

Sparkling Science  
Wissenschaft ruft Schule  
Schule ruft Wissenschaft



# Was geht mich der Feinstaub an?

Kann Feinstaub überhaupt gefährlich sein?



Was kann Feinstaub schon anrichten?



Leider nicht für mich.  
Ich habe deswegen Probleme beim Atmen und leide darunter.



Hey, in der Schule war es total langweilig, vor allem in Chemie. Wir hatten heute Feinstaub als Thema – total doof und unwichtig

**Hans-Jörg Rath**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	2
Was geht mich der Feinstaub an? .....	3
1) Lerne deinen Gegner kennen – Arten und Größe des Staubes .....	5
2) Sag mal wo kommst du denn her? Feinstaubquellen .....	10
3) Auf das Innere kommt es an - Bestandteile des Feinstaubs sowie ein kurzer Crashkurs in Chemie .....	14
4) Möchtest du mich heiraten? Wie sich Bestandteile verbinden können .....	19
5) Das Böse ist immer und überall – die Schattenseiten des Staubius Staub .....	28
6) Dem Feinstaub und seiner Zusammensetzung auf Spur – Chemische Analyseverfahren .....	36
7) Arbeitsaufgaben .....	43
8) Lösungen zu den Aufgaben aus dem Heft.....	52
Literatur- und Abbildungsverzeichnis.....	54
Periodensystem.....	55

# Vorwort

Liebe KollegInnen, liebe SchülerInnen!

Der Unterrichtsgegenstand Chemie bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich auf eine spannende Entdeckungsreise kreuz und quer durch unsere Umwelt zu begeben und neue Erkenntnisse zu sammeln. Leider wird dieses Angebot oft nicht wahrgenommen, denn für viele ist dieses Fach nicht nur ein Unwort im Stundenplan, sondern auch pure Langeweile gepaart mit einem hohen Maß an Desinteresse und Ablehnung. Die Gründe mögen vielfältig sein und sollen an dieser Stelle jetzt nicht diskutiert werden – wesentlich interessanter ist die Frage nach geeigneten Mitteln, wie die Chemie ihr uncooles Image ablegen kann.

Vielleicht und so hoffe ich, kann diese Projektmappe zum Thema „Feinstaub“ einen kleinen Beitrag leisten. Ziel war es, ein Gebiet zu behandeln, das in den Chemiebüchern meist nur mit einem kurzen Absatz erwähnt wird, dessen Bedeutung aber für unsere Gesundheit doch recht groß ist. Die Materialien können sowohl im Regelunterricht, als auch für ein 1-2 wöchiges Projekt verwendet werden. Sie bieten einen Einstieg in die Basics der Chemie bzw. können auch zur Wiederholung dieser verwendet werden. Die Projektmappe stellt den Anspruch, eine Einführung in das Thema „Feinstaub“ zu sein und ist daher noch keine Vertiefung in die Materie. Sie kann und soll natürlich auch mit Materialien erweitert werden, wenn es das Interesse der SchülerInnen und Schüler zulässt. Es finden sich einige Experimente darin, die von den Kindern leicht durchgeführt werden können. Ich bin mir natürlich der Tatsache bewusst, dass es an vielen Schulen nicht immer die entsprechende Ausstattung (z. B. Abzug) bzw. ausreichend Material oder Chemikalien gibt, daher sind sämtliche Experimente auf die Möglichkeiten meiner Schule bezogen. Weiters empfehle ich, vor allem bei den Experimenten mit kleinen Gruppen zu arbeiten, um mehr Aufmerksamkeit von Seiten der Schülerinnen und Schüler zu bekommen. Der Rest der Klasse kann in der Zwischenzeit selbständig die Fragen zu den Kapiteln ausarbeiten oder versuchen einzelne Kapitel selbständig zu erarbeiten, bis sie an die Reihe zum Experimentieren kommen. Diese Praxis des Abteilungsunterrichtes ist aus meiner Sicht ein sehr gutes Mittel, um die Kinder zur Selbständigkeit zu erziehen.

Beim Schreiben der Kapitel habe ich versucht, so wenig Fachchinesisch wie möglich zu verwenden. Trotzdem kann es sein, dass eventuell einige Begriffe von Seiten der Lehrenden vielleicht genauer erklärt werden müssen. Ich hoffe, dass die leicht humoristische Sprache sowie die Illustration mit Zeichnungen und Fotos den Kindern Freude beim Lesen bereiten wird. Um einen Zwischenstopp beim Lesen einzulegen, gibt es während der Kapitel neben den Experimenten auch einige Aufgaben, Fragen oder Rechnungen zu lösen.

Abschließend möchte ich mich noch bei folgenden Personen bedanken. DI Karin Kassin, die mir die Möglichkeit geboten hat, im Rahmen eines Praktikums diese Schulmaterialien zu erstellen. Außerdem gilt mein Dank Univ. Prof. DI Dr. Anne Kasper-Giebl und DI (FH) Dr. Nicole Jankowski für die fachliche Beratung und Unterstützung zu diesem Thema sowie letztendlich meiner Familie, die mir die Zeit geschenkt hat, mich dieser Arbeit widmen zu dürfen.

Hans-Jörg Rath

## Was geht mich der Feinstaub an?

Es ist doch sprichwörtlich zum Haare raufen - hat man doch vor einigen Tagen gründlich Staub gesaugt, sämtliche Möbel entstaubt sowie die Böden gewischt und nun tummelt sich der Staub wieder in der Wohnung. Mit Schrecken denkt man noch an die Rückenschmerzen, als man kniend den lästigen „Lurch“ unter dem Bett hervorgekehrt hat und dabei schießt einem der Gedanke durch den Kopf, dass man es hier mit einem schier unbezwingbaren Gegner zu tun hat. Trotzdem tun wir uns diese Sisyphusarbeit weiterhin an, wahrscheinlich mit dem einzigen Trost, dass es dem armen Kerl in der griechischen Mythologie mit seiner Kugel nicht wesentlich besser erging, als er sie mühsam den Berg hochrollte und diese dann immer wieder leichtfüßig herabrollte.



So eine dumme Arbeit!



Was du nicht sagst. Wollen wir tauschen?

Ja, anscheinend bleibt uns tatsächlich nichts anderes übrig, als diese Tatsache zu akzeptieren und uns damit abzufinden. Wahrscheinlich haben wir uns mit unserem Hausstaub schon dermaßen arrangiert, dass wir keinen Gedanken mehr daran verschwenden wollen. Daher erscheint es natürlich, dass wir Meldungen in den Nachrichten über die Erhöhung der Feinstaubwerte oft nur mit einem Augenzwinkern quittieren und uns dann wieder unseren Alltagsgeschäften widmen, wobei wir jetzt wissen, dass hier das Putzen leider Gottes dazugehört.

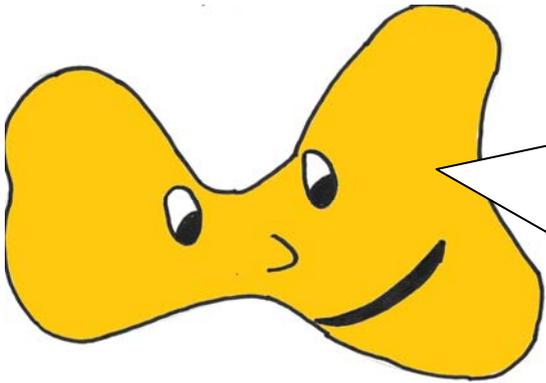
„Was geht mich nun der Feinstaub an?“, werden sich viele von euch fragen. Meist wissen wir auch nicht, woraus dieser Feinstaub besteht, wo er herkommt und was er mit uns macht. Genau dasselbe wie der Lurchball unter dem Bett wird er ja nicht sein. Trotzdem muss eine Verwandtschaft bestehen, da wir wissen, dass er im Hausstaub enthalten ist und wir ihm bewaffnet mit Staubsauger und Besen auf die Pelle rücken, wenn auch nur mit zeitlich begrenztem Erfolg. Wäre es daher nicht an der Zeit, mehr über den Feinstaub in Erfahrung zu bringen und so seinen Gegner besser kennen zu lernen? Daher benötigen wir einen wahren Experten, der uns am besten und aus eigener Erfahrung viel über dieses Thema sagen kann. Hiermit darf ich euch „Staubius Staub“ vorstellen und erteile ihm das Wort.

Ähm...

...Staubius, wo bist du?

Ich bin hinter dem Sofa. Einen Moment noch, ich komme gleich!

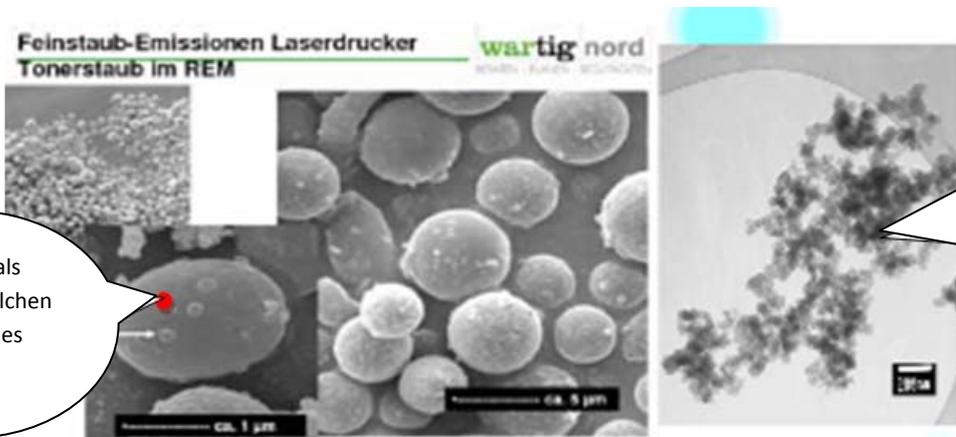




Hi! Kaum hat man es sich hinter der Couch im „Lurch“ gemütlich gemacht, wird man auch schon wieder vorgeholt. Nun gut, ich bin **Staubius**, von Beruf Feinstaubteilchen und ich soll euch etwas über mich erzählen.

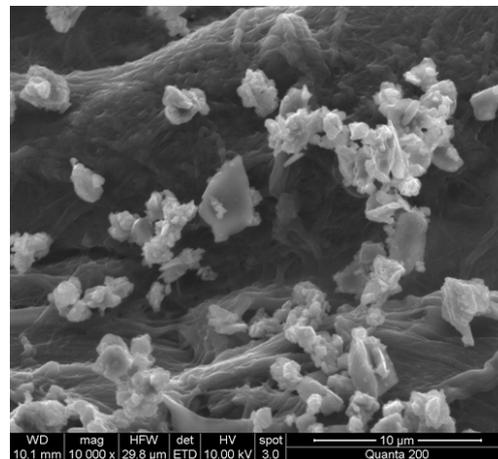
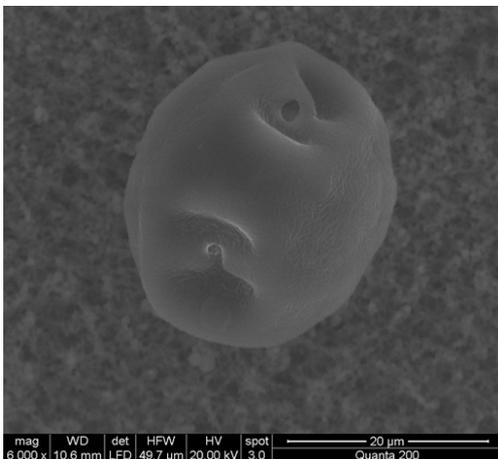
Viele denken jetzt sicher:“ Sieht der aber kindisch aus.“ Nun, das ist natürlich nicht mein wahres Aussehen, denn in Wirklichkeit bin ich keine Schönheit. Eine Kostprobe gefällig? Dann seht mal nach unten.

Herzlich willkommen zur Bilderausstellung „Die vielen Gesichter des Staubius Staub“



Hier bin ich als Feinstaubteilchen im Toner eines Druckers

Und hier sind ganz viele von uns. Das Bild zeigt eine Ansammlung kleiner Russpartikel.



Den roten Punkt habe ich nur gemacht, damit du mich leichter finden kannst.

Daher denke ich, dass ich euch so  am besten gefalle (ich mir selber natürlich auch). Im Laufe dieses Heftes werdet ihr lernen wo ich herkomme (da gibt es viele Möglichkeiten), woraus ich bestehe (auch hier scheinen die Möglichkeiten schier unbegrenzt), wie man mich untersucht und leider auch, welchen Schaden ich anrichten kann.

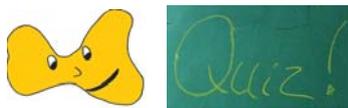
Wir werden uns hier vor allem mit der Chemie beschäftigen, jedoch auch hin und wieder fächerübergreifend (Geographie, Mathematik u. a.) arbeiten. Gerade die Chemie ist ein Fach, das oft nicht gemocht wird und aus diesem Grund möchte ich auch einige Grundlagen erklären. Keine Angst,

ich werde versuchen, es so einfach wie möglich zu machen. Selbst viele Erwachsene verstehen komplizierte Dinge erst dann, wenn sie einfach erklärt werden (auch wenn sie das nicht immer gerne zugeben).

Das Heft unterteilt sich in einzelne Kapitel und ihr werdet einige Zeichen finden, die hier jetzt kurz erklärt werden.



Hier ist eine Aufgabe (Übung) zum Thema zu machen. Zum Beispiel eine Rechnung oder eine chemische Formel schreiben. Die Lösungen findest du im Anhang.



