



Experimentalvorlesung

Hauptgruppenchemie

*Axel Schulz
Institut für Chemie
der Universität Rostock
2015*



Einleitung - Chemiegeschichte

■ Inhalt

- **Entstehung der Elemente/ des Sonnensystems**
- **Chemie im Altertum**
- **Alchemie**
- **Chemie bis zur Neuzeit**



Chemie am Anfang der Welt: Urknall



Bibel

Welt vor 6000 Jahren durch göttliches Handeln geschaffen (Gen 1-2)

Hubble, Edwin –
(1889-1953)

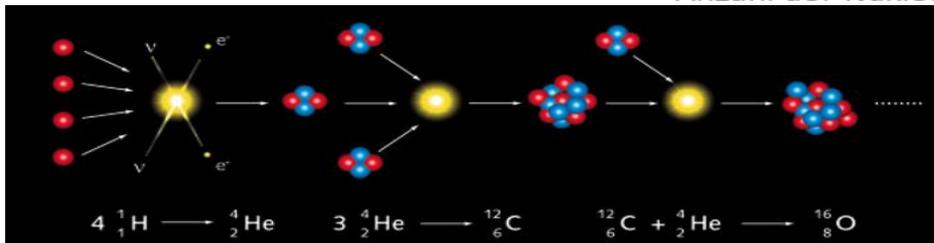
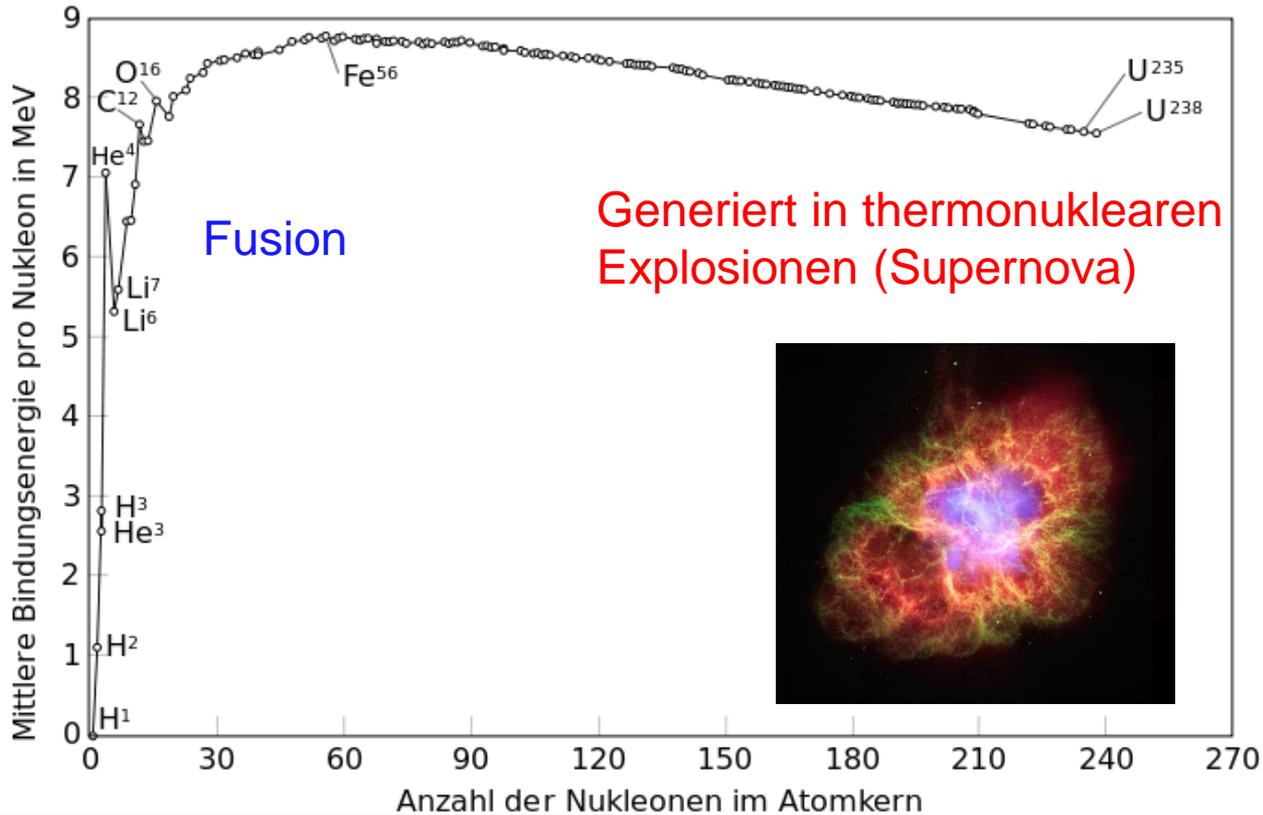


