das aufbrennt und wieder verlischt. Die Entwicklung ist ein polares Spiel gegensätzlicher Kräfte. These und Antithese beherrschen die Welt. Alles ist Kampf! „Der Krieg ist der Vater aller Dinge.“ (Die Entwicklung der Fissions- und Fusionsbomben stellt den bisherigen Höhepunkt dar, allerdings nicht das Ende dieser Aussage!)

„Die Natur besteht aus einer Vielfalt von Spezies, die nur überleben können, indem sie sich gegenseitig zerstören. Sogar jene Substanzen, die dir auf den ersten Blick träge erscheinen, kämpfen gegeneinander: Das Feuer gegen die Erde, die Erde gegen das Wasser, das Wasser gegen das Feuer und so fort.“ (Crescenzo, 1995)

Empedokles

Um ca. 490 v. Chr. in Sizilien geboren, entwickelt er die Lehre von den 4 Grundelementen Feuer, Wasser, Luft und Erde. Der Wandel entsteht durch die Auseinandersetzung der beiden Grundgefühle von Liebe und Hass. In seinen Gedanken zur Entwicklung der Pflanzen und Tiere entwickelt er Ideen, die erst viel später von Charles Darwin in „Die Entwicklung der Arten“ für großes Aufsehen erregten.

Leukipp

Lebte im 5. Jhd. v. Chr. Sein Satz „Kein Ding entsteht planlos, sondern aus Sinn und Notwendigkeit“ gilt als die 1. Formulierung des **Kausalgesetzes**. Dieses Gesetz hat bis in die Neuzeit das naturwissenschaftliche Denken gefördert und geprägt.

Demokrit

Lebte von ca. 470 bis 360 v. Chr. und war Schüler von Leukipp. Entwickelt gemeinsam mit seinem Lehrer Leukipp die Idee des **Atomismus**:

Die Welt bestehe aus dem Seienden, einem raumerfüllenden Vollen, und dem nicht-seienden Leeren, den Raum. „*In Wirklichkeit gibt es nur Atome (kleinste, unteilbare Einheiten) im Raum.*“ Diese Atome sind nur in der Gestalt (regelmäßige Körper: Kugel, Zylinder, Pyramide, Würfel) zu unterscheiden. Die Körper unterscheiden sich in Gestalt, Ordnung und Lage ihrer Elemente. Die Größe der Körper entspricht in ihrer Menge und Schwere dem Vielfachen der Menge und Schwere der Atome.

Die Atome bewegen sich nach dem Gesetz der Schwere seit Ewigkeit im unendlichen Raum. Welten entstehen so und vergehen wieder, es gibt keinen planenden und lenkenden Geist.

Demokrit könnte man also als Vordenker der modernen Atomphysik bzw. Teilchenphysik als auch der Chemie sehen.

Platon

Lebte ca. 428 – 348 in Athen. War Schüler des Sokrates (dieser wird hier nicht weiter erwähnt, weil er wenig Interesse an der Natur, sondern mehr an Moral und Ethik hatte). Sehr vielseitiger Philosoph, der sich mit Ethik, Staatstheorie usw. beschäftigte.

In seiner Schrift **Politeia** entwickelt er das Höhlengleichnis. Alle wahrnehmbaren Dinge sind nur unvollkommene **Abbilder von Ideen**, die nur dem reinen Denken zugänglich sind. Daher kann die Naturwissenschaft niemals Gewissheit geben, sondern nur Wahrscheinlichkeit.

Im **Timaios** beschreibt Platon die Entwicklung der Natur. **Sein Gott hat aber bereits vorhandenen Stoff neu geordnet**. Es gibt nur eine vollkommene Welt ohne Alterungsprozess. Gott kann nicht mit zeitlichen Begriffen beschrieben werden. **Zeit und Himmel sind aber gleichzeitig entstanden**.

Im **Theaitetos** (Mathematiker zur Zeit von Sokrates) vervollkommenet er die Theorie der regulären Körper von Euklid. Die platonischen Körper (regelmäßige konvexe Polyeder) sind Tetraeder (aus gleichseitigen Dreiecken), Würfel (aus Quadraten), Oktaeder (aus gleichseitigen Dreiecken), Dodekaeder (aus regelmäßigen Fünfecken) und Ikosaeder (wieder aus gleichseitigen Dreiecken). Diese Körper spielen bei Kepler in den Vorstellungen der Planetenbahnen eine große Rolle.

Aristoteles

384 – 322 v. Chr., Schüler und Gegner von Platon, Lehrer von Alexander dem Großen. Für die Entwicklung der Naturwissenschaften von überragender Bedeutung waren seine Untersuchungen zur Logik mit den folgenden Bausteinen:

- **Begriffe:** Basis des Denkens. Begriffe müssen definiert werden. Definitionen enthalten trennende, unterscheidende und verbindende Merkmale.
- **Kategorien:** als Zusammenfassung von Gemeinsamkeiten. Es gibt eine Hierarchie von Kategorien, die wichtigsten sind Substanz, Quantität, Qualität und Relation.
- **Urteile (Sätze):** werden durch Begriffe verbunden. Das Subjekt ist der Begriff, das Prädikat die Aussage, die über das Subjekt gemacht wird.
- **Schlüsse:** Ein Schluss ist die Ableitung eines Urteils aus anderen Urteilen. Er besteht aus den Prämissen (Voraussetzungen) und den Schlussfolgerungen (Konklusion).
- **Beweise:** sind zwingende Herleitungen von Sätzen aus anderen Sätzen mithilfe von Schlüssen.
- **Induktion:** Von Einzelbeobachtungen ausgehend die Ableitung von allgemeinen Schlussfolgerungen.

In seiner Naturphilosophie geht er von den 4 Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde aus. Der **Äther** des Himmels ist hingegen masselos, ewig und in kreisförmiger Bewegung begriffen. Die Natur ist zweckmäßig und nicht durch Zufall erklärbar. Leerer Raum (Vacuum) war für ihn nicht vorstellbar („*horror vacui*“).

Aristoteles war ein Naturbeobachter. Das Experiment hingegen war ihm – auch aufgrund noch fehlender Methoden von Messungen – hingegen fremd.

Anfänge des geozentrischen und heliozentrischen Systems

Aristarchos von Samos

310 – 230 v. Chr. Er vertritt bereits das **heliozentrische System** mit der Sonne im Mittelpunkt. Es fußt auf den Lehren der Pythagoräer: „*Im Zentrum ist Feuer und die Erde ist einer der Sterne und erzeugt Nacht und Tag, indem sie sich kreisförmig um das Zentrum bewegt.*“

Claudius Ptolemäus

Von ca. 100 – 160 n.Chr. in Ägypten. Schon Aristoteles war ein Gegner des heliozentrischen Systems. Ptolemäus entwickelte das **geozentrische System** mit der Erde im Mittelpunkt. Alle anderen Himmelskörper bewegen sich in vollkommenen Kreisbahnen um diesen Mittelpunkt. Die teilweise schleifenförmigen beobachteten Bahnen der Planeten erklärte er mit Epizyklen. Die Planeten selbst bewegen sich auf Kreisen, deren Mittelpunkte wiederum auf den vollkommenen Kreisbahnen liegen.