Zu einer Frage kann es mehrere Antwortmöglichkeiten geben oder auch nicht. Auch hier stehen die Lösungen im Anhang.



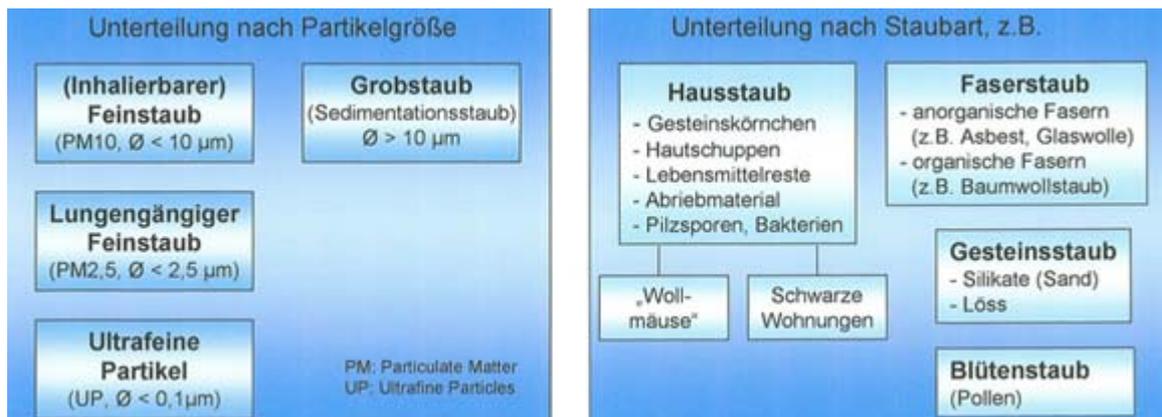
Hier kannst du ein Experiment machen.

Nun sollte soweit alles klar sein. Ja, dann nichts wie ab ins erste Kapitel.

## 1) Lerne deinen Gegner kennen – Arten und Größe des Staubes

Diese Tabelle gibt dir zunächst einmal einen kleinen Überblick, mit wem wir es tun bekommen.

### Feinstaub

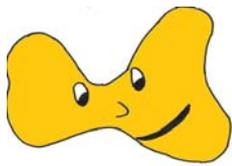


Quelle: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Obwohl es viele verschiedene Arten von Hausstaub gibt, darf man diesen mit dem Feinstaub nicht gleichsetzen, da Feinstaub wesentlich kleiner ist und im Hausstaub enthalten ist. Daher muss man nicht immer der Größte sein, um im Leben etwas zu erreichen. Viele werden sich jetzt sicher die Frage stellen, wie es der Kerl geschafft hat, sich im Tonerstaub eines Druckers zu verstecken.

Eigentlich war das ganz einfach. Dafür gibt es zwei Gründe:

- Da ich in der Luft schwebe, ist es ziemlich leicht irgendwo hin zu kommen. Über Piloten sagt man meistens dasselbe, aber diese sind...
- ...nicht so klein wie ich. Die **Größe** spielt hier eine wesentliche Rolle.



Also **wie groß** bin ich nun? Ein Millimeter oder doch zwei?

Leider falsch, denn mit einem Lineal kann man mich nicht messen.



Feinstaub wird in **Mikrometer ( $\mu\text{m}$ )** gemessen. Noch nie gehört? Dann lass uns einmal 2 Tabellen vergleichen:

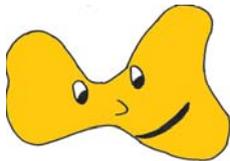


Tabelle 1 zeigt dir die Längenmaße, mit denen du sicher schon gerechnet hast. Die **kleinste Einheit ist Millimeter** (mm), die man mit dem Lineal aber noch zeichnen kann.

Da wir uns zunächst auf **mm** beziehen, habe ich alle Längenmaße auch in mm umgewandelt.

Tabelle 1	Tabelle 2
Kilometer (km) = <b>1 000 000 mm</b> ( $10^6$ mm)	Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) = <b><math>10^{-3}</math> mm</b>
Meter (m) = <b>1000 mm</b>	Nanometer (nm) = <b><math>10^{-6}</math> mm</b>
Dezimeter (dm) = <b>100 mm</b>	Pikometer (pm) = <b><math>10^{-9}</math> mm</b>
Zentimeter (cm) = <b>10 mm</b>	Femtometer (fm) = <b><math>10^{-12}</math> mm</b>
Millimeter (mm) = <b>1 mm</b>	Attometer (am) = <b><math>10^{-15}</math> mm</b>

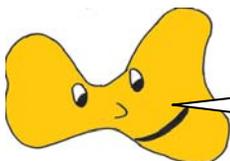


Tabelle 2 (blau) verwendet Längenmaße, die viel kleiner sind als 1 mm. **1  $\mu\text{m}$  sind 0,001 mm (=  $10^{-3}$  mm)**. Versuch es einmal zu zeichnen, es wird dir nicht gelingen. In der Tabelle gibt es noch kleinere Einheiten.

Warum schreibt man aber  **$10^{-3}$** ? Das liegt daran, dass man nicht gerne alle Nullen hinter dem Komma aufschreiben möchte. Ab Nanometer kann das ganz schön mühsam werden. Aber machen wir eine kleine Aufgabe dazu.



Schreibe die negativen Hochzahlen als Dezimalzahl. Dabei wirst du rasch erkennen, wie angenehm die Schreibweise mit den negativen Hochzahlen ist. Tipp: Die negative Hochzahl sagt dir, wie viele Kommastellen die Zahl hat.

$$\text{Bei } 1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm} = 0,001\text{mm}$$

**Daher muss die 1 drei Stellen nach hinten wandern!**

Versuche es nun mal bei den anderen Einheiten:

$$1 \text{ Nanometer (nm)} = 10^{-6} \text{ mm} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$1 \text{ Pikometer (pm)} = 10^{-9} \text{ mm} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$1 \text{ Femtometer (fm)} = 10^{-12} \text{ mm} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$1 \text{ Attometer (am)} = 10^{-15} \text{ mm} = \underline{\hspace{10cm}}$$

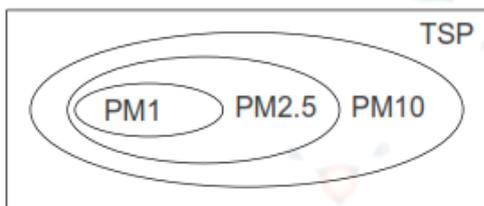
Und schon einen Schreibkrampf bekommen? Nun siehst du, dass lange Kommazahlen sehr umständlich sind und man daher eine andere Schreibweise benötigt. Es erfordert natürlich schon ein wenig Übung und deswegen werden wir später ein wenig weiterrechnen.

**Einteilung des Feinstaubs nach seiner Größe:**

Häufig werden diese 3 Größen verwendet: **PM 1, PM 2,5 und PM 10.**



PM ist eine Abkürzung. Sie kommt aus dem Englischen und bedeutet **particulate matter (= Partikelförmiges Material = Feinstaub)**



- PM 10** = Partikel, die kleiner als 10  $\mu\text{m}$  sind
- PM 2,5** = Partikel, die kleiner als 2,5  $\mu\text{m}$  sind
- PM 1** = Partikel, die kleiner als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**TSP = Total suspended particles** (= Alle Staubpartikel, die sich in der Luft befinden)

Die Zahlen 10; 2,5 und 1 geben den sogenannten **aerodynamischen Durchmesser** an.

Obwohl wir in einem ziemlich kleinen Bereich arbeiten, gehören alle PM 10 Partikel zu den Größten und wären in ihrer Welt vermutlich gute Basketballspieler, während alle PM 1 Partikel wohl zu den Zwergen gehören.



Versuche die  $\mu\text{m}$  in mm umzurechnen:

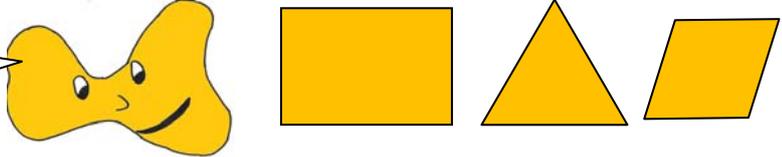
$$10 \mu\text{m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$$2,5 \mu\text{m} = \underline{\hspace{2cm}}$$

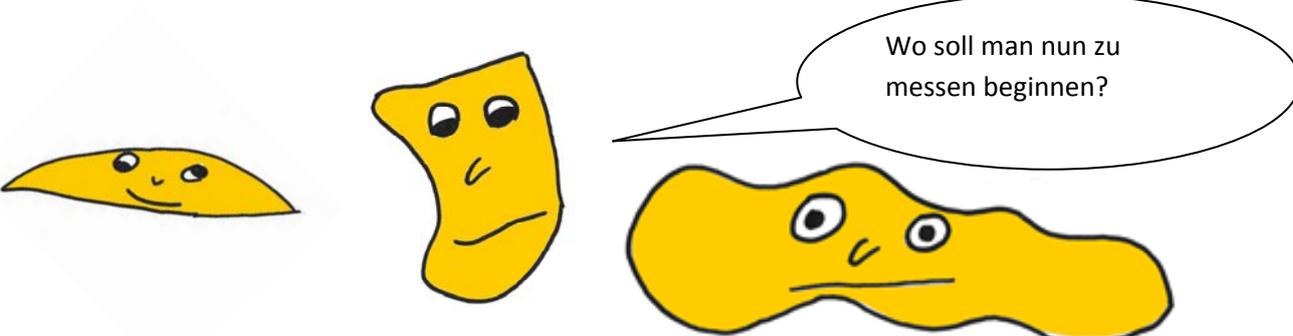
Solltest du vom Rechnen noch nicht genug bekommen haben, findest du im Übungsteil weitere Beispiele!

So, nachdem wir jetzt über meine Größe Bescheid wissen, möchten wir uns einmal meine Form anschauen:

Wie du siehst, bin ich sehr unregelmäßig geformt. Das heißt, ich bin weder ein Rechteck, ein Dreieck, eine Raute oder sonst irgendetwas Regelmäßiges.



Daher ist es schwierig zu sagen, welchen Durchmesser ich habe. Vor allem dann nicht, wenn man sich noch weitere Formen von mir ansieht.



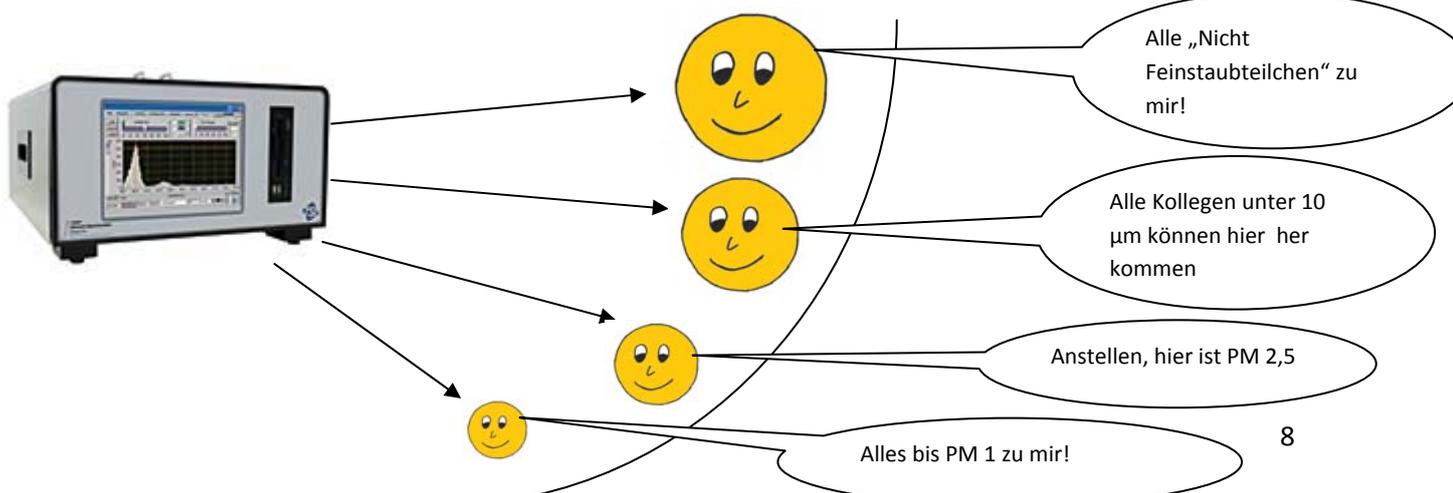
Wo soll man nun zu messen beginnen?

Es gibt aber **Standardwerte**, an denen man sich orientieren kann, indem man mich als **Kreis** zeichnet. Dabei habe ich eine festgelegte Dichte und Sinkgeschwindigkeit.



<b>Name:</b> Staubius Staub
<b>Durchmesser:</b> 8,6 $\mu\text{m}$ (PM 10 = Riese unter den Partikeln)
<b>Dichte:</b> 1g/cm <sup>3</sup>
<b>Sinkgeschwindigkeit:</b> 0,22 cm/s

Ein Messgerät (Aerosolimpaktor) kann uns eine kugelförmige Form zuordnen. Diese hängt natürlich von der tatsächlichen Größe, Form und Dichte ab. Dieser sortiert uns dann nach der Größe.



