

OC Kapitel 03: Kohlenstoffverbindungen



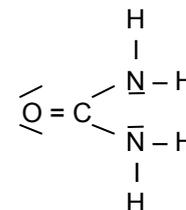
Feuerzeuggas ist eine flüssige Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindung.

Inhalt

OC Kapitel 03: Kohlenstoffverbindungen.....	1
Inhalt.....	2
Friedrich Wöhler (1800 - 1882) entdeckt die Harnstoffsynthese und begründet die OC.....	3
Kohlenstoffverbindungen in der Natur - Der Kohlenstoffkreislauf.....	4
Quantitativer Kohlenstoffkreislauf.....	5
Untersuchung organischer Stoffe.....	6
a) Entzündung von organischen Stoffen I.....	6
b) Entzündung von organischen Stoffen II.....	6
Qualitative Analyse organischer Stoffe.....	7
a) CO ₂ Nachweis mit Kalkwasser.....	7
b) Weitere Analysen organischer Verbindungen.....	8
Löslichkeit organischer Stoffe.....	8
Vorbereitung der quantitativen Analyse: Wiederholung chemisches Rechnen.....	9
a) Die Avogadro Zahl:.....	9
b) Die Masse von Atomen:.....	9
c) Die Dichte.....	9
d) Die molare Masse.....	9
e) Molare Masse bei Verbindungen.....	10
Gay Lusac Umrechnung zw. Normalbedingungen & herrschenden Bedingungen im Labor.....	11
Quantitative Analyse von Propanol nach Liebig.....	13
a) Bestimmen der Verhältnisformel.....	13
b) Bestimmen der tatsächlichen Summenformel (von Propanol):.....	15
Aufgaben zur quantitativen Elementaranalyse.....	16
Lösungen:.....	17
Aufgabe 9: Elementaranalyse mit vier unbekanntem Stoffen.....	19
Analyse von Feuerzeuggas.....	21
Luftverschmutzung durch Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen und die Konsequenzen.....	22
a) Luftverschmutzung.....	22
b) Erderwärmung durch den Treibhauseffekt.....	22
Energiebilanz der Erde.....	23
Wiederholungsfragen.....	24

Friedrich Wöhler (1800 - 1882) entdeckt die Harnstoffsynthese und begründet die OC

Normalerweise entsteht Harnstoff als Abbauprodukt von Eiweißen der Nahrung im menschlichen und tierischen Körper. Als Urin wird der weiße, kristalline, geruchlose Feststoff dann mit Wasser ausgeschieden. Durch seinen hohen Stickstoffgehalt ist er weltweit das bedeutendste Stickstoffdüngemittel.



Vor 200 Jahren glaubte man, er sei nur auf natürlichem Wege, also organisch herzustellen. Man glaubte, für organische Stoffe sei eine „Lebenskraft“ (die damals sogenannte Vis Vitalis) notwendig. Der deutsche Chemiker Friedrich Wöhler (1800 - 1882) widerlegte diese Ansicht. Im Jahr 1828 stellte er im Labor Harnstoff aus anorganischen Ausgangsstoffen künstlich her. Da niemand dies für möglich hielt, war Wöhler selbst von dem Ergebnis beeindruckt. So schrieb er bald darauf an seinen Freund Berzelius:

Lieber Herr Professor!

Berlin, 28. Februar 1828

Obgleich ich sicher hoffe, daß mein Brief vom 12. Januar und das Postskript vom 1. Februar bey Ihnen angelangt sind und ich täglich oder vielmehr stündlich in der gespannten Hoffnung lebe, einen Brief von Ihnen zu erhalten, so will ich in doch nicht abwarten, sondern schon wieder schreiben, denn ich kann, so zu sagen, mein chemisches Wasser nicht halten und muß Ihnen sagen, daß ich Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Thier, sey es Mensch oder Hund, nöthig zu haben. Das cyansaure Ammoniak ist Harnstoff. Vielleicht erinnern Sie sich noch der Versuche, die ich in der glücklichen Zeit, als ich noch bey Ihnen arbeitete, anstellte, wo ich fand, daß immer, wenn man Cyansäure mit Ammoniak zu verbinden sucht, eine krystallisirte Substanz entsteht, die sich indifferent verhielt und weder auf Cyansäure noch Ammoniak reagierte. Beim Durchblättern meines Journals fiel mir dies wieder auf, und ich hielt es für möglich, daß durch die Vereinigung von Cyansäure und Ammoniak die Elemente, zwar in derselben Proportion, aber auf eine andere Art zusammentreten könnten und hierbey vielleicht z.B. eine vegetabilische Salzbase oder etwas Ähnliches gebildet werden könnte.

(Quelle: https://www.zum.de/Faecher/Ch/Saar/Handrchg/KI11/hr_11_82.htm)

Die Tragweite der Entdeckung, zeigte sich auch darin, dass Wöhler noch im gleichen Jahr, im Alter von 28 Jahren zum Professor in Berlin ernannt wurde. 1832 wechselte er dann nach Kassel und wurde 1836 leitender Professor für Chemie und Pharmazie an der Universität Göttingen.

Dort arbeitete er auch mit *Justus von Liebig* zusammen. Sie veröffentlichten eine gemeinsame Arbeit:

„... die Erzeugung aller organischen Materien in unserem Laboratorium ist nicht allein wahrscheinlich, sondern muss als gewiss betrachtet werden. Zucker, Salicin, Morphin werden künstlich hervorgebracht werden. Wir kennen freilich die Wege noch nicht, auf dem dieses Endresultat zu erreichen ist, weil uns die Vorglieder unbekannt sind, aus denen diese Materien sich entwickeln, allein wir werden sie kennen lernen.“

Bis zu seinem Tod im Jahre 1882 wirkte und lehrte Wöhler in Göttingen. Seine Vision wurde schnell Wirklichkeit. Viele organische Substanzen wurden in den folgenden Jahren auch im Labor hergestellt. Eine Trennung von anorganischer und organischer Chemie war nun im Grunde überflüssig.

Das diese Trennung dennoch bis heute beibehalten wurde (obwohl die Grenzen fließend sind!) ist also eher historisch zu verstehen. Allerdings ist allen organischen Molekülen eines gemeinsam. Sie enthalten Kohlenstoffe!

Heute versteht man unter dem Begriff „organische Chemie“ die Chemie der Kohlenstoffverbindungen.

Übrigens ist es auch heute noch nicht möglich, alle Moleküle aus pflanzlichen oder tierischen Organismen künstlich herzustellen. Stattdessen werden sie aus Pflanzen und Tieren isoliert. Dafür gibt es zahlreiche neue organische Verbindungen, die sich in keinem Lebewesen finden lassen. Man nennt sie synthetisch. Man verwendet sie z.B. als Kunststoffe, Medikamente usw...

Zusatzinformationen:

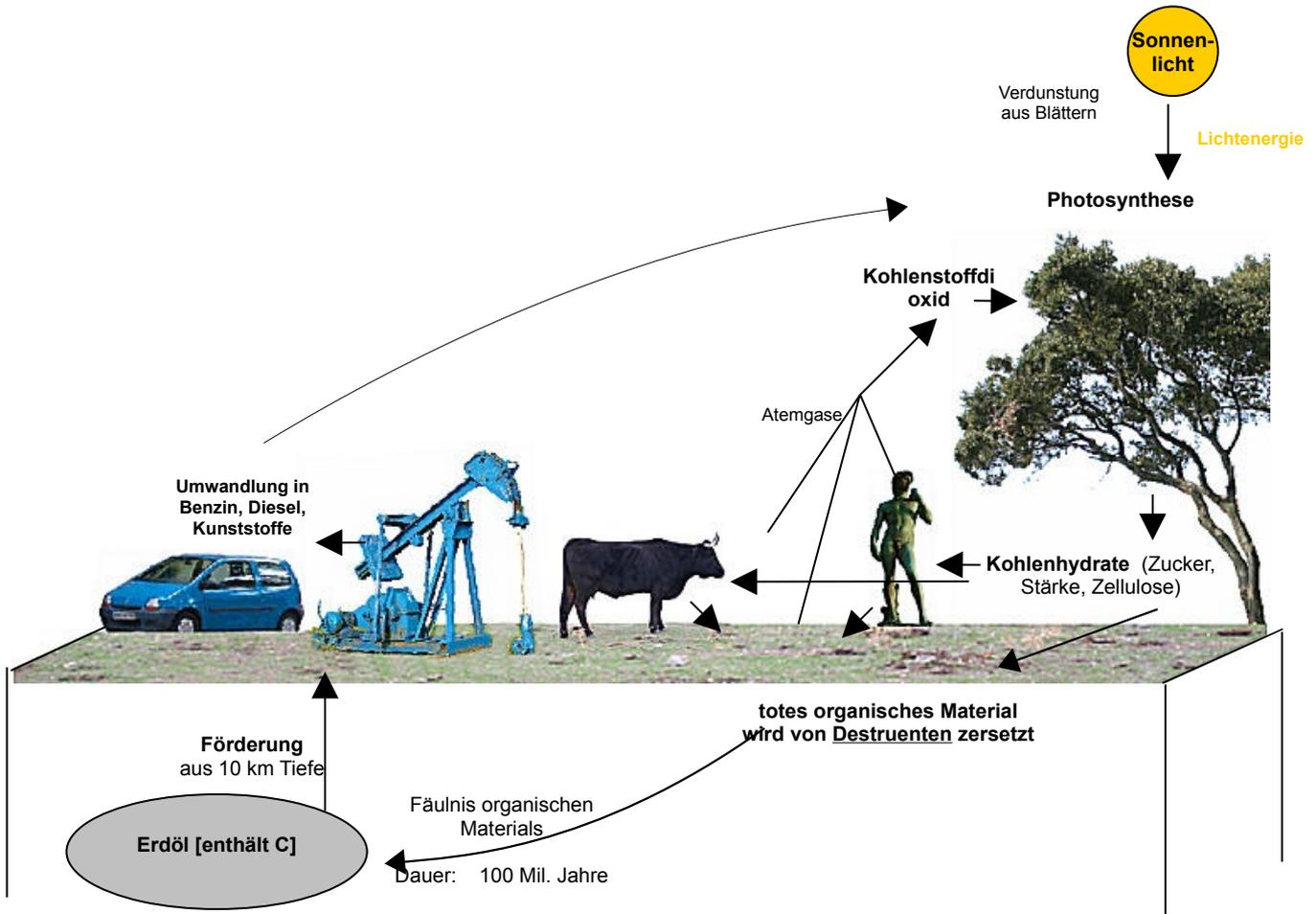
<https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff>

https://de.wikipedia.org/wiki/Organische_Chemie

https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Wöhler

https://de.wikipedia.org/wiki/Justus_von_Liebig

Kohlenstoffverbindungen in der Natur - Der Kohlenstoffkreislauf



Kohlenstoff findet sich in der Natur zum einen in drei großen, miteinander im Austausch stehenden Reservoiren:

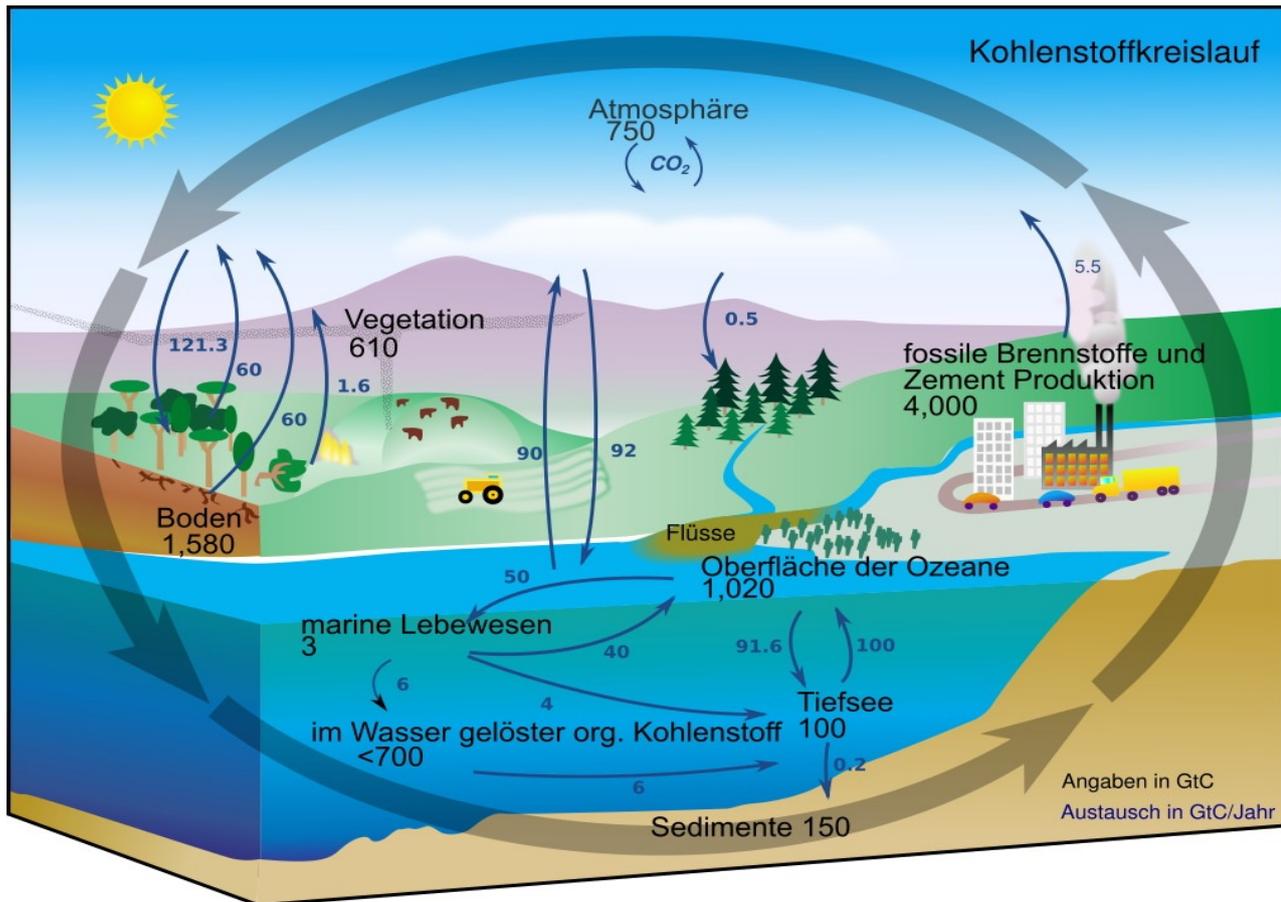
1. in der Atmosphäre
2. in der Land-Biosphäre, im Boden und in Verwitterungsmaterial
3. im Ozean

Zusatzinformationen und Grafiken:

https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffzyklus>

Quantitativer Kohlenstoffkreislauf



Quelle Bild: Public domain by https://en.wikipedia.org/wiki/Image:Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg; Thank you

Informationen zum Kohlenstoffkreislauf:

- Destruenten sind Zerkleinerer und Bakterien. Sie zersetzen nicht nur Blätter, Laub und Pflanzenreste, sondern auch tote Tiere. Dabei entstehen Mineralsalze, Wasser und Kohlenstoffdioxid.
- Kohlenstoff findet sich in der Natur zum einen in drei großen, miteinander im Austausch stehenden Reservoiren:
 1. in der Atmosphäre als Kohlenstoffdioxid
 2. im Boden und in Verwitterungsmaterial
 3. im Ozean (in Form von gelöstem Kohlenstoffdioxid)
- Eine Kuh produziert pro Tag oft mehr als 120l Methan. Dieses ist ein kohlenstoffhaltiges Gas, welches die Atmosphäre schädigt.
- Bei Stoffwechselfvorgängen in Mensch und Tier (durch die Kohlenhydratverdauung) und bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Benzin und Diesel, entstehen immer Kohlenstoffdioxid und Wasser (letzteres ist sichtbar im Winter am Auspuff und beim Ausatmen).
- Die Stoffkreisläufe der Natur sind alle geschlossen, alle Stoffe (wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasser und Mineralsalze) werden immer wieder verwendet. Der Energiekreislauf ist nicht geschlossen. Es muss ständig neue Energie dem System zugeführt werden. Dies geschieht durch die Sonne. Der Grund ist ein permanenter Verlust durch Wärmeabgabe, z.B. in den Weltraum sowie der Energiebedarf für Lebensvorgänge und der daraus entstehenden Wärme, die ebenfalls verloren geht.
- Sauerstoff wird vom Menschen in Mensch und Tier durch die Atmung in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Dazu sind Kohlenhydrate notwendig. Kohlenstoffkreislauf und Sauerstoffkreislauf haben also eine Verbindung!