1929: $H = v/d$





Elementsynthesen



$$E_B = \Delta mc^2$$

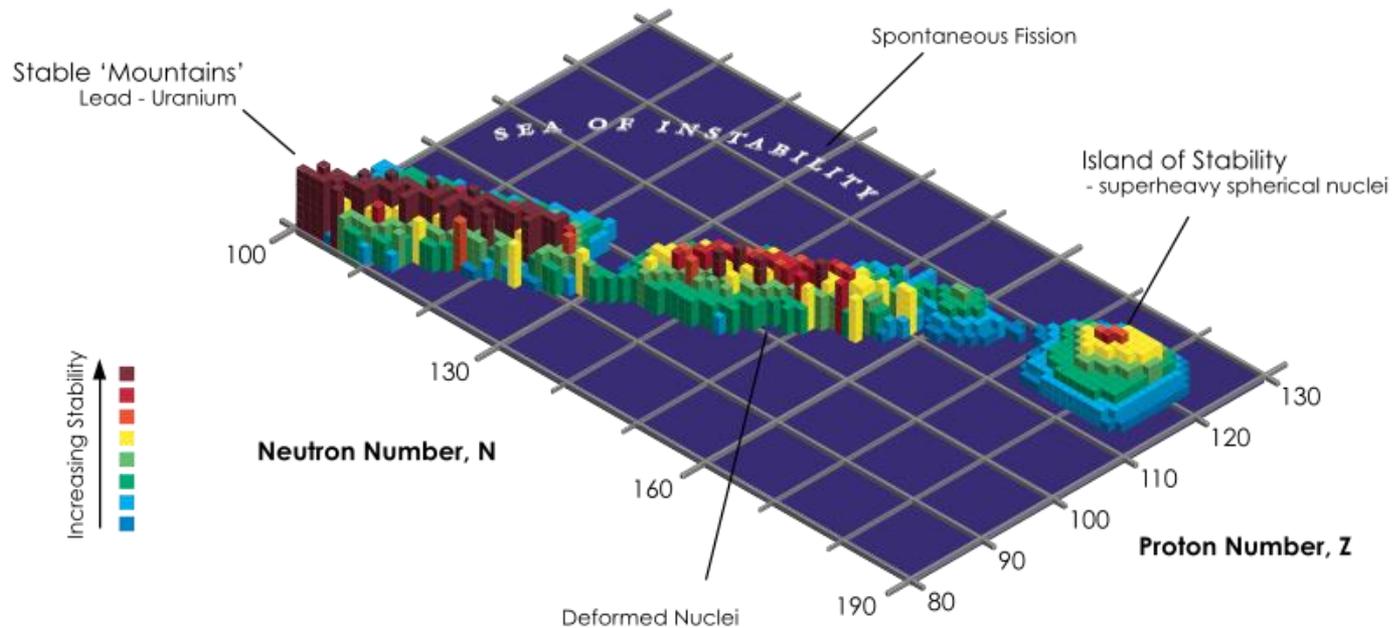


Was aber passiert, wenn zwei dicht gepackte Sternenleichen kollidieren?



Ein Nebenprodukt: bis zu 735 Trilliarden Kilogramm Gold.

Eine ziemliche Menge Schmuck!





Einfluss der Temperatur auf den Aggregatzustand und damit auf die Chemie

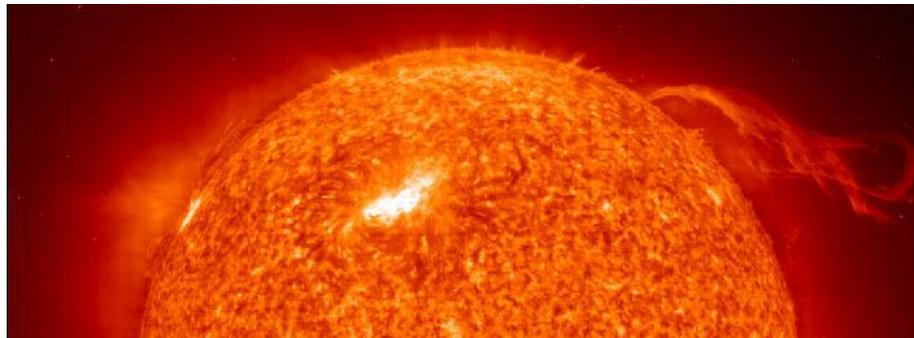
- Plasma
- Kernfusion

15 Mill. - 5800°C



50 - -50°C

- Atomgase, Molekulgase
- Flüssigkeiten
- Feststoffe



Sonne (75% Wasserstoff und 25% Helium)



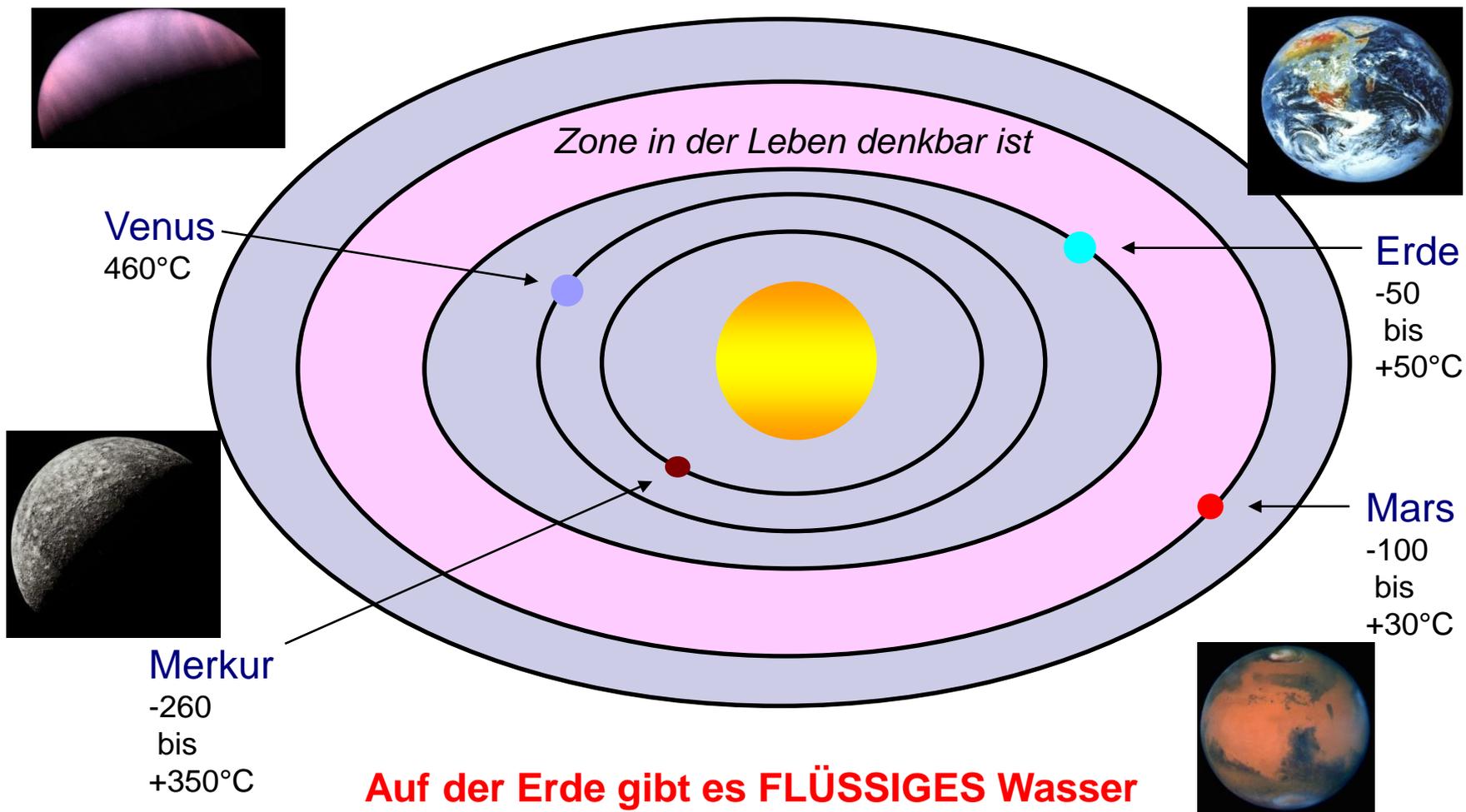
150 Mio km



Erde (34,6% Eisen 29,5% Sauerstoff
15,2% Silizium 12,7% Magnesium
2,4% Nickel 1,9% Schwefel 0,05% Titan)