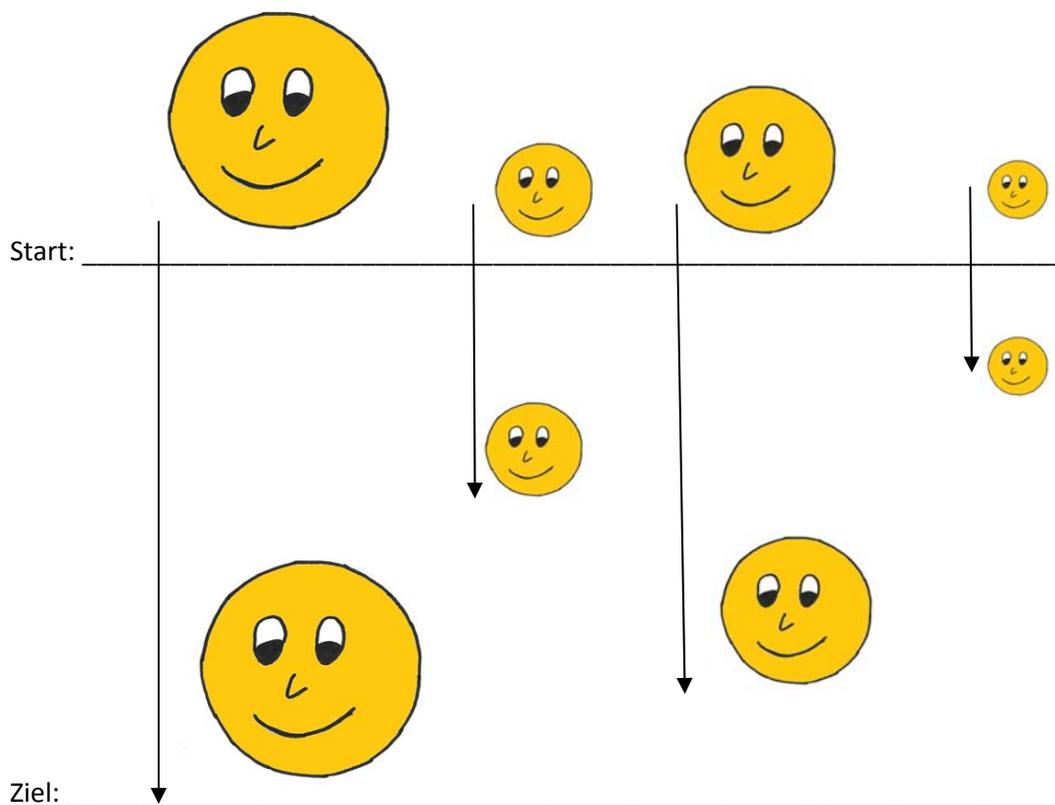
Alle „Nicht Feinstaubteilchen“ zu mir!

Alle Kollegen unter 10  $\mu\text{m}$  können hier her kommen

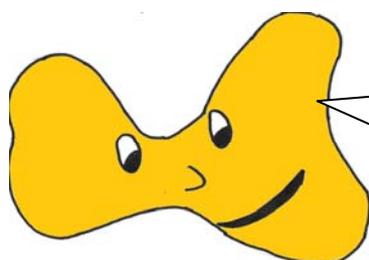
Anstellen, hier ist PM 2,5

Alles bis PM 1 zu mir!

Nach dieser Einteilung interessiert uns natürlich auch, wie schnell die einzelnen Kollegen zu Boden fallen können, wenn man sie ganz ungestört lässt. Wir gehen jetzt davon aus, dass alle die gleiche Dichte, jedoch einen unterschiedlichen aerodynamischen Durchmesser haben. Wer mag wohl der Schnellste sein? Lasst uns ein kleines Wettrennen veranstalten.



Wir sehen, dass das Teilchen mit dem größten aerodynamischen Durchmesser die Nase vorn hat und am schnellsten zu Boden sinkt.

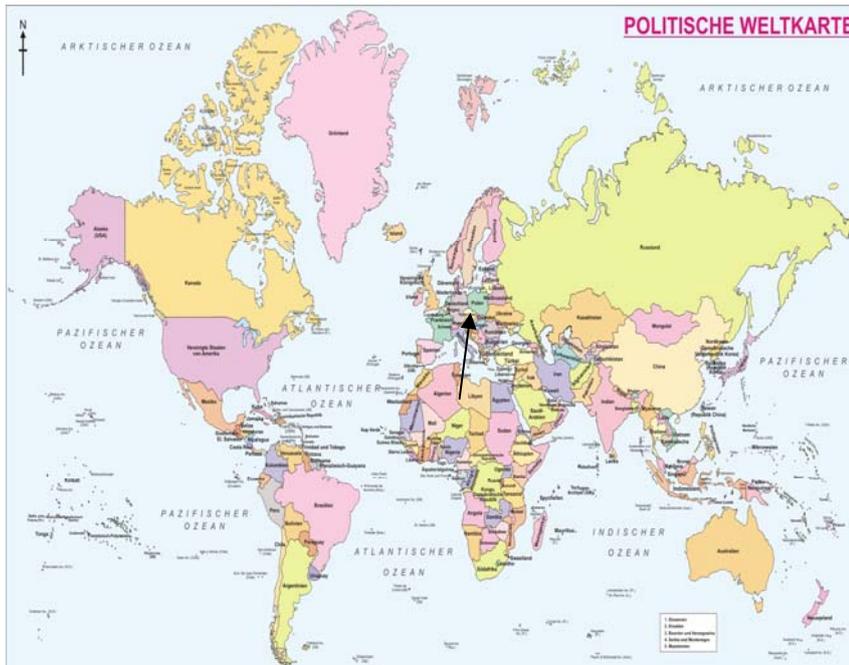


So, nun wissen wir über Form, Größe und Eigenschaften (Dichte) Bescheid. Solltest du dich nicht mehr erinnern können, was die Dichte ist, kannst du dies im Übungsteil nachschlagen.

Die großen Teilchen sind schnell, aber auch träge, d. h. sie können auf die Änderung einer Bewegung nicht schnell reagieren. Wenn du diese Kollegen einatmest, ist es für sie ganz schön schwer, durch unsere Nase zu kommen, vor allem dann, wenn es ohne Machete durch das Dickicht der Nasenhaare geht. Mehr dazu aber in Kapitel 5.

## 2) Sag mal wo kommst du denn her? Feinstaubquellen

In der Einleitung haben wir erfahren, dass wir Feinstaub an allen möglichen und unmöglichen Orten finden können. Vom Toner im Drucker bis hin zur Couch scheinen die Möglichkeiten unbegrenzt. Trotzdem haben wir noch nicht untersucht, von wo er eigentlich genau herkommt. Begeben wir uns einmal auf eine Reise von der Sahara bis nach Österreich.



Quelle: [www.mapsofworld.com](http://www.mapsofworld.com)

Die Sahara ist eine große Wüste in Afrika, die leider von Jahr zu Jahr größer wird.

Der Pfeil markiert die Wegstrecke von  von einem Punkt der Sahara nach Österreich. Ausgehend von einem gewaltigen Sandsturm nimmt der Saharasand mit  Kurs übers Mittelmeer in Richtung Österreich.



Welcher dieser Staaten hat keinen Anteil an der Sahara?

a) Sudan   b) Tansania   c) Mali   d) Tschad   Antwort: \_\_\_\_\_



Wenn du deinem Geographielehrer eine Freude machen willst, dann suche im Atlas alle Staaten, die einen Anteil an der Sahara haben:

A: \_\_\_\_\_

Natürlich kann man nie genau sagen, wie viel Zeit der Saharasand benötigt, um nach Europa zu gelangen. Fest steht aber, dass in Österreich bereits Proben davon gefunden wurden, was natürlich ein besonderes Ereignis ist, da es der Staub bis in die Hohen Tauern geschafft hat (siehe Foto) Trotzdem kann der ganze Feinstaub, der in Österreich gemessen wird nicht aus der Sahara kommen. Daher



müssen wir andere Quellen ausfindig machen.

Und hier des Rätsels Lösung - Natürliche Feinstaubquellen:



Vulkanausbrüche



Natürliche Waldbrände



Bodenerosion

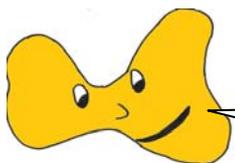


Herumfliegende Pollen



Salze aus dem Meer

Auch bei Salzen aus dem Meer wird es in den Ländern Europas unterschiedliche Beiträge geben, da es davon abhängt, ob die die Regionen nahe an der Küste liegen oder nicht.



Wichtig zu wissen ist, dass ich nicht homogen bin. Das bedeutet, dass ich ein Gemisch aus verschiedenen Bestandteilen bin, die eben aus verschiedenen Quellen stammen.

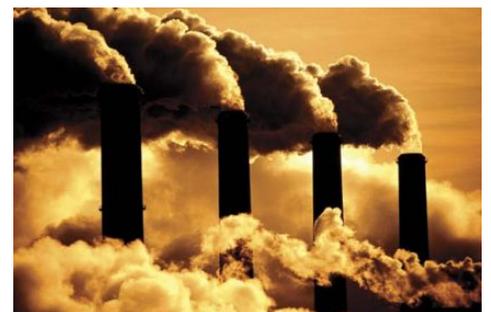
Daneben gibt es die sogenannten **anthropogenen Quellen**. Hierbei handelt es sich um Ursachen, die auf den Menschen zurückzuführen sind:



Verkehr



Hausbrand



Industrie



Zigarettenrauch



Baustellen



Brandrodung (absichtliches Niederbrennen von Wäldern, um Land für Landwirtschaft oder als Bauland zu gewinnen.

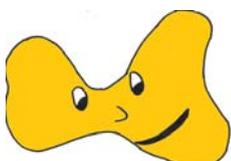
Jede Quelle, egal ob nun natürlich oder anthropogen, liefert seinen Anteil am Feinstaub. Diese Bestandteile können **unverändert bleiben (= primäre Komponenten)**, d. h. es werden schon Staubteilchen in die Luft gewirbelt. Die Bestandteile können in der Atmosphäre aber auch aus Gasen gebildet werden (= **sekundäre Komponenten**).

**Primäre Komponenten:**

<b>Komponente</b>	<b>Ursache</b>
Ruß	Verbrennungsprozesse
Geologisches Material	Bau, LW, Verkehr, Wind
Schwermetalle	Verbrennung, Produktion
Abrieb	Mechanische Beanspruchung
Biologisches Material	Pilzsporen, Pflanzenfragmente

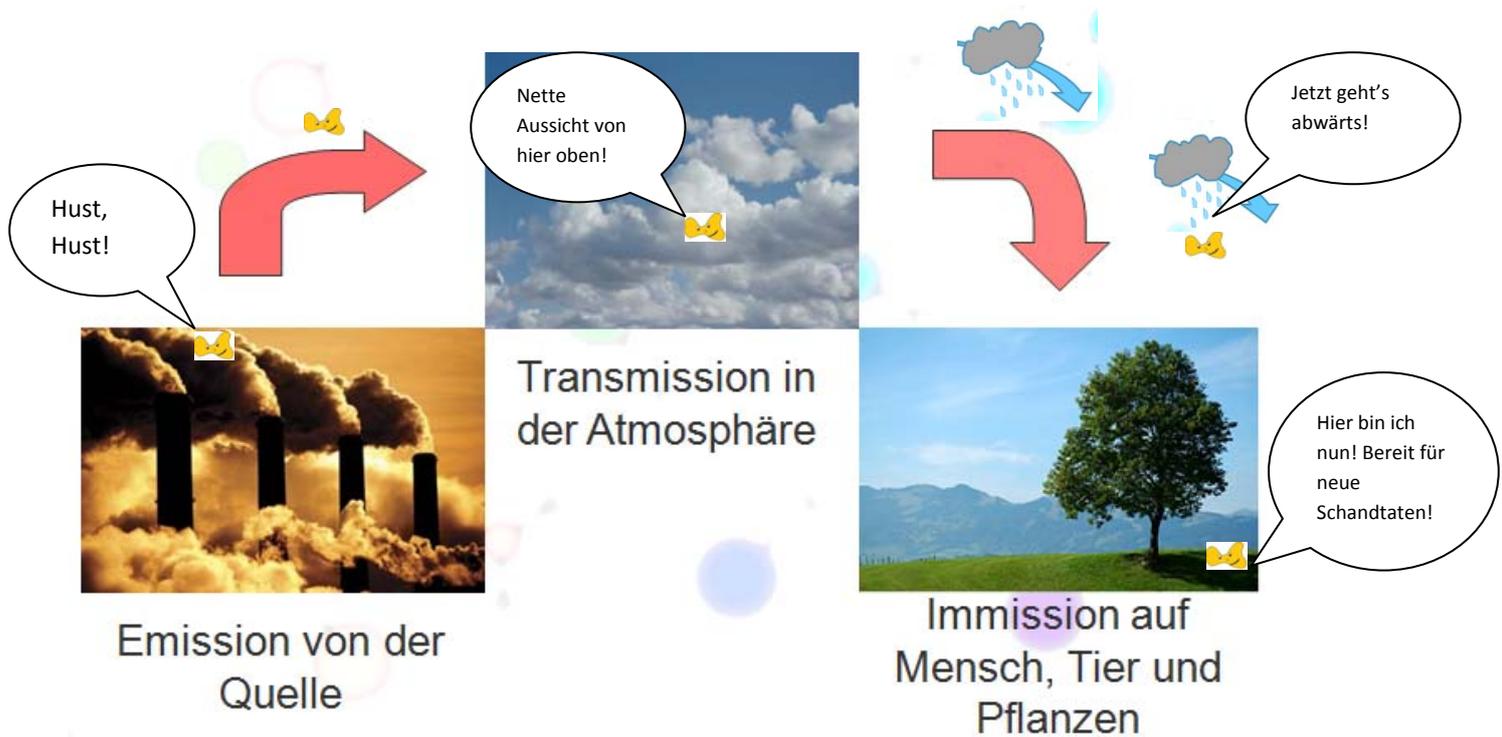
**Sekundäre Komponenten**

<b>Komponente</b>	<b>Ursache</b>
Sulfat	Schwefeldioxid
Nitrat	Stickoxide
Ammonium	Ammoniak
Organ. Kohlenstoff	VOC



Manche Begriffe sind vielleicht einigen von euch unbekannt und werden in weiteren Kapiteln noch erklärt werden. Es bleibt euch also nichts verborgen.