Untersuchung organischer Stoffe

a) Entzündung von organischen Stoffen I

V: Zucker, Mehl, Kartoffelstückchen, Plastik, Kerzenwachs, Öl, Petroleum werden in Reagenzglasern stark erhitzt (und mit einem Kohlestückchen verglichen!).

V2: Die Stoffe werden in einem Tiegel entzündet. Wenn sie brennen, sofort wieder löschen!

Stoff	Beobachtung „Erhitzen“	Beobachtung „Verbrennung“	Sonstiges
Zucker			
Mehl			
Kartoffelstückchen			
Plastik			
Kerzenwachs (Paraffin)			
Öl			
Petroleum			
Spiritus			$C_2H_5OH + 3 O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3 H_2O + E$

Die untersuchten Stoffe verkohlen und werden in der Regel schwarz.

S: Alle organischen Verbindungen enthalten Kohlenstoff. Dieser lässt sich oft entzünden. Man versteht deshalb die „Organische Chemie“ auch als Chemie der Kohlenstoffverbindungen.

Der Chemiker Berzelius teilte die Chemie 1806 in zwei Bereiche ein:

- anorganische Chemie (Stoffe aus der unbelebten Natur)
- und organische Chemie (Verbindungen pflanzlicher und tierischer Herkunft)

b) Entzündung von organischen Stoffen II

V: Wundbenzin, Petroleum, Speiseöl und Ethanol werden in einen Porzellantiegel gegeben und die Dämpfe werden vorsichtig zugefächelt. Es wird versucht, die Dämpfe zu entzünden. (Petroleum und Speiseöl notfalls sehr vorsichtig erhitzen). Es wird dann eine Vorhersage zur Flüchtigkeit der Stoffe getroffen.

B: Die meisten Verbindungen lassen sich leicht entzünden. Ihre aufsteigenden Gase lassen sich leicht entzünden.

S: Die meisten organischen Verbindungen sind gut brennbar, auch wenn ihre Entzündungstemperaturen verschieden sind. Oft reicht schon ein Funke um Verbindungen wie Benzin, Aceton, Ether oder Alkohole zu entzünden. Hiervon geht eine große Gefahr der organischen Verbindungen aus. Im Labor umgeht man diese oft, indem man flammenlos erhitzt, z.B. mit elektrischen Heizplatten. Im Alltag sollte man nicht rauchen, wenn man mit organischen Stoffen Umgang hat (z.B. beim Tanken oder beim Arbeiten mit Lösungsmitteln und Verdünnern!).

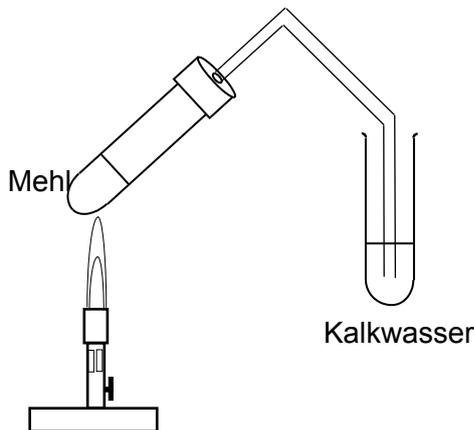
Unter der Entzündungstemperatur versteht man die Temperatur, bei der sich ein Stoff selbst entzündet.

Qualitative Analyse organischer Stoffe

a) CO₂ Nachweis mit Kalkwasser

V: Ein Stück Kohle oder ersatzweise ein anderes organisches Produkte, (wie Pflanzenreste sowie Pflanzenprodukte wie Mehl, Mehlprodukte, Kartoffeln usw.) werden erhitzt, bis eine deutliche Schwarzfärbung eintritt. Das entstehende Gas wird in Kalkwasser geleitet.

Aufbau



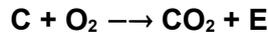
B:
Die organischen Produkte färben sich alle beim starken Erhitzen schwarz

Das Kalkwasser wird trübe.

Wassertropfen setzen sich an der kalten Glaswand ab

S:
=> organische Verbindungen enthalten zum Großteil Kohlenstoff

=> Es entsteht bei der Verbrennung CO₂



=> Organische Verbindungen enthalten ebenfalls viel Wasserstoff. Dieser reagiert mit dem Luftsauerstoff bei der Verbrennung zu Wasser.

**Alle organischen Verbindungen enthalten Kohlenstoff. Dieser lässt sich oft entzünden.
Man versteht deshalb die „Organische Chemie“ auch als Chemie der Kohlenstoffverbindungen.**

Zusatzinformation:

- Bei jeder Verbrennung organischer Substanzen entsteht Wasser (Beispiele: Wasser kommt aus dem Auspuff des Benzinmotors, wasserhaltiger Atem des Menschen durch die Oxidation der Kohlenhydrate der Nahrung usw.)
- https://de.wikipedia.org/wiki/Qualitative_Analyse

b) Weitere Analysen organischer Verbindungen

- Stickstoff: Nachweis durch Kochen mit Natronlauge. Es bildet sich Ammoniak, welches typisch riecht und Indikatorpapier blau färbt.
- Schwefel: Erhitzen von schwefelhaltigen Substanzen färbt Bleiacetatpapier sowie Bleinitrat- oder Bleiacetatlösung schwarz. (Hintergrund: Beim Erhitzen bildet sich H_2S , welches mit Bleiionen das schwarze PbS bildet)
- Halogene (Fluor, Chlor, Brom, Iod): Auf einem ausgeglühten Streifen Kupferblech werden die Testsubstanzen in die rauschende, blaue Brennerflamme gehalten (z.B. ein Stück PVC). Man beobachtet eine grüne Flamme. (Hintergrund: Halogenionen verbinden sich mit Kupfer zu Kupferhalogeniden (z.B. CuF_2 , $CuCl_2$ usw.). Diese färben beim Verdampfen die Brennerflamme grün.

Löslichkeit organischer Stoffe

V: Zucker, Mehl, Kartoffelstückchen, Plastik, Kerzenwachs, Öl, Petroleum werden mit Wasser (bzw. mit Benzin) versucht zu lösen

B: nur der Zucker löst sich in Wasser auf.

Organische Stoffe sind meist apolar (=unpolar), d.h. sie lösen sich nicht in Wasser auf, sondern nur in unpolaren Stoffen, wie Benzin.

Deshalb kann Benzin auch viele Flecken entfernen, die man mit der Waschmaschine nicht entfernen kann.

Vorbereitung der quantitativen Analyse: Wiederholung chemisches Rechnen

a) Die Avogadro Zahl:

Der Chemiker Avogadro benötigte eine Zahl, um große Mengen von Atomen beschreiben zu können und um schließlich damit auch „vernünftig“ rechnen zu können.

Er legte fest: 1 mol entspricht $6,022 \cdot 10^{23}$ Atomen (=602 200 000 000 000 000 000 000 Atome)¹

b) Die Masse von Atomen:

Als Chemiker will natürlich dann auch wissen, was denn jetzt eigentlich so ein Atom wiegt?

