

#### (4) EINIGE EINFACHE STOFFE: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> UND LUFT.

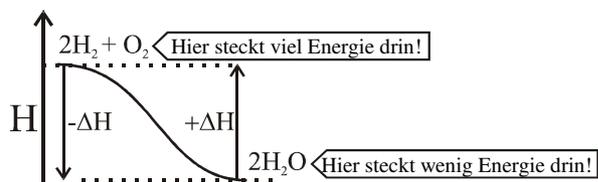
### Wassersynthese:

Unter **SYNTHESE** versteht man den Aufbau einer komplexeren Verbindung aus einfachen. Die Synthese von Wasser haben wir bei den oben angeführten Versuchen schon gesehen (Wassertröpfchen), wir sollten sie uns bezüglich der umgesetzten Energie näher anschauen.



Das Zeichen  $\rightleftharpoons$  bedeutet, dass die chemische Reaktion in beide Richtungen ablaufen kann. Das heißt in diesem Fall: Wasserstoff kann mit Sauerstoff zu Wasser verbrennen, aber Wasser kann auch wieder in die beiden Elemente zerlegt werden.

Die Abkürzung  $\Delta H$  steht für die umgesetzte Energie pro mol umgesetztem Stoff. Eigentlich nennt man die Energie hier



**ENTHALPIE H** (griech. für Wärme), noch genauer **REAKTIONSENTHALPIE** (weil sie bei einer chemischen Reaktion umgesetzt wird). Das  $\Delta$  (Delta = das griechische D) steht immer für eine Differenz.

Das Minuszeichen bedeutet, dass bei den Stoffen links mehr Energie vorhanden ist als bei denen rechts, Energie wird an die Umgebung abgegeben.

Die 480 kJ gelten für die *angegebenen* molaren Mengen (= 2 mol H<sub>2</sub>).

### Sauerstoff:

**Vorkommen:** frei in der Luft (rund 20%), gebunden vor allem in zahlreichen Mineralen (Sauerstoff ist das häufigste Element der Erdkruste, also der erforschten obersten Schicht unseres Heimatplaneten.).

**Herstellung: LABOR:** Früher wurde Sauerstoff durch Zersetzung von Sauerstoffverbindungen wie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Wasserstoffperoxid) hergestellt, heute kommt O<sub>2</sub> aus der Stahlflasche: **TECHNISCHE GEWINNUNG:** Durch Destillation von flüssiger Luft. Wie macht man Luft flüssig? Abb.:

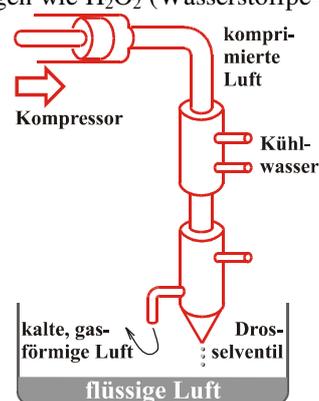
(1) **HERSTELLUNG FLÜSSIGER LUFT im Linde-Verfahren:** Luft wird komprimiert und abgekühlt, in mehreren Stufen erreicht man etwa -200°C.

(2) **GEWINNUNG VON REINEM SAUERSTOFF:** Aus flüssiger Luft wird der flüchtigere Stickstoff (t<sub>b</sub> = -196°C) abdestilliert: flüssiger Sauerstoff (t<sub>b</sub> = -183°C) bleibt zurück.

**Eigenschaften:** Im reinen Sauerstoff brennt alles besser als in Luft.

**Nachweis:** Die Glimmspanprobe hast Du gesehen!

**Verwendung:** Zum („Autogen“-) Schweißen und zum Schneiden von Metallen, dazu braucht man aber noch ein brennbares Gas wie Ethin (*Acetylen*, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) oder Wasserstoff. Stahlerzeugung nach dem Sauerstoffaufblasverfahren (LD-Verfahren). In der Medizin (wozu?). Flüssiger Sauerstoff für Raketenantrieb (mit Wasserstoff, Kerosin oder UDMH = unsymmetrischem Dimethylhydrazon als Brennstoff.).



### Verbindungen des Sauerstoffs:

Das wird ein bisschen kompliziert: die bekanntesten Verbindungen des Sauerstoffs sind die

#### *Oxide,*

dabei gibt es zwei Gruppen, die **NICHTMETALLOXIDE** (wie H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>), die aus Molekülen bestehen und flüchtige Stoffe sind, und die **METALLOXIDE**, die, aus Ionen aufgebaut, salzartige Stoffe darstellen. Wie wir schon gesehen haben, geben die Metalloxide der unedlen Metalle mit Wasser Basen.