Egal, auf welche Quelle man sich bezieht. Der Feinstaubkreislauf läuft immer so ab:



**Begriffe:**

**Emission** = Russ, Sand etc. aber auch Abgase wie Stickstoffoxide oder Schwefeloxid steigen in die Luft auf.

**Transmission** = Hier finden verschiedene Reaktionen statt: Verdünnung, Reaktionen unter den Feinstaubpartikeln, Lichteinfluss, Umwandlung von Gasen in Teilchen.

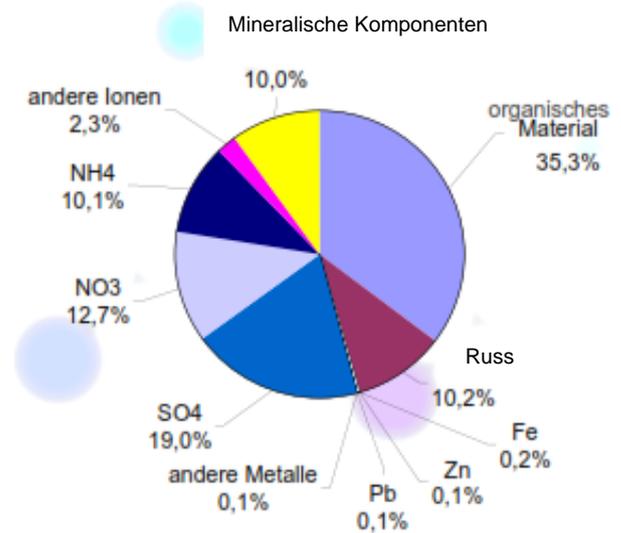
**Immission** = Über Regen, Wind etc. gelangt der Feinstaub wieder zurück und kann von Menschen, Tieren und Pflanzen aufgenommen werden.

Wie wir aus der Graphik entnehmen können, hat Staubius einen langen Weg hinter sich. Aber was meint er denn mit Schandtaten? Was führt er im Schilde? Um das herauszufinden, müssen wir wissen, woraus Feinstaub besteht.

### 3) Auf das Innere kommt es an - Bestandteile des Feinstaubes sowie ein Crashkurs in Chemie

Erinnern wir uns noch einmal, was Staubius in Kapitel 2 gesagt hat:

„Du darfst dir den Feinstaub nicht als etwas vorstellen, das nur aus einer einzigen Sache besteht. Daher bin ich **nicht homogen** und bestehe aus verschiedensten Bestandteilen“



Nun betreten wir endgültig die große Bühne der Chemie und jetzt kommt es ein wenig darauf an, ob du im Unterricht aufgepasst hast oder mit deinen Gedanken schon längst beim Fußball, Computer spielen etc. warst. Wenn Begriffe wie Ionen, Sulfat, Nitrat, Anorganische bzw. Organische Chemie usw. in deinem Wortschatz fest verankert sind, dann kannst du die folgenden Seiten überspringen und dir einen Orden an die Brust heften.

Gehörst du eher zur tagträumenden Gruppe (bitte 10 Sekunden schämen), dann wage mit mir mit diesem kurzen **Crashkurs** einen Neuanfang in der wunderbaren Welt der Chemie. Los geht's!

#### Elemente

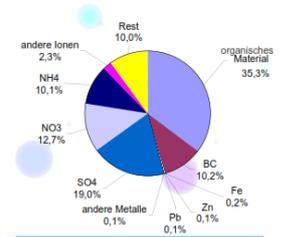
Wie wir wissen besteht alles aus verschiedenen **Elementen**. Die Elemente bestehen wiederum aus **Atomen**. Das sind die großen und kleinen Bausteine des Lebens. Elemente wären z. B. Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Gold, Chlor etc. Diese Elemente findest du geordnet vom leichtesten zum schwersten im **Periodensystem**. Jedes Element bekommt eine Abkürzung, z. B. steht **H** für **Wasserstoff** (leitet sich vom lateinischen Wort Hydrogenium ab). Diese Abkürzungen sind international, d. h. es kann sie jeder auf der Welt verstehen und in seine jeweilige Sprache übersetzen (Völkerverständigung kann manchmal doch so einfach sein!).

Des weiteren unterscheidet man zwischen **Metallen und Nichtmetallen**, wobei es auch **Halbmetalle** gibt. Außerdem kann man erkennen, ob die Elemente in ihrer Grundform **fest, flüssig** oder **gasförmig** sind. Alle diese Eigenschaften lassen sich aus dem **Periodensystem** herauslesen.

Versuchen wir einmal die ersten Rätsel aus dem Kreisdiagramm zu lösen:



Im Anhang findest du ein größeres Periodensystem. Daher musst du nicht mit der Lupe bei der vorigen Seite Detektiv spielen. Löse folgende Aufgabe:



Um welche Elemente handelt es sich bei Pb, Zn und Fe? Sind das Metalle, Halb- oder Nichtmetalle?

**Pb** \_\_\_\_\_ **Zn** \_\_\_\_\_  
**Fe** \_\_\_\_\_

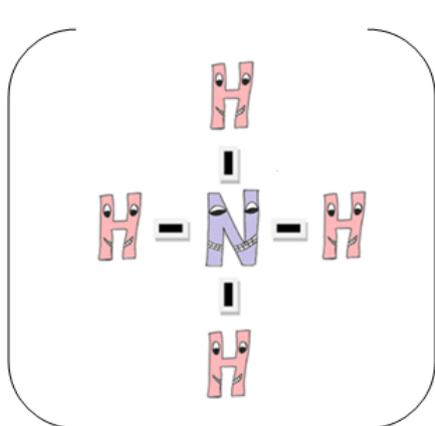


Organische Materialien haben immer etwas mit dem Element **C** zu tun? Was bedeutet C? Ist C ein Metall, Halbmetall oder ein Nichtmetall?

**C** \_\_\_\_\_



Bei **NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Ammonium)**, **NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat)** und **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sulfat)** handelt es sich um sogenannte Ionen (was Ionen sind, erkläre ich später). Das sind bereits Verbindungen, die aus einzelnen Elementen zusammengesetzt sind. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> würde so aussehen:



+

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> besteht aus zwei Elementen. Welche sind das?

1 x N = \_\_\_\_\_

4 x H = \_\_\_\_\_

Vielleicht ist dir das Plus aufgefallen. NH<sub>4</sub> ist ein positives Ion, ein **Kation**. Es gibt aber auch negative Ionen, die man **Anionen** nennt. Die Klammer wird benötigt, um anzuzeigen, dass das gesamte Ion positiv ist. Des weiteren gibt es auch verschiedene Anordnungen der Atome, die man Mesomerie nennt.

$\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  sind Anionen und wesentlich komplizierter gebaut als  $\text{NH}_4^+$ , was ich dir gleich zeigen werde. Aber schön der Reihe nach:

Aus welchen Elementen bestehen diese Anionen?

$\text{NO}_3^-$  1 x N = \_\_\_\_\_

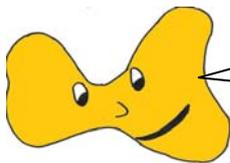
3 x O = \_\_\_\_\_

$\text{SO}_4^{2-}$  1 x S = \_\_\_\_\_

4 x O = \_\_\_\_\_

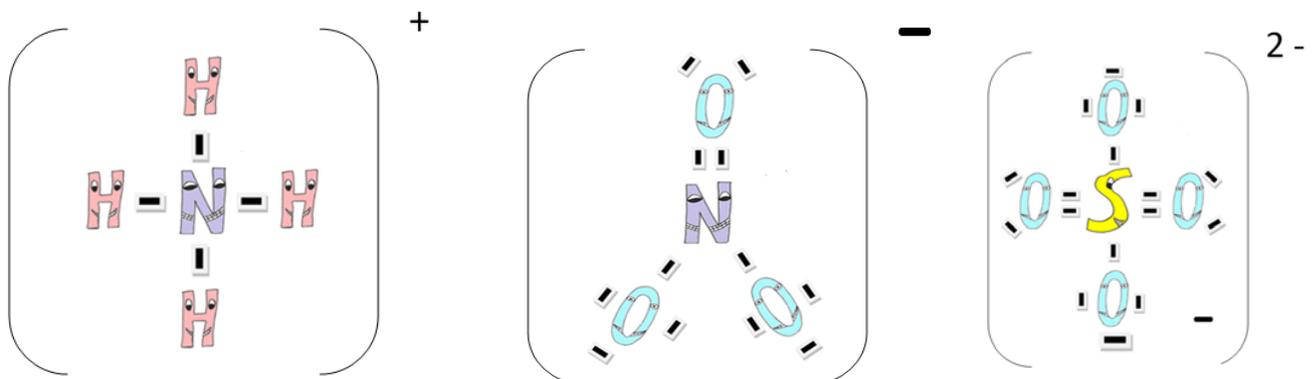
Nun, so schwer war das wohl nicht. Mit der Zeit wirst du dir sämtliche Abkürzungen merken und kannst dich zumindest was das Periodensystem betrifft, auf internationaler Ebene verständigen. Wenn du Lust hast, weitere Beispiele von anderen Verbindungen zu lösen, dann findest du welche im Übungsteil.

### Formeln



Formeln kann man auf 2 verschiedene Arten schreiben. Als **Summenformel** und als **Strukturformel**.

### Strukturformel:



### Summenformel:



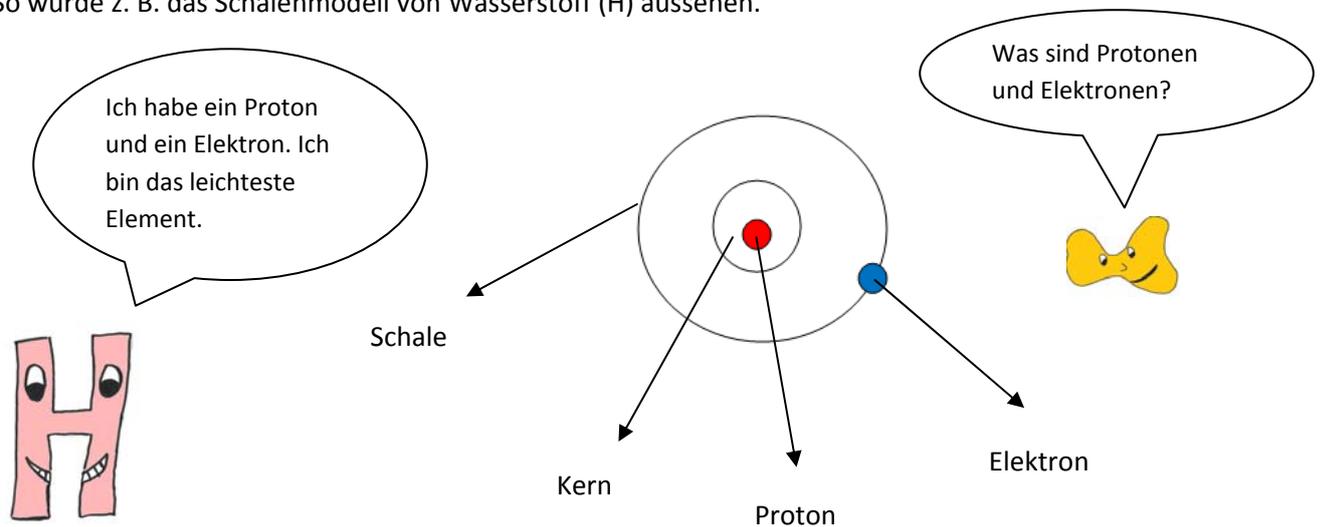
Die Abkürzungen bzgl. der Elemente haben wir jetzt gelernt. Aber was bedeuten die schwarzen Striche? Das sind die Elektronen, die eine Verbindung zwischen den Elementen sind. Dabei entspricht ein Strich 2 Elektronen! Was sind aber Elektronen? Dafür müssen wir wissen, woraus ein Atom besteht.



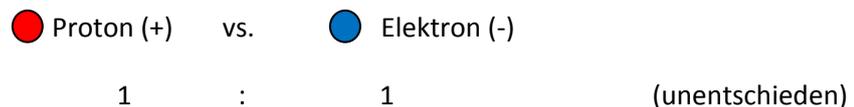
## Atomaufbau

Jedes **Element besteht aus Atomen**. Das Atom wiederum besteht aus einem **Kern** und einer **Schale** bzw. mehreren Schalen. Die Anzahl der Schalen hängt von der Größe des Elements ab. Da man Atome nicht sehen kann, muss man sich diese als Modell vorstellen. Eines dieser Modelle ist das Schalenmodell von Niels Bohr.

So würde z. B. das Schalenmodell von Wasserstoff (H) aussehen.

