

■ **Abgrenzung zur Physik** (unscharf und zeitabhängig)

- während sich die Chemie mit **Stoffen** beschäftigt, behandelt die Physik die Eigenschaften von **Körpern** (die aus Stoffen bestehen) und **Feldern** (z.B. elektromagnetisches Feld, Gravitationsfeld)
- bei **physikal. Vorgängen** bleiben die **beteiligten Stoffe** mit ihren charakterist. **Eigenschaften** (insbes. Dichte, Schmelz-, Siedepunkt, Löslichkeit, elektr. Leitfähigkeit) **erhalten**: äußere Form oder → Aggregatzustand können sich ändern
- Chem. Reaktionen sind stets von **physikal. Vorgängen** (Abgabe oder Aufnahme von *Wärmeenergie* / Reaktionsarbeit, Änderung von Aggregatzustand oder Farbe) **begleitet** und meist allein an diesen physikal. Vorgängen erkennbar

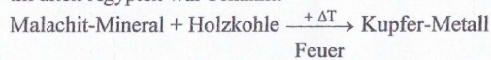
1.2 Historische Entwicklung der Chemie

die jahrhundertlange Entwicklung bis zur modernen Chemie am Ende des 18. Jahrhunderts läßt sich in **5 Epochen** einteilen:

- Handwerkskünste (bis 600 v. Ch.)
→ im (alten) Ägypten und in Mesopotamien

- Erzeugung von Metallen, z.B. Kupfer (Cu) aus Erzen (Cu-Verbindungen)

im alten Ägypten war bekannt:



jedoch: keiner **wußte** und **versuchte** auch **nicht** herauszufinden, **wie** und **warum** der (chem.) Prozeß abläuft

- Töpferei
- Brauerei
- Backkünste
- Herstellung von Farbstoffen
- Herstellung von Heilmitteln

die hierbei ablaufenden chem. Reaktionen wurden allein über **praktische** Erfahrungen, d.h. **rein empirisch** ohne **theoretisches** Konzept weiterentwickelt

■ **Griechische Theorie** (600 bis 300 v. Ch.)

im klassischen Griechenland begann die **philosophische** (theoretische) Betrachtung der Chemie:
Suche nach **Prinzipien** mit denen sich die **Natur** verstehen läßt:

- *griech. Theorie I:*

alle irdischen Stoffe bestehen aus den 4 "**Elementen**"
Erde (kalt und trocken), **Luft** (warm und feucht), **Feuer** (warm und trocken) und **Wasser** (kalt und feucht) in unterschiedlichen Mengenverhältnissen:
heute als die 4 → Aggregatzustände interpretierbar: fest, flüssig, gasförmig, plasmatisch

- *griech. Theorie II:*

alle Stoffe bestehen aus definierten, kleinsten (unteilbaren) **Teilchen: Atome**, von *Leukipp* vorgeschlagen und von *Demokrit* 500 v. Ch. weiter verfeinert

- **Plato**-Vorstellung: Atome verschied. Elemente unterscheiden sich durch ihre *Gestalt*: *Elementumwandlung* infolge einer Veränderung der Gestalt in die Atome eines anderen Elements mit anderer Gestalt
- **Aristoteles**-Vorstellung: glaubte **nicht** an die Existenz von Atomen: alle Elemente sowie die sich hieraus gebildeten Stoffe sind aus der **gleichen Ursubstanz** zusammengesetzt und unterscheiden sich allein in der **Form**, die diese Ursubstanz aufweist; zur "Form" zählen *Gestalt, Farbe* und *Härte*

- ⇒ belebte und unbelebte Materie unterliegt einer ständigen Formveränderung von unreifen zu ausgereiften (erwachsenen) Formen
- ⇒ bis ins Mittelalter glaubte man, daß Mineralien in Minen nachwachsen

■ Alchemie (300 v. Ch. bis 1650 n. Ch.)

entstanden in *Alexandria* aus der WW der griech. Theorie mit den ägypt. Handwerkskünsten:
Bücher der Alchemisten aus Alexandria: sind die ältesten bekannten Schriften über chem. Themen:
z.B. Diagramme chem. Apparaturen sowie Beschreibung von Laboroperationen wie Destillation und Kristallisation

Haupt-Interessen: Stoffumwandlung metallischer Grundstoffe wie Eisen (Fe), Blei (Pb) in das Edelmetall Gold (Au) [2 weitere "Elemente" kamen hinzu: Quecksilber (Hg) (metallisches Prinzip) und Schwefel (S) (brennbares Prinzip)]

- *Glaube* an Veränderung eines Metalls durch Änderung dessen Eigenschaften (insbes. der Farbe)
- *Glaube* an ein wirkungsvolles **Umwandlungs-Agens** (→ **Stein der Weisen**), das in kleinen Mengen die gewünschte Veränderung (chem. Reaktion) einleitet
- **im 7. Jahrhundert n. Ch.:**
Araber erobern die Zentren der hellenischen Kultur in