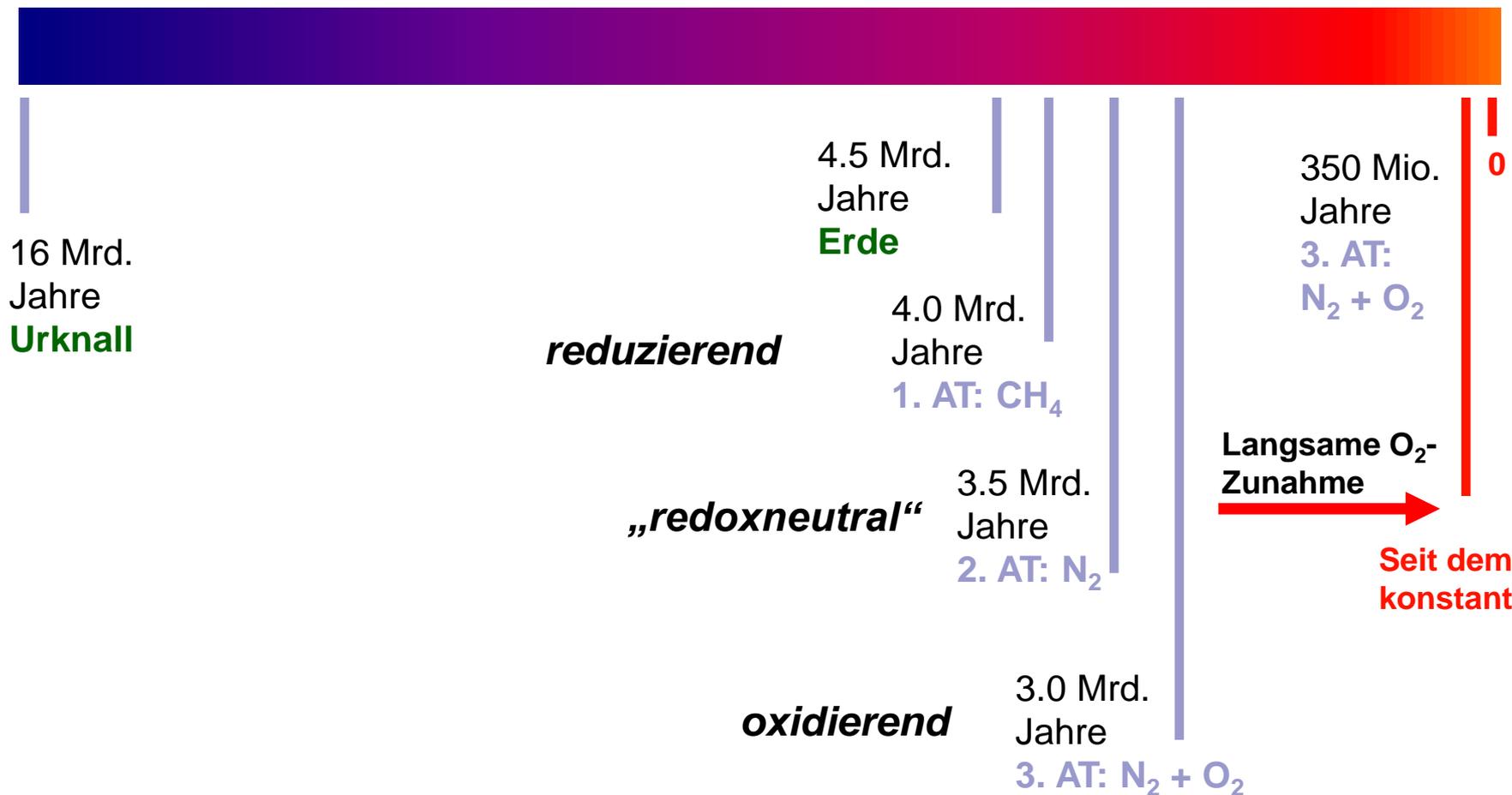


Lebensraum Erde





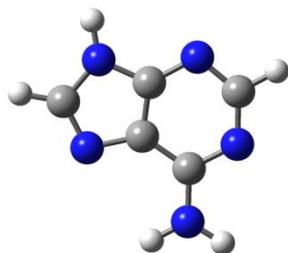
Unsere Atmosphäre ...



