

Inhalt

| | |
|--|---------|
| Das PSE – ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg | 5 - 7 |
| Die Hauptgruppen | 8 - 13 |
| Basen und Säuren | 14 - 18 |
| Die Nebengruppen..... | 19 - 20 |
| Die Dissoziation | 20 |
| Der pH-Wert als Maß für den sauren und basischen Charakter | 21 - 23 |
| Redoxreaktionen | 23 - 27 |
| Der Kalkkreislauf | 28 - 29 |
| Alkane..... | 30 - 38 |
| Alkene..... | 38 - 42 |
| Alkine..... | 42 - 44 |
| Addition, Eliminierung und Substitution..... | 44 - 48 |
| Alkohole | 48 - 52 |
| Carbonsäuren | 53 - 57 |
| Aldehyde | 58 - 60 |
| Ketone | 60 - 62 |
| Die Veresterung | 63 - 64 |
| So entstehen Seifen | 65 - 66 |
| Aromatische Kohlenwasserstoffe..... | 66 - 70 |
| Kohlenhydrate | 71 - 76 |
| Aminosäuren..... | 77 - 79 |
| Peptide..... | 79 - 81 |
| Lösungen | 82 - 96 |

KEINE ANGST MEHR VOR CHEMIE
Grundlagen der Anorganik und Organik leicht verständlich erklärt - Bestell-Nr. P12 606

 KOHL VERLAG
Lernen mit Erfolg

Vorwort

Geht es dir auch so?

Befällt dich ein beklemmendes Gefühl, wenn du an Chemie denkst? Ist der Punkt bereits erreicht oder gar überschritten, an dem dieses Unterrichtsfach zu einem Alptraum für dich wurde? Bist du inzwischen der Meinung, dass die scheinbar komplizierten chemischen Formeln ohnehin nie zu kapiern sind?

Dieses Buch kann dich unterstützen, deine Probleme zu lösen. Gleichzeitig wird es dir helfen, deine Ängste vor Chemie zu überwinden. Schritt für Schritt wird es dich in wirklich leicht verständlicher Form mit einem soliden Grundwissen ausstatten – und das in sehr kurzer Zeit. Danach wirst du dir vielleicht die Frage stellen, warum hatte ich eigentlich Angst vor Chemie, jetzt ist doch alles so easy. Möglicherweise bereitet dir dieses Fach dann sogar so viel Spaß, dass du voller Erwartung der nächsten Chemiestunde entgegenfieberst.

Doch genug der Vorrede, lass uns beginnen. Viel Erfolg wünschen der Kohl-Verlag und

Axel Gutjahr

VORSCHAU

Das PSE – ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg

Es dürfte kaum einen Chemieraum geben, in dem es nicht als große Tafel an der Wand hängt: das **Periodensystem der Elemente**. Umgangssprachlich wird es auch nur als Periodensystem oder in Kurzform als **PSE** bezeichnet. Bisher stellte es für dich vielleicht nur eine mehr oder weniger unverständliche Aneinanderreihung von Kästchen dar, die Buchstaben-symbole und Zahlen enthielten.

Wir wollen nun gemeinsam „Licht ins Dunkel des Periodensystems“ bringen. Je besser du dich im Periodensystem auskennst, umso weniger musst du auswendig pauken und desto mehr kannst du daraus herleiten.

Tipp: Beim weiteren Lesen ist es ratsam, ein aufgeschlagenes Tafelwerk mit dem PSE daneben zu legen, dann kannst du alles noch leichter nachvollziehen. Außerdem hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Aufstellen von Reaktionsgleichungen erläutert wird, die dafür erforderlichen Teilschritte auf einem Blatt Papier nachzuvollziehen. Das hilft dir ungemein, die jeweiligen Sachverhalte nicht nur zu verstehen, sondern auch dauerhaft im Gedächtnis abzuspeichern.