Ägypten: ⇒ Alchemie wurden von den Arabern weiterentwickelt ⇒ Übersetzung der griech. Texte ins Arabische: Stein der Weisen ≙ El-Iksir ⇒ **Elixier**: ⇒

- *Glaube* daran, daß mit diesem Elixier sowohl Metalle veredelt, als auch Krankheiten geheilt werden können ⇒

Hauptziel der Alchemisten über viele Jahrhunderte:

- Herstellung von Gold [→ *Be.* 2-67, 2-81]
- Herstellung eines Lebenselixiers, das den Menschen **unsterblich** machen sollte
- **im 12. und 13. Jahrhundert:**
Übersetzung arabischer Schriften ins **Lateinische**:
⇒ allmählicher Einzug der Alchemie nach **Europa**, insbes. über **Spanien**, wo sich die maurische Kultur etabliert hatte
- **im 16. und 17. Jahrhundert:**
Iatrochemie: **medizinisch** orientierter Teil der Alchemie
die **europäischen** Alchemisten haben kaum zur alchemistischen Theorie beigetragen: allerdings Ergänzungen durch umfangreiches chem. Datenmaterial sowie durch eigene Beobachtungen

○ im 17. Jahrhundert:

Theorien der Alchemisten werden **zunehmend angezweifelt**:
insbes. durch **Robert Boyle**: "The Sceptical Chymist" (1661)

↓
Chem. Theorie muß auf **experimentelle** Beobachtungen aufbauen

■ Phlogiston-Theorie (1650 bis 1790)

begründet insbes. durch G.E. Stahl:
die heute als falsch angesehene Theorie war (im 18. Jahrhundert) sehr erfolgreich bei der Deutung vieler chemischer Vorgänge:

Phlogiston (Feuer/Wärmestoff, Feuerprinzip)

sollte in jeder brennbaren Substanz enthalten sein:

- während der Verbrennung verliert die Substanz das Phlogiston und wird zu einem einfacheren Stoff umgewandelt
- gut brennbare Stoffe enthalten eine größere Phlogiston-Konzentration

- bei der Herstellung eines Metalls aus einem Erz (Metalloxid) durch Erhitzen mit Kohle (enthält viel Phlogiston), wird das Phlogiston von der Kohle auf das Erz übertragen

● Problem der Phlogiston-Theorie:

- beim Kalzinieren (trockenes Erhitzen) eines Metalls **entweicht** nach der Phlogiston-Theorie das **Phlogiston** des Metalls **an die Luft**

- das Kalzinieren eines Metalls ist mit einer **Massenzunahme** des Metalloxids (Reaktionsprodukt) verbunden
⇒ diese **Massenzunahme** wäre also mit **Phlogistonverlust** verknüpft

⇒ die Anhänger der Phlogiston-Theorie haben dieses Problem erkannt, die Bedeutung präziser Messungen war ihnen allerdings nicht klar

⇒ in die Nähe moderner Vorstellungen kommt man, wenn das Phlogiston durch den Begriff **Entropie** ersetzt wird

■ Moderne Chemie (seit 1790)

begonnen mit Antoine **Lavoisier**: wollte als Ziel die Phlogiston-Theorie widerlegen:
verwendet insbes. das quantitative **Wiegen** von Stoffen bei der Ausführung von Experimenten:

er formulierte:

- das Gesetz von der Erhaltung der Masse (→ Abschnitt 3.7)
- die Definition für Elemente und Verbindungen (→ Abschnitt 1.4); Licht und Wärme sind Elemente
- ⇒ in den vergangen 200 Jahren entwickelten sich mehr Erkenntnisse als in den 2000 Jahren davor

Mit zunehmendem Wissensumfang hat sich die Chemie bis heute in folgende Fachgebiete verzweigt:

● **Organische Chemie**

Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen: neben Kohlenstoff (C) enthalten organische Moleküle nur sehr wenige zusätzliche Elemente, wie insbes. Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S), Halogene (z.B. Cl, Br) und Phosphor (P)

bis heute: ca. 12×10^6 organ. Verbindungen

historisch bedingt: Organische Stoffe können allein (d.h. ursprüngl. Meinung) von Tieren/Pflanzen erzeugt werden

● **Anorganische Chemie**

Chemie **aller** Elemente, **außer** Kohlenstoff (C) mit Ausnahme folgender C-Verbindungen: Kohlen(stoff)säure (H_2CO_3), Carbonate (z.B. Na_2CO_3 , Soda), Carbide, Oxide des Kohlenstoffs (z.B. CO, CO_2) sowie Metallcarbonyle

● **Physikalische Chemie**

behandelt die **physikalischen** Prinzipien, die der Struktur und den chemischen Reaktionen von Stoffen zugrunde liegen

● **Technische Chemie (Chemical-Engineering)**

- chemische Reaktionstechnik
- mechanische und thermische Grundoperationen (unit operations)
- chemische Prozeßkunde

die **Technische Chemie** befaßt sich mit der Anwendung chemischer Reaktionen zur Herstellung **verkäuflicher Produkte** im **technischen** Maßstab. Als **wissenschaftliche Disziplin** und als **Lehrfach** hat sie die Aufgabe, die grundlegenden Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten der

chemisch - technischen Produktionsprozesse zu erforschen und aufzuzeigen.