Versuch: Zuerst Verbrennung von Magnesium zu Magnesiumoxid, dann die Reaktion von Magnesiumoxid mit Wasser:

Formuliere die Reaktionsgleichungen!

Metalloxide sind Ionenverbindungen und enthalten das zweifach negativ geladene **OXID-ION**:  $\text{O}^{2-}$

Nichtmetalloxide hingegen geben mit Wasser Säuren:

Aus SO<sub>2</sub> wird mit Wasser H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> und aus SO<sub>3</sub> wird so H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Nun weitere Sauerstoffverbindungen im Überblick:

#### *Hydroxide*

enthalten ein an ein Sauerstoffatom gebundenes Wasserstoffatom. Auch Wasser ist ein Hydroxid: H-OH.

Es gibt **FLÜCHTIGE HYDROXIDE**, wie Wasser und Alkohol, für uns heuer wichtiger sind aber die *nichtflüchtigen*, ionischen **METALLHYDROXIDE**, welche das **HYDROXIDION**  $\text{OH}^-$  enthalten. Die Hydroxide der unedlen Metalle sind, wie bekannt, Basen, beispielsweise Natriumhydroxid (NaOH) und Calciumhydroxid, Ca(OH)<sub>2</sub> (der Index 2 gilt sowohl für O als auch für H – das ist der Sinn der Klammer).

#### *Peroxide:*

**METALLPEROXIDE** schließlich enthalten das **PEROXID-ION**  $\text{O}_2^{2-}$ , also zwei verbundene Sauerstoffatome mit zwei Minusladungen. Wasserstoffperoxid H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ist ein **FLÜCHTIGES PEROXID** der Struktur H-O-O-H. Es ist ein bekanntes Bleichmittel

#### (4) EINIGE EINFACHE STOFFE: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> UND LUFT.

(wofür?). Alle Peroxide neigen zum explosiven Zerfall.

#### Ozon – der „andere“ Sauerstoff:

Wenn ein Element – hier Sauerstoff – in verschiedenen Abarten vorkommt, nennt man diese **MODIFIKATIONEN** (bei Kohlenstoff z.B. Grafit und Diamant). Beim Element Sauerstoff kennen wir zwei Modifikationen: den „gewöhnlichen“ **Sauerstoff O<sub>2</sub>**, und das **Ozon O<sub>3</sub>**. Im hängen drei O-Atome kettenartig aneinander: O-O-O.

Ozon gibt sein „überzähliges“ drittes Sauerstoffatom leicht ab und oxidiert damit alle möglichen Stoffe: Bakterien (Trinkwasserentkeimung) oder Farbstoffe. Ozon ist giftig! (Näheres auf einem eigenen Infoblatt, auch bodennahes O<sub>3</sub> und Ozonschicht).

**Entstehung von Ozon:** Voraussetzung ist eine ordentliche Portion Energie, beispielsweise energiereiche Strahlung, welche O<sub>2</sub>-Moleküle spaltet:



Soviel Energie gibt es in UV-Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda < 160 \text{ nm}$  (sichtbares Licht reicht von etwa 400 nm – blau – bis etwa 700 nm – rot).



Ein Sauerstoffatom reagiert also mit einem Sauerstoffmolekül zu Ozon. Dabei wird Energie frei.

#### Luft:

ist bekanntlich ein Gemisch, Du merkst Dir bitte: Etwa 80% N<sub>2</sub>, 20% O<sub>2</sub>. In Wirklichkeit machen Sauerstoff und Stickstoff zusammen nur etwa 99% der Luft aus, der Rest sind **EDELGASE** (vor allem Argon), Kohlendioxid (etwa 350 ppm = 0,035%) und verschiedene weitere **SPURENGASE**. (Tabelle).

Der Wassergehalt ist hier ausgeklammert, weil er sehr variabel ist, dasselbe gilt für das gefährliche Edelgas Radon – es ist radioaktiv.

 Welche Verbindungen in der Tabelle sind giftig? Kreuze sie an!