Dieses Modell konnte die damaligen Beobachtungen mit ausreichender Genauigkeit erklären. Bis Kopernikus, Kepler und Galilei war es das gültige Weltbild. Es entsprach auch der jüdisch-christlichen Idee, dass alles um den Menschen, der Spitze der Schöpfung, angeordnet ist.

Neben der Astronomie beschäftigte sich Ptolemäus auch mit experimenteller Optik (Reflexion, Brechung, Farben) und versuchte eine mathematische Erklärung

Zusammenfassung der Fragestellungen und möglichen Antworten aufgrund der Überlegungen der griechischen Philosophen

Diese Fragestellungen (Frank, 2011)sind in den modernen Naturwissenschaften noch immer relevant.

- Gibt es ein Universum oder gibt es Parallelwelten? Gibt es Arten von Materie, die für uns unsichtbar sind? (→ „dark matter“)
- Ist der Raum endlich oder unendlich? Wenn der Raum endlich ist, was liegt jenseits dieser Grenze?
- Existiert Raum alleine oder nur in Zusammenhang mit Materie?
- Existiert Zeit unabhängig von Materie?
- Besitzt das Universum einen Beginn / ein Ende in der Zeit? Was ist vorher, was kommt nachher?

Spätantike und Mittelalter

Diese Zeiten waren stark geprägt durch die religiöse und moralische Fragestellungen. Aristoteles war das Maß aller Dinge („Aristoteles dixit“).

Augustinus von Hippo

Der Kirchenvater Augustinus von Hippo (354 – 430 in Algerien) soll hier nur wegen seiner Vorstellungen zum Begriff der Zeit erwähnt werden. Zeit ist vom menschlichen Bewusstsein nicht zu trennen. Es gibt nur die Gegenwart, das Jetzt. Die Vergangenheit besteht in der Erinnerung, die Zukunft beschreibt unsere Erwartungen. Nur vor Gottes Auge ist alles gleich gegenwärtig. Zeit gibt es nur zusammen mit Veränderung. **Zeit und Raum sind nur gemeinsam denkbar** (→ Gegensatz zu Newton. Ein auch heute noch sehr moderner Ansatz).

„Was ist also Zeit? Solange mich niemand danach fragt, ist mir's, als wüßt' ich's; doch fragt man mich und soll ich es erklären, so weiß ich's nicht.“ (Russel, 2000)

Roger Bacon

Der Engländer Roger Bacon (1214 – ca. 1292) war ein Franziskaner, der jedoch durch sein Eintreten für **empirische Methoden** (Experimente) sich in der Kirche sehr unbeliebt machte und unter Arrest gestellt wurde. Er beschäftigte sich mit Mathematik, Astronomie und Optik.

Er nannte 4 Hindernisse auf dem Weg zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis:

- Respekt vor Autoritäten
- Gewohnheit
- Abhängigkeit von gängigen Meinungen
- Unbelehrbarkeit

Nikolaus Cusanus

Nikolaus Cusanus wurde 1401 in Kues an der Mosel geboren, er starb 1464 in Umbrien. Seiner Meinung nach habe Gott die Welt nicht planlos geschaffen, sondern unter Zugrundelegung mathematischer Prinzipien. Diese müsse man erkennen. Damit und mit seinen Untersuchungen über die Waage gehört er zu Vorreitern einer experimentellen, aber **mathematisch begründeten Physik**.

Renaissance

Dieser Begriff stammt aus dem 19. Jahrhundert und beschreibt die „Wiedergeburt“ der kulturellen Leistungen der Antike. Kunst, Kultur und auch Philosophie nahmen einen großen Aufschwung.

In den Naturwissenschaften sind vor allem diese Personen zu nennen, die alle Geduld in ihren Beobachtungen und Mut zu neuen Hypothesen mitbrachten:

Nikolaus Kopernikus

Dieser polnische Geistliche (1473 – 1543) entwickelte in seinem Hauptwerk „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ (erst nach seinem Tod veröffentlicht) die **heliozentrische Theorie** mit der Sonne im Mittelpunkt, die Planeten bewegen sich auf kreisförmigen Bahnen um die Sonne, die Erde dreht sich um die eigene Achse. Er erklärte auch die Präzession des Frühlingspunktes durch eine langsame Bewegung der Erdachse. Die Parallaxe konnte damals noch nicht beobachtet werden, daher schloss Kopernikus, dass die Fixsterne wesentlich weiter entfernt sein müssten als die Planeten.

Wahrscheinlich kannte er die Ideen des Aristarchos von Samos nicht, wohl aber ähnliche Ideen anderer Griechen (Philolaos, Eudoxos und Herakleides von Pontos). Als Priester hingegen wagte er es nicht, der vorherrschenden christlichen Anschauung des geozentrischen Weltbildes zu widersprechen. Er baute aber auf Gedanken des Nikolaus von Kues und des Regiomontanus auf.

„Die erste und oberste von allen Sphären ist die der Fixsterne, die sich selbst und alles andere enthält [...]. Es folgt als erster Planet Saturn, der in dreißig Jahren seinen Umlauf vollendet. Hierauf Jupiter mit seinem zwölffährigen Umlauf. Dann Mars, der in zwei Jahren seine Bahn durchläuft. Den vierten Platz in der Reihe nimmt der jährliche Kreislauf ein, in dem, wie wir gesagt haben, die Erde mit der Mondbahn als Enzykel enthalten ist. An fünfter Stelle kreist Venus in neun Monaten. Die sechste Stelle schließlich nimmt Merkur ein, der in einem Zeitraum von achtzig Tagen seinen Umlauf vollendet. In der Mitte von allen aber hat die Sonne ihren Sitz.“ (Kopernikus, 1543) (Übersetzung laut Wikipedia).

Die kopernikanische Idee war einfacher und eleganter als die Epizylen des Ptolemäus. (Eleganz und Einfachheit in der Formulierung widersprüchlicher Ideen sind auch heute noch ein Entscheidungsmerkmal.) Beide Modelle konnten aber die Bewegungen der Planeten innerhalb der Beobachtungstoleranz gleich gut vorhersagen. Im Heliozentrischen System gibt es aber eine klare Unterscheidung: Sonnennahe Planeten bewegen sich schneller als sonnenferne Planeten. Im geozentrischen System wären beide Möglichkeiten gegeben.

Das heliozentrische System erwies sich auch als wesentlich ausgedehnter als das geozentrische System.

Neben seinen astronomischen Tätigkeiten war er auch noch als Wegweiser einer ökonomischen Geldtheorie tätig. Er war auch noch Arzt.