Betrachten wir zunächst einmal jenes Kästchen, das im Periodensystem links oben steht. Es enthält unter anderem den Buchstaben H. Dieses H steht für das Element Wasserstoff.

| |
|-------------|
| 1 |
| H |
| Wasserstoff |
| Hydrogen |
| 1,0079 |

Warum wurde dafür nicht ein W gewählt, mit dem das Wort Wasserstoff beginnt, wirst du jetzt fragen. Die Antwort ist einfach. Als sich bei der Erarbeitung des Periodensystems die Wissenschaftler auf Symbole einigten, entschieden sie sich für lateinische und altgriechische Begriffe. Das H steht für das altgriechische „hydrogenium“ und bedeutet Wassererzeuger. Wassererzeuger deshalb, weil Wasser entstehen kann, wenn sich Wasserstoff und Sauerstoff verbinden (Sauerstoff hat das Symbol O, weil das der erste Buchstabe in dem altgriechischen Wort „oxigenium“ ist).

Es wurde bereits der Begriff „**Element**“ erwähnt. Ein Element ist ein Reinstoff, der sich mit chemischen Methoden nicht in andere Stoffe zerlegen lässt. Beispiele für derartige Reinstoffe sind unter anderem die Elemente Phosphor (P), Chlor (Cl) und Natrium (Na). Sämtliche Elemente bestehen aus **Atomen**. Diese enthalten in ihrem Inneren den Atomkern, der aus positiv geladenen **Protonen** und neutralen Neutronen besteht. Um den Atomkern befindet sich die Atomhülle, in der negativ geladene **Elektronen** auf Bahnen kreisen. Diese Bahnen nennt man auch Schalen.

Die Bewegungen, die die Elektronen durchführen, kannst du dir in etwa wie jene Umlaufbahnen vorstellen, in welchen die Planeten um die Sonne kreisen.

Das Periodensystem der Elemente

In diesem Band werden die alten Gruppennamen benutzt.

Hauptgruppen: **Römische Zahlen**

Nebengruppen: **Normale arabische Zahlen**

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|----|----|----|-----|------|
| Neu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Alt | I | II | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | III | IV | V | VI | VII | VIII |

PERIODENSYSTEM DER ELEMENTE

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 H Wasserstoff | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He Helium |
| 3 Li Lithium | 4 Be Beryllium | | | | | | | | | | | 5 B Bor | 6 C Kohlenstoff | 7 N Stickstoff | 8 O Sauerstoff | 9 F Fluor | 10 Ne Neon |
| 11 Na Natrium | 12 Mg Magnesium | | | | | | | | | | | 13 Al Aluminium | 14 Si Silicium | 15 P Phosphor | 16 S Schwefel | 17 Cl Chlor | 18 Ar Argon |
| 19 K Kalium | 20 Ca Calcium | 21 Sc Scandium | 22 Ti Titan | 23 V Vanadium | 24 Cr Chrom | 25 Mn Mangan | 26 Fe Eisen | 27 Co Cobalt | 28 Ni Nickel | 29 Cu Kupfer | 30 Zn Zink | 31 Ga Gallium | 32 Ge Germanium | 33 As Arsen | 34 Se Selen | 35 Br Brom | 36 Kr Krypton |
| 37 Rb Rubidium | 38 Sr Strontium | 39 Y Yttrium | 40 Zr Zirkonium | 41 Nb Niob | 42 Mo Molybdän | 43 Tc Technetium | 44 Ru Ruthenium | 45 Rh Rhodium | 46 Pd Palladium | 47 Ag Silber | 48 Cd Cadmium | 49 In Indium | 50 Sn Zinn | 51 Sb Antimon | 52 Te Tellur | 53 I Iod | 54 Xe Xenon |
| 55 Cs Caesium | 56 Ba Barium | 57 La Lanthan* | 72 Hf Hafnium | 73 Ta Tantal | 74 W Wolfram | 75 Re Rhenium | 76 Os Osmium | 77 Ir Iridium | 78 Pt Platin | 79 Au Gold | 80 Hg Quecksilber | 81 Tl Thallium | 82 Pb Blei | 83 Bi Bismut | 84 Po Polonium | 85 At Astat | 86 Rn Radon |
| 87 Fr Francium | 88 Ra Radium | 89 Ac Actinium** | 104 Rf Rutherfordium | 105 Db Dubnium | 106 Sg Seaborgium | 107 Bh Bohrium | 108 Hs Hassium | 109 Mt Meitnerium | 110 Ds Darmstadtium | 111 Rg Roentgenium | 112 Cn Copernicium | 113 Uut Ununtrium | 114 Fl Flerovium | 115 Uup Ununpentium | 116 Lv Livermorium | 117 Uus Ununseptium | 118 Uuo Ununoctium |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| * 58 Ce Cer | 59 Pr Praseodym | 60 Nd Neodym | 61 Pm Promethium | 62 Sm Samarium | 63 Eu Europium | 64 Gd Gadolinium | 65 Tb Terbium | 66 Dy Dysprosium | 67 Ho Holmium | 68 Er Erbium | 69 Tm Thulium | 70 Yb Ytterbium | 71 Lu Lutetium |
| ** 90 Th Thorium | 91 Pa Protactinium | 92 U Uran | 93 Np Neptunium | 94 Pu Plutonium | 95 Am Americium | 96 Cm Curium | 97 Bk Berkelium | 98 Cf Californium | 99 Es Einsteinium | 100 Fm Fermium | 101 Md Mendelevium | 102 No Nobelium | 103 Lr Lawrencium |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Nichtmetalle | Alkalimetalle | Metalle | Edelgase |
| Übergangsmetalle | Lanthanoide | Halbmetalle | unbekannt |
| Erdalkalimetalle | Actinoide | Halogene | |