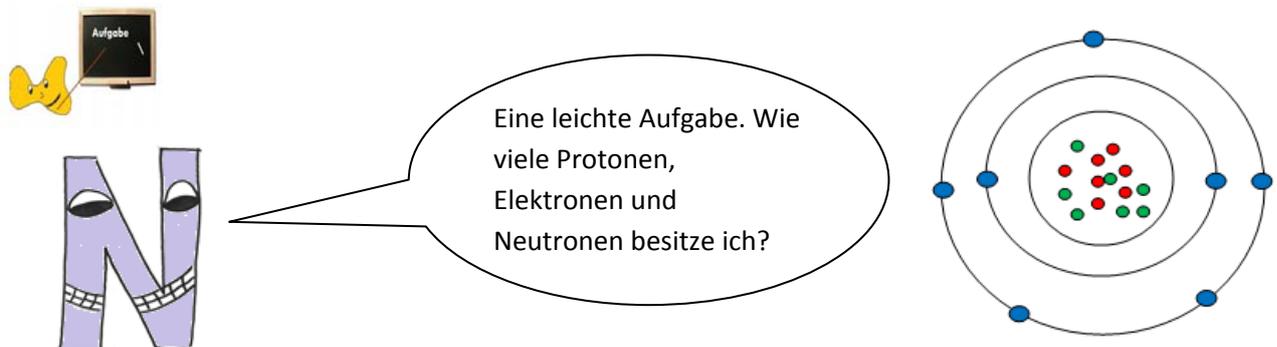


Jedes Element besitzt **Protonen**, die positiv (+) geladen sind und **Elektronen**, die negativ (-) geladen sind. Die **Protonen** befinden sich **im Kern**, die **Elektronen** befinden sich in den **Schalen** und kreisen wie ein Planet um den Kern (der wäre in diesem Fall die Sonne). Alle Elemente sind elektrisch **neutral**, d. h. die Anzahl an Protonen und Elektronen muss gleich sein. So kann man sich das ganz gut merken. Im Fall von Wasserstoff:

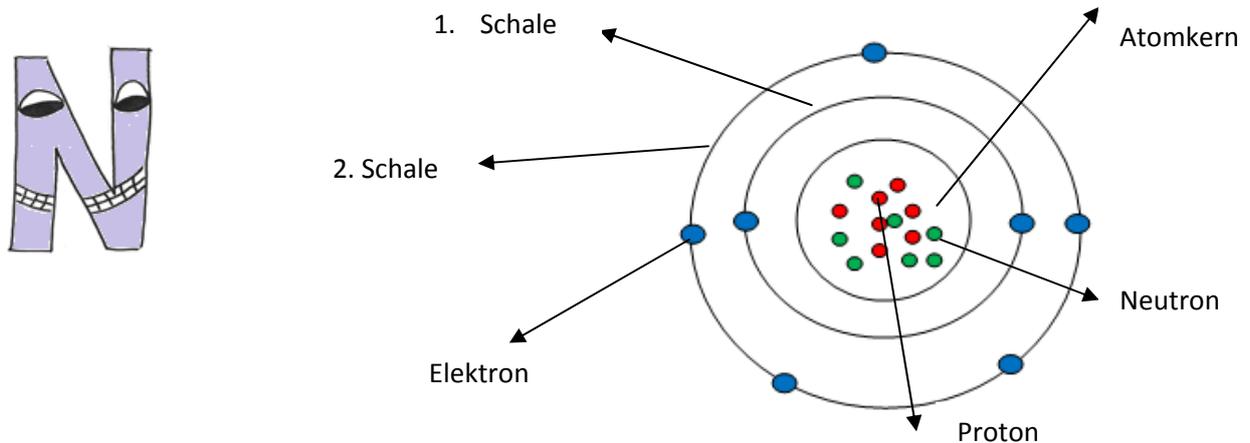


Oder als Rechnung:  $+1 + (-1) = 0$

Eine Sache habe ich dir aber noch unterschlagen und zwar das **Neutron** ●, das neutral geladen ist (+ und -). Dafür müssen wir uns ein anderes Element ansehen, da Wasserstoff kein Neutron besitzt. Sehen wir uns z. B. Stickstoff an. Dessen Modell sieht so aus:



**Lösung:** Es sind 7 Protonen, 7 Elektronen und 7 Neutronen (war leicht, man musste ja nur zählen).



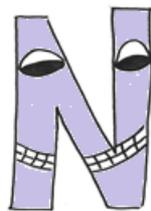
Die Neutronen befinden sich ebenfalls im Kern. Zusammen mit den Protonen ergibt sich die Masse des Elementes, die wir in **Gramm/Mol (g/mol)** angeben. Dabei ist ein Mol eines Stoffes  $6,022 \cdot 10^{23}$  Teilchen (Atome). Keine Angst, mit dieser hohen Zahl musst du jetzt nicht rechnen. Das reicht einmal für den Anfang:

$$7 \text{ Protonen} + 7 \text{ Neutronen} = 14 \quad (14 \text{ g/mol})$$

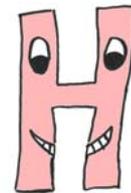
Im Vergleich dazu Wasserstoff:

$$1 \text{ Proton} + 0 \text{ Neutronen} = 1 \quad (1 \text{ g/mol})$$

Daraus folgt:



Ich bin schwerer als du



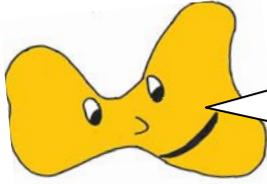
Angeber. Wie wäre es mit einer Diät?

Ist Stickstoff  auch neutral? Prüfen wir es nach:

$$\begin{array}{ccc} \bullet \text{ Protonen (+)} & \text{vs.} & \bullet \text{ Elektronen (-)} \\ 7 & : & 7 \quad (\text{Unentschieden, was für ein Zufall!!}) \end{array}$$

$$\text{Oder als Rechnung:} \quad +7 + (-7) = 0$$

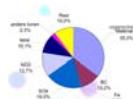
Natürlich gibt es Elemente, die schwerer sind als Stickstoff, das nächstschwerere wäre Sauerstoff usw. Dies kannst du aus dem Periodensystem ablesen (Massenzahl). Achtung! Nicht immer haben die Elemente die gleiche Anzahl an Protonen und Neutronen, so wie wir das bei Stickstoff gerade gezeigt haben. Natrium wäre ein Beispiel (Massenzahl: 23 = 11 Protonen und 12 Neutronen)



So, ich hoffe, dass dieser kleine Kurs entweder geholfen hat, deine Wissenslücken zu schließen oder dein bereits erworbenes Wissen zu festigen.

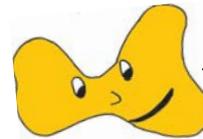
Keine Angst mit der Chemie geht es noch weiter, denn die brauchen wir jetzt vor allem im nächsten Kapitel.

## 4) Möchtest du mich heiraten? - Wie sich Bestandteile verbinden können



Wie wir aus unserem Diagramm [wissen](#), besteht Feinstaub aus vielen verschiedenen Dingen. Nun können wir noch mehr ins Detail gehen:

- Elektrolyte oder Salze (Ammoniumsulfat, Natriumchlorid,...)
- Metalloxide oder Mineralischer Anteil (Eisenoxid, Silikate,...)
- Bioaerosole (Pollen, Bakterien, Pflanzenteilchen)
- Organische Verbindungen (Zucker, Kohlenwasserstoffe, Säuren, Alkohole,...)
- Metalle (Cadmium, Blei,...)
- Russ (BC = Black Carbon)

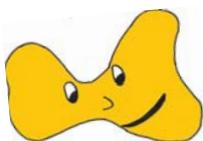


Hilfe, hört das denn irgendwann wieder auf?

Und wieder brauchst du keine Angst haben, denn so kompliziert wird es nicht werden. Anhand von einigen Beispielen werde ich dir zeigen, wie die Partnersuche beim Feinstaub funktioniert. Nun darf geflirt werden.

### Wolkenbildung:

Die Wolkenbildung ist ein sehr einfaches Beispiel, wie es zu einer Verbindung kommen kann. Das einzige, was man dafür benötigt, ist ein **Kondensationskern** (also mich), **Wasserdampf** sowie die entsprechenden **Temperaturen**.



+



=



Wie funktioniert das?

Wasserdampf ist ein Gas, das in die Höhe steigt. Beim Kochen hast du das sicher schon einmal gesehen. Was du sicher auch schon einmal gesehen hast, sind kleine Wassertropfen an der Unterseite des Deckels. Diese entstehen durch **Kondensation**.

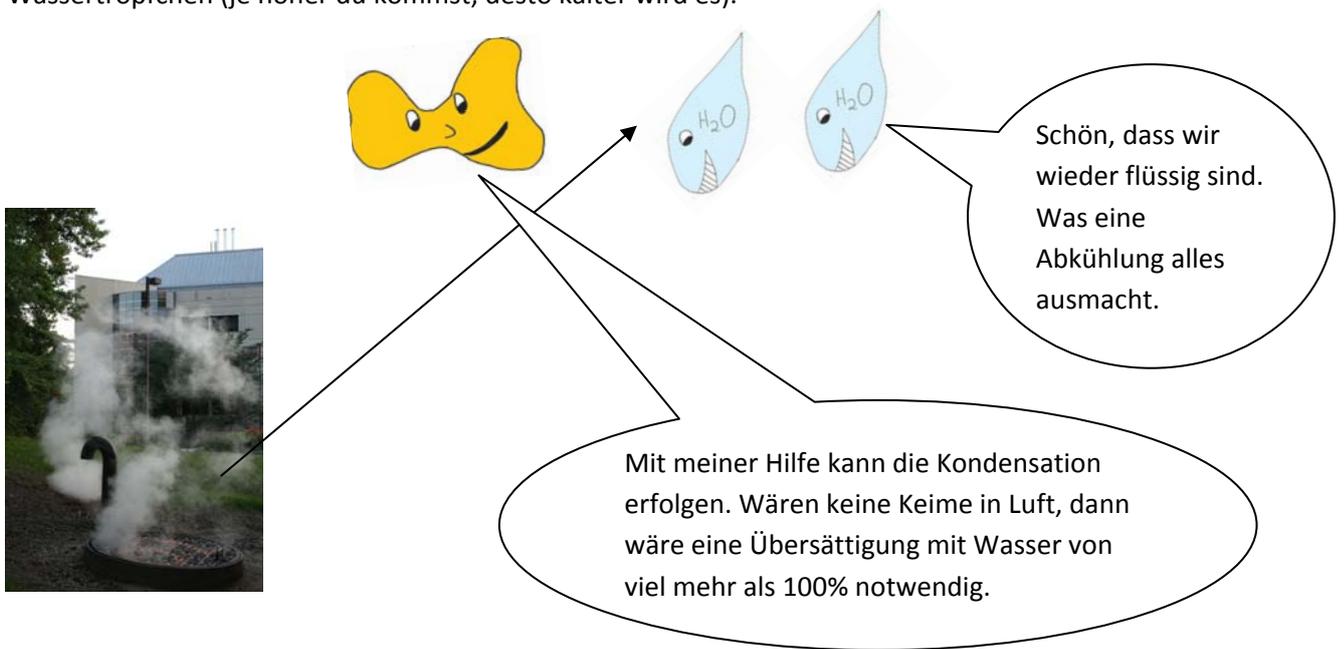
gasförmig zu flüssig = kondensieren

Das passiert dadurch, weil sich der Wasserdampf abkühlt und dadurch seinen Aggregatzustand ändert. Hier ein netter Versuch dazu:

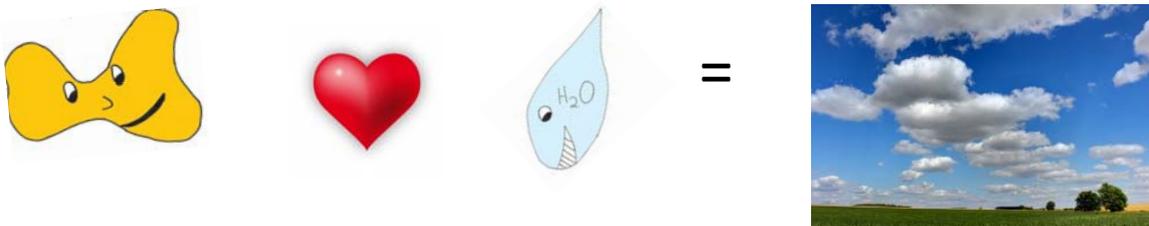


Eine Kondensation kann man auch ohne Herd und Topf durchführen und sichtbar machen. Fülle ein Reagenzglas mit ein wenig Wasser und erhitze es über dem Bunsenbrenner. An einem Stativ kannst du eine kleine Glasplatte befestigen. Sobald der Dampf auf die Glasplatte trifft, wird er sich abkühlen. In Folge der Kondensation sieht man kleine Wassertropfen an der Glasoberfläche. Achtung! Greife mit der Hand nicht in den Wasserdampf, da du dich leicht verbrennen kannst.

In der Natur passiert das gleiche. In großer Höhe kühlt der Wasserdampf ab und es bilden sich kleine Wassertröpfchen (je höher du kommst, desto kälter wird es).