Z.B.: ein Cu-Blech wiegt 0,8 g. Eine Messung ergibt, es enthält genau $6,022 \cdot 10^{23}$ Atome (=1mol)
=> ein Atom wiegt: $m(\text{Cu-Atom}) = 0,8 \text{ g} : 6,022 \cdot 10^{23} \text{ Atome} = 1,055 \cdot 10^{-22} \text{ g/Atome}$.

Diese Zahl ist natürlich absolut unhandlich und viel zu klein, um damit zu rechnen. Die Chemiker benannten die neue Einheit schließlich mit dem englischen Wort für Einheit „unit“

**Die Einheit der Atommasse ist „unit“.
Im PSE sind die Massen der Atome in units (u) angegeben.**

c) Die Dichte

Die Dichte (Formelzeichen: ρ (griechisch: rho)), ist das Verhältnis der Masse (m) eines Körpers zu seinem Volumen (V). Die Dichte ist eine Stoffeigenschaft.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Die (SI-) Einheit der Dichte ist kg/m^3 . In Schulbüchern ist die Dichte oft auch in g/cm^3 angegeben.

Durch Wiegen eines Körpers und seiner Verdrängung von Wasser kann sie leicht bestimmt werden.

d) Die molare Masse

Sicher hast Du Dich nun schon gefragt, woher Chemiker überhaupt wissen, wie viele Atome z.B. in einem Stück Kohle enthalten sind? Vielleicht hilft Dir ein Vergleich, um auf die Lösung zu kommen:

Vergleich: Wie kann man bestimmen, wie viele (gleiche) Centmünzen in einer Streichholzsachtel sind, ohne diese zu öffnen oder die Cent einzeln abzuzählen?

Richtig, man kann sie wiegen! Wenn Du die Masse einer Münze kennst, kannst Du leicht die Anzahl in der Streichholzsachtel durch Division bestimmen:

$$\text{Anzahl Münzen} = \text{Masse aller Münzen} / \text{Masse einer Münze}$$

¹ Das entspricht 6Milliarden • 1Milliarde • 10000

Nun ein chemisches Beispiel: Wie viele Atome sind in 12g Kohlenstoff enthalten?

Man hat also 12g Kohlenstoff, (z.B. ein kleines Stück Kohle). Man kennt die Masse, möchte nun wissen, wie viel Atome es sind.

M = molare Masse [g/mol] (=Umrechnungsfaktor zw. Masse und Stoffmenge²)

m = Masse in g

n = Stoffmenge (also Anzahl an Atomen in mol)

$$m = M \cdot n \quad \Rightarrow \quad n = m / M$$

Der Zahlenwert der molaren Masse kann leicht aus dem PSE abgelesen werden. Er entspricht dem Wert der Atom- (bzw. Molekül-) Masse:

=> 1 mol Kohlenstoff hat die molare Masse 12,001 g/mol

=> 12,001 g C entsprechen 1mol

=> 1mol = $6,022 \cdot 10^{23}$ Atome (=602 200 000 000 000 000 000 000 Atome Kohlenstoff sind enthalten!)

e) Molare Masse bei Verbindungen

Auch für **Verbindungen** kann die Molare Masse angegeben werden. Sie ergibt sich einfach durch Addieren der Atommassen der Elemente, die in einer Verbindung enthalten sind,

z. B. Bestimme die relative Molekülmasse von Wasser (von Zucker)

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1,008\text{u} + 16\text{u} = \underline{18,016\text{u}}$$

$$\begin{aligned} M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= 6 M(\text{C}) + 12 M(\text{H}) + 6 M(\text{O}) \\ &= (6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16) \text{ g/mol} \\ &= \underline{180 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

Zusatzinformationen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Molare_Masse

https://de.wikipedia.org/wiki/Mol_%28Stoffmenge%29

https://de.wikipedia.org/wiki/Avogadrosches_Gesetz

² entspricht der Masse eines Centstücks im oberen Beispiel

Gay Lussac Umrechnung zw. Normalbedingungen & herrschenden Bedingungen im Labor

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1 \cdot n_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2 \cdot n_2}$$

Aus dieser Umrechnung kann man das Gesetz der allgemeinen Gasgleichung ableiten:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$R = 8,314472 \text{ J/ (mol} \cdot \text{K)}$ (Universelle Gaskonstante)

https://de.wikipedia.org/wiki/Universelle_Gaskonstante

Aufgaben:

1. Wie groß ist die molare Masse von: C, H, O, H₂O, HCl, H₃PO₄, C₈H₁₄?
2. Du kennst nun die Anzahl an Atomen in einem 12,00g schweren Kohlenstoffstückchen, aber wie viel Atome sind in einem doppelt so schweren Kohlestückchen enthalten? Notiere bitte die Zahl ;-)
3. Wie viel Moleküle sind in 100,00 g Zucker (C₆H₁₂O₆) enthalten?
4. Welcher Stoffmenge ist in einer mit Wasser gefüllten Badewanne (200l) enthalten? (Dichte von Wasser: $\rho = 1\text{g/ ml}$)
5. Befinden sich mehr Atome in 1,0000 kg Gold oder in 150,00g Aluminium?

Aufgaben zum chemischen Rechnen mit der molaren Masse:

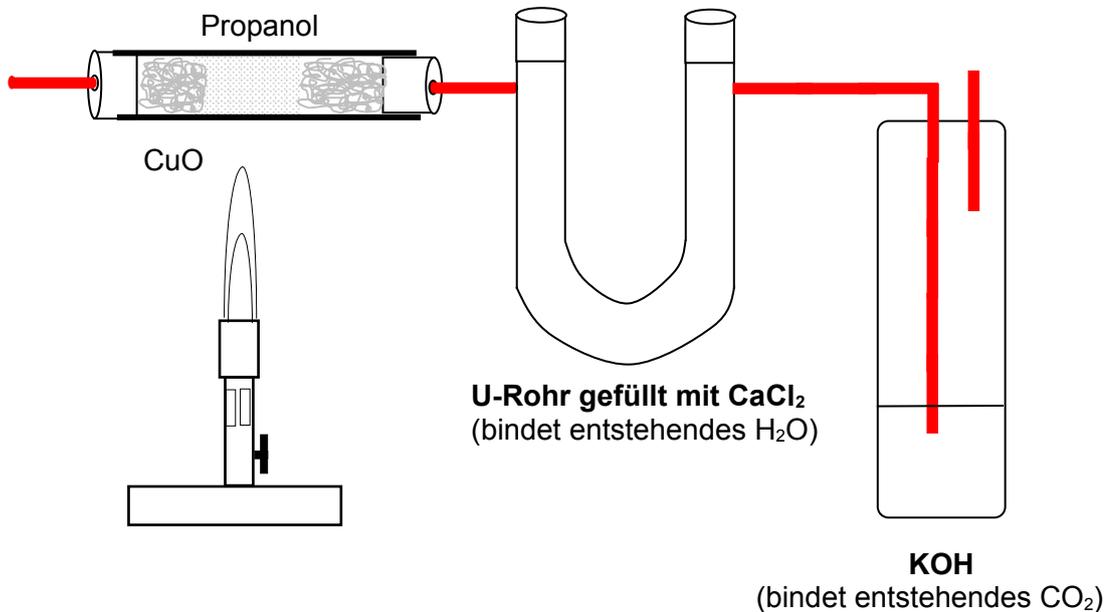
Formel molare Masse:

- 10,00g Magnesium reagieren mit Salzsäure zu einem Gas und einem Salz.
 - Stelle die Reaktionsgleichung auf
 - Bestimme die Stoffmenge an Magnesium und die Anzahl an Atomen
 - Bestimme beide Werte auch für das Salz.
- Welche Stoffmenge ist in einer mit Wasser gefüllten Badewanne (200,00l) enthalten? (Dichte von Wasser: $\rho = 1,00\text{g/ml}$)
- Befinden sich mehr Atome in 1,000kg Gold oder in 150,00g Aluminium?
- Eine Stoffportion hat eine Masse von 1,52g. Die Stoffmenge beträgt 0,033mol. Wie lautet die molare Masse des unbekanntes Reinstoffes?
- Es ist gewünscht für ein Experiment eine 0,10 molare Silbernitratlösung darzustellen. Wie muss man vorgehen? (Tipp: molar bedeutet mol/l)
- Überprüfe: 1000000 Millionen Moleküle Pb sind schwerer als 10 000 000 Moleküle Aluminium
- Ein Taucher hat einen Eisengürtel von 2,000kg.
 - Welche Stoffmenge ist in 2,000kg Eisen enthalten?
 - Was wiegt die gleiche Stoffmenge, wenn der Gürtel aus Blei wäre?
- 20,00g Magnesium reagieren mit Salzsäure. Bestimme mithilfe der Reaktionsgleichung die Produkte und bestimme dann die Stoffmenge und die Masse des entstehenden Gases.
- Wie schwer sind 2,81690mol Chlorgas? Welche Stoffmenge He hat die gleiche Masse?
- Ein Stecknadelkopf enthält 0,0018mol Eisenatome. Wie schwer ist er?
- Die Sonne besteht zu $\frac{3}{4}$ aus Wasserstoff und $\frac{1}{4}$ aus Helium. Ihre Masse beträgt $1,98 \cdot 10^{33}\text{g}$. Wie groß ist die vorhandene Stoffmenge der beiden Gase?

Quantitative Analyse von Propanol nach Liebig

Eine quantitative Analyse ist ein chemisches und/oder physikalisches Verfahren, bei dem es um die Beantwortung der Frage geht, wie viel von einem unbekanntem Stoff in einer gegebenen Probe vorhanden ist. Auf diese Weise wird dann in einer zweiten Rechnung der Stoff identifiziert.

V: in einem Glasrohr wird Propanol (eigentlich ein unbekannter Stoff, aber zum Verständnis des Verfahrens, wird erst einmal ein bekannter Stoff genommen!) oxidiert. Es stehen 0,500 g Propanol zur Verfügung.



Vorbereitung:

Vor Versuchsbeginn werden sowohl das Gewicht des Glasrohrs mit dem CaCl₂ bestimmt (das soll später Wasser auffangen) als auch das Gewicht der Gaswaschflasche mit dem KOH (diese „fängt“ CO₂ auf)

Mit dem Brenner wird die Reaktion gestartet und nach erfolgter Oxidation des unbekanntes Stoffes (also hier des Propanols), wiegt man das Glasrohr und die Waschflasche erneut.

a) Bestimmen der Verhältnisformel

Aus den Massen an H₂O bzw. CO₂ lassen sich die Massen der in der Verbindung vorhandenen Elemente (C, H) durch ein einfaches Verhältnis mit den Atommassen bestimmen. Die Masse an Sauerstoff wird dann durch Subtraktion von der Masse an eingesetztem Propanol bestimmt.

a) Bestimmung $m_{\text{Kohlenstoff}}$:

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{C})} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{C}) \cdot \text{Anzahl C-Atome}} \quad \text{Im Versuch wurden } 1,100\text{g CO}_2 \text{ gemessen}$$

$$\Rightarrow m(\text{C}) = \frac{M(\text{C}) \cdot \text{Anzahl C-Atome} \cdot m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{12\text{g/mol} \cdot 1 \cdot 1,100\text{g}}{44\text{g/mol}} = \underline{\underline{0,3\text{g C}}}$$

b) Bestimmung $m_{\text{Wasserstoff}}$:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{H})} = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}) \cdot \text{Anzahl H-Atome}}$$

Im Versuch wurden **0,600g H₂O** gemessen.

$$\Rightarrow m(\text{H}) = \frac{M(\text{H}) \cdot \text{Anzahl H-Atome} \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1\text{g/mol} \cdot 2 \cdot 0,600\text{g}}{18\text{g/mol}} = \underline{\underline{0,066\text{g H}}}$$

c) Bestimmung $m_{\text{Sauerstoff}}$:

$$m_{\text{Propanol}} = m_{\text{Kohlenstoff}} + m_{\text{Wasserstoff}} + m_{\text{Sauerstoff}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Sauerstoff}} = m_{\text{Propanol}} - (m_{\text{Kohlenstoff}} + m_{\text{Wasserstoff}})$$

$$\Rightarrow m_{\text{Sauerstoff}} = 0,5\text{g} - (0,300\text{g} + 0,066\text{g})$$

$$= \underline{\underline{0,134\text{g O}}}$$

Massenwerte nützen nur leider wenig, da verschiedene Elemente ja unterschiedliche Massen haben. Eine Umrechnung auf die Stoffmenge (Anzahl der Atome!) ist notwendig!

d) Umrechnung:

$$\text{Stoffmenge } n = m / M$$

$$n_{\text{Kohlenstoff}} = 0,300\text{g} / 12\text{g/mol} = \underline{\underline{0,025\text{mol}}}$$

$$n_{\text{Wasserstoff}} = 0,066 / 1\text{g/mol} = \underline{\underline{0,066\text{mol}}}$$

$$n_{\text{Sauerstoff}} = 0,134\text{g} / 16\text{g/mol} = \underline{\underline{0,008\text{mol}}}$$

e) Verhältnis bilden und ermitteln der Verhältnisformel:

Die drei Werte lassen sich nun prima ins Verhältnis setzen, so dass eine Verhältnisformel entsteht:

$$\begin{array}{l} n \text{ C} : n \text{ H} : n \text{ O} \\ 0,025 : 0,066 : 0,008 \quad | : 0,008 \\ 3 : 8 : 1 \end{array}$$

\Rightarrow die Verhältnisformel ist C₃H₈O₁

Das wussten wir ja auch schon vorher, aber schließlich kann man diese Rechnung nun für jede unbekannte Substanz verwenden und so deren Verhältnisformel bestimmen.

Beachte, dass es sich nur um das Verhältnis handelt, nicht um die tatsächliche Summenformel. Um letztere zu bestimmen, benötigst Du einen weiteren Rechenschritt.

b) Bestimmen der tatsächlichen Summenformel (von Propanol):

Eine Verhältnisformel beschreibt noch nicht die tatsächliche Formel einer Verbindung. Propanol könnte die Summenformel $C_3H_8O_1$ oder aber auch $C_6H_{16}O_2$ oder alle anderen Möglichkeiten nach der Formel $X \cdot (C_3H_8O_1)$ haben!

$$M_{\text{berechnet}} = X \cdot M \text{ (unbekannte Substanz)}$$

=> Nur durch Kenntnis der molaren Masse kann man die genaue Summenformel bestimmen.

Bei Gasen ist die Verwendung der Formel des molaren Volumens eine einfache Lösung dieses Problems:

Dazu sind drei Rechenschritte nötig:

1. Molares Volumen: 1mol eines Gases bildet (bei Normalbedingungen³) 22,4l Gas

$$V_m = \frac{V}{n} = 22,4 \text{ mol/l} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{V}{V_m}$$

2. Molare Masse

$$n = \frac{m}{M}$$

3. Gleichsetzen der beiden Formeln:

$$\frac{V}{V_m} = \frac{m}{M} \quad \Rightarrow \quad M \text{ (Propanol)} = \frac{V_m \cdot m}{V}$$

Ein so berechnetes M wird nun mit dem berechnetem Wert aus a) verglichen. Er sollte gleich oder ein Vielfaches sein.

Also:

In a) wurde durch die Verhältnisformel bestimmt: $C_3H_8O_1 \quad \Rightarrow \quad M_{C_3H_8O_1} = 60 \text{ g/mol}$

In b) wurde M berechnet: $M = 60 \text{ g/mol}$

Da beide Ergebnisse gleich sind, folgt: $X \cdot (C_3H_8O_1) = M_{\text{berechnet}} = 60 \text{ g/mol} = X \cdot 60 \text{ g/mol}$

=> $X = 1$

=> $C_3H_8O_1$ ist bereits die korrekte Formel!