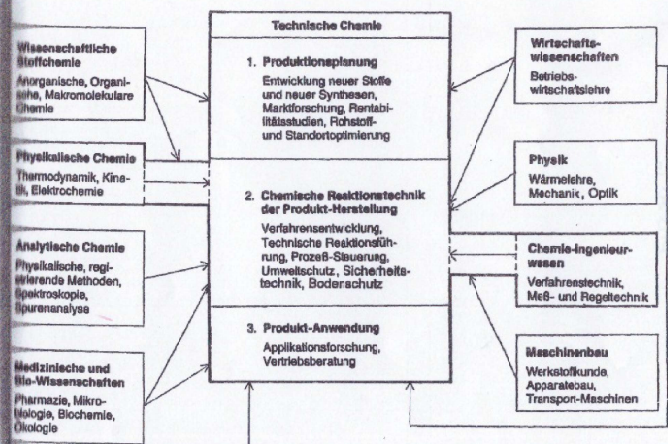
Die Basis der **modernen Technischen Chemie** ist die **Chemische Reaktionstechnik**: die **Wissenschaft von der technischen Reaktionsführung**. Die Chemische Reaktionstechnik befaßt sich mit der Entwicklung neuer und mit der Verbesserung bereits laufender chemischer Verfahren einschließlich deren Durchführung im **technischen** Maßstab unter Berücksichtigung **wirtschaftlicher** Gesichtspunkte.

Anforderungen

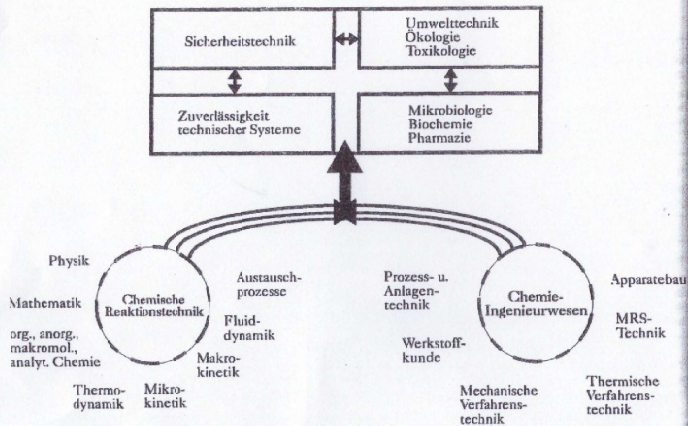
Kenntnisse der:

- Chemie (insbes. organische, anorganische und physikalische Chemie)
- Physik, Mathematik
- **Ingenieurwissenschaften**
- Wirtschaftswissenschaften

Abgrenzung der Technischen Chemie und Zusammenhang mit anderen Wissenschaftlichen Disziplinen



Zusammenhang der chemischen Reaktions-technik mit klassischen und modernen wissenschaftlichen Disziplinen



● Makromolekulare Chemie

Chemie der Stoffe mit hohen Molekülmassen infolge der Bildung von **Makromolekülen (Polymere)**:

○ *Polymerisationsreaktionen*

radikalische: Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polystyrol (PS)

ionische: Polyvinylether, Polyisobutylene

Metallkomplex: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)

○ *Polykondensations- und Polyadditionsreaktionen*

Polykondensationen: Polyamide, Polyester
Pheno- und Aminoplaste

zahlreiche Naturstoffe:
Polysaccharide (z.B. Cellulose, Stärke)
Naturkautschuk, Proteine und Nucleinsäuren (DNS, RNS)

Polyadditionen: Polyurethane (PU)

● Theoretische Chemie

behandelt insbes. die Struktur bzw. den Aufbau von Atomen und Molekülen: insbes. Theorie der chemischen Bindung (→ Quantentheorie)

● Analytische Chemie

qualitative und quantitative Ermittlung der Zusammensetzung von Stoffen incl. der Bestimmung der An- oder Abwesenheit von Fremd-/Schadstoffen

(moderne optische/spektroskopische Messmethoden, Spurenanalyse, Umweltanalytik (z.B. Dioxin-Analyse))

● Metallorganische Chemie

Spezialgebiet "zwischen" anorganischer und organischer Chemie

● Elektrochemie (Spezialgebiet der Technischen Chemie)

● Festkörperchemie

● Textilchemie

● Biochemie

(*Biotechnologie* als *Spezialgebiet* der **Technischen Chemie**)

(*Gentechnologie*, Bioengineering)

● Kern/Radiochemie

Umwandlung der Elemente, d.h. die "Chemie" der Atomkerne (→ Kernphysik, **Radioaktivität**).

Bei kernphysikalischen Vorgängen (Kernreaktionen) entstehen **neue** → Elemente, da an den beteiligten → Elementen Veränderungen in den **Atomkernen** auftreten