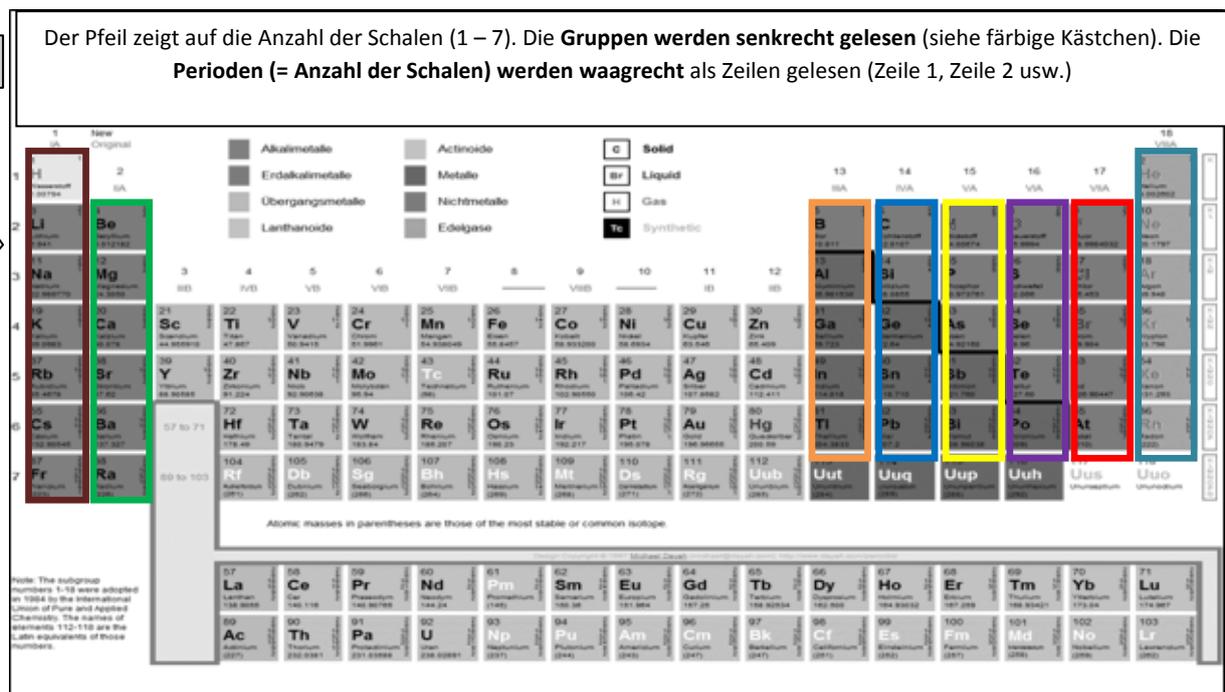
An dem Kondensationskern kann sich jetzt das Wasser anlagern. Natürlich sind viel mehr Keime und Wassertropfen für die Bildung einer Wolke notwendig, aber das wäre im Wesentlichen das Prinzip.



## Salze und Elektrolyte

Das Speisesalz aus der Küche wird dir sicherlich ein Begriff sein, wie es zur Verbindung kommt wahrscheinlich auch. Für alle, die es nicht wissen sollten, werden wir unseren Chemiecraashkurs um den Begriff der **Ionenverbindung** erweitern.

Ionen habe ich dir im vorigen Kapitel bereits vorgestellt, wo wir auch zwischen Kationen (+ Ladung) und Anionen (- Ladung) unterschieden haben. Natürlich gibt es noch viel mehr Ionen außer Ammonium, Sulfat und Nitrat – diese sind aber bei unserem Feinstaubthema die wichtigsten. Wie bekommen die Ionen aber ihre Ladung? Das werde ich euch jetzt erklären, aber zunächst müssen wir einen Blick auf das Periodensystem werfen. Wichtig ist hier, sich 8 Gruppen zu merken, die ich hier im Periodensystem markiere.



- 1. **Hauptgruppe (Alkalimetalle) = 1 Elektron** in der letzten Schale. Wasserstoff gehört zwar auch zur ersten Gruppe, ist aber kein Metall.
- 2. **Hauptgruppe (Erdalkalimetalle) = 2 Elektronen** in der letzten Schale.
- 3. **Hauptgruppe (Erdmetalle) = 3 Elektronen** in der letzten Schale
- 4. **Hauptgruppe (Kohlenstoffgruppe) = 4 Elektronen** in der letzten Schale
- 5. **Hauptgruppe (Stickstoffgruppe) = 5 Elektronen** in der letzten Schale
- 6. **Hauptgruppe (Sauerstoffgruppe) = 6 Elektronen** in der letzten Schale
- 7. **Hauptgruppe (Halogengruppe) = 7 Elektronen** in der letzten Schale
- 8. **Hauptgruppe (Edelgase) = 8 Elektronen** in der letzten Schale. Eine Ausnahme bildet Helium, es hat nur 2 Elektronen, ist aber trotzdem ein Edelgas.

Die nichtmarkierte Stellen im Periodensystem interessieren uns zu diesem Zeitpunkt einmal nicht.

Diese Einteilung ist für die Ionenbindung sehr wichtig, da es bei der Ionenbindung zum **Austausch von Elektronen kommt und zwar von jenen der äußersten Schale!**

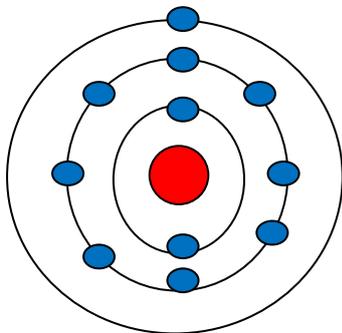
Jeder Mensch verfolgt irgendein Ziel im Leben, sei es viel Geld zu haben, berühmt zu sein, einen Nobelpreis in Chemie zu bekommen etc. Den Elementen geht es genauso, nur wollen sie anstatt schneller Autos oder einem Traumurlaub eine vollbesetzte Außenschale mit Elektronen. Da nicht jeder berühmt werden kann (auch wenn uns heutzutage so manche Castingshow im Fernsehen das vorgaukeln möchte), haben nur wenige Superstars unter den Elementen das Privileg einer vollbesetzten Schale. Das sind die Edelgase – gleichzusetzen mit Brad Pitt, Lady Gaga oder David Beckham. Wie wir wissen, haben die Edelgase 8 Elektronen in ihrer äußersten Schale, mit einer Ausnahme und zwar Helium, das nur 2 Elektronen besitzt (es kann keine 8 besitzen, da seine Schale viel zu klein ist). Daraus folgt:

8 Elektronen sind

**Super! Weltklasse!**

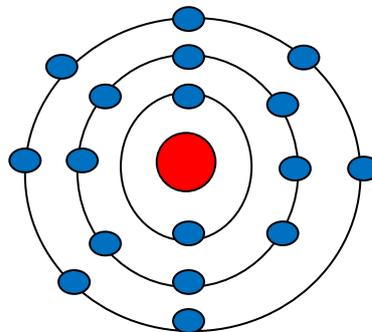
Elemente können wie wir Menschen ganz schön neidisch werden. Nehmen wir mal Natrium (Na) und Chlor (Cl) her. Beide stehen in der 3. Periode und sind große Fans der Edelgase (Natrium will ein Autogramm von Neon, Chlor eines von Argon) und befinden sich in folgender Situation:

Beide hätten gerne 8 Elektronen, jedoch hat Natrium nur ein Außenelektron, Chlor aber sieben. Im Schalenmodell sieht das so aus (die Protonen und Neutronen sparen wir uns jetzt, da diese uns jetzt nicht interessieren):



Na

Natrium (1 Außenelektron)



Cl

Chlor (7 Außenelektronen)

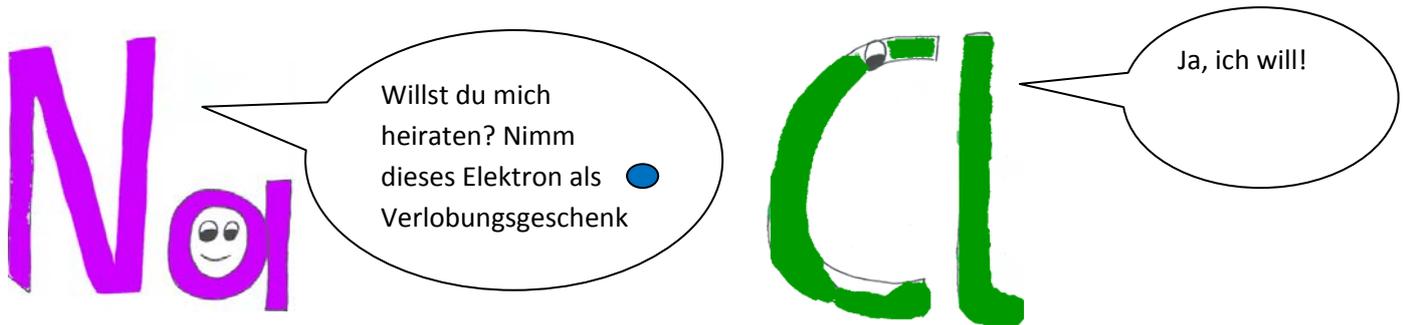
Da man alleine oft auf verlorenem Posten ist, beginnen Natrium und Chlor heftig zu flirtieren, gehen eine Beziehung ein und alle warten schon auf die Hochzeit. Nur wer wird den Heiratsantrag machen?

Na

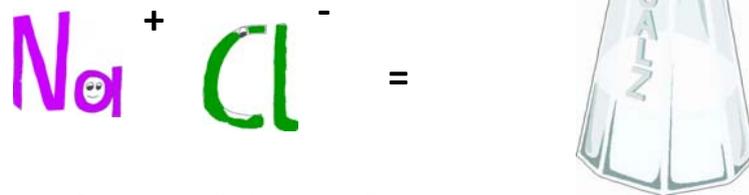


Cl

Natrium nimmt all seinen Mut zusammen und macht Chlor einen Antrag. Da Elemente keine Ringe tragen, gibt es stattdessen Elektronen als Verlobungsgeschenk.

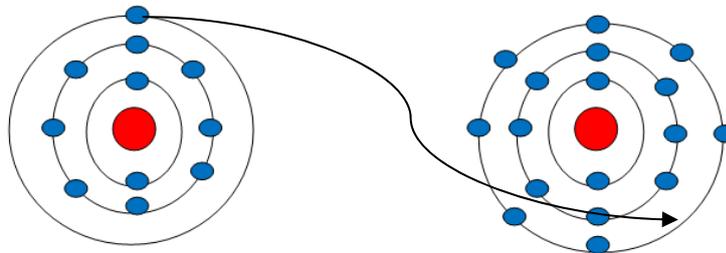


Geschafft! Da es Natrium und Chlor sehr eilig haben, findet unmittelbar danach die Hochzeit statt und es entsteht die Ionenverbindung **Natriumchlorid (Kochsalz)**, die du dir beispielsweise auf dem Salzstangerl schmecken lässt.

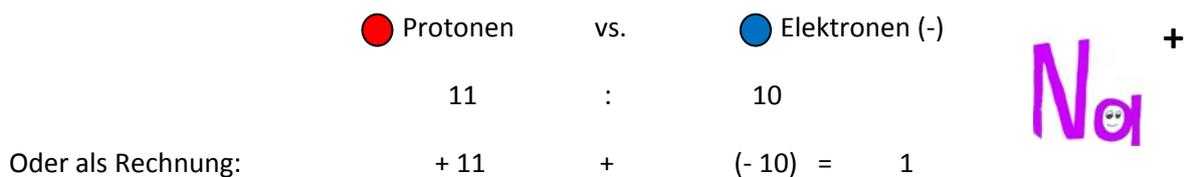


Wie bekommen Natrium und Chlor aber die Ladungen?

Sehen wir uns noch einmal an, wie das Elektron von Natrium zu Chlor wandert:

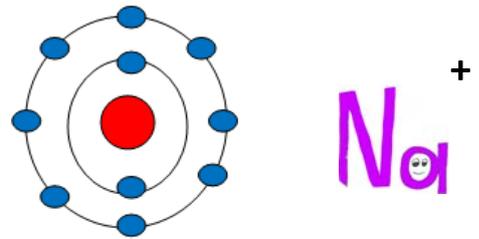


Da **Natrium** ein Elektron verliert, hat es plötzlich nur noch mehr 10 Elektronen, aber 11 Protonen. Wie wir wissen, ist jedes Element im Grundzustand neutral. Bei Ionen gilt das nicht mehr. Für Natrium können wir schreiben:



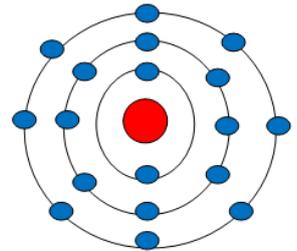
Und so sieht das Schalenmodell von  $\text{Na}^+$  aus:

Natrium verliert eine Schale und hat jetzt 8 Elektronen in der äußersten Schale. Da Natrium mehr Protonen als Elektronen hat, ist es jetzt positiv.



Chlor bekommt ein Elektron dazu. Plötzlich hat es 18 Elektronen, aber 17 Protonen. Für Chlor können wir schreiben:

● Proton (+)	vs.	Elektron (-) ●
17	:	18
Oder als Rechnung:	+	$(- 18) = (-1)$



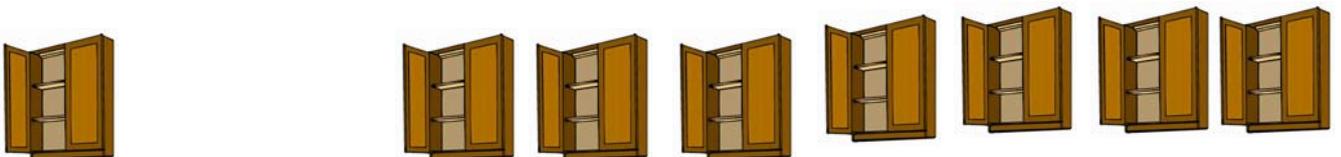
Und so sieht das neue Schalenmodell aus:

Chlor, das jetzt **Chlorid** heißt hat 8 Elektronen in seiner letzten Schale, ist aber dadurch **negativ** geladen.