Speziell in Österreich wurde das hausgemachte Schwefeldioxid in den letzten Jahrzehnten drastisch reduziert, wir importieren aber große Mengen. Stickoxide sind größtenteils „hausgemacht“. Für uns ist derzeit wohl das **KOHLENDIOXID** die größte Bedrohung: zum Thema

<b>Zusammensetzung reiner, trockener Luft:</b>			
Angaben in Volumenprozent (cl/l).			
N <sub>2</sub>	78,08	H <sub>2</sub>	5·10 <sup>-5</sup>
O <sub>2</sub>	20,95	CO	1·10 <sup>-5</sup>
Ar	0,933	Xe	8·10 <sup>-6</sup>
CO <sub>2</sub>	0,035	O <sub>3</sub>	1·10 <sup>-6</sup>
Ne	0,0018	NH <sub>3</sub>	1·10 <sup>-6</sup>
He	5·10 <sup>-4</sup>	NO <sub>2</sub>	1·10 <sup>-7</sup>
CH <sub>4</sub>	2·10 <sup>-4</sup>	SO <sub>2</sub>	2·10 <sup>-8</sup>
Kr	1·10 <sup>-4</sup>	H <sub>2</sub> S	2·10 <sup>-8</sup>
N <sub>2</sub> O	5·10 <sup>-5</sup>		

**TREIBHAUSEFFEKT** gibt es ein spezielles Infoblatt.

### (5) Einfache Modelle: Atomkern, -hülle und chem. Bindung.

#### Der Atomkern.

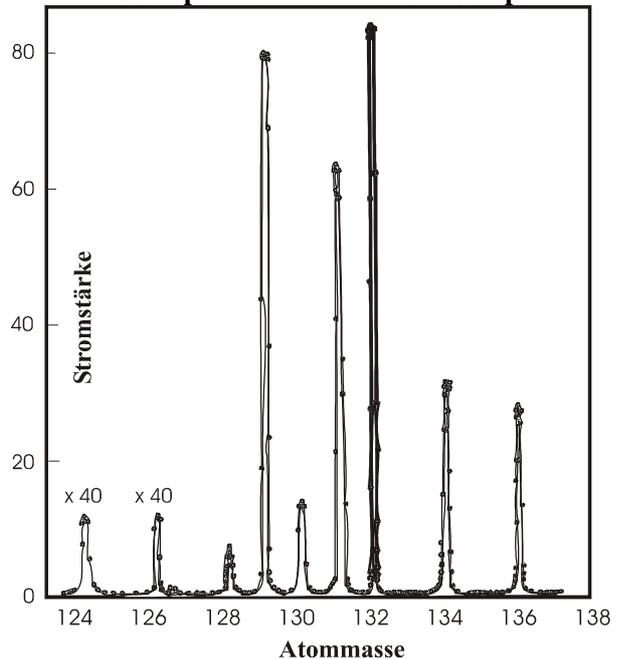
**D**er Atomkern enthält zwei Arten von Elementarteilchen: Protonen und Neutronen. Die Protonenzahl bestimmt, welches Element wir vor uns haben: Warum? Ein Atom mit einem Proton im Kern heißt Wasserstoffatom, eines mit zwei p<sup>+</sup> heißt Heliumatom, mit drei p<sup>+</sup> Lithium [‘li:tium], und so weiter ... *Diese Zahl* wird auch als **KERNLADUNGSZAHL** (= Zahl der Ladungen im Kern, die Neutronen tragen zur Ladung ja nicht bei) bezeichnet. Im PSE heißt *dieselbe Zahl* **ORDNUNGSZAHL** (nach ihr ist das PSE geordnet).

Protonenzahl = Kernladungszahl = Ordnungszahl.

Man kann nun bei einem Atom die Kernladungszahl links unten dazuschreiben, etwa so: <sub>1</sub>H, <sub>2</sub>He, <sub>3</sub>Li, ..., <sub>8</sub>O, ..., <sub>11</sub>Na, ...

Wenn man jetzt die Atome eines Elements mit einem **MASSENSPEKTROMETER** untersucht, so findet man bei vielen Elementen mehrere Signale, die Spitzen (engl. peaks) geben die Häufigkeit dieser Atomsorte an. Die Atommasse von Xenon beträgt übrigens 131,3u. Ein Massenspektrometer funktioniert so: Eine Probe wird verdampft, die Teilchen (Atome oder Moleküle) werden ionisiert. Diese geladenen Teilchen (= Ionen) werden dann in einem elektromagnetischen Feld beschleunigt und entsprechend ihrer Masse abgelenkt (die schwereren fliegen „eher geradeaus“ als die leichteren).

Massenspektrum der Xenon-Isotope:



## (5) EINFACHE MODELLE: ATOMKERN, -HÜLLE UND CHEM. BINDUNG.

Entsprechend ihrer Masse findet man sie am Ziel getrennt. Siehe Folie.

Nun eine wichtige Überlegung:

- ☞ Beim selben Element gibt es (deutlich!) verschiedene Massen.
- ☞ Die Masse kommt (fast zur Gänze) von den Kernteilchen.
- ☞ Die Atome eines Elements haben dieselbe Protonenzahl.