Das Periodensystem der Elemente

Jedes Atom besitzt genauso viele Protonen wie Elektronen, weshalb seine Ladung nach außen neutral ist.

Stimmt in einem Teilchen die Anzahl der Protonen nicht mit der Anzahl der Elektronen überein, handelt es sich um ein Ion. Deshalb sind **Ionen** elektrisch geladene Teilchen. Ihre jeweilige (positive oder negative) Ladung wird durch ein hochgestelltes Plus- oder Minuszeichen symbolisiert. Das sieht zum Beispiel für ein einfach elektrisch negativ geladenes Fluor-Teilchen und für ein zweifach positiv geladenes Magnesium-Teilchen folgendermaßen aus: F^- , Mg^{2+} . Diese geladenen Teilchen werden als Fluorid-Ionen beziehungsweise Magnesium-Ionen bezeichnet.

Im Unterschied zu den Elementen bestehen Stoffverbindungen, auch nur **Verbindungen** genannt, aus mindestens zwei Elementen. Eine derartige Verbindung ist beispielsweise Natriumchlorid, welches die Formel $NaCl$ hat und aus Natrium sowie Chlor besteht. *Natriumchlorid ist übrigens jenes Salz, das wir in der Küche zum Würzen von Speisen verwenden und umgangssprachlich als Kochsalz bezeichnen.*

Bei einem **Molekül** handelt es sich um eine chemische Verbindung, die aus zwei oder mehr Atomen besteht. Im Unterschied zu einer Stoffverbindung kann ein Molekül sowohl aus verschiedenen aber auch aus gleichen Atomen bestehen.

Ein aus gleichen Atomen bestehendes Molekül wäre beispielsweise O_2 – bei dem sich zwei Sauerstoffatome verbunden haben (Sauerstoff kommt in natürlichem Zustand so gut wie immer als Molekül vor). Dieses O_2 wird auch als Sauerstoffmolekül bezeichnet.

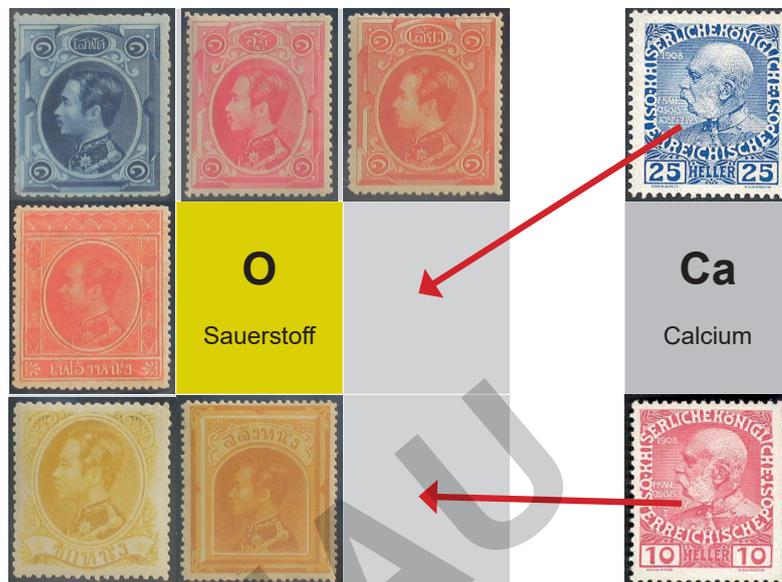
Kehren wir zu dem Kästchen mit dem Wasserstoffsymbol (dessen Molekülformel übrigens H_2 lautet) zurück. In diesem stehen auch Zahlen. Beim Wasserstoff finden wir links oben eine 1. Dabei handelt es sich um die fortlaufende **Ordnungszahl**. Das nächste Element, Helium (He) hat die Ordnungszahl 2, Lithium (Li) die 3, ... , Stickstoff (N) die 7 usw.