Wie so oft gibt es natürlich auch andere Ionenverbindungen. Um andere Ionenverbindungen zu verstehen, ist es wichtig zu wissen, dass bei Ionenverbindungen immer versucht wird, so wenige Elektronen wie möglich zu übertragen, da dies sehr viel Energie erfordert. Daher würde Chlor niemals seine Elektronen an Natrium abgeben. Man kann sich das am besten so vorstellen:

*Ein Mann und eine Frau haben sich ebenfalls wie Natrium und Chlor verlobt und wollen zusammenziehen. Beide haben gleich große und gleich schöne Häuser – daher zählt dies nicht als Kriterium. Da Männer aber oft weniger Kleidung besitzen als Frauen (ein wenig Klischee darf schon sein), hat der Mann nur einen Kasten und die Frau 7.*



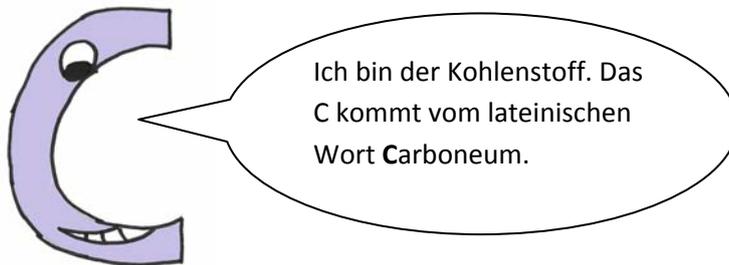
*Weniger anstrengend wird es, wenn der Mann zur Frau zieht, da nur ein Kasten transportiert werden muss.* Elemente verhalten sich genauso. Da für die Abgabe eines Elektrons Energie notwendig ist und Elemente im Allgemeinen ziemlich faul sind, geht man hier den Weg des geringsten Widerstandes.

Die Elemente der **1. Hauptgruppe geben immer ein Elektron ab (+)**. Jene der **2. Hauptgruppe immer 2 Elektronen (2+)**

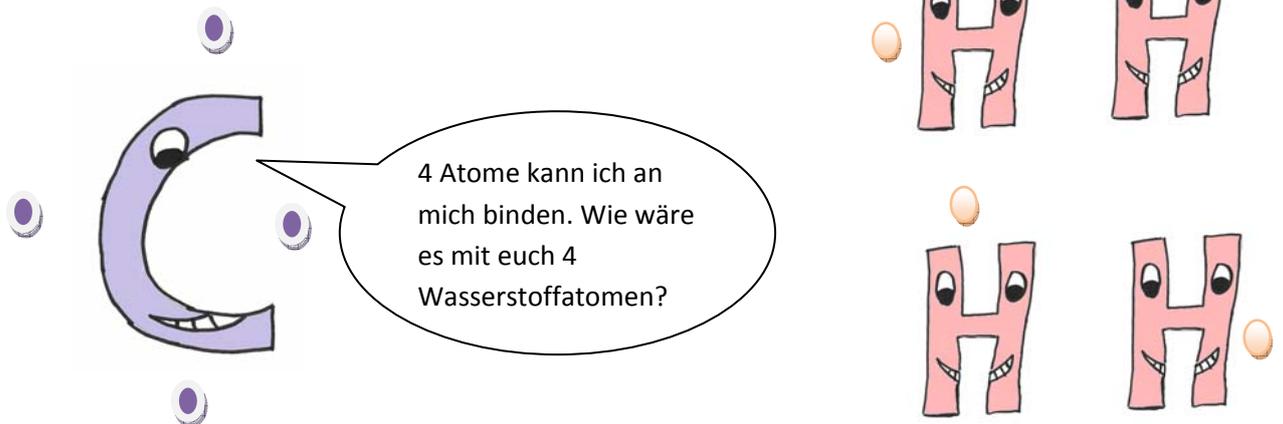
Die Elemente der **7. Hauptgruppe nehmen bevorzugt immer ein Elektron auf!**

## Organische Substanzen

Organische Substanzen enthalten immer das Element Kohlenstoff, das in allen Lebewesen vorkommt, das heißt auch in dir selbst. Das Element Kohlenstoff sieht übrigens so aus:



Kohlenstoff kann immer 4 andere Elemente an sich binden, jedoch nicht als Ionenbindung. Sie teilen sich Elektronen, diese Bindung nennt man dann **kovalent**. Bei Kohlenwasserstoffen ist das ganz leicht. Der Kohlenstoff hat 4 Elektronen in seiner äußersten Schale und der Wasserstoff hat ein Elektron in seiner einzigen Schale. Elektronen sind negativ geladen und werden oft als Punkte dargestellt.



Und wieder sind 2 Elemente glücklich geworden. Sie bilden die große Familie der Kohlenwasserstoffe (in diesem Fall der Alkane). Hier sehen wir das Erdgas, auch genannt Methan.

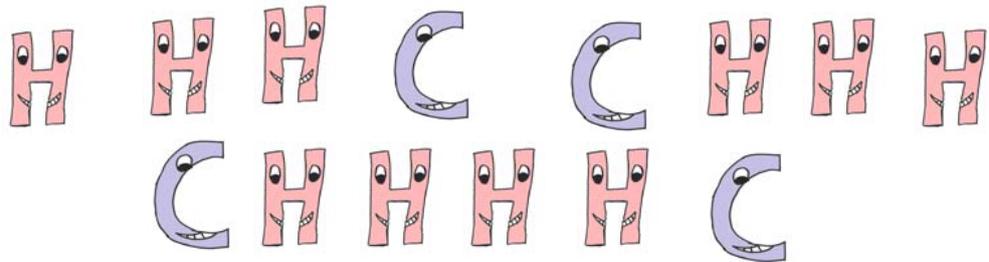




Bringe Ordnung in dieses Chaos.

Kurze Anleitung: Verbinde zuerst alle **Kohlenstoffatome**  in einer Linie und hänge dann alle  Wasserstoffatome daran.

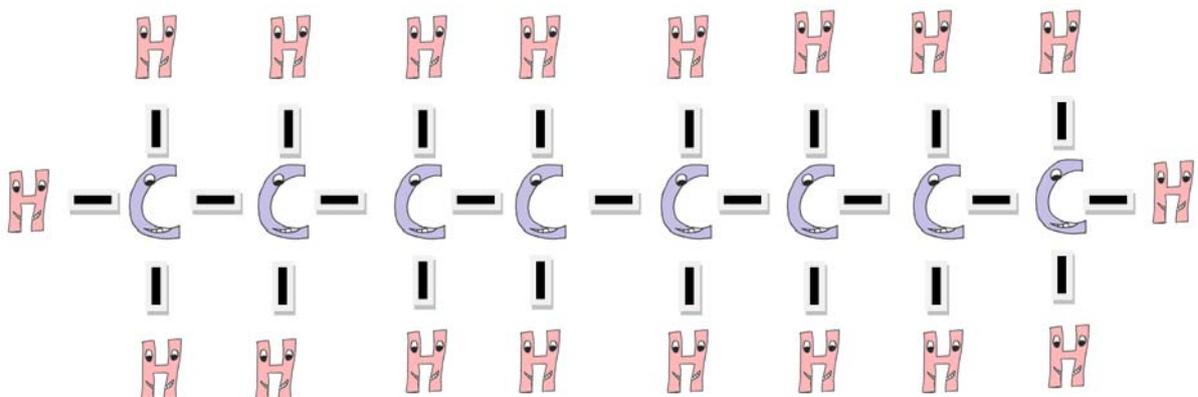
Und los geht's:



Lösung:



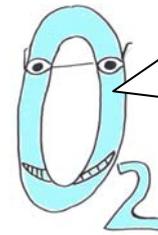
Kohlenstoff finden wir in fossilen Energieträgern, damit ist in erster Linie Erdöl gemeint, aus dem man z. B. Benzin herstellt. Kohlenstoff kommt aber auch in Erdgas oder Steinkohle vor – beide werden genau wie Benzin verbrannt, um Energie zu gewinnen (in diesem Fall Wärmeenergie zum Heizen). Benzin ist ein Gemisch aus verschiedenen, meist sehr langen Kohlenwasserstoffketten. Ein Teil davon sieht so aus (Octan,  $C_8H_{18}$ ):



Im Grunde geht das noch länger, aber so viel Platz haben wir hier nicht. Wie gesagt, werden Kohlenwasserstoffe gerne verbrannt und als Produkte entstehen Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und Wasser ( $H_2O$ )

Moment noch, wir haben hier noch jemanden vergessen, denn ohne ihn findet gar keine Verbrennung statt. Darf ich vorstellen, das ist Herr Kollege

### Sauerstoff (O<sub>2</sub>)



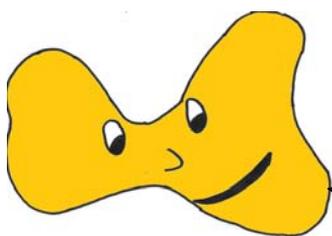
Ich bin der Sauerstoff, den du täglich über die Luft einatmest. Das O kommt vom Namen Oxygenium.

Aber jetzt geht es endlich ab zur Verbrennung (yeah!)



CO<sub>2</sub> kannst du im Übrigen sehr leicht herstellen. Du benötigst Backpulver (enthält Natriumcarbonat) und Essig. Gib ein wenig Backpulver in ein Becherglas und gieße ein wenig Essig darüber. Durch eine chemische Reaktion entsteht CO<sub>2</sub>. Kohlendioxid kann Feuer löschen. Halte einen brennenden Holzspann oder ein Streichholz in das Gas. Du wirst sehen, dass die Flamme erlischt.

In der Organischen Chemie gibt es noch weit mehr als Alkane. Uns interessieren hier vor allem die Alkohole und die Zucker, die man ebenfalls im Feinstaub finden kann.



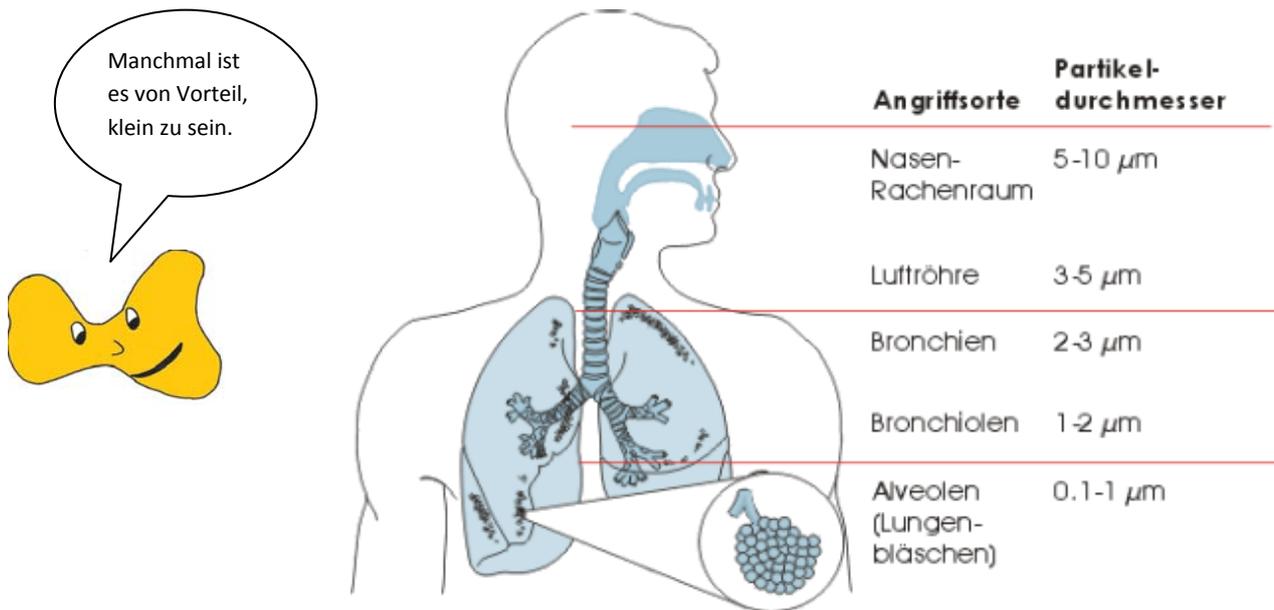
Mit den Grundlagen der Ionenbindung und der kovalenten Bindung, weißt du nun, wie Elemente Verbindungen eingehen können. Diese sind aber nicht immer so nützliche Dinge wie Natriumchlorid (Kochsalz).

In mir schlummern auch Verbindungen, die sehr viel Schaden anrichten können. Mehr darüber erfährst du im nächsten Kapitel.

## 5) Das Böse ist immer und überall – die Schattenseiten des Staubius Staub

### Auswirkungen auf den Menschen

Feinstaub ist sehr klein und findet seinen Weg überall hin – leider auch in uns Menschen. Je kleiner die Partikel sind, desto weiter können sie in den Körper gelangen. Größere können noch in der Nase abgeschieden werden, kleinere hingegen verhalten sich wie Geheimagenten und spionieren sogar in unseren Lungenbläschen herum. Die kleinsten von ihnen schaffen auch den Weg ins Blut und von dort praktisch überall hin in deinen Körper.



Wie lange kann der Feinstaub im Körper bleiben? Das hängt von seiner Größe ab.

PM 10: 1 – 3 Tage

PM 2,5 und darunter: 30 – 3000 Tage

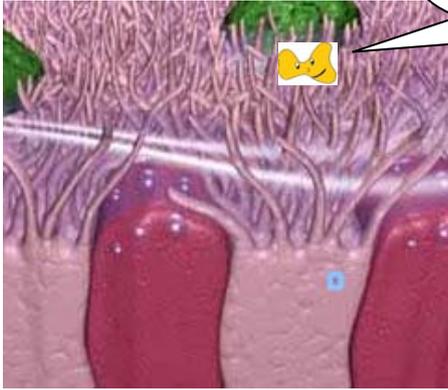


Berechne, wie viele Jahre 3000 Tage sind

Antwort: \_\_\_\_\_

Auch wenn der Feinstaub ein hartnäckiger Gegner ist, ergibt sich der Körper natürlich nicht kampfflos. Werfen wir einmal einen Blick auf das Waffenarsenal:

**Nase:** Die Härchen in der Nase sind zunächst einmal der erste Stolperstein für den Feinstaub, das gilt aber wie bereits erwähnt nur für die großen Partikel.



