

5. Der atomare Aufbau der Materie

5.1. Die Geschichte des Atombegriffes

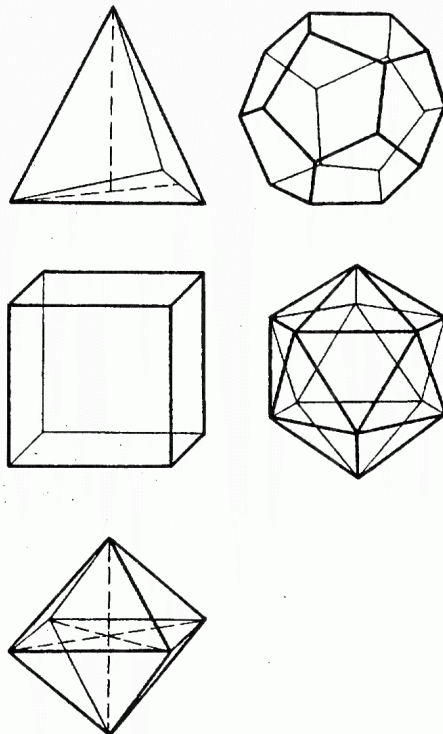
5.1.1. Philosophische Vorstellungen im Altertum

Bereits im Altertum wurde immer wieder die Frage nach dem Aufbau der Materie gestellt. Schon frühe griechische Denker erfanden "Modelle". Man sprach allerdings von "Lehren". Zu dieser Zeit war die Frage nach dem Aufbau der Materie eine rein philosophische. Auch wenn sich die meisten Chemiker dessen nicht bewusst sind, so ist es auch heute noch so, dass Modelle eine stark philosophische Komponente haben.

- **Thales** (um 600 v. Chr.) nahm als Urbestandteil der Welt das Wasser an.
- **Anaximenes** (585 - 525) betrachtete die Luft als Urbestandteil.
- **Herakleitos** (um 544 - 483) und **Hippasos** (um 450 v. Chr.) sahen das Feuer als Urmaterie an.
- **Empedokles** (495 - 435) vereinigte diese Auffassungen zusammen mit der Erde zur Vier-elementenlehre. Er fügte als Philosoph die Einwirkung von Liebe und Streit zum Aufbau von Stoffen hinzu.
- **Leukippos** (um 500 - 440) und der Atheist **Demokrit** (um 460 - 370) vertraten etwa um die gleiche Zeit eine andere Auffassung: Alles besteht aus unteilbaren Teilchen. Unteilbar heisst im Griechischen "atomos". Davon kommt unser Begriff "Atom". Alle Unterschiede der Dinge entstehen durch die unterschiedliche Gestalt und Grösse der Atome sowie durch deren unterschiedliche Anordnung.

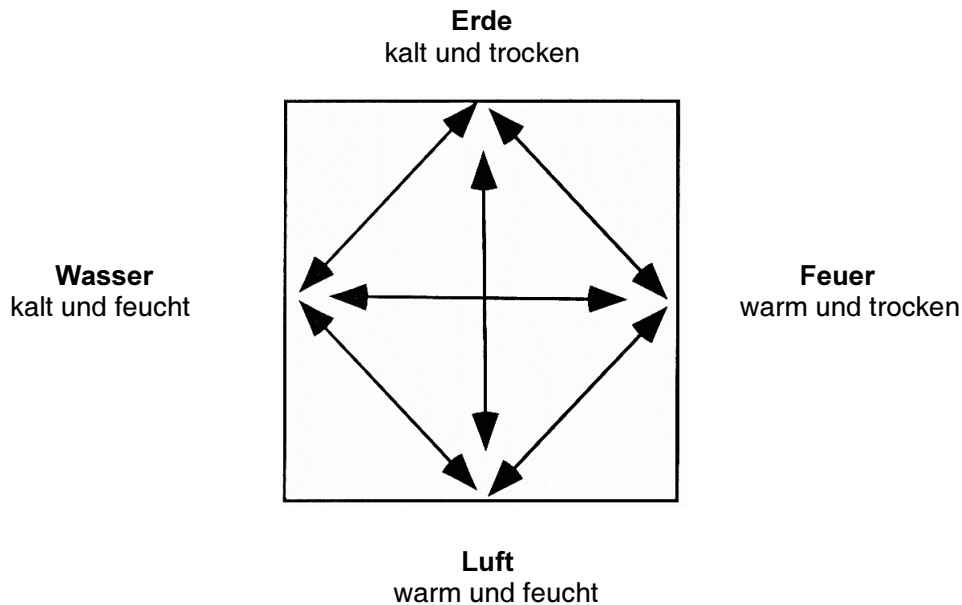
Platon (427 - 347) bezog das Naturgeschehen in seine Philosophie ein. Deren eigentlicher Kern bildete die Ideenlehre. Den vier empedokleischen Elementen ordnete er bestimmte geometrische Formen zu. Das Element "Erde" erhielt die Form eines Würfels. Das "Feuer" hatte die Form eines Tetraeders. Die "Luft" stellte er sich als Oktaeder und das "Wasser" die als Ikosaeder vor. Eine Stoffumwandlung deutete er als Umbau der im Innern leeren Polyeder nach strengen geometrischen Gesetzen.