Johannes Kepler

Kepler (geboren 1571 in Weil der Stadt, gestorben 1630 in Regensburg) war evangelischer Theologe, Astronom, Mathematiker und Optiker.

Basierend auf den Beobachtungen des berühmten Astronomen Tycho Brahe entwickelte er die 3 Gesetze, die heute seinen Namen tragen:

- Die Planeten bewegen sich in einer elliptischen Bahn um die Sonne, die in einem der beiden Brennpunkte steht. (Eigentlich ist der Brennpunkt der gemeinsame Schwerpunkt der Sonne und des Planeten.)
- Der Strahl zwischen Sonne und Planet überstreicht in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen.
- Das Verhältnis des Quadrats der Umlaufzeit eines Planeten zur 3. Potenz seiner großen Halbachse ist für alle Planeten gleich.

Diese Gesetze lassen sich aus den Newton'schen Gesetzen der Mechanik herleiten, wenn gilt:

- Die Körper sind Massenpunkte
- Keine Gravitationskräfte von anderen Körpern (Zweikörperproblem)
- Vernachlässigung nichtgravitativer Kräfte
- Vernachlässigung relativistischer Effekte.

Diese idealisierten Annahmen stellten dennoch ein gutes Modell dar. Real beobachtete Bahnen hingegen können aus den Abweichungen von obigen Annahmen erklärt werden (Mehrkörper-Problematik, Einbeziehung relativistischer Geschwindigkeiten).

Die Ellipse als Bahn war die Aufgabe der idealisierten kreisförmigen Bewegung!

Die Planetenbahnen dachte er sich auch nach den platonischen Körpern angeordnet (liegt aber im Widerspruch zu den Ellipsen, denn die platonischen Körper werden vom perfekten Kreis umschrieben).

Giordano Bruno

Der Priester Giordano Bruno (geb. 1548, hingerichtet am Scheiterhaufen 1600 in Florenz) ging über das heliozentrische System hinaus. Er postulierte ein **ewiges, unendliches Universum** ohne Mittelpunkt mit zahllosen Sternen in ständiger Bewegung. Es gibt daher keine Schöpfung und auch kein Jüngstes Gericht.

Francis Bacon

Der aus reichem Haus stammende Engländer (1561 – 1626) war eine sehr zwiespältige Figur. Er war Abgeordneter, Generalstaatsanwalt (dabei auch Folterer) und Lordkanzler.

Als Philosoph dienen für ihn die Naturwissenschaften nur zu dem Zweck, die **Natur im Interesse des Fortschrittes zu beherrschen**. Die Natur werde besiegt, indem man ihr gehorcht. Wirkliche Erkenntnis sei eine reale Abbildung der Natur.

„Der Mensch, als Diener und Erklärer der Natur, wirkt und weiß nur so viel, als er von der Ordnung der Natur durch die Sache oder seinen Geist beobachtet hat; mehr weiß und vermag er nicht.“ (Bacon)

„FRL. DOKTOR: Aber Möbius verriet ihn. Er versuchte zu verschweigen, was nicht verschwiegen werden konnte. Denn was ihm offenbart worden war, ist kein Geheimnis. Weil es denkbar ist. Alles Denkbare wird einmal gedacht. Jetzt oder in der Zukunft.“

MÖBIUS: Was einmal gedacht wurde, kann nicht mehr zurückgenommen werden.“ (Dürrenmatt, 1962)

Galileo Galilei

Der Italiener Galilei (1564 – 1642) war Philosoph, Mathematiker, Physiker und Astronom. Er war ein herausragender Experimentator.

Er entdeckte unter anderem die Bedeutung der Beschleunigung und das Trägheitsgesetz (jede Veränderung der Geschwindigkeit und der Bewegungsrichtung ist nur durch das Einwirken einer Kraft zu erklären). Er untersuchte den Fall freier Körper. Er unterstützte das heliozentrische Weltbild („Und sie bewegt sich doch.“) und nutzte das von Jan Lippershey erfundene Fernrohr zur Himmelsbeobachtung. Dabei entdeckte er Mondkrater, die 4 größten Jupitermonde (die Galilei'schen Monde genannt) und beschrieb die Milchstraße als Anhäufung von Sternen. Er stellte auch als Erster Sonnenflecken fest, damals fast ein Sakrileg gegen die als perfekt gedachte Sonne.

Seine Verbindung von Experiment, Messung und mathematischen Methoden stellen die Naturwissenschaften auf eine völlig neue Basis. „Das große Buch der Natur liegt aufgeschlagen vor uns. Um es lesen zu können, bedürfen wir der Mathematik, denn es ist in mathematischer Sprache geschrieben. Die Naturvorgänge sind quantitativ und damit messbar, wo das nicht ohne weiteres der Fall ist, muss die Wissenschaft die Anordnung des Experiments so treffen, dass sie messbar gemacht wird.“

Dies ist der eigentliche **Zeitpunkt der Trennung der Philosophie**, die nach dem Wesen und dem Warum der Dinge fragt, **von den beschreibenden Naturwissenschaften**.

Immanuel Kant gibt dazu eine gegensätzliche Meinung ab: „Our intellect does not draw its laws from nature, but it imposes its laws upon nature.“ Karl Popper erweitert diesen Feststellung so: „Our intellect does not draw its laws from nature, but it tries – with varying success – to impose upon nature laws which it freely invents.“ (Popper, Quantum Theory and the Schism in Physics, 1982)

Das naturwissenschaftliche Zeitalter

Ab diesem Zeitpunkt scheint mir die übliche historische Einteilung nicht mehr zum Thema passend, daher die obige Überschrift.

René Descartes

Descartes (geb. 1596 in Frankreich, gest. 1650 in Stockholm, war Philosoph, Mathematiker und Naturwissenschaftler. Laut Bertrand Russel (Russel, 2000) ist er „*philosophisch und mathematisch von höchster Bedeutung; auf naturwissenschaftlichem Gebiet hat er zwar auch Beachtliches, aber doch nicht so Vorzügliches geleistet wie manche seiner Zeitgenossen.*“

Sein bedeutendster mathematischer Beitrag ist die Entwicklung der analytischen Geometrie und des nach ihm benannten Koordinatensystems.

In der Physik erkennt er das 1. Bewegungsgesetz (ohne Krafteinwirkung bewegt sich ein Körper auf einer Geraden mit gleichbleibender Geschwindigkeit) an. Allerdings **werden Bewegungsänderungen durch Stöße hervorgerufen**. Alle Vorgänge sind rein mechanischer Natur. Die Planetenbahnen seien aufgrund von Wirbeln rund um die Sonne zu erklären.

Isaac Newton

Er lebte von 1642 - 1727 in England und war Naturwissenschaftler und Verwaltungsbeamter.

Sein herausragendes Werk sind die „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“ mit dem Gravitationsgesetz und den Bewegungsgesetzen (Kraft als Ursache von Bewegung bzw. Bewegungsänderung). Grundlage dafür sind **ein absoluter Raum und eine absolute Zeit**, die beide unabhängig von Materie existieren. Kräfte wirken augenblicklich in unendlicher Entfernung (Fernwirkung).