Die darunter befindliche Zahl gibt das **Atomgewicht** an. Für Wasserstoff beträgt diese Zahl 1,0079. Sie stellt aber nicht die tatsächliche Atommasse in Gramm oder Kilogramm dar, sondern ist eine Vergleichszahl zu einem Zwölftel der Masse eines Kohlenstoffatoms. So weisen beispielsweise ein Beryllium-Atom, Be, das die Atommasse 9,012 besitzt, rund die 9-fache und ein Schwefel-Atom, S, das die Atommasse 32,06 besitzt, rund die 32-fache Masse eines Zwölftels der Masse eines Kohlenstoff-Atoms auf.

Die Hauptgruppen

Diese 2 fehlenden Elektronen erhält der Sauerstoff beispielsweise von dem Element **Calcium**. Dazu geht der Sauerstoff eine Bindung mit dem Calcium ein, wodurch **Calciumoxid** entsteht.

Aber auch für das Calcium hat diese Reaktion Vorteile. Es steht in der vierten Periode, bei der es sich um die N-Schale handelt. Allerdings ist das Calcium aufgrund seiner nur zwei Außenelektronen weit von der Edelgaskonfiguration entfernt. Aber – indem Calcium diese zwei Atome an den Sauerstoff abgibt, erreicht es das Niveau des Argons (Ar), also jenes Edelgases, das am Ende der dritten Periode steht.



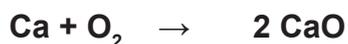
Als schrittweise aufgestellte Reaktionsgleichung sieht das Ganze wie folgt aus:

1. Schritt: $\text{Ca} + \text{O} \rightarrow \text{CaO}$ Diese Verbindung heißt Calciumoxid.

2. Schritt: Allerdings kommt, wie du bereits weißt, Sauerstoff fast nie als reines Element, sondern in Form einer Verbindung von zwei Sauerstoffatomen, also als Molekül, vor. Deshalb wird hinter den Sauerstoff als Fußnote eine 2 geschrieben. Diese 2 stellt einen Multiplikator für das eine Sauerstoffatom dar, also 1 mal 2 = 2 Sauerstoffatome, die eben das erwähnte Molekül bilden.

3. Schritt: $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaO}$

4. Schritt: Auf der linken Seite der Reaktionsgleichung haben wir nun zwei Sauerstoffatome, rechts dagegen nur eins. Wir können aber jetzt auch nicht einfach CaO_2 schreiben, sonst würde eines der beiden Sauerstoffteilchen keine acht Außenelektronen bekommen, da ein Calciumatom bekanntlich nur 2 bereitstellen kann. Folglich müssen wir eine 2 vor das CaO schreiben. Diese 2 stellt sowohl für das Calcium als auch den Sauerstoff einen Multiplikator dar.