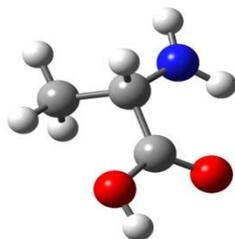


Von der Anorganischen zur **Organischen** Chemie

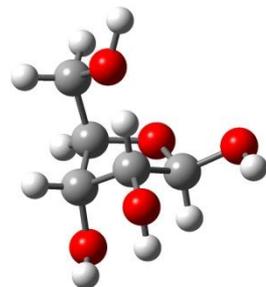
Nucleinsäurebasen



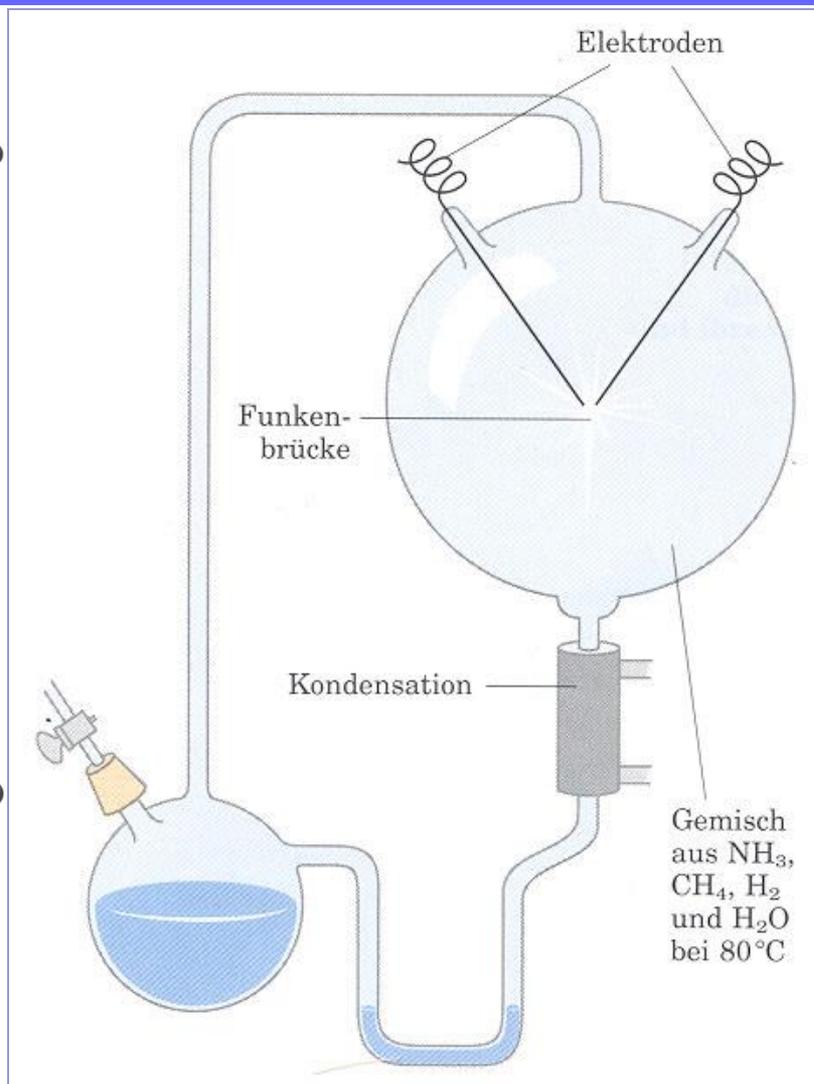
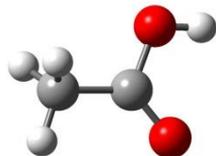
Aminosäuren



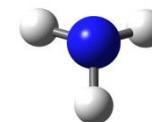
Zucker



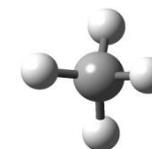
Carbonsäure



Ammoniak



Methan



Wasser



Wasserstoff





Von den Anfängen Chemischer Tätigkeit bis zu einer Chemischen Kunst



Erste Chemische Prozesse

- Beobachtung (z.B. Fäulnis)
- ↓
- Umwandlung von Stoffen (z.B. Keramik)
- ↓
- Veredlung von Stoffen (z.B. Färben von Kleidung)





Feuer

- Feuer als Wärme und Lichtquelle



- Brandtöpferei (Gebrannte Erde (Terracota))



- Aus Ton und Lehm



- Ziegelsteine, Gefäße, Glas



Vom Waldbrand zum Lagerfeuer

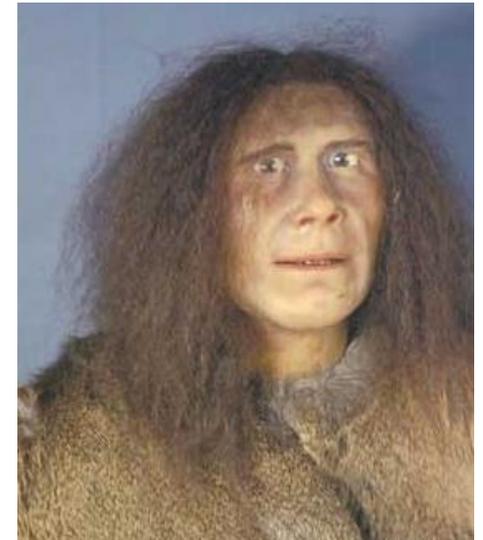


Einteilung von Stoffen nach *brennbar* und *nicht brennbar*



Das mittlere Paläolithikum (ca. 125 000 - 40 000 J.)

- Europa, Mittelmeergebiet, Mittelasien.
- Die Neanderthaler begruben bereits ihre Toten, rieben **Mineralfarbe** mit Hilfe von Reibsteinen, hatten **Feuerstellen** kannten einfache Werkzeuge





Jüngere Paläolithikum (ca. 40 000 - ca. 12 000 J.)

Die ersten Jetzmenschen (Homo sapiens sapiens)

- Tierfiguren aus Lehm (Sand +Ton)
- Höhlenmalerei in Frankreich und Italien
- Jagd- und Fruchtbarkeitsmagie



Mit Ockerfarbe gemalter Kopf eines Höhlenbären.
(Bild Dir. rég. des affaires culturelles de Rhône-Alpes)

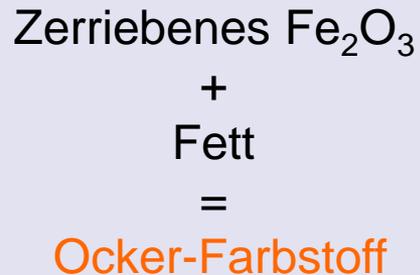


Grotte Chauvet: Rechts Wollnashörner, links Höhlenlöwen
(Bild Dir. rég. des affaires culturelles de Rhône-Alpes)



Vor etwa 10 000 Jahren (Beginn der Nacheiszeit)

- Feuersteinbergbau und Mineralstoffbergbau (Hämatit – Ocker) im Tagebau
- Felsbilder und Gravierungen (besonders in Spanien, Skandinavien, Nordafrika)
- Farbstoffe, weiterhin Schädelkult
- plumpe, einfache Keramik



Hämatit



Der Steinzeitmensch vor ca. 10 000-3000 Jahren

- **Die neolithische Revolution im Nahen Osten („Fruchtbarer Halbmond“)**
- Der altsteinzeitliche KONSUMENT wird immer mehr zum PRODUZENTEN. Diese tiefgreifende Veränderung bezieht sich auf den Menschen und seine Umwelt.
- WEBEREI, TÖPFEREI (KERAMIK), STEINSCHLIFF und STEINBOHRUNG
- Anatolien (vor 8000 vor Chr.) : Rechteckhäuser, luftgetrocknete Lehmziegel, Fußböden mit **Lehm-Kalk-Verputz**, Bemalung von Böden und Wänden.
- Tell-es-Sultan/JERICHO: 10 000 Jahre alter Rundturm samt Steinwall, Lehmöfen, Gipsfiguren (**$\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**)





Jüngerer Neolithikum (4000 - 2000 v. Chr.)