Weitere Beispielaufgabe für den letzten Schritt:

1. Die Verhältnisformel einer unbekanntes Verbindung ergibt: C_1H_3

Die Ermittlung der molaren Masse ergibt: 30g/mol

=> die korrekte Formel ist

$$X \cdot (M_C + M_H + M_H + M_H) = 30 \text{ g/mol}$$

$$X \cdot (12 \text{ g/mol} + 1 \text{ g/mol} + 1 \text{ g/mol} + 1 \text{ g/mol}) = 30 \text{ g/mol} \quad | :15$$

$$X = 30/15 = 2$$

=> die korrekte Formel ist C_2H_6

Zusatzinformationen

https://de.wikipedia.org/wiki/Quantitative_Analyse

https://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Chemisches_Analyseverfahren

³ Das molare Volumen eines jeden (idealen) Gases beträgt 22,413996 l/mol unter Normalbedingungen (also 0°C und 1013,25 hPa) und 24,4640424 l/mol bei Standardbedingungen (also 25°C und 1013,25 hPa).

Aufgaben zur quantitativen Elementaranalyse

1. Bei einer quantitativen Analyse nach Liebig wurden für 0,500g einer unbekanntes Verbindung folgende Werte gemessen: 1,100g CO₂, 0,600g H₂O. Bestimme die Verhältnisformel.
2. Die Verhältnisformel einer unbekanntes Verbindung ergibt: C₁H₃. Die Ermittlung der molaren Masse ergibt: 30g/mol. Bestimme die korrekte Summenformel.
3. Eine unbekanntes Verbindung wird analysiert. Sie wiegt 26,00g und nimmt bei Normalbedingungen (T = 273,15K entspricht 0 °C und Druck p = 101325 Pa entspricht 1013,25 mbar) ein Volumen von 7,4666 l ein. Die Verhältnisformel ergibt C₁H₁. Wie lautet die Summenformel?
4. 1,50g einer unbekanntes pflanzlichen Verbindung werden analysiert. Die Analyse ergibt 2,20g CO₂ und 0,90g H₂O.
 - a) Bestimme die Verhältnisformel.
 - b) Da es sich nicht um ein Gas handelt, kann man die molare Masse nicht durch das molare Volumen bestimmen. Man weiß aber aus Untersuchungen, dass 1,470mol eine Masse von 250g haben. Bestimme die molare Masse und damit die tatsächliche Summenformel der Verbindung.
5. Wie weist Du Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff und Wasserstoff in organischen Verbindungen nach? Erkläre kurz.
6. 0,78g einer unbekanntes Verbindung reagieren in der Elementaranalyse zu 2,39g CO₂ und 1,17g H₂O. Bestimme die Verhältnisformel und mache einen Vorschlag für die tatsächliche Verbindung.
7. Schwere Aufgabe: Eine unbekanntes Substanz, welche bei Raumtemperatur flüssig ist, enthält nur die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff. Bei einer quantitativen Analyse werden 1,75g der Verbindung vollständig verbrannt. Es entstehen 5,5g Kohlenstoffdioxid und 2,25g Wasser. Erhitzt man die unbekanntes Substanz auf 50°C bei 1000hPa, wird sie gasförmig und 0,25g der unbekanntes Substanz nehmen dann ein Volumen von 96 ml ein.

Weitere Tipps zur Identifikation:

 - Die Substanz hat keine Doppelbindungen
 - reagiert sie mit Chlor, entsteht nur ein Monochlor-Derivat und keine weiteren Isomere.

Bestimme die unbekanntes Substanz!
8. Eine unbekanntes Substanz wird per quantitativer Analyse untersucht. Sie wiegt 1,000g. Es entstehen 1,8g H₂O und 2,93g CO₂. Ihre Molmasse liegt bei 30g/mol.
9. Elementaranalyse mit vier unbekanntes Stoffen: Eine unbekanntes Verbindung enthält Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff. 0,754g dieser unbekanntes Verbindung reagieren zu 0,450g Wasser, 0,887g Kohlenstoffdioxid und 0,140g Stickstoff. Die molare Masse der Verbindung ist 75g/mol.
 - a) Bestimme die Summenformel
 - b) Da die unbekanntes Verbindung mit Säuren und Laugen Salze bildet, kann man deren Strukturformel rekonstruieren. Versuche es!

Zusatzinformationen

https://de.wikipedia.org/wiki/Quantitative_Analyse

https://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Chemisches_Analyseverfahren

Lösungen:

1. Siehe Beispielaufgabe „Propanol“

2. $M(C_1H_3) = 15\text{g/mol} \Rightarrow$ die korrekte Summenformel lautet: C_2H_6

3. $m = 26\text{g}$
 $V = 7,4666\text{ l}$
 Verhältnisformel = C_1H_1 .
 Summenformel = ? \Rightarrow gesucht ist $M(C_xH_x)$

$$\frac{V}{Vm} = \frac{m}{M} \quad \Rightarrow M(C_xH_x) = \frac{Vm \cdot m}{V}$$

$$\Rightarrow M = 22,4\text{ l/mol} \cdot 26\text{g} / 7,4666\text{l} = M(C_xH_x) = 78\text{ g/mol}$$

$$M(C_1H_1) = 13\text{g/mol} (C = 12\text{ g/mol}, H = 1\text{ g/mol})$$

\Rightarrow die korrekte Formel lautet C_6H_6

4. a) $C_1H_2O_1$
 b) $C_6H_{12}O_6$ (=Glucose)

5. Stickstoff: Nachweis durch Kochen mit Natronlauge. Es bildet sich Ammoniak, welches typisch riecht und Indikatorpapier blau färbt.

Schwefel: Erhitzen von schwefelhaltigen Substanzen färbt Bleiacetatpapier sowie Bleinitrat- oder Bleiacetatlösung schwarz. (Hintergrund: Beim Erhitzen bildet sich H_2S , welches mit Bleiionen das schwarze PbS bildet)

Halogene (Fluor, Chlor, Brom, Iod): Auf einem ausgeglühten Streifen Kupferblech werden die Testsubstanzen in die rauschende, blaue Brennerflamme gehalten (z.B. ein Stück PVC). Man beobachtet eine grüne Flamme. (Hintergrund: Halogenionen verbinden sich mit Kupfer zu Kupferhalogeniden (z.B. CuF_2 , $CuCl_2$ usw.). Diese färben beim Verdampfen die Brennerflamme grün.

7.
 Lösung ist Cyclopentan (enthält keine Doppelbindungen)
 Verbrennen von 1,75g Verbindung führt zu 5,5g Kohlenstoffdioxid sowie 2,25g Wasser.
 \Rightarrow Wenn 1,75g Verbindung 5,5g CO_2 + 2,25g H_2O bilden, dann bilden 100g Verbindung 314,29g CO_2 + 128,57g H_2O !

Als nächstes berechnet man den Kohlenstoffanteil aus dem CO_2 sowie den Wasserstoffanteil aus dem Wasser:

$$M_C = 12\text{ g/mol}$$

$$M_O = 16\text{ g/mol}$$

$$\Rightarrow 12 / (12 + 2 \cdot 16) = 0,27$$

um als nächstes nun die Masse an Kohlenstoff zu erhalten, multipliziert man
 $m_C = 314,29 \cdot 0,27 = \underline{85,72\text{g Kohlenstoff}}$

Um nun die Wasserstoffmasse zu berechnen, geht man genauso vor:

$$M_H = 1,008\text{ g/mol}$$

$$M_O = 16\text{ g/mol}$$

$$\Rightarrow 2 / (2 + 16) = 0,111$$

$$128,57 \cdot 0,111 = \underline{14,29\text{g Wasserstoff}}$$

Aus der Gleichung oben folgt nun:

1,75g bilden 5,5g CO₂ + 2,25g H₂O
100g bilden 314,29g CO₂ + 128,57g H₂O
100g bilden 85,72% C + 14,29% H