- **Aristoteles** (384-322) war ein Schüler Platons. Er betonte gegenüber der mathematischen Abstraktion Platons die sinnliche Wahrnehmbarkeit der Dinge. Er leitete die vier empedokleischen Elemente aus den vier Grundeigenschaften warm-kalt, trocken-feucht her. Diese kann man mit dem Tastsinn ermitteln. Jedes Element verkörpert zwei Eigenschaftsformen. Das Feuer ist warm und trocken, die Luft warm und feucht, die Erde kalt und trocken, das Wasser kalt und feucht. Die Stoffe sind als Mischungen der vier Elemente zu verstehen. Metalle z.B. enthalten das Element Erde mit einem Anteil an Wasser. In Steinen ist der Wasseranteil kleiner.



Die fünf platonischen Weltkörper:
Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Pentagondodekaeder und Ikosaeder.

Das Modell ("Lehre") von Aristoteles dominierte das naturwissenschaftliche Denken fast 2000 Jahre lang. Die Atomlehre galt während dieser Zeit als gottlos.



5.1.2. Vorstellungen vom Aufbau der Materie im Mittelalter und in der Renaissance

- **Albertus Magnus** (1193-1280) und sein Schüler **Thomas von Aquino** (1245-1274) stellten die Lehre von Aristoteles neben die Bibel und die Lehren der Kirche. Sie liess sich gut ins kirchliche Weltbild einfügen.

Man konnte Stoffe durch Versuche beeinflussen und verändern. Dies führte zur Vorstellung, dass man auch Gold aus unedlen Metallen herstellen könnte. Ein einziger Stoff sollte in der Lage sein, ein unedles Metall in Gold zu verwandeln. Dieses Elixier nannte man "Stein der Weisen".

Man suchte auch nach einer Tinktur, die das Leben verlängern und ewige Jugend ermöglichen sollte. Voll von Aberglaube und Mystizismus entwickelte sich die Alchimie. Diese hatte auf der Suche nach der Goldherstellung und dem Lebenselixier keinen Erfolg. Sie brachte jedoch eine Menge chemischer Erkenntnisse. Die "Alchimisten" entwickelten wichtige chemische Verfahren. Sie fanden viele Stoffe: Schwefelsäure, Salzsäure, Ethanol, Ether usw.

Die vier Elemente der Lehre von Aristoteles reichten zur Erklärung der Eigenschaften nicht aus. Besondere Schwierigkeiten hatte man mit der Brennbarkeit und den Metallen. Deshalb gab man den Stoffen zusätzlich sogenannte "Prinzipien". Dazu gehörten Schwefel und Quecksilber.

- **Paracelsus** (1493 - 1541) hiess eigentlich Theophrastus Bombast von Hohenheim. Er war Arzt und Naturforscher. Auch er benutzte die vier Elemente von Aristoteles. Zu den "Prinzipien" Schwefel und Quecksilber fügte er als drittes das Kochsalz hinzu. Er lehrte, dass daraus nicht nur die Mineralien aufgebaut sind. Auch Pflanzen und Menschen bestehen aus diesen Elementen und Prinzipien. Aus dieser Erkenntnis heraus verwendete er als Arzt Heilkräuter und chemische Verbindungen als Heilmittel. Er forderte die Chemiker zur vermehrten Herstellung von Arzneimitteln auf. In diesem Sinne stellte er die Chemie in den Dienst der Medizin und begründete so die Pharmazie.