Nur am Beginn hat Gott das Gravitationsgesetz in Kraft gesetzt und die Himmelskörper von Gott in ihre Bahnen gelenkt worden. Dann gibt es keine göttliche Intervention mehr. Der Weltenlauf ist vollkommen determiniert (Widerspruch zur Idee des freien Willens).

Newton war auch einer der Entwickler der Infinitesimalrechnung und der Erfinder des Spiegelteleskops. In seiner Schrift „Hypothesis of Light“ führt er das Konzept des Äthers (Licht bewegt sich durch ein materielles Medium) ein. Dort ist ebenso eine Korpuskeltheorie des Lichtes beschrieben, die allerdings wenig mit der modernen Korpuskeltheorie gemeinsam hat.

Er war auch Inhaber des Lucasischen Lehrstuhls für Mathematik in Cambridge (Steven Hawking ist einer seiner Nachfolger). Später war er Master der Royal Mint (Münzprägeanstalt) und Präsident der Royal Society.

Newton versuchte auch eine Berechnung des Zeitpunktes der Erschaffung der Welt (sein Ergebnis war 3470 v. Chr.), welches im Gegensatz zu einer früheren Berechnung des irischen Theologen James Ussher stand (sein Ergebnis: 23. 10. 4004 v. Chr.).

Die nicht ausgeführte Grabinschrift (er ist in der Westminster Abbey in London begraben) sollte lauten:

„Nature and Natur's laws lay hid in Night:
God said, Let Newton be! and all was Light.“

Gottfried Wilhelm Leibniz

Geb. 1646 in Leipzig, gest. 1716 in Hannover galt als Universalgelehrter. Er war Philosoph, Mathematiker, Diplomat und politischer Berater. Er gilt als Vordenker der Aufklärung.

In der Mathematik entwickelte er parallel zu Newton die Infinitesimalrechnung. Er erfand eine Rechenmaschine mit den 4 Grundrechnungsarten und beschäftigte sich mit dem dualen Zahlensystem.

Leibniz vertrat die Ansicht, die Welt sei die **beste aller möglichen Welten**. Er meint damit aber dass nicht unbedingt der derzeitige Zustand der bestmögliche sei, sondern die Welt mit ihrem Entwicklungspotential. Gott könnte aber keine logischen Wahrheiten schaffen oder ändern. **Mathematische Sätze existieren unabhängig von Gott.**

Pierre-Simon Laplace

Der Franzose Laplace (1749 – 1827) war Mathematiker (Schüler von d'Alembert) und beschäftigte sich mit u.a. mit Differentialgleichungen, Wahrscheinlichkeitstheorie, usw.

Seine bedeutendste Leistung war in der Astronomie die Untersuchung der **Himmelsmechanik**. (*Traité de Mécanique Céleste*). Dabei gibt er einen Beweis für die Stabilität der Planetenbahnen. Er postuliert auch „Schwarze Löcher“ und beschäftigt sich mit dem 3-Körper-Problem.

Napoleon Bonaparte sagte zu ihm: „*Newton sprach in seinem Buch von Gott. Ich habe das ihrige (Exposition du Système du monde) schon durchgesehen und dabei diesen Begriff kein einziges Mal gefunden*“. Laplace hat geantwortet: „*Bürger und Erster Konsul, ich habe dieser Hypothese nicht bedurft.*“

In obigem Buch stellt er auch die Nebularhypothese zur Entstehung des Sonnensystems auf, welches Immanuel Kant erweitert.

Laplace ist ein Vertreter des vollkommenen Determinismus.

Die Moderne

Diese Zeit ist durch einen enormen Fortschritt des physikalischen Wissens gekennzeichnet (Elektromagnetismus, Thermodynamik, Relativitätstheorie und Quantenmechanik). Es werden daher im Folgenden jene wichtigen Bereiche der Physik und deren wichtigste Ergebnisse angeschnitten, die für das Thema von besonderer Bedeutung sind. Besonders ab 1900 überschneiden sich viele dieser Entwicklungen zeitlich.

Philipp von Jolly, Münchner Physikprofessor, kommentiert den Wunsch von Max Planck, Physik zu studieren, so: „*In dieser Wissenschaft sei schon fast alles erforscht, und es gelte, nur noch einige unbedeutende Lücken zu schließen.*“

Thermodynamik

Es gibt 4 Hauptsätze: (Zählung beginnt mit 0, da historisch gesehen der 0. Satz erst später aufgestellt wurde.)

0. Gesetz des thermischen Gleichgewichts: Wenn Systeme A und B in thermischem Gleichgewicht stehen und Systeme B und C, so stehen auch A und C im thermischen Gleichgewicht. Die beschreibende Zustandsgröße ist die Temperatur.
1. Energieerhaltungssatz: Die Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems ist gleich der Summe der Änderung der Wärme und der Änderung der Arbeit. (1. Beschreibung durch den Arzt **Julius Robert Mayer** im Jahr 1841).
2. Entropie: Die Gesamtentropie in einem isolierten System kann nie kleiner werden. Damit ist eine Richtung der Zeit vorgegeben: Von einem Zustand niedriger Entropie (hohe Ordnung) zu einem Zustand hoher Entropie (niedrige Ordnung). Dieses Gesetz ist eine **Erfahrungstatsache** und nicht aus der Vielteilchen-Schrödinger-Gleichung der Quantentheorie ableitbar. Roger Penrose schließt aber nicht aus, dass es eine Umkehrung dieses Gesetzes geben könnte, wonach die Entropie zeitlich auch wieder abnehmen könnte für den Fall eines Universums, welches auf einen Big Crunch zusteuern könnte, hält es aber für extrem unplausibel (Penrose, 2010).
3. Es ist unmöglich, durch einen Prozess mit einer endlichen Zahl von Einzelschritten die Temperatur eines Systems auf den absoluten Nullpunkt zu senken. (**Walter Nernst** im Jahr 1906)

Ludwig Boltzmann

Österreichischer Physiker (1844 – 1906), Entwickler der kinetischen Gastheorie und Entdecker der Beziehung zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit im Jahr 1877 (Arbeiten auch von **James Clerk Maxwell**).

Er stellte gemeinsam mit **Josef Stefan** das **Stefan-Boltzmann-Gesetz** auf, das besagt, dass jeder schwarze Körper (idealisierte Körper mit maximalem Absorptionsgrad) eine Strahlungsleistung abgibt, die proportional (Stefan-Boltzmann-Konstante) der Fläche und der 4. Potenz der Temperatur ist. Stefan war der experimentelle Entdecker, Boltzmann leitete dieses Gesetz aus den thermodynamischen Grundgesetzen ab. Das Gesetz lässt sich jedoch auch aus dem **planckschen Strahlungsgesetz** ableiten. Die Sonne ist in sehr guter Näherung ein schwarzer Körper mit einer Temperatur von 5777 K.