Das Atomzahlenverhältnis erhält man durch Division:

$$\text{C:H} = 85,27 : 14,29$$

$$\Rightarrow \text{C:H} = 85,27/12 : 14,29/1 = 7,1 : 14,29$$

Das kleinstmögliche ganzzahligen Verhältnis:

$$7,1 / 7,1 = 1$$

$$14,29 / 7,1 = 2$$

8. $m_{\text{C}} = 0,8\text{g}$
 $m_{\text{H}} = 0,2\text{g}$
- \Rightarrow Stoffmengen: $n_{\text{C}} = 0,067\text{mol}$ $n_{\text{H}} 0,2 \text{ mol};$
- $\Rightarrow \text{C}_1\text{H}_3$ bzw.: C_2H_6

9. $m_{\text{C}} = 0,242\text{g}$
 $m_{\text{H}} = 0,050\text{g}$
 $m_{\text{O}} = 0,322\text{g}$
- \Rightarrow Verhältnisformel: C:H:N:O
 2:5:1:2 $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$

Aufgabe 9: Elementaranalyse mit vier unbekanntem Stoffen**Bestimmen der Masse an C**

$$\frac{m_{(\text{CO}_2)}}{m \text{ C}} = \frac{M_{(\text{CO}_2)}}{M_{\text{C}} \cdot \text{Anzahl an C Atomen}}$$

$$m_{\text{C}} = \frac{m_{\text{CO}_2} \cdot \text{Anzahl an C Atomen}}{M_{(\text{CO}_2)}}$$

$$m_{\text{C}} = \frac{12,011\text{g/mol} \cdot 0,887\text{g} \cdot 1}{44,0098\text{g/mol}}$$

$$= 0,242\text{g}$$

Bestimmen der Masse an H

$$\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}} \cdot \text{Anzahl an H Atomen}}$$

$$m_{\text{H}} = \frac{M_{\text{H}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{Anzahl an H Atomen}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m_{\text{H}} = \frac{1,0079\text{g/mol} \cdot 2 \cdot 0,4540\text{g}}{18,015}$$

Bestimmen der Masse an N

$$\Rightarrow 0,140\text{g}$$

Bestimmen der Masse an O

$$m \text{ unbekannter Stoff} = m_{\text{C}} + m_{\text{H}} + m_{\text{N}} + m_{\text{O}}$$

$$m_{\text{O}} = m \text{ unbekannter Stoff} - m_{\text{C}} - m_{\text{H}} - m_{\text{N}}$$

$$m_{\text{O}} = 0,754\text{g} - 0,242\text{g} - 0,051\text{g} - 0,140\text{g}$$

$$= 0,321\text{g}$$

Umrechnung der Stoffmenge

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_C = \frac{m_C}{M_C} \Rightarrow \frac{0,242\text{g}}{12,011\text{g/mol}} = 0,020\text{mol}$$

$$n_H = \frac{m_H}{M_H} \Rightarrow \frac{0,051\text{g}}{1,008\text{g/mol}} = 0,050\text{mol}$$

$$n_N = \frac{m_N}{M_N} \Rightarrow \frac{0,140\text{g}}{14,006\text{g/mol}} = 0,009\text{mol}$$

$$n_O = \frac{m_O}{M_O} \Rightarrow \frac{0,321\text{g}}{15,999\text{g/mol}} = 0,020\text{mol}$$

Verhältnis bilden:

n_C	:	n_H	:	n_N	:	n_O
0,020		0,050		0,009		0,020
20		50		10		20
2		5		1		2
C_2		H_5		N		O_2

$$C_2H_5NO_2 \Rightarrow 75,0679\text{ g/mol} \quad | \quad M_{\text{ubek. Stoff}} = 75\text{ g/mol}$$

=> Glycin (Aminosäure)

Analyse von Feuerzeuggas

Aufgabe: Bestimme in Gruppenarbeit, welches Gas in Deinem Feuerzeug enthalten ist.
(Tipp: Es handelt sich um ein Alkan!)

a) Planung des Versuches

Da das Gas in Feuerzeugen flüssig ist, muss es einen Siedepunkt haben, der nicht allzuweit unterhalb der Raumtemperatur liegt. Beim Freisetzen wird es gasförmig. Es ist also zu vermuten, dass von den möglichen Gasen (Methan, Ethan, Propan oder Butan), es eher die Letzten sind.

Um das Gas genau bestimmen zu können, muss die molare Masse (M) bestimmt werden.

$$\frac{V}{V_m} = \frac{m}{M} \quad \Rightarrow \quad M = \frac{V_m \cdot m}{V}$$

Da V_m bekannt ist (22,4l/mol bei Normalbedingungen/ 24,47 l/mol bei Standardbedingungen), muss man für die Analyse nur noch die Masse (durch wiegen des Feuerzeugs, vor und nach dem Versuch) und das Volumen (durch Füllen des Reaktionsgefäßes mit Wasser und anschließendem Ausmessen) bestimmen.

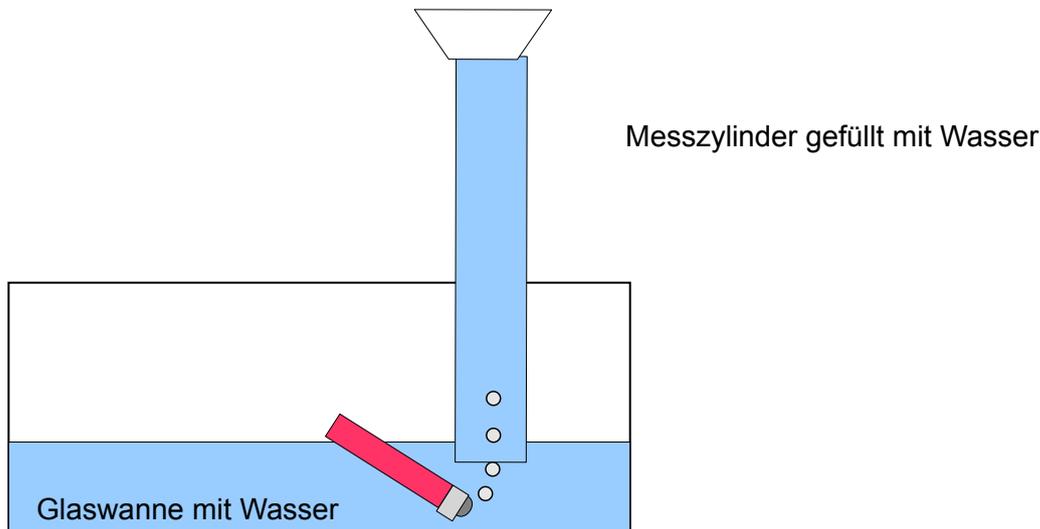
b) Durchführung

Vorbereitung:

Die praktische Durchführung bietet einige Hindernisse. Wie stellt man sicher, dass in einem Messzylinder nur eine definierte Menge Gas ist, aber keine Luft mehr?

Die einfachste Methode ist es, die Luft zuerst durch Wasser zu verdrängen. Dazu füllt man es randvoll mit Wasser, legt zwei Finger auf die Öffnung und führt es in eine mit Wasser gefüllte Wanne, wo es dann (gefüllt) mithilfe eines Statives eingespannt wird (es kann auch von einem Mitschüler gehalten werden).

1. Nun wiegt man das Feuerzeug mindestens mit einer Genauigkeit von (0,01g!).
2. Einlassen von 3 mal (besser 5mal) 100ml Gas in den Standzylinder. Sind dabei jeweils 100ml erreicht, wird er geleert und erneut mit Wasser gefüllt.



3. Nachdem also ein definiertes Volumen das Feuerzeug verlassen hat, wird es gut getrocknet und evtl. Restwasser ausgeschüttelt. Dann wird es erneut gewogen. (Bedenke den Messfehler in seiner Größenordnung, den ein einziger Tropfen Wasser verursachen würde!)