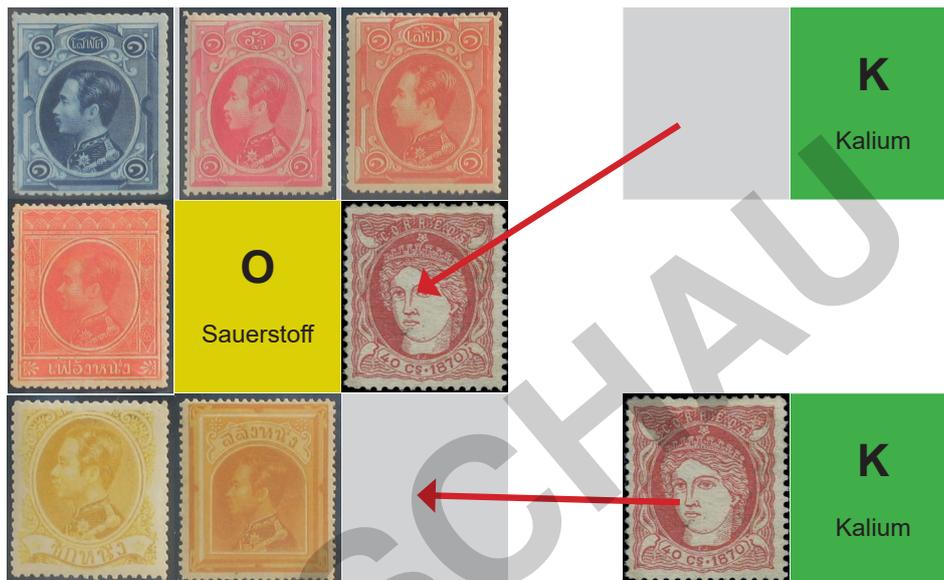


Jetzt stehen rechts zwei Sauerstoffteilchen und zwei Calciumteilchen. Links stehen auch zwei Sauerstoffteilchen, aber nur ein Calciumteilchen, von dem wir aber ebenfalls zwei benötigen. Deshalb schreiben wir ein 2 vor das Calcium.

$2 \text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CaO}$ Damit ist die Gleichung auf beiden Seiten identisch und folglich ausgeglichen.

Die Hauptgruppen

Wie würde es aussehen, wenn als möglicher Bindungspartner für den Sauerstoff nicht Calcium, sondern nur Kalium zur Verfügung stehen würde? Kalium gehört zur ersten Hauptgruppe und besitzt deshalb nur ein Außenelektron. Aufgrund dieses einen Außenelektrons wäre Kalium im übertragenen Sinn nur eine einzelne Briefmarke. Um die zwei fehlenden Elektronen beim Sauerstoff zu erhalten, benötigen wir also zwei Atome Kalium.



Als Reaktionsgleichung sieht das Ganze wie folgt aus:

1. Schritt: $2 \text{ K} + \text{ O} \rightarrow \text{ K}_2\text{ O}$ Diese Verbindung heißt Kaliumoxid.

2. Schritt: Allerdings müssen wir wieder beachten, dass Sauerstoff fast immer in Form eines Moleküls vorliegt. Also

3. Schritt: $2 \text{ K} + \text{ O}_2 \rightarrow \text{ K}_2\text{ O}$

4. Schritt: Nun stehen links zwei Sauerstoffteilchen, rechts nur eins. Folglich müssen wir vor das Kaliumoxid eine 2 als Multiplikator setzen.

$2 \text{ K} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{ O}$

5. Schritt: Abschließend stellen wir fest, dass links 2 aber rechts 4 Kaliumteilchen vorhanden sind. Deshalb ist es erforderlich, die 2 Kaliumteilchen auf der linken Seite (gedanklich) mit 2 zu multiplizieren, um ebenfalls auf 4 zu kommen.

$2 \cdot 2 \text{ K} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{ O}$. Nun rechnen wir $2 \cdot 2 = 4$ aus und setzen diesen ausgerechneten Wert vor das Kalium, also
 $4 \text{ K} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{ O}$ Fertig.

In ihre Einzelteile zerlegt, kannst du dir diese Formel auch so vorstellen:

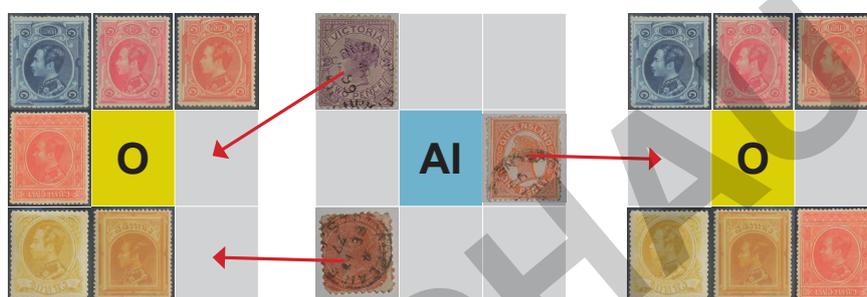
$\text{ K} + \text{ K} + \text{ K} + \text{ K} + \text{ O} + \text{ O} \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{ O}$

Wollen wir nur ein Kaliumoxidmolekül haben, würde das theoretisch so aussehen:

$\text{ K} + \text{ K} + \text{ O} \rightarrow \text{ K}_2\text{ O}$.