☞ Wodurch unterscheiden sich verschieden schwere Atome desselben Elements?

Ein populäreres Beispiel als Xenon ist Wasserstoff:



Die Zahl links oben ist die **MASSENZAHL**. Die Massenzahl ist keine Masse, sondern eine Zahl (daher dimensionslos), sie ist die Summe der Kernteilchen des Atoms (also  $p^+ + n^0$ ). Die Zahl links unten ist die **KERNLADUNGSZAHL**, kennen wir schon (Zahl der  $p^+$ ).

☞ Die Kernladungszahl von Wasserstoff ist ...

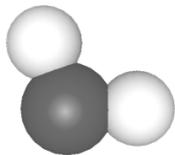
Die beiden leichteren Isotope ( ${}^1\text{H}$  und  ${}^2\text{H}$ ) sind stabil. Was bedeutet das? **ISOTOPE** sind Atomkerne mit der selben Kernladungszahl, also vom selben Element. **STABILE** Atomkerne halten ewig, **INSTABILE** zerfallen irgendwann einmal (radioaktiv).  ${}^3\text{H}$  ist instabil.

${}^{14}_6\text{C}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$  und  ${}^{238}_{92}\text{U}$  | Eine Atomkernsorte heißt allgemein **NUKLID**. Das ist der allgemeinere Begriff, den man immer verwenden kann.

sind weitere Nuklide: Das erste und das letzte sind **RADIONUKLIDE** (radioaktive Nuklide).  ${}^{16}\text{O}$  (warum kann man die Kernladungszahl weglassen?) ist eines der drei stabilen (= nichtradioaktiven) natürlichen (in der Natur vorkommenden) Sauerstoffisotope (vgl. OT).

☞ Schau dir die **NUKLIDKARTE** im Chemiesaal an. Die stabilen Nuklide sind grau, die instabilen farbig (je nach Zerfallsart) hinterlegt. Beachte: Blei ist das letzte Element, das noch stabile Isotopen besitzt. Instabile (oder Radio-) Nuklide auf der Karte sind überwiegend künstlich (= nicht aus der Natur).

### Ein einfaches Modell für die chemische Bindung.



Was machen eigentlich die Elektronen in der Hülle eines Atoms? Untersuchungen der Struktur von Molekülen zeigten, dass die Elektronen in der Hülle verteilt sind und dass sich die Hüllen verschiedener Atome in einem Molekül durchdringen. Es lag nahe, die Elektronen für den Zusammenhalt der Atome in Molekülen verantwortlich zu machen. Zur Erinnerung:

Chemische Verbindung: Gegenteil von Element. **CHEMISCHE BINDUNG**: Zusammenhalt von Atomen in Molekülen durch elektrische Kräfte.

Damit die Elektronen nicht durch die Anziehung der Protonen im Kern auf diesen herunterfallen, brauchen sie einen „Schwung“, sie müssen also in Bewegung sein. Wissenschaftler wie Ernest Rutherford (1871-1937) und sein Schüler Niels Bohr (1885-1962) nahmen Kreisbahnen um den Kern an (ähnlich dem Sonnensystem). Eine kernnähere Bahn erfordert mehr, eine kernfernere weniger „Schwung“, das ist kinetische Energie. Aus der Struktur des PSE und aus



Wasserstoff und Helium

Messungen der Energie, die nötig ist, um ein Elektron vom Kern gänzlich abzulösen (siehe später), kam man zur Vorstellung von **ELEKTRONENSCHALEN**: Das einzige Elektron des Wasserstoffs kreist in einem bestimmten Raum (einer Kugelschale) um den Kern. Im Helium benützen beide Elektronen eine ähnliche Schale. Die Abbildung links zeigt eine einfache (zweidimensionale) Darstellung dieses Modells.

☞ Die drei Elektronen des Lithium [li:ti:um] passen nicht mehr in die Schale, daher wird eine neue begonnen. Ergänze die Grafik und ergänze dabei auch die Kernladung in den Grafiken (+ für Wasserstoff, 2+ für Helium, 3+ für Lithium usw.); hebe die Elektronen dabei farblich (z. B. blau) hervor!



Lithium      Beryllium      ....

☞ Versuche, je ein (ähnliches) Modell für das Natrium- und das Magnesiumatom zu zeichnen! Beachte: Das Element Nummer 9 heißt Flu-or (vom lat. Wort für „fließen“).

Wichtig! Du solltest, nach einem Blick ins PSE, sagen können: wie viele Elektronen (a) insgesamt ein Atom hat, wie viele Elektronen (b) in der äußersten Schale sind und (c) wie viele Elektronen dem Atom auf eine volle Schale fehlen!