Quantenmechanik

Aufgrund der Gesetze der klassischen Physik sollte ein schwarzer Körper ein Spektrum ausstrahlen, das alle möglichen Wellenlängen umfasst. Das Problem dabei war, dass damit eine unendliche Energiemenge abgestrahlt werden sollte.

Der Deutsche **Max Planck** (1858 – 1947) entdeckte die Lösung: Nicht alle Frequenzen sind möglich, sondern Lichtenergie kann nur in diskreten Werten (Quanten) emittiert werden. Er ist damit der Begründer der Quantenmechanik. 1918 erhielt er den Nobelpreis.

Darauf aufbauend deutete **Einstein** den **photoelektrischen Effekt**. Dafür bekam er 1921 den Nobelpreis.

Der Däne **Niels Bohr** (1885 – 1962) erweiterte die Ideen von Planck und entwickelte das nach ihm benannte Atommodell, das allerdings nur die Spektrallinien des Wasserstoffs erklären konnte. Dafür erhielt er 1922 den Nobelpreis. Er beschäftigte sich mit der komplementären Natur des Lichtes als Welle und Teilchen. Dies steht im Widerspruch zur Logik des Aristoteles, bei dem ein Ding entweder A oder Nicht-A sein kann.

Der Deutsche Werner Heisenberg (1901 – 1976) entdeckte die **Unschärferelation** (z.B. ist die gleichzeitige Messung von Ort und Impuls oder Zeit und Energie unmöglich; dies steht im Widerspruch zur klassischen Physik). Vereinfacht ausgedrückt, liegt der Grund darin, dass bei einer Messung immer Energie zwischen Messobjekt und Messgerät ausgetauscht wird. Im quantenmechanischen Bereich ist dieser Energieaustausch nicht vernachlässigbar gegenüber der zu messenden Energie des Quantensystems. Heisenberg erhielt 1932 den Nobelpreis.

Heisenberg beschreibt in einem Gespräch, das Wolfgang Pauli , Paul Dirac und er geführt haben, wie er das Verständnis von Planck zwischen Naturwissenschaft und Religion einschätzt: „*Ich vermute, dass für Planck Religion und Naturwissenschaft deswegen vereinbar sind, weil sie, wie er voraussetzt, sich auf ganz verschiedene Bereiche der Wirklichkeit beziehen.*“ Er selbst aber sagt: „... aber ich muss gestehen, dass mir bei dieser Trennung nicht wohl ist. Ich bezweifle, ob menschliche Gemeinschaften auf die Dauer mit dieser scharfen Spaltung zwischen Wissen und Glauben leben können.“ (Heisenberg, 1973)

Der Begriff der **Wahrscheinlichkeit** ist ein zentraler Bestandteil der Quantenmechanik. Ein instabiles Isotop zerfällt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Die Halbwertszeit gibt dabei an, dass nach dieser Zeit 50 % aller Atome des bestimmten Isotops zerfallen sind. Es gibt aber keinerlei Naturgesetz, nach dem bestimmt werden könnte, wann ein bestimmter Kern nun tatsächlich zerfällt.

Einstein konnte sich damit nicht abfinden, ihm wird der Ausspruch zugeschrieben: „*Gott würfelt nicht.*“ Er vertrat auch die Ansicht, Gott habe das Universum aus dem Nichts geschaffen, und die Menschen können ein Verständnis der göttlichen Gesetze der Schöpfung gewinnen. Diese Gesetze sind objektiv und existieren unabhängig von uns selbst. Niels Bohr (Kopenhagener Deutung) vertritt hingegen die Ansicht, die Eigenschaften der Dinge entstehen erst durch deren Beobachtung.

1931 entwickelte Einstein mit seinen Kollegen **Boris Podolsky** und **Nathan Rosen** das berühmte EPR-Gedankenexperiment: Man nehme ein Quantensystem, splitte es in genau 2 Teile A und B auf und lasse die beiden Hälften in genau entgegengesetzter Richtung bis an die Grenzen des Universums fliegen. Messungen am Teilsystem A können dann keinerlei Einfluss auf das weit entfernte Teilsystem B haben. Aber aufgrund von Symmetriegesetzen kann man einige der Eigenschaften des Teilsystems B ableiten (z.B. Spin oder Geschwindigkeit), ohne B jemals beobachten zu müssen. Bohr hingegen argumentierte, dass jede Messung einen essentiellen Einfluss auf die Definition der zu messenden physikalischen Variablen habe. **John Bell** meinte, dass ein „*Quanten-Ganzes*“ bedeutet, dass beide Teile A und B miteinander korreliert sind auch über große Entfernungen hinweg. „*Physicists give lip service to Bohr and deny Einstein, but most of them end up ignoring what Bohr thought and still think like Einstein.*“ (Peat, 2002)

Relativitätstheorie

Albert Einstein (geb. 1879 in Ulm, gest. 1955 in Princeton) war der Hauptentwickler der Relativitätstheorie. Er baute aber auf Arbeiten von **Hendrik Lorentz** und **Henri Poincaré** auf.

Spezielle Relativitätstheorie

Diese wurde 1905 veröffentlicht.

In jedem Inertialsystem (d.h. in einem unbeschleunigten System) gelten die Gesetze der klassischen Newton'schen Mechanik gleichermaßen. Die Umrechnung von einem Inertialsystem in ein anderes erfolgt durch die Galileitransformationen auf Basis eines dreidimensionalen euklidischen Raumes und der von diesem Raum unabhängigen Zeit.

Bei den Maxwell-Gleichungen der Elektrodynamik verändern sich diese Gleichungen jedoch unter den Galileitransformationen. Die Lichtgeschwindigkeit wäre vom Bezugssystem abhängig. Der berühmte Versuch von Michelson-Morley führte aber zum Ergebnis, dass es kein derartiges Bezugssystem (Äther) gibt.

Die Lorentztransformationen ermöglichen unveränderte Maxwell-Gleichungen, aber um den Preis einer gemeinsamen Veränderung von Raum und Zeit.

Die wesentlichen Folgen dieser Theorie sind:

- **Gleichzeitigkeit:** 2 Ereignisse sind nur dann gleichzeitig, wenn ein Beobachter von diesen beiden Ereignissen gleich weit entfernt ist.
- **Lorentzkontraktion:** In Bewegungsrichtung verkürzen sich die Längen.
- **Zeitdilatation:** die Zeit vergeht in allen relativ bewegten Systemen langsamer als im jeweiligen Ruhesystem
- **Relativistische Geschwindigkeitsaddition:** Die Lichtgeschwindigkeit kann nicht durch Addition von Geschwindigkeiten überschritten werden.
- **Äquivalenz von Masse und Energie:** $E_{\text{Ruhe}} = mc^2$

Die spezielle Relativitätstheorie ist durch Experimente sehr gut abgesichert (Erhöhung der Lebensdauer von instabilen Elementarteilchen in Beschleunigern, Vergleich von Atomuhren in Flugzeugen und auf der Erde, ...). Bei GPS-Systemen muss man die spezielle Relativitätstheorie bereits berücksichtigen.