Die Hauptgruppen

Sehen wir uns nun einmal an, wie die Reaktion des Sauerstoffs bei der Entstehung von Aluminiumoxid (in Einzelschritte unterteilt) ablaufen würde. Dazu musst du zunächst nachschauen, in welcher Hauptgruppe das Aluminium steht. Richtig, in der dritten. Folglich hat es drei Außenelektronen. Wie wir schon wissen, steht Sauerstoff in der sechsten Hauptgruppe, hat also sechs Außenelektronen und ist deshalb bestrebt, zwei weitere aufzunehmen (in unserem konkreten Fall vom Aluminium). Den ersten Reaktionsteilschritt kannst du dir so vorstellen, dass sich ein Sauerstoffteilchen mit einem Aluminiumteilchen verbindet. Nach der Elektronenabgabe an den Sauerstoff bleibt aber beim Aluminium ein Elektron übrig. Dieses wird sofort von einem zweiten Sauerstoffteilchen aufgenommen. Dieses zweite Sauerstoffteilchen hat danach aber trotzdem nur 7, statt der angestrebten 8 Außenelektronen.



Also muss noch ein zweites Aluminium-Atom her, um das fehlende Elektron zu liefern. Nachdem das zweite Aluminiumteilchen dieses Elektron abgegeben hat, bleiben an ihm zwei Elektronen übrig. Sofort ist ein drittes Sauerstoffteilchen zur Stelle, welches seinerseits diese zwei übrig gebliebenen Elektronen aufnimmt.

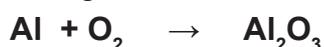
Hiernach haben sowohl die drei Sauerstoffteilchen als auch die zwei Aluminiumteilchen die Edelgaskonfiguration erreicht.



Gedanklich, jedoch reaktionsgleichungsmäßig noch nicht ganz korrekt, würde das Ganze folgendermaßen aussehen:



Denn wie schon bekannt, liegt Sauerstoff fast nie als Atom, sondern als Molekül vor, dessen Formel O_2 lautet. Das berücksichtigend wollen wir nun Schritt für Schritt die Reaktionsgleichung, bei der das Aluminiumoxid entsteht, in chemisch korrekter Schreibweise aufstellen.



Nun haben wir auf der linken Seite zwei Sauerstoffteilchen stehen, rechts dagegen 3. Das kleinste gemeinsame Vielfache von 2 und 3 ist 6. Jetzt teilen wir diese 6 durch jene 2, die auf der linken Seite als Fußnote hinter dem Sauerstoffteilchen steht, und erhalten 3. Diese 3 schreiben wir vor das O_2 .



Der Kalkkreislauf

Kalkstein ist ein aus wirtschaftlicher Sicht sehr wichtiges **Sedimentgestein**, aus dem sich unter anderem Düngemittel und Baustoffe herstellen lassen. Der natürlich vorkommende Kalkstein setzt sich zum größten Teil aus Calciumcarbonat zusammen. Wie es bereits der Name dieser Verbindung aussagt, besteht Calciumcarbonat vorwiegend aus Calcium- und Carbonat-Ionen. Diese Ionen stellen außerdem wichtige Bausteine für menschliche und tierische Skelette dar. In der Natur tritt der Kalkstein in sehr unterschiedlichen Ausprägungen, beispielsweise als Kreide, Marmor, Muschelkalk und Travertin auf.