- **Kupfer** war vermutlich das erste Metall, welches von den Menschen vor über 9000 Jahren verarbeitet wurde. Mit der Gewinnung des Kupfers aus Erzen begann die Kupferzeit und endete die Steinzeit.
- Die Kupfervorkommen der Antike befanden sich auf Zypern, daher der Name *aes cyprum* ("Erz aus Zypern").
- Cu-, Gold- und Silberverarbeitung im Aeneolithikum.



Metallzeitalter



Chalkopyrit (Kupferkies) ist das wichtigste Kupfer-Erz

“Ötzi”: 1991 wurde am Similaungletscher in den Öztaler Alpen eine vermutlich 5300 Jahre alte mumifizierte männliche Leiche gefunden



Metalzeitalter

- 7000 und 3000 v. Chr. im anatolischen, kaukasischen und südostasiatischen Raum: **Kupfer**
(In Mitteleuropa um 2000 v. Chr.)
 - 3000 v. Chr. **Bronze**
(Kunstmetall: Cu + Sn = HÄRTER)
 - 1000 v. Chr. **Eisen** (ca. 1500 °C)
 - 500 v. Chr. „norisches Eisen“ manganhaltiges Fe
(eiserne Zeitalter)
 - 0 v. Chr. **SIEBEN Metalle: Cu, Sn, Fe, Pb, Hg, Ag, Au** (7 Himmelskörper ↔ 7 Schwermetalle)
- **18 Jhd.** Weitere Metalle (heute über 70)



Rennofen



Metalle verändern die Lebensweise

Technikeinfluss, zunehmende Arbeitsteilung und gesellschaftliche Differenzierung durch „Chemie“

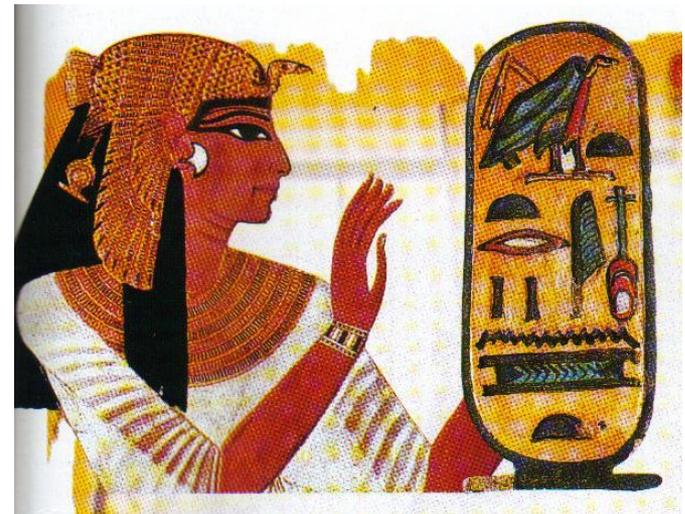




Wie schaut's mit Organischer Chemie aus?

■ 3000 v. Chr. Ägypten

- **Bier** (Gärung)
- **Essig**
- **Pflanzenfarben**: Henna, Krapp, Lackmus, Saflor, Indigo, Waid
- **Mineralfarben**: echter Blaustein, Bleifarben (Bleiweiß, Bleiglätte, Mennige), Zinnober, Ocker
- **Waschmittel**: „Nitron“ (Na_2CO_3), faulender Urin (NH_3)



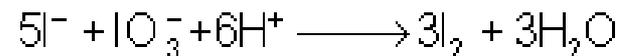
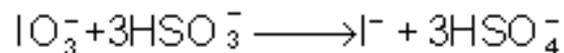
Nefertari Frau des Ramses II, 1279-1213 B.C.



Experiment

■ Chemisches Bier

- **Lösung A:** 8,6 g KIO_3 in 2l dest. Wasser gelöst
Lösung B: 8 g konzentrierte H_2SO_4 , 20 ml Ethanol (Spiritus)
und 2,32 g Na_2SO_3 in 2l Wasser lösen
- Danach verdünnt man je 100 ml der Lösung A und der Lösung B mit der gleichen Menge an destilliertem Wasser. Um eine richtig schöne Schaumkrone zu erzeugen, sollte in das Bierglas vor Versuchsbeginn ca. 2ml Spülmittel gegeben werden (am besten farbloses). Zur Vorführung des "Bierbrauens" nimmt man die beiden farblosen Lösungen A und B zu Hand. Eventuell lässt man sich noch eine kleine Geschichte einfallen, wie man z.B. früher aus Wasser und viel Magie Bier braute. Dann schüttet man beide Flüssigkeiten mit etwas Schwung gleichzeitig in das Bierglas. Zuerst erhält man nur eine schaumige klare Flüssigkeit, die aber nach kurzem Umrühren mit einem Glasstab eine gelblich-braune Farbe annimmt.





Naturkunde in 37 Bänden *oder* Band 34-37 = Das erste Chemielehrwerk

23-79 n. Chr. Gaius Plinius Secundus Maior (Tod in Pompeji)

„**Naturalis Historia**“



- Band 34 : Kupfer-, Eisen- und Bleigewinnung, Metallplastik
- Band 35 : Plastik, Malerei, Farben
- Band 36 : Steine
- Band 37 : Edelsteine, Gemmen, Bernstein





1. – 16 Jhd. Nicht viel Neues

- Große gesellschaftliche Veränderungen
- 11. – 13. Jhd. **Alkohol** (Destillation)
Scheide-, Königswasser, Schwefelsäure
- 14. Jhd. **Schießpulver**
- 1659 **Ammoniumnitrat** von Johann R. Glauber (konz. Salzsäure, Na_2SO_4 , SbCl_3 , AsCl_3 ...)



