

# Fachliche und didaktische Grundlagen

## Basiswissen

Im Periodensystem der Elemente findet man bis dato unter Außerachtlassung der Transactinoide (Ordnungszahl größer als 103) 16 **Nichtmetalle** und 79 Metalle, daneben – gewissermaßen als Schnittmenge (vgl. Abbildung 1) – die acht Halbmetalle Bor, Silicium, Germanium, Arsen, Selen, Antimon, Tellur und Astat.

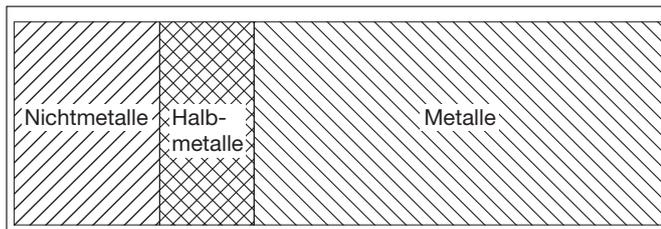


Abb. 1: Nichtmetalle  $\cap$  Metalle = Halbmetalle

Den Nichtmetallen gemeinsam sind ihre Nichtverformbarkeit im festen Zustand, ihre schlechte Wärmeleitfähigkeit und ihre Nichtleitfähigkeit für den elektrischen Strom (Ausnahme: Graphit); ansonsten unterscheiden sie sich viel stärker voneinander als die Metalle, d. h., individuelle Eigenschaften sind stärker ausgeprägt.

Zu den festen Nichtmetallen gehört das Element **Kohlenstoff**, das in verschiedenen Modifikationen auftritt. Bis heute gelten als gesichert: Diamant (1775), Graphit (1778), Fullerene (1985) und Nanoröhren (1991). Im Ruß – amorphem Kohlenstoff – wurden die beiden Letzteren entdeckt. Seit 2004 kennt man auch einlagige Kohlenstoffschichten (Graphene).

Wichtige anorganische Verbindungen des Kohlenstoffs sind das Kohlenstoffmonoxid\*, das Kohlenstoffdioxid, die Kohlensäure, ihre Salze wie Natron und Kalk (beides Hydrogencarbonate) als auch die Soda (ein Carbonat). Vor allem aber stellt der Kohlenstoff den Grundbaustein von nahezu 70 Millionen organischen Verbindungen dar. Ein weiteres festes Nichtmetall ist der **Schwefel**, von dem ebenfalls mehrere Modifikationen bekannt sind (monokliner, rhombischer und amorpher Schwefel). Schwefeldämpfe resublimieren, gehen also vom gasigen direkt in den festen Zustand über. Das Gas Schwefeldioxid und der Feststoff (!) Schwefeltrioxid bilden mit Wasser die Schweflige Säure bzw. die Schwefelsäure, von der in Deutschland pro Jahr etwa 5 Millionen Tonnen hergestellt werden, wobei die Wiederaufbereitung von Abfallschwefelsäure zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die zugehörigen Salze sind u. a. die Sulfite (Verwendung im Wein) bzw. Sulfate (Bittersalz, Glaubersalz).

Das metallisch glänzende **Iod** (bisweilen immer noch Jod geschrieben) ist das Paradebeispiel für einen Stoff, der sowohl sublimiert als auch resublimiert. Das Element begegnet uns elementar in der Iodtinktur oder gebunden in

Iodtabletten für die Schilddrüse und in iodiertem Speisesalz.

Auch beim vierten festen Nichtmetall, dem **Phosphor**, kennt man mehrere Modifikationen (weiß, rot, violett, schwarz) mit recht unterschiedlichen Eigenschaften (giftig/ungiftig). Wichtige anorganische Phosphorverbindungen stellen das Phosphorpentoxid\*, dessen Formel jedoch  $P_4O_{10}$  und nicht  $P_2O_5$  lautet, die Orthophosphorsäure, die als Säuerungsmittel E 338 nur für coffeinhaltige Getränke zugelassen ist, sowie diverse Phosphate dar, die immer noch zu Gewässerbelastungen beitragen, obwohl sie in Waschmitteln fast nicht mehr enthalten sind.

**Brom**, das einzige bei Zimmertemperatur flüssige Nichtmetall, leitet seinen Namen vom griechischen „bromos“ (= Gestank) ab. Öffnet man unter dem Abzug (!) eine Flasche mit Brom, so entweichen rotbraune Bromdämpfe, die nicht nur unangenehm riechen, sondern stark ätzend wirken. Nicht umsonst muss Brom unter Aktivkohle im entlüfteten Säureschrank aufbewahrt werden. Als Nachweismittel für Doppel- und Mehrfachbindungen ist das Brom bzw. Bromwasser in der Organik von großer Bedeutung.

Bei den restlichen Nichtmetallen handelt es sich sämtlich um Gase. Das leichteste aller Elemente, der **Wasserstoff**, hat immer schon eine Rolle gespielt beim Be- und Antrieb von Verkehrsmitteln aller Art und wird dies wohl zukünftig im „Nacherdölzeitalter“ verstärkt tun. Ob die Kernfusion die Kernspaltung wird ablösen können, bleibt abzuwarten.

**Stickstoff** als Hauptbestandteil unserer Luft kann nicht nur, wie der Name suggeriert, „ersticken“. Er bietet u. a. als  $N_2O$  eine Alternative zu herkömmlichen Treibmitteln (FCKWs, gasförmige Alkane) und dient als Schutzgas in der Lebensmitteltechnik (reiner Stickstoff oder als Gemisch mit Kohlenstoffdioxid im Verhältnis 4:1).