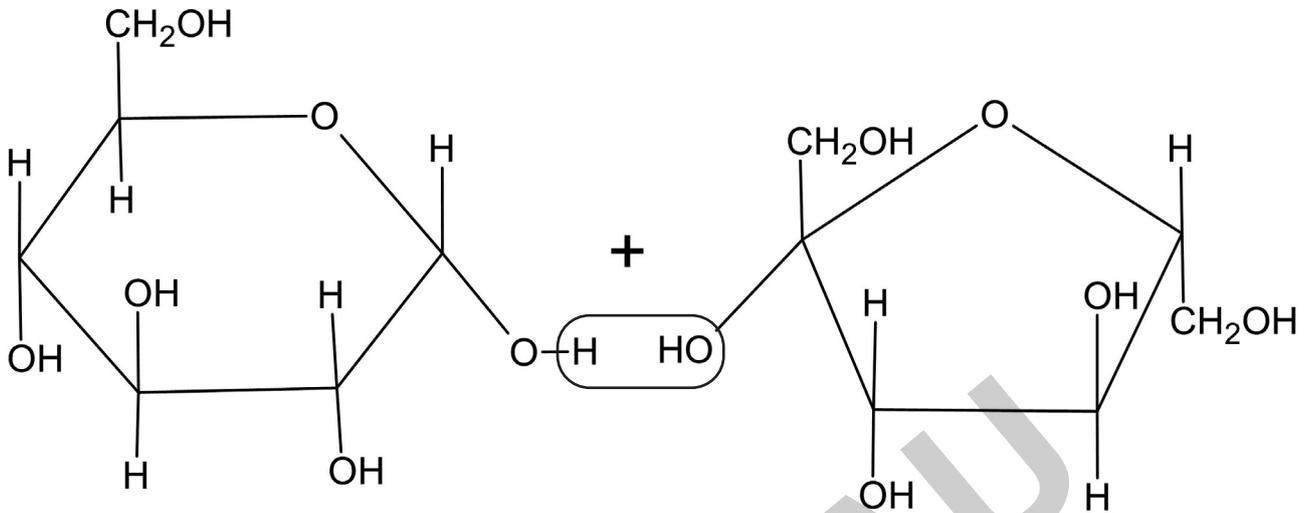
Aufgabe 1: *Stelle die Formel für Calciumcarbonat auf.*

Im Rahmen des Kalkkreislaufes findet schrittweise die technische Umwandlung von Kalkstein statt. In einem ersten Schritt erfolgt das Brennen des Kalksteins. Beim Erhitzen entsteht aus dem Calciumcarbonat unter Abgabe von Kohlendioxid Calciumoxid.

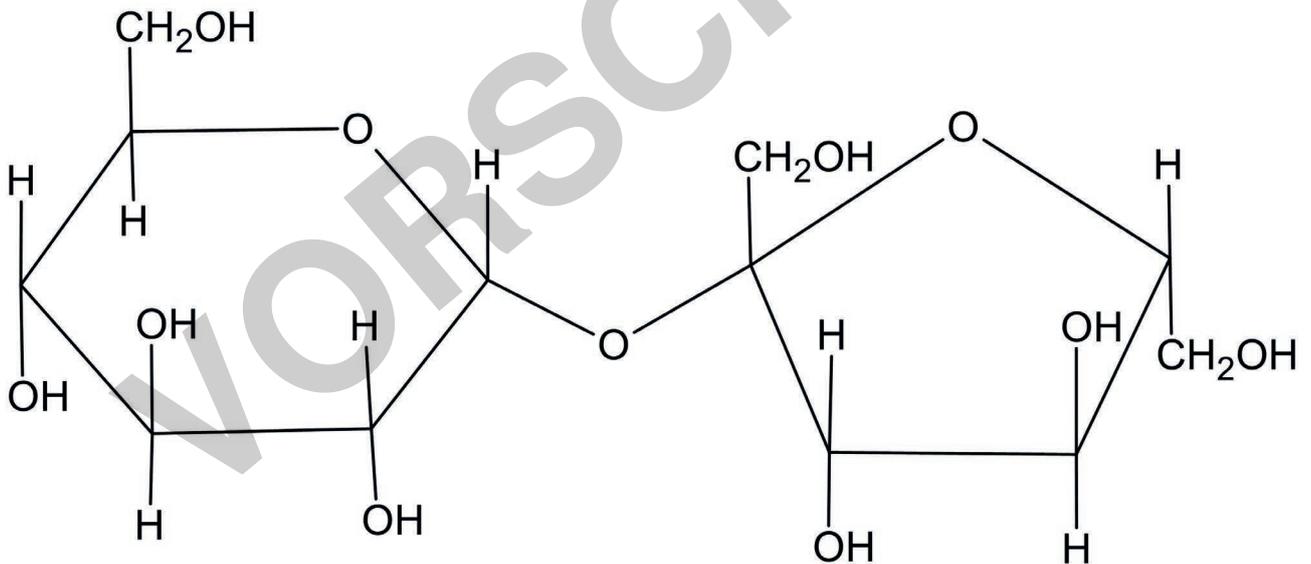
Aufgabe 2: *Stelle dafür die Reaktionsgleichung auf.*