Johann Glauber



Königswasser zersetzt Gold



Alchimie

- *Alchemie* vom arabischen "*al kymia*" entspricht dem Namen mit dem die alten Ägypter selbst ihr Land bezeichneten, d.h. Alchemie wird hier als "*Kunst der Ägypter*" verstanden
- oder vom griechischen "*χυμεία*" (chymeia) "*Lehre des Gießens*".



Anhand der Etymologie werden bereits ihre Ursprünge im alten Ägypten und im (hellenistischen) Griechenland deutlich.



Verknüpfung von Natur und Prozess

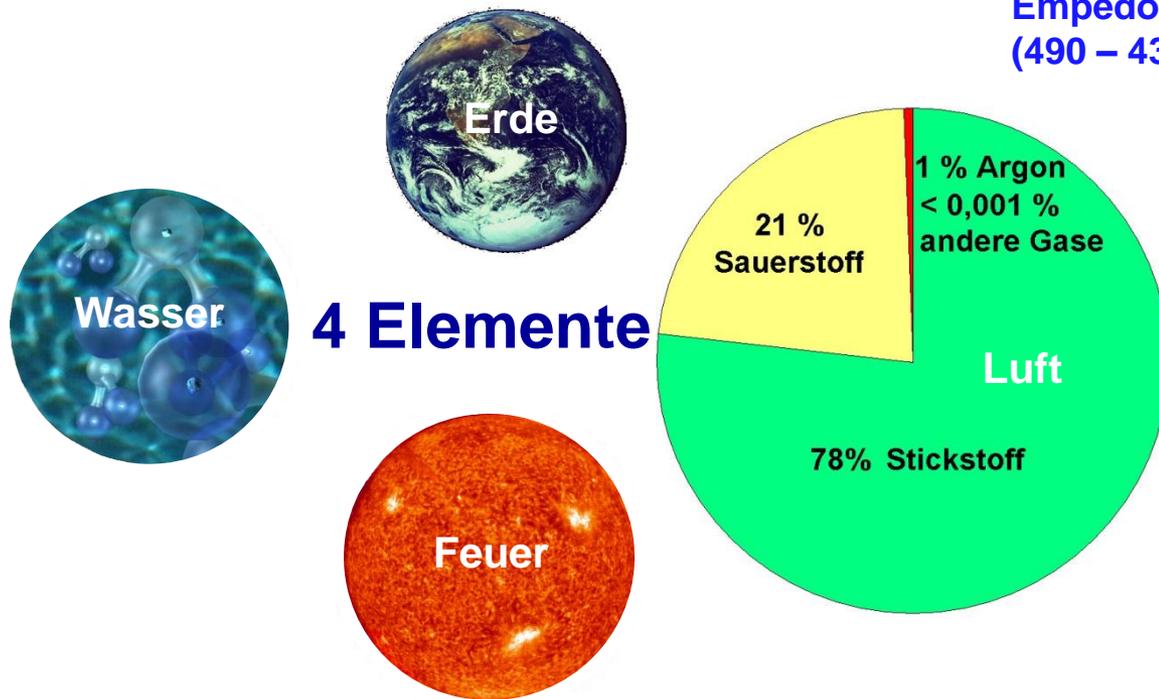
Arbeitsgang	Tierkreiszeichen	Erläuterung
Calcinatio	Widder	Glühen zu Metallkalk
Congelatio	Stier	Kristallisation in der Retorte
Fixatio	Zwillinge	Fixierung
Solutio	Krebs	Lösung, Verflüssigung
Digestio	Löwe	Auflösen, Zerteilen
Distillatio	Jungfrau	Destillieren, Rückflussdestillation
Sublimatio	Waage	Reinigung durch Feuer ohne Verflüssigung
Separatio	Skorpion	Trennung
Ceratio	Schütze	Wachsartig machen, Erweichen
Fermentatio	Steinbock	Gärung
Multiplicatio	Wassermann	Vermehrung
Projectio	Fische	Aufstreuen



Was ist ein Element?

Element bedeutet allgemein *Grundbestandteil* oder *Grundstoff* bzw. *Urstoff*.

Empedokles
(490 – 430 v. Chr.)

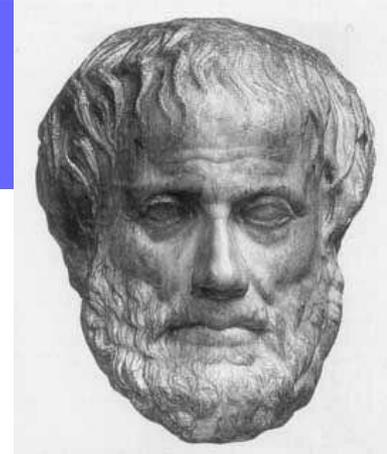


“The Periodic Table”