**Sauerstoff** kommt atomar sowie als zwei- und dreiatomige Moleküle vor. Daraus resultieren ganz unterschiedliche Eigenschaften. Der atomare Sauerstoff ist besonders reaktiv; so bleicht er beispielsweise Obstflecken beim Waschvorgang. Molekularer Sauerstoff ermöglicht Atmen und Leben. Ozon ( $O_3$ ) kann als Reizgas den Menschen schädigen, schützt in Form der Ozonschicht aber auch vor ultravioletter Strahlung.

Die Halogene **Chlor** und **Fluor** lassen sich nur aus ihren Verbindungen gewinnen. Sind Chlor- und Fluorchemie unverzichtbar oder können genügend Alternativen bereitgestellt werden, damit sich Umweltbelastungen durch synthetische Chlor- und Fluorverbindungen reduzieren lassen? Natürliche Chloride und Fluoride sind hingegen unverzichtbarer Bestandteil unserer Ernährung.

\*Neben den offiziellen Schreibweisen (IUPAC) finden sich auch Kohlenstoffmonoxid und Phosphorpentoxid.

Zu den erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckten **Edelgasen** (in Meyers und Mendelejeffs Periodensystem fehlen sie noch gänzlich) gehören **Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon** und das radioaktive **Radon**, das einen nicht unerheblichen Teil der natürlichen Strahlenbelastung ausmacht. Aufgrund ihres Atombaus nehmen die Edelgase eine Sonderstellung unter den Elementen ein. Die mit acht Elektronen besetzte Außenschale (Elektronenoktett) stellt einen besonders stabilen Zustand dar, den andere Elemente nur durch das Eingehen chemischer Bindungen erreichen können.

## Didaktische Begründung

### Lehrplanaussagen

Aufgrund des schlechten Abschneidens des deutschen Schulsystems im internationalen Vergleich hat eine Modifizierung der herkömmlichen Richtlinien und Lehrpläne eingesetzt, die sich im naturwissenschaftlichen Bereich an den entsprechenden Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz orientiert und zur Einführung von Kernlehrplänen und Kerncurricula geführt hat. Während es früher beispielsweise galt, Lernziele im kognitiven, emotionalen und pragmatischen Bereich zu vermitteln, sollen die Lernenden nun Kompetenzen erwerben, und zwar bezogen auf das Fach Chemie in den Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Die Bildungsinhalte treten dabei in den Hintergrund.

Ein Kernlehrplan bzw. Kerncurriculum formuliert Mindestanforderungen und schränkt den fachwissen-

schaftlichen Bereich stark ein. In den Inhalts- oder Themenfeldern findet man daher die Nichtmetalle kaum vertreten, beispielsweise nur noch im Zuge der Unterscheidung von Metallen und Nichtmetallen oder im Zusammenhang mit dem PSE. Dadurch gehen jedoch viele wichtige Anknüpfungspunkte für einen erfolgreichen Chemieunterricht verloren. Die Untersuchung eines „Hamburgers“ mag zwar ein interessantes Projekt sein, Chemieunterricht darf sich aber nicht auf derlei Inhalte beschränken. Vielmehr soll das Interesse an der Wissenschaft Chemie geweckt und die Fachsystematik den Lernenden exemplarisch nahegebracht werden. *Leben ist Chemie und Chemie ist Leben*, ein Wortspiel, das uns auf beide Blickrichtungen achten lassen soll.

### Didaktische Analyse

Wo hat der *Nichtchemiker* im Alltag mit Nichtmetallen – sowohl als Element als auch als Verbindung – zu tun? Was rechtfertigt ihre Behandlung im Unterricht, was macht die Nichtmetalle für Schüler und Schülerinnen interessant? Die nachfolgende Tabelle 1 klammert bewusst die Bedeutung der Nichtmetalle in Beruf und Technik aus.

Während Tabelle 1 eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für einen am Erfahrungshorizont der Lernenden orientierten Unterricht zeigt, geht Tabelle 2 einen Schritt weiter und verschafft – zumindest ansatzweise – einen Überblick über die technische Bedeutung der Nichtmetalle. Da Erfahrungshorizonte recht unterschiedlich sein können, sollten die Grenzen zwischen den beiden Tabellen als fließend betrachtet werden.

Nichtmetall	Verwendung als Element	Verwendung als Verbindung
Kohlenstoff (Diamant – Graphit)	Schmuck – Bleistift, Schmiermittel	Boden-, Disconeel ( $\text{CO}_2$ )
Wasserstoff	Treibstoff	Wasser
Sauerstoff	Atemmaske (Krankenhaus)	Wasser
Stickstoff	Schutzatmosphäre (Lebensmittelverpackung)	Treibgas (Distickstoffoxid) in Sprühsahne
Phosphor	Reibfläche der Streichholzsachtel	Orthophosphorsäure E 338 (Cola)
Iod	Iodtinktur, Halogenglühlampen	Iodsalz (Iodat, Iodid), Erythrosin (Lebensmittelfarbstoff E 127)
Schwefel	Streichhölzer	Sulfite im Wein, Autobatterie
Helium	Füllung für Ballons	
Neon	Leuchtreklame	
Argon	Scheinwerfer, Leuchtreklame	
Krypton	Leuchtröhren, Glühlampen	
Xenon	UV-Lampen, Solarien	
Radon	Radontherapie	
Fluor		Fluorverbindungen in Zahnpasta
Chlor	Desinfektion (Wasser)	Kochsalz (Natriumchlorid)
Brom	Halogenglühlampen	Fotografie, Desinfektion

Tabelle 1: Nichtmetalle im Alltag