Das entstandene Calciumoxid wird auch als Branntkalk bezeichnet. In einem zweiten Schritt wird zum Löschen des Branntkalks Wasser hinzugefügt. Dabei entsteht nur ein Reaktionsprodukt.

Kohlenhydrate



Dadurch entsteht an dem einem Monosaccharid-Molekül eine freie Valenz an dem Sauerstoffrest der ehemaligen Hydroxygruppe, welche die Bindung (sozusagen als Sauerstoffbrücke) mit dem Restmolekül des zweiten Monosaccharids ermöglicht.



Aufgabe 3: *Erstelle unter Zugrundelegung der allgemeinen Summenformel der Monosaccharide sowie der Entstehung der Saccharose die allgemeine Summenformel für die Disaccharide auf.*

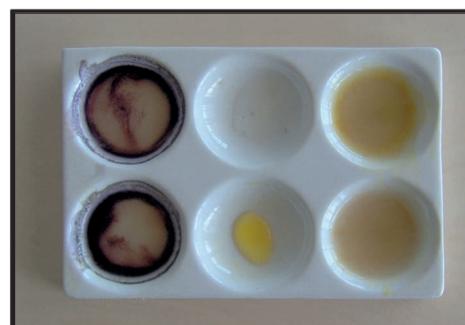
Kohlenhydrate

Aufgabe 5: Stelle die allgemeine Summenformel der Amylose auf.

Tipp: Zähle in einem ersten Schritt die in einem Glucose-Molekülrest (beachte Umrandung im Bild oben) vorhandenen C-, H- sowie O-Atome. Nachdem du diese Elemente in einer Formel aufgeschrieben hast, gilt es noch zu berücksichtigen, dass eine große Anzahl solcher Moleküle aneinandergereiht wurde. Diese Aneinanderreihung drückst du in der allgemeinen Summenformel durch eine Klammer und die Variable n aus.

Nun musst du noch die Besonderheiten beim ersten und letzten Glucose-Molekülrest beachten, vergleiche hierzu mit der Maltose in Aufgabe 4.

Hinweis: Ob es sich bei einem Polysaccharid um eine stärkereiche Substanz handelt, lässt sich durch die Jodprobe kontrollieren. Für diesen Stärkenachweis verwendet man Kaliumjodid (KI), das in der sogenannten Lugolschen Lösung vorhanden ist. Beim Vorhandensein von Stärke nimmt die getestete Substanz eine tiefblaue, blauviolette bis schwarze Färbung an.



Jodproben an Maische beim Bierbrauen. Links zwei blaue Probenergebnisse, die noch Stärke enthalten, rechts gelbliche ohne Stärke. (Wikipedia)

Ein weiteres, gut bekanntes Polysaccharid ist die Cellulose, deren Grundaufbau mit dem der Stärke fast identisch ist. Der einzige Unterschied besteht darin, dass bei der Stärke eine α -1,4 glycosidische Bindung vorhanden ist, während die Cellulose eine β -1,4 glycosidische Bindung aufweist. Dieser α - beziehungsweise β -Bindungsunterschied hängt von der räumlichen Position des ersten C-Atoms zu der CH_2OH -Gruppe, die sich am fünften C-Atom befindet, ab. Während sich im menschlichen Verdauungstrakt spezifische Enzyme befinden, welche in der Lage sind, die Struktur der Stärke aufzuspalten, sind keine spezifischen Enzyme für eine Zelluloseaufspaltung vorhanden. Im Tierreich sind aber die Wiederkäuer aufgrund spezieller Bakterien in ihrem Verdauungstrakt in der Lage, die Zellulose in niedermolekulare Zucker zu zerlegen und diese wiederum für die eigene Ernährung zu nutzen.