Der deutsche Mathematiker **Hermann Minkowski** stellt dazu 1908 fest: *Henceforth space by itself, and time by itself, are doomed to fade away into mere shadows, and only a kind of union of the two will preserve an independent reality.*“ (Peat, 2002)

Für sehr kleine Geschwindigkeiten geht die spezielle Relativitätstheorie in die klassische Mechanik über.

Allgemeine Relativitätstheorie

Diese Theorie wurde von Einstein zwischen 1905 und 1915 entwickelt. Es beschreibt die Wechselwirkung zwischen Materie und Raum und Zeit. Gravitation ist dabei eine geometrische Eigenschaft einer gekrümmten vierdimensionalen Raum-Zeit.

Für Einstein sind die Gesetze der Relativitätstheorie völlig unabhängig vom Zustand, in dem sich der Beobachter befindet. (Peat, 2002)

Deren wesentliche Folgen sind:

- **Gravitative Zeitdilatation und Rotverschiebung:** Licht, das mit einer gegebenen Frequenz weg vom Gravitationszentrum ausgestrahlt wird, erleidet eine Rotverschiebung.
- **Lichtablenkung und Lichtverzögerung:** Licht nahe einer großen Masse bewegt sich aus Sicht eines entfernten Beobachters langsamer. Daraus folgt eine Ablenkung des Lichtes in der Nähe großer Massen. (**Shapiro-Effekt**).
- **Periheldrehung des Merkur**
- **Gravitationswellen:** schwierig nachzuweisen
- **Schwarze Löcher**
- **Lense-Thirring-Effekt:** Eine rotierende Masse verändert die diese umgebende Raum-Zeit.

Die meisten der angeführten Konsequenzen dieser Theorie sind experimentell sehr gut bestätigt. Die allgemeine Relativitätstheorie ist jedoch bei hohen Teilchenenergien oder kleinen Raum-Zeit-Gebieten nicht mit der Quantenphysik vereinbar.

Kosmologie

Wesentliche Annahmen:

- Kosmologisches Prinzip: Kosmos ist isotrop und homogen
- Geltung der Allgemeinen Relativitätstheorie

Wesentliche Beobachtungen:

- Hubble-Expansion
- Kosmische Hintergrundstrahlung
- Entstehung der ersten Elemente

Hubble-Konstante und die Ausdehnung des Universums

Der amerikanische Astronom Edwin Hubble (1889 – 1953) stellte die Ausdehnung des Weltalls 1929 anhand der Bewegungen der Galaxien fest, nach vorausgehenden Untersuchungen von Vesto Slipher in 1917. Der belgische Priester **George Lemaître** postulierte diese Ausdehnung bereits 1927 aufgrund der Rotverschiebung (Dopplereffekt) des Lichtes entfernter Galaxien in Übereinstimmung mit der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Die Hubble-Konstante , die eigentlich zeitabhängig ist und deren Zeitabhängigkeit messbar ist (Ellwanger, 2011), beschreibt diese Ausdehnung des Weltalls. Aufgrund dieser Konstante kann das **Alter des Universums** abgeschätzt werden. (Derzeit bester Wert: **13,7 * 10⁹ Jahre**).

Die durchschnittliche Dichte des Universums ist heute ca. **2 * 10⁻²⁷ kg/m³**, d.h. ca. 1 Nukleon (Proton oder Neutron) pro m³.

Kosmische Hintergrundstrahlung (CMB: Cosmic Microwave Background)

Ende der 40-er Jahre des 20. Jahrhunderts sagten der gebürtige Russe George Gamow und Robert Dyke die Existenz einer kosmischen Hintergrundstrahlung, die als Rest des Urknalls festzustellen sei, voraus. Diese Strahlung wurde von den beiden Mitarbeitern der Bell-Laboratories, Arno Penzias und Robert Wilson, 1964 tatsächlich beobachtet. Penzias und Wilson erhielten dafür den 1978 den Nobelpreis.

Diese Hintergrundstrahlung entspricht der Temperatur eines schwarzen Körpers von 2,73 K und ist sehr isotrop. (Penrose, 2010) Es gibt aber sehr kleine Abweichungen von dieser Isotropie, die durch kleinste Dichteschwankungen im Universum zur Zeit der Entstehung (ca. 400 000 Jahre nach dem Urknall) hervorgerufen sind und mit denen die Verteilung der Galaxien erklärt werden kann.

Primordiale Nukleosynthese

Die wesentliche Erzeugung der leichten Isotope (ca. 75 % ¹H, ca. 25 % ⁴He und sehr geringe Anteile von D, ³He und T und noch geringere Anteile von Be und Li) war ca. 3 - 5 Minuten nach dem Urknall abgeschlossen. Danach waren Dichte und Temperatur für eine Kernfusion bereits zu gering.

Die Entwicklung des Universums

Hier wird im Wesentlichen den Quellen (Ellwanger, 2011) und (Frank, 2011) gefolgt. Die Zeitangaben unterscheiden sich in verschiedenen Quellen, deren Größenordnung stimmt jedoch i.a. überein.

Zeit	Phase	Erklärung / Probleme
0 s	Urkall	Beginn? Singularität! → Stringtheorie? Brane-Theorie?
10^{-43} s	Planck-Zeit	Kleinste sinnvolle Zeiteinheit, korrespondiert mit der Planck-Länge (10^{-35} m). Ist es sinnvoll, von einem kontinuierlichen „Davor“ zu sprechen?
10^{-33} s	Inflationsphase	Inflationäre Ausdehnung innerhalb von 10^{-33} s von der Größe eines subatomaren Teilchens um den Faktor 10^{40} auf die Größe eines Tennisballs. Basis dafür ist das instabile „falsche Vakuum“ mit extrem hoher Energie.
$< 10^{-12}$ s	Ursuppe	Temperaturen $> 10^{15}$ K, wahrscheinlich noch unbekannte, sehr schwere Elementarteilchen vorhanden. Problem des Ungleichgewichts von Materie und Antimaterie (Baryonen-Asymmetrie)
10^{-6} s	Bildung von Protonen und Neutronen	Temperaturen um 10^{12} K, Quarks bilden die Bestandteile der Atomkerne
10 s	Bildung leichter Kerne	Temperaturen um $10^{10} - 10^9$ K, Bildung von H, D, He, Li
$4 * 10^5$ J	Bildung von Atomen	Temperaturen um 3000 K, Bildung leichter Atome. Das Universum wird durchsichtig, vorher waren die Dichte und damit die Streuung zu hoch.
10^8 J	Sterne und Galaxien	Temperaturen von ca. 30 K, in den Sternen Fusion bis zu C, in Supernovae Fusion aller Elemente mit höherer Ordnungszahl
$10 * 10^9$ J	Entstehung unseres Sonnensystems	Temperatur von ca. 6 K
$13,7 * 10^9$ J	Heute	Temperatur von 2,73 K. Kosmische Hintergrundstrahlung zeigt diesen Wert.