4. Berechne die Molare Masse nach der oben genannten Formel.

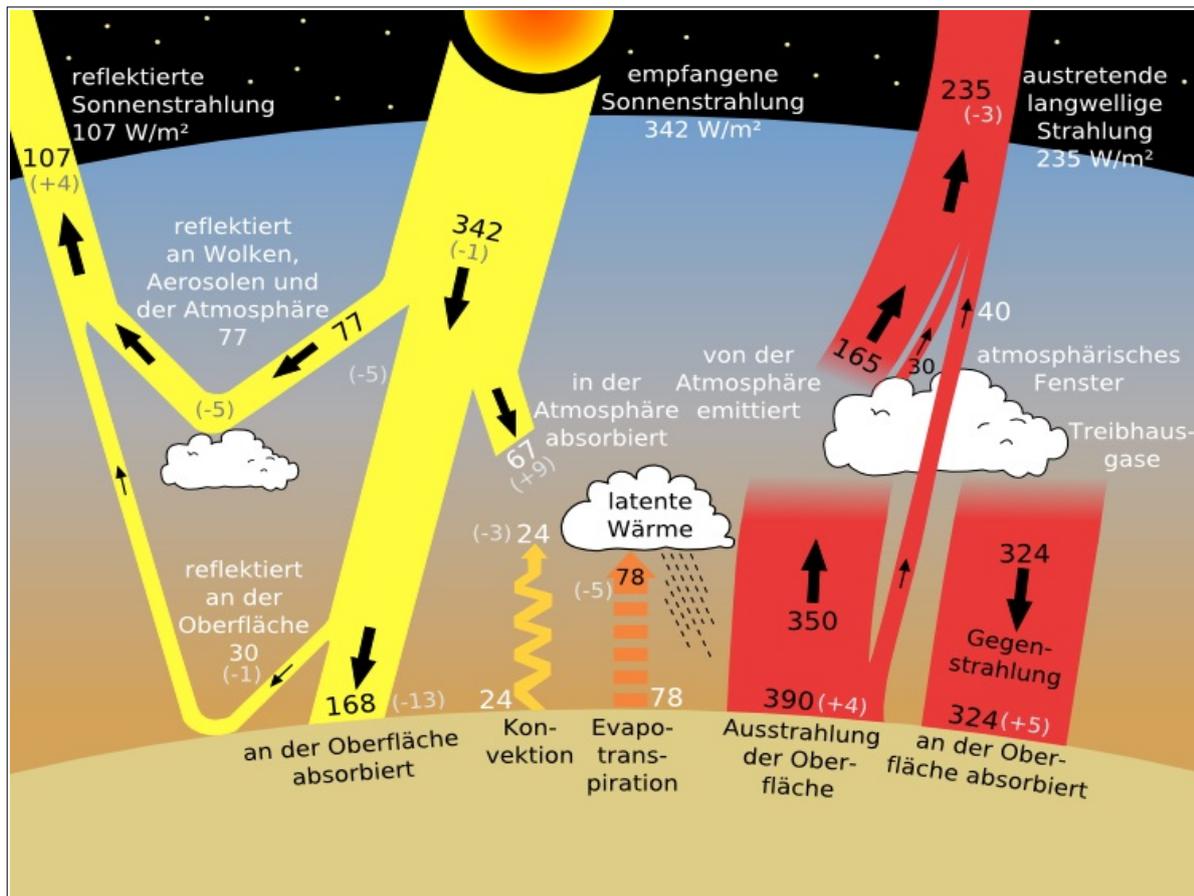
Luftverschmutzung durch Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen und die Konsequenzen

a) Luftverschmutzung



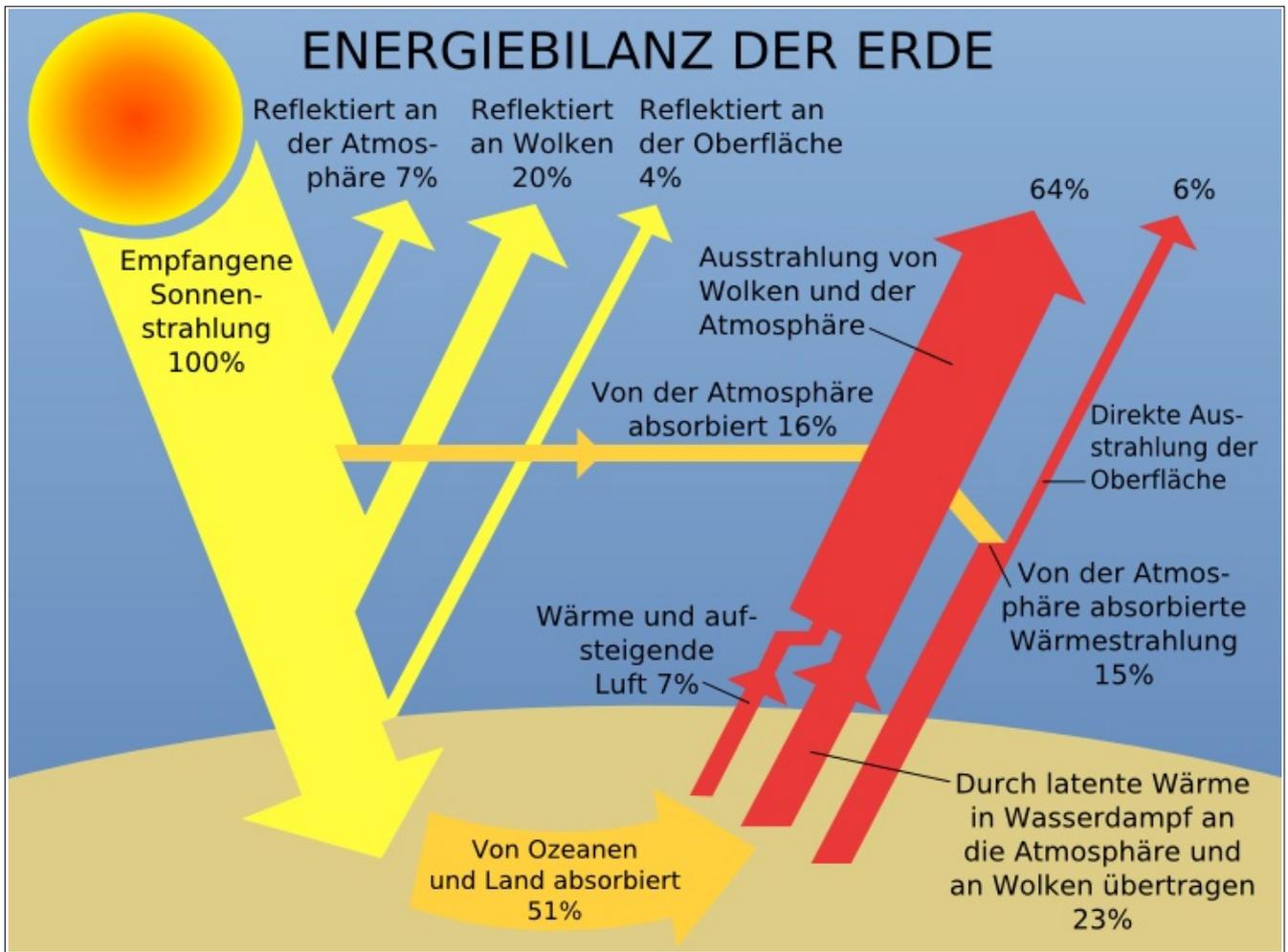
Durch Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen entsteht immer Kohlenstoffdioxid (CO₂)

b) Erderwärmung durch den Treibhauseffekt



Quelle Bild: https://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Sun_climate_system_alternative_%28German%29.svg
 public domain - Author NASA - https://eosps.gsf.nasa.gov/eos_observ/pdf/Nov-Dec06.pdf

Energiebilanz der Erde



Quelle Grafik: https://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Earth_energy_budget.svg, public domain Wikipediauser Christoph S. (Gissi) - Vielen Dank!

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt>

Wiederholungsfragen

1. Erkläre das Zustandekommen des Treibhauseffektes. Welche Gase sind beteiligt? Wie entstehen sie?
2. Treibhauseffekt und Ozonloch werden in der Bevölkerung gerne gleichgesetzt, obwohl sie komplett verschiedene Ursachen und Auswirkungen haben. Dennoch scheinen sie sich gegenseitig zu verstärken. Kannst Du erklären wie?