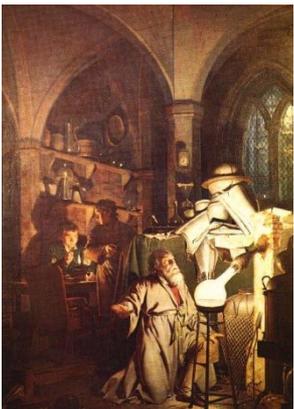
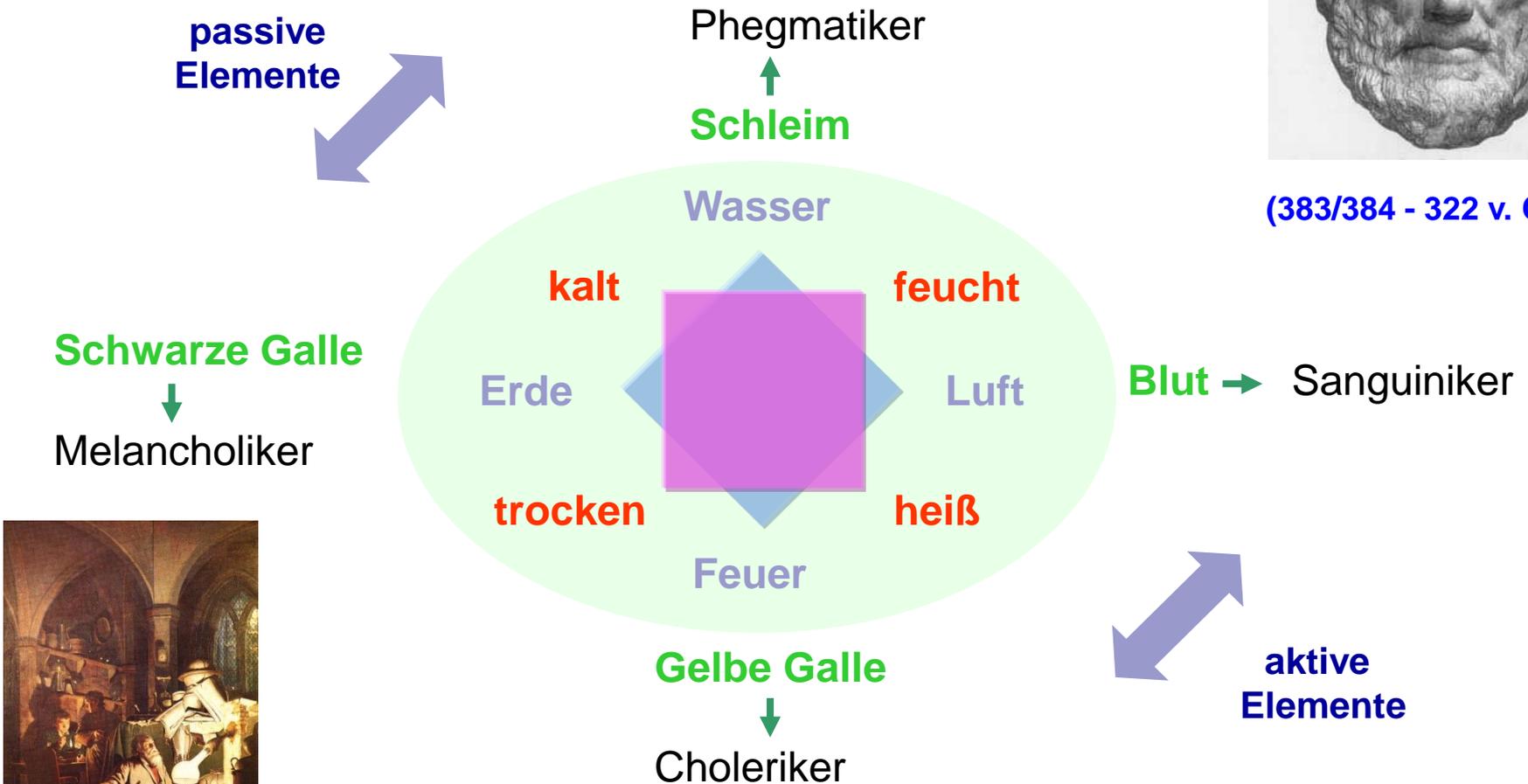
Reinstoffe, die sich chemisch nicht zerlegen lassen, bezeichnet man als **chemische Elemente** (92/117).



Vierelementenlehre nach Aristoteles



(383/384 - 322 v. Chr.)





Experimente

- **Natrium schneiden** und in Wasser geben
- **CO₂** von einem großen in ein kleines Becherglas gießen und damit eine brennende Kerze löschen

- **Kerze in Stickstoff**

In ein 600ml Becherglas füllt man ca.100ml Wasser. (angefärbt mit Fuchsin) Nun gibt man eine Kerze, die auf einem Holzstab befestigt ist ,hinein und zündet sie an.

Über die Kerze stellt man einen 5Liter Kolben oder einen Standzylinder. Wenn der gesamte Sauerstoff verbraucht ist, erlischt die Kerze.



Experimente

■ **Verbrennung von P_4 unter Wasser**

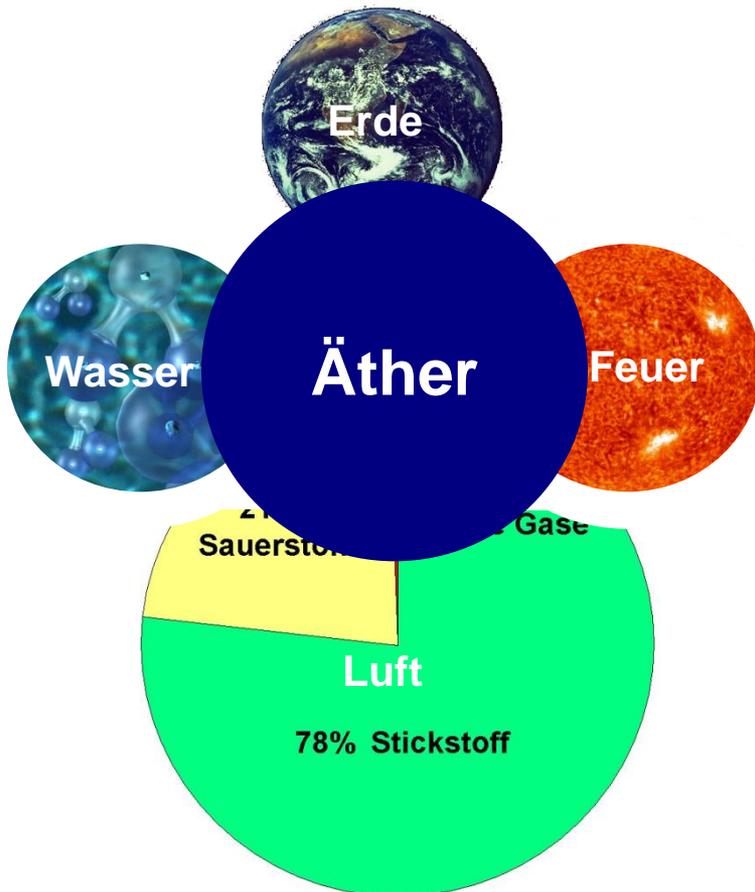
Ein Zweihals-Rundkolben wird mit Wasser (ca. 70°C) gefüllt. Man gibt nun einige erbsengroße Stücke weißen Phosphors zu. Mittels einer Kapillare wird aus einer Stahlflasche Sauerstoff-Gas unmittelbar auf die Phosphoroberfläche geleitet. Nach einer kurzen Induktionsperiode verbrennt der Phosphor im Wasser heftig unter Feuererscheinungen.