In den letzten 13 Milliarden Jahren hat sich das Universum nur ca. um den Faktor 10 ausgedehnt!

Die Urkall-Theorie ist aber nicht ohne Widersprüche bzw. ohne Probleme (Wikipedia-Autoren, 2015):

- **Horizontproblem:** Die CMB ist in allen Richtungen praktisch isotrop. Das sollte nicht möglich sein, da in entgegengesetzten Richtungen der Austausch von Informationen (geht nur mit Lichtgeschwindigkeit) nicht möglich ist. Die Inflationsphase (Ausdehnung übersteigt die Lichtgeschwindigkeit) bereinigt dieses Problem.
- **Flaches Universum:** Der beim Urkall extrem gekrümmte Raum flacht durch die Inflationsphase so ab, dass ein euklidischer Raum entstanden ist.
- **Magnetische Monopole:** Diese sollten laut Dirac existieren, konnten aber noch nie nachgewiesen werden.
- **Baryonenasymmetrie:** Warum gibt es nur Materie und keine Antimaterie? Gibt es parallele Universen aus Antimaterie?
- **Dunkle Materie:** ist notwendig, um die Geschwindigkeiten, mit der sichtbare Sterne das Zentrum ihrer Galaxie umkreisen, zu erklären.

- **Dunkle Energie:** ist notwendig, um die beobachtete beschleunigte Expansion des Universums zu erklären. Was ist das überhaupt? Kann sie mit der durch Einstein („*mein größter Blödsinn*“) eingeführten Kosmologischen Konstanten der Relativitätstheorie erklärt werden? Oder mit der Vakuumenergie?
- **Singularität:** Ist die Stringtheorie (10 Raumdimensionen, 1 Zeitdimension) oder die Branes-Theorie (Membranen) eine mögliche Erklärung?

Fundamentale Elementarteilchen (Fundamentalteilchen)

Anmerkung: Die unten stehende Zusammenfassung wurde aus verschiedenen Quellen entnommen.
Die wichtigsten sind: (Bleck-Neuhaus, 2010), verschiedene Wikipedia-Seiten

Grundeigenschaften

- Können erzeugt und vernichtet werden
- Unteilbar, ohne angeregte Zustände
- Identisch (innerhalb der Art)
- Erscheinen punktförmig

Innere Eigenschaften

- Masse (Ruheenergie)
- Spin: Eigendrehimpuls
- Parität: > 0 bei Teilchen, < 0 bei Antiteilchen
- Leptonenzahl: $+/- 1$ bei Leptonen, sonst 0
- Baryonenzahl: $+/- 1/3$ bei Quarks, sonst 0
- Elektrische Ladung: ungleich 0: an der elektromagnetischen Wechselwirkung beteiligt
- Schwache Ladung: ungleich 0: an der schwachen Wechselwirkung beteiligt
- Farbladung: ungleich 0: an der starken Wechselwirkung beteiligt

Erhaltungssätze

Die 4 Erhaltungssätze der klassischen Physik gelten auch hier:

- Energie-Erhaltungssatz
- Impuls-Erhaltungssatz
- Drehimpuls-Erhaltungssatz
- Erhaltung der elektrischen Ladung

Die Spiegel-Symmetrien der klassischen Physik aber sind gebrochen:

- Raum
- Zeit
- Ladungsvorzeichen

Einzelnen gelten diese Spiegel-Symmetrien in der elektromagnetischen und der starken Wechselwirkung. In der schwachen Wechselwirkung werden alle 3 Spiegel-Symmetrien gebrochen. Eine gleichzeitige Anwendung dieser Spiegel-Symmetrien bedeutet aber eine Vertauschung aller Teilchen mit ihren Antiteilchen. (CPT-Theorem) (Bleck-Neuhaus, 2010)

Beob- achtung	1. Generation	2. Generation	3. Generation	Bosonen: Träger von Kräften: Austauschteilchen	Higgs-Boson
Quarks	Up	Charm	Top	Photon: elektromagnetische Wechselwirkung	
	Down	Strange	Bottom	Gluon: starke Wechselwirkung	Erklärt die mit Masse behafteten Bosonen (Gluon, Z-Boson, W- Boson) und möglicherweise die Schwerkraft
Leptonen	Elektron- Neutrino	Myon- Neutrino	Tau- Neutrino	Z-Boson: schwache Wechselwirkung	Erklärt die mit Masse behafteten Bosonen (Gluon, Z-Boson, W- Boson) und möglicherweise die Schwerkraft
	Elektron	Myon	Tau(on)	W-Boson: schwache Wechselwirkung	

Es gibt daher im Standardmodell 61 Elementarteilchen:

- 36 Quarks (6 * 3 für jede Farbladung * 2 für die Antiteilchen)
- 12 Leptonen (6 * 2 für die Antiteilchen)
- 12 Austauschteilchen: für jedes der vorstehenden Paare je eines
- 1 Higgs-Boson

Quarks

Quarks sind die elementaren Bestandteile von Hadronen (Teilchen, die allen 4 Grundkräften unterliegen) im Standardmodell der Teilchenphysik. Sie wurden von **Murray Gell-Mann** 1964 vorgeschlagen, er erhielt dafür auch 1969 den Nobelpreis.

Es wurden bis heute aber noch keine freien Quarks gemessen. Die Namen der Quarks sind willkürlich gewählt, sie haben nichts mit den angenommenen Namenseigenschaften gemeinsam.

Zu allen Quarks gibt es Antiteilchen mit entgegengesetzter elektrischer Ladung.

Wichtige Eigenschaften:

- **Farbladung:** rot, grün, blau, antirot, antigrün, antiblau. „Farblose“ Teilchen entstehen durch das Zusammentreffen der 3 „Farben“ rot, grün und blau bzw. deren „Antifarben“. Nur „farblose“ Kombinationen können als zusammengesetzte Teilchen isoliert existieren.
- **Elektrische Ladung:** Entweder $-1/3$ oder $+2/3$ der Elementarladung. Zusammengesetzte Teilchen können nur ganzzahlige Ladungen besitzen.

Die 6 Quarks, diese sich durch Quantenzahlen (Spin, Flavour, ...), Ladung und Masse unterscheiden, sind:

- **1. Generation:** bilden gemeinsam die Nukleonen (Proton und Neutron).
 - Up
 - Down
- **2. Generation:** erklären den Aufbau einiger Baryonen
 - Strange
 - Charm
- **3. Generation:** erklären den Aufbau von Mesonen.
 - Bottom
 - Top

Leptonen

Der Name kommt von $\lambda\varepsilon\pi\tau\sigma$ (dünn, fein). Es sind i. a. leichte Teilchen, das Myon ist allerdings schon „mittelgewichtig“, das Tauon hat aber ca. die doppelte Masse des Protons.