Im 16. und 17. Jahrhundert geriet das ptolemäische Weltbild ins Wanken. Zweifel kamen auch an der Elementenlehre von Aristoteles auf. Man erkannte das Feuer nicht mehr als Element an. Sennert in Deutschland und Gassendi in Frankreich nahmen die Atomlehre wieder auf. Gassendi hiess eigentlich Gassend.

- **Sennert** (1572 - 1637) vertrat die Ansicht, dass es eine Grenze der Teilbarkeit geben müsse. "Es wird nämlich nicht gefragt, ob ein Kontinuum mathematisch teilbar sei, sondern ob die Natur bei der Auflösung und Erzeugung der Körper bei bestimmten kleinsten Teilchen Halt macht."
- **Gassendi** (1592 - 1655) wollte die Atomlehre mit den Vorstellungen der Kirche vereinbaren. Er setzte Gott als Schöpfer der Materie und ersten Beweger der Atome ein. Diese Atome haben nach seiner Ansicht eine bestimmte Grösse, Gestalt und Masse sowie Geschwindigkeit. Die Atome sind unteilbare materielle Teilchen. Wegen ihrer geringen Grösse können wir sie mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen.

Die Vertreter der Atomistik hatten es allerdings schwer. Noch im Jahre 1625 drohte man ihnen in Paris mit körperlicher Züchtigung und der Todesstrafe.

- **Jungius** (1587 - 1657) gab als erster Chemiker eine chemisch-analytische Definition des Elementbegriffs. Er bezeichnete Elemente als einfache oder gänzlich ungemischte Körper.
- **Boyle** (1627-1691) war ein hervorragender Experimentator und Theoretiker. Er anerkannte Theorien nur, wenn sie durch Experimente belegbar waren. In diesem **Sinne** waren die Elementenlehre von Aristoteles wie auch jene der drei Prinzipien der Alchimisten für ihn experimentell völlig unbewiesen. Boyle griff ebenfalls die alten Atomtheorien auf. Er nahm als Grundlage aller Stoffe eine einzige Universalmaterie an. Diese sei aus immer in Bewegung befindlichen Teilchen zusammengesetzt. Unterschiede in den Eigenschaften chemischer Substanzen erklärte er durch relative Bewegungen der Teilchen.

5.1.3. Die Entwicklungen im 17. und 18. Jahrhundert

- **Stahl** (1659 -1734) entwickelte eine Theorie über die Verbrennung. Phlogiston entweicht aus brennbaren Stoffen wie z. B. Schwefel, Kohle, Weingeist, wenn man sie anzündet. Der Name Phlogiston kommt vom griechischen Phlox = Flamme.

Stahl kam zum Schluss, dass Metalle Verbindungen mit Phlogiston sind. Beim Verbrennungsprozess entweicht das Phlogiston. Zurück bleiben die Metallkalke. Wird den Metallkalcken glühende Kohle zugesetzt, gibt die Kohle überschüssiges Phlogiston ab. Die Metallkalke nehmen dieses auf und werden wieder zu Metallen. Die Metallkalke nennen wir heute Metalloxide.

- **Priestley** (1733 - 1804) entdeckte 1774 in England den Sauerstoff. Er fand heraus, dass Pflanzen Sauerstoff erzeugen können.
- **Scheele** (1742 - 1786) entdeckte in Schweden unabhängig von Priestley den Sauerstoff.

Priestley und Scheele waren Anhänger der Phlogistontheorie. Für sie war Sauerstoff "Luft ohne Phlogiston".

- **Lavoisier** (1743 - 1794) machte die Chemie zu einer messenden Wissenschaft. Die Waage spielte bei seinen Untersuchungen eine zentrale Rolle. Er konnte alle bis dahin gesammelten Erfahrungen zu einem Ganzen vereinigen. Er widerlegte aufgrund zahlreicher quantitativer Versuche die Phlogiston-Theorie. Er stellte die Oxidationstheorie auf. Nach dieser vereinigen sich die Elemente beim Verbrennen mit Sauerstoff. Zur Rückgewinnung der Elemente muss der Sauerstoff wieder entfernt werden.

Lavoisier konnte erstmals zeigen, welche reinen Stoffe nicht zusammengesetzt sind und veröffentlichte entsprechende Tabellen. Dies sind chemische "Elemente".

Durch seine Erkenntnis, dass sich bei einer chemischen Reaktion die Gesamtmasse nicht ändert, entwickelte er die Grundlagen der quantitativen Chemie.