- Etherrinne
- Etherwasser
- P_4 -Kolben (klein)

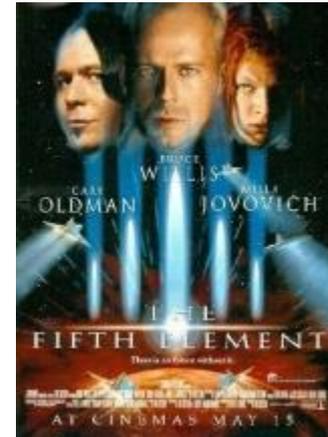


Das fünfte Element ? – Die Quintessenz

lat. *quinta essentia* „fünftes Seiendes“,
heute: das Wesentliche, Hauptsächliche, Wichtigste



Oder
?



Die ironische Variante –
Für Cineasten



Paracelsus Vorlesung über Elixir Vitae



David Scott 19. Jhd.



Ansatz zur modernen Medizin: Arzt, Alchemist, Chemiker?



Paracelsus,
Philippus Theophrastus **Bombastus** von Hohenheim (1493-1541)

- Darstellung von reinem Arsenic
- Nutzte Chemotherapie
- Begründer der Toxokologie
- 1536: "Die grosse Wundtartzney",

Paracelsus musste sich wegen seiner Ansichten und Methoden häufig vor Gericht verantworten. Unter anderem wurde ihm der Vorwurf gemacht, er würde seinen Patienten Gift geben. Teil seiner Verteidigung war der berühmt gewordene Satz:

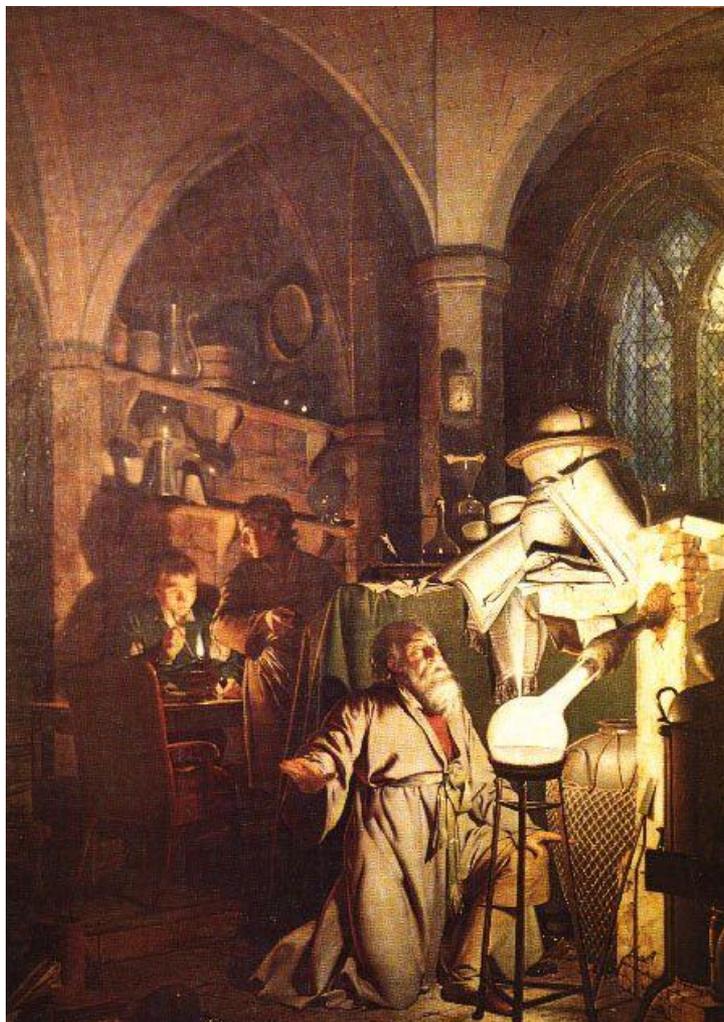
Alle Ding' sind Gift und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, das ein Ding' kein Gift ist.

Oft wird die Aussage leicht verzerrt zitiert als

"Nur die Dosis macht das Gift" (lat. *Sola dosis facit venenum*).



The Alchemist in Search of the Philosophers' Stone discovers Phosphorus



Phosphorus Mirabilis

Entdeckt vom
Alchemisten
Heinrich Henning Brand
1669

Künstlerisch umgesetzt von
Joseph Wright of Derby
(1734-97)

Gemälde von 1771



Das Ende der Alchimie



Antoine Laurent Lavoisier
(1743 – 1794)



- **Masseerhaltung**

"Nichts wird bei den Operationen künstlicher oder natürlicher Art geschaffen, und es kann als Axiom angesehen werden, daß bei jeder Operation eine gleiche Quantität Materie vor und nach der Operation existiert."

- Entdeckung des Sauerstoffs



Die Entdeckung der Elemente

Altertum: C, S, Cu, Ag, Fe, Sn, Sb, Hg, Pb, Bi, Pt, Au

13. Jahrhundert: As, Zn

17. Jahrhundert: P

18. Jahrhundert: Co, Ni, Mg, H, N, O, Cl, Mn, Cr, Mo, Te, W, Zr, U, Ti, Y, Be

19. Jahrhundert: V, Nb, Ta, Rh, Pd, Os, Ir, Ce, K, Na, B, Ca, Sr, Ru, Ba, I, Th, Li, Se, Cd, Si, Al, Br, La, Er, Tb, Cs, Rb, Tl, In, Ga, Ho, Yb, Sc, Sm, Tm, Gd, Pr, Nd, Ge, F, Dy, Ar, He, Kr, Ne, Xe, Po, Ra, Ac

20. Jahrhundert: Rn, Eu, Lu, Pa, Hf, Re, Tc, Fr, Np, At, Pu, Am, Cm, Pm, Be, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr



Entwicklungsperioden in der Chemie

1. Periode: **Frühzeit** mit der chemisch-technischen Praxis
2. Alchemistische Periode des **Mittelalters** (*Aristotelische Naturphilosophie*)
3. Periode: die Neuzeit von **Paracelsus bis 1800** (Überwindung der „Alchemie“, zunehmende Experimentalforschung, korpuskulare Auffassung, Elemente)
4. Periode: die **Neuzeit seit ab 1800**: Erneuerung der *Demokritischen Atomtheorie* (Maß, Zahl, Gewicht)
5. Periode: **seit 1900** Neoatomistik (Atomphysik, Quantentheorie)