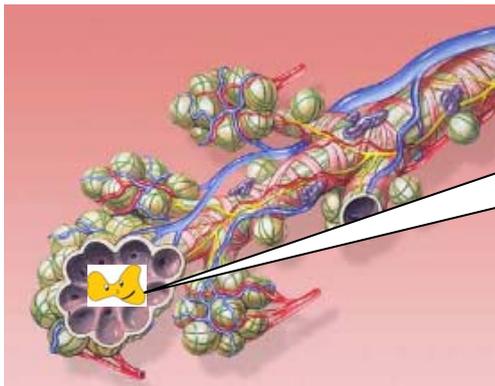
Hey, hier geht's nicht weiter. Ich klebe fest!

Alle Partikel, die an den Türstehern (Nasenhaare) vorbeigekommen sind und es bis in die Lunge schaffen, müssen dort noch eine weitere Hürde überwinden. In der Lunge befinden sich Flimmerhärchen (Bild), die man auch **Zilien** nennt. Diese können die Partikel zurückhalten bzw. bleiben sie auf dem Atemwegssekret kleben.

Die Flimmerhärchen bilden einen Teppich, dessen Oberfläche immer mit dem wässrigen Sekret benetzt ist. Das Sekret wird von Becherzellen gebildet, die sich zwischen den Härchen befinden.

Nun heißt es für den Feinstaub Auf Wiedersehen, Good Bye oder Ciao zu sagen, denn jetzt ist es höchste Zeit den ungebetenen Gast vor die Tür zu setzen. Da die Flimmerhärchen das Sekret immer in Richtung Rachen bewegen, kann dieses dann gemeinsam mit dem Feinstaub abgehustet oder verschluckt werden.

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt? Leider noch nicht ganz, denn wir haben noch die Spezialagenten vergessen, die es bis in die Lungenbläschen (Alveolen) geschafft haben.

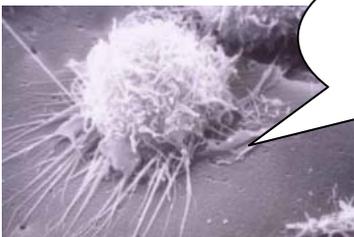


Ha, Ha, jetzt kann ich mich austoben und machen, was ich will. Wer soll mich noch aufhalten?

So sieht ein Lungenbläschen aus

Ist jetzt alles aus und verloren? Nein, denn auch hier hat das Immunsystem des Körpers (= Agentenabwehr) eine passende Antwort parat, die jetzt ziemlich brutal ausfällt, da General **Makrophage** und seine Truppe keine Gnade kennen.

Bei den Makrophagen handelt es sich um sogenannte Fresszellen, welche die Eindringlinge einschließen und genüsslich verdauen. Werfen wir einmal einen Blick auf die Truppe:



Kompanie still gestanden, alles hört auf mein Kommando!

General Makrophage mit Fangarmen



Jawohl Sir!



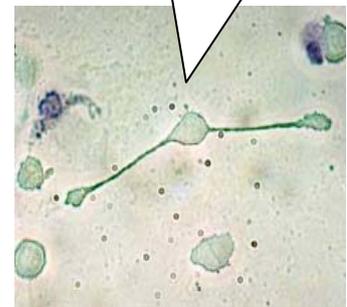
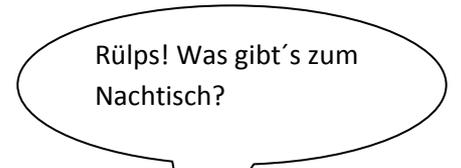
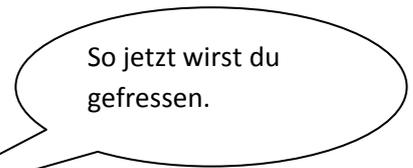
Jawohl Sir!



Jawohl Sir!

Makrophagen mit 2 Ausstülpungen

Plötzlich wird das Exerzieren durch Eindringlinge gestört. Es wird Alarm ausgelöst und alle Mann müssen auf Gefechtsstation. Die Situation spitzt sich zu und ist an Dramatik kaum zu überbieten.



Nach kurzem Kampf endet der Weg für Staubius im Verdauungssystem der Makrophage. Das Einschließen und Verdauen der Eindringlinge nennt man Phagozytose. Natürlich hat das ganze jetzt sehr einfach ausgesehen und man könnte fast annehmen, dass der Körper ziemlich leicht mit dem Feinstaub fertig wird. Dem ist natürlich nicht so, weil es eben noch kleinere Partikel gibt, die sich selbst an den Makrophagen vorbeischieben können und dann ins Blut gelangen oder es sind so viele Teilchen, dass die Abwehr damit nicht mehr fertig wird. Natürlich gibt es auch Teilchen, die schwer- oder nicht verdaulich sind.

Die Auswirkungen können unterschiedlich sein. Es hängt nicht nur davon ab, wie viel sondern auch wie lange die Belastung mit Feinstaub war. Grundsätzlich unterscheidet man Kurzzeit- und Langzeitbelastung.

Kurzzeitige Belastung	Langzeitbelastung
Entzündliche Reaktionen der Lunge	Anstieg der Atemwegsbeschwerden
Atemwegserkrankungen	Senkung der Lungenfunktionen bei Erwachsenen und Kindern
Beeinträchtigung des Herz-Kreislaufsystems	Anstieg der Erkrankungen chronischer Bronchitis
Einnahme von Medikamenten	Senkung der Lebenserwartung durch Herz-Kreislaferkrankungen und Lungenkrebs.
Krankenhausaufenthalte	
Erhöhung der Sterblichkeit	

Hier haben wir viele gute Gründe, warum uns das Thema Feinstaub nicht egal sein sollte. Leider haben es Staubius und seine Kollegen nicht nur auf uns abgesehen, denn ihr Treiben hat natürlich auch Auswirkungen auf die Umwelt und das Klima.

### Effekte auf die Umwelt

Wenn wir uns noch einmal zurückerinnern, haben wir bei den Quellen zwischen primären und sekundären Komponenten unterschieden. Einige werden wir uns jetzt genauer ansehen und feststellen, dass diese sehr schädlich sind. Bitte bedenke, dass Schädigungen der Umwelt auch automatisch eine Gefahr für den Menschen sind.

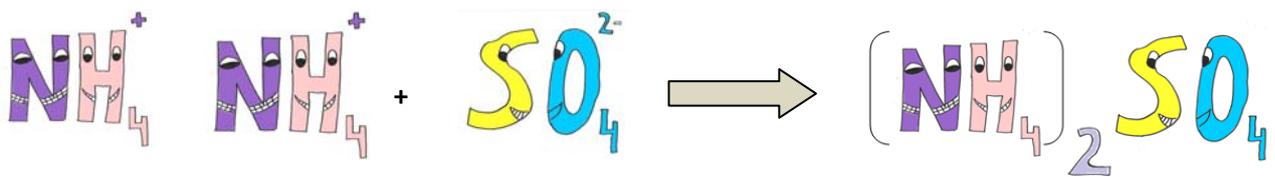
### Schwermetalle

Einer der fiesesten Vertreter (auch wenn er hier ganz nett aussieht) ist das Blei. Es kommt, wenn auch nur in geringer Konzentration im Feinstaub vor, und kann in unserem Körper das Nervensystem schädigen.



### Salze

Ammoniumsulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  befindet sich ebenfalls im Feinstaub. Es ist eine Ionenverbindung, die aus 2 Ammonium-Ionen (2 Kationen) und einem Sulfat-Ion (Anion) besteht.



Auch Ionenverbindungen müssen ausgeglichen sein, daher benötigt man das Ammonium-Ion zweimal.

Ammoniumsulfat kann mit Wasser und Mikroorganismen im Boden  $\text{H}^+$  Ionen freisetzen, die dann Nitrate bilden. Nitrate werden zwar als Dünger verwendet und sind gut für den Boden, aber auch hier gilt die Devise: Allzu viel ist ungesund und nicht jeder Boden verträgt jeden Dünger. Wenn wir über Nitrate sprechen, dann müssen wir auch einen Brückenschlag zum Saurer Regen machen.

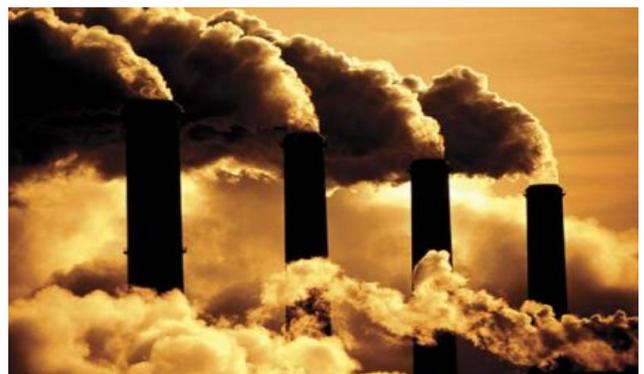
### Saurer Regen

Saurer Regen entsteht dann, wenn sich Gase wie Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) oder Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) mit Wasser verbinden. Diese Gase kommen in Auto- und Industrieabgasen vor.



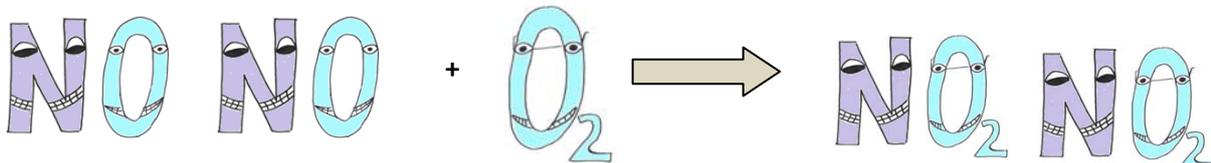
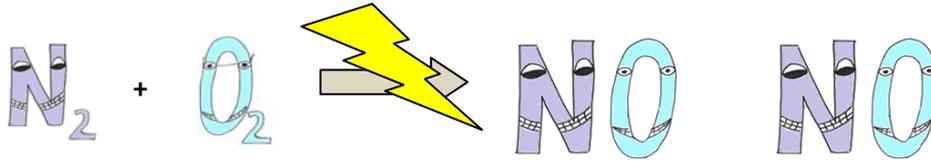
### Stickstoffoxide:

Stickstoffoxide gelangen nicht nur durch Abgase in die Atmosphäre, sondern entstehen auch natürlich. Der Grund dafür ist, dass sich bei Blitzentladungen

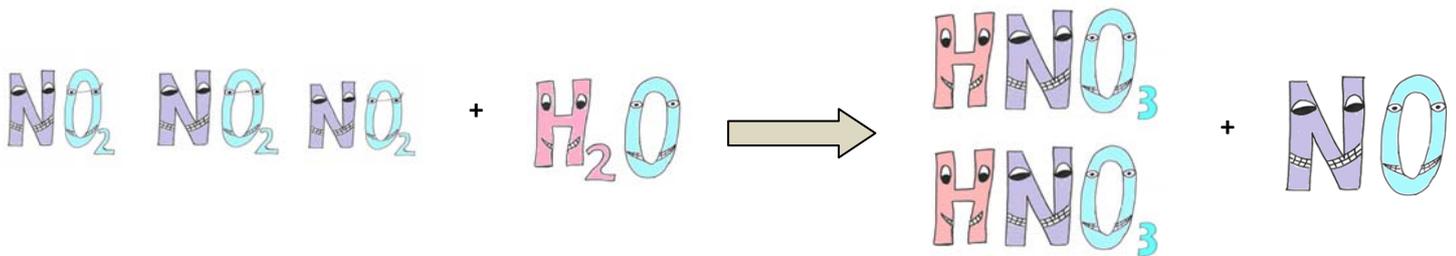


(Gewitter) der Stickstoff mit dem Sauerstoff zu Stickstoffmonoxid und mit weiterem Sauerstoff zu Stickstoffdioxid verbindet. Dies kann aber auch über Bodenemissionen geschehen.

Das sieht dann so aus:



Stickstoffdioxid verbindet sich mit Wasser zu Salpetersäure.



Die Salpetersäure gelangt über den Regen in die Erde, wo sie neutralisiert wird und in Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) überführt wird. Nitrate sind grundsätzlich gut als Dünger für die Pflanzen, jedoch wenn sich zu viel Nitrat im Boden befindet, dann werden Pflanzen zurückgedrängt, die weniger Stickstoff benötigen. Außerdem kommt es zu einem üppigen Pflanzenwuchs, jedoch haben diese Pflanzen schlechte Abwehrkräfte. Der Saure Regen war früher eine der Hauptursachen für das Waldsterben. Die aggressiven Säuren haben auch über Jahrzehnte hinweg schwere Schäden an Gebäuden hinterlassen.



Leider verlieren die Böden auch Mineralstoffe, weil sie von den Säuren ausgewaschen werden. Darunter leiden vor allem die Pflanzen.



Die Entstehung der Schwefelsäure kannst du im Übungsteil herleiten (keine Angst, das wird nicht schwer!). Im folgenden Experiment kannst du Schwefelige Säure ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) selber herstellen.



Ich empfehle aber, diesen Versuch unter dem Abzug herzustellen, weil Schwefeldioxid sehr stechend riecht und giftig ist.

Du benötigst: Schwefel (elementar), Wasser, Standzylinder, Verbrennungslöffel, Bunsenbrenner.