Das Elektron, das Myon und das Tauon besitzen eine negative Elementarladung, die Neutrinos sind nicht geladen.

Es gibt auch die entsprechenden Anti-Teilchen.

Austauschteilchen

Die Austauschteilchen aller Grundkräfte der Natur sind Bosonen. (Bleck-Neuhaus, 2010) Hierbei taucht – natürlich in stark veränderter Form – ein Grundgedanke der griechischen Philosophie auf, nach der durch Stöße von Teilchen Kräfte übertragen werden.

The Blind Men and The Elephant

Dieses Gedicht des amerikanischen Autors John Godfrey Saxe (1816 – 1887) über eine alte indische (buddhistische oder hinduistische) Geschichte (Gardner, 1995) drückt die Situation des heutigen naturwissenschaftlichen Weltbildes sehr gut aus und grenzt an dies Aussage von Steven Hawking am Beginn an:

„It (model-dependent realism) is based on the idea that our brains interpret the input from our sensory organs by making a model of the world. When such a model is successful at explaining events, we tend to attribute to it ... absolute truth.“ (Hawking, 2010)

*It was six men of Indostan
To learning much inclined,
Who went to see the Elephant
(Though all of them were blind),
That each by observation
Might satisfy his mind.*

*The First approached the Elephant,
And happening to fall
Against his broad and sturdy side,
At once began to bawl:
"God bless me! but the Elephant
Is very like a WALL!"*

*The Second, feeling of the tusk,
Cried, "Ho, what have we here,
So very round and smooth and sharp?
To me 'tis mighty clear
This wonder of an Elephant
Is very like a SPEAR!"*

*The Third approached the animal,
And happening to take
The squirming trunk within his hands,
Thus boldly up and spake:
"I see," quoth he, "the Elephant
Is very like a SNAKE!"*

*The Fourth reached out an eager hand,
And felt about the knee
"What most this wondrous beast is like
Is mighty plain," quoth he:
""Tis clear enough the Elephant
Is very like a TREE!"*

*The Fifth, who chanced to touch the ear,
Said: "E'en the blindest man
Can tell what this resembles most;
Deny the fact who can,
This marvel of an Elephant
Is very like a FAN!"*

*The Sixth no sooner had begun
About the beast to grope,
Than seizing on the swinging tail
That fell within his scope,
"I see," quoth he, "the Elephant
Is very like a ROPE!"*

*And so these men of Indostan
Disputed loud and long,
Each in his own opinion
Exceeding stiff and strong,
Though each was partly in the right,
And all were in the wrong!*

Die Erschaffung Adams

„Gott erschuf den Menschen erst am letzten Schöpfungstage. Warum schuf er ihn nicht am ersten Tag? Damit sich später keine Mäuler finden, die das Gerücht verbreiten, Gott habe die Welt nicht allein geschaffen. Adam habe ihm dabei geholfen.“

Er schuf ihn auch als letzten, damit der Mensch nicht überheblich sei. Gott sage ihm: „Vergiss nicht, dass selbst das geringste Lebewesen vor dir geschaffen wurde.“

In Gottes Möglichkeit wäre es gewesen, mehrere Menschen auf einmal zu schaffen. Warum erschuf er Adam ganz allein? Hätte Gott mehrere Menschen auf einmal geschaffen, hätten sich die Nachkömmlinge späterer Generationen gerühmt: „Mein Vater war adeliger als deiner.“ Daher schuf Gott nur einen Menschen, damit alle Nachkommen künftighin wissen sollen, dass sie einen Vater gehabt haben, dass sie alle von einem Vater abstammen und keiner einer höheren oder niedrigeren Rasse angehört.

Alle Lebewesen schuf Gott durch sein Wort, aber den Menschen bildete er mit seinen eigenen Händen. Zu diesem Zwecke nahm er Erde von allen vier Enden der Welt, damit sich der Mensch überall zu Hause fühle.

Und warum schuf Gott den Menschen nach seinem Ebenbild? Damit der Mensch an der Welt weiterbaut und die Arbeit verrichtet, die Gott vor ihm verrichtet hatte.“

(Kanner, 1977)

Literaturverzeichnis

- Bacon, F. *Große Erneuerung der Wissenschaften*.
- Barrow, J. D. (2000). *The Book of Nothing*. New York: Vintage Books.
- Bleck-Neuhaus, J. (2010). *Elementare Teilchen*. Heidelberg: Springer.
- Crescenzo, L. D. (1995). *Alles fließt, sagt Heraklit*. München: Albrecht Knaus Verlag.
- Dürrenmatt, F. (1962). *Die Physiker*. Zürich: Verlag der Arche.
- Ellwanger, U. (2011). *Vom Universum zu den Elementarteilchen* (2. Auflage Ausg.). Heidelberg: Springer.
- Frank, A. (2011). *About Time*. Oxford: One World Publications.
- Gardner, M. (1995). *Famous Poems From Bygone Days*. New York: Dover Publications.
- Hawking, S. (2010). *The Grand Design*. New York: Bantam.
- Heisenberg, W. (1973). *Der Teil und das Ganze*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Kanner, I. Z. (Hrsg.). (1977). *Jüdische Märchen*. Frankfurt: Fischer.
- Kant, I. (1755). *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. Königsberg.
- Kopernikus, N. (1543). *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Nürnberg.
- Mann, T. (1986). *Joseph und seine Brüder*. Frankfurt: S. Fischer.
- Mann, U. (1985). *Schöpfungsmythen*. Stuttgart: Kreuz Verlag.
- Palasser, H., & Wass, B. (10. 01 2015). Handeln ohne Verstehen ist Blind. *Standard*, K 14.
- Peat, F. D. (2002). *From Certainty to Uncertainty*. Washington: Joseph Henry Press.
- Penrose, R. (2010). *Cycles of Time - An Extraordinary New View of the Universe*. London: The Bodley Head.
- Popper, K. R. (1962). *Conjectures and Refutations - The Growth of Scientific Knowledge*. Basic.
- Popper, K. R. (1982). *Quantum Theory and the Schism in Physics*. Totowa: Rowman and Littlefield.
- Russel, B. (2000). *Philosophie des Abendlandes* (9. Auflage Ausg.). Zürich: Europa-Verlag.
- Sedlak, M. (kein Datum). Abgerufen am 26. 12 2014 von <http://sedl.at/Philosophie/Wissenschaft>
- Störig, H. J. (1969). *Kleine Weltgeschichte der Philosophie 1 u. 2*. Frankfurt: Fischer.
- Wikipedia-Autoren. (08. 01 2015). *Wikipedia*. Abgerufen am 09. 01 2015 von Liste ungelöster Probleme der Physik:
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_ungel%C3%B6ster_Probleme_der_Physik&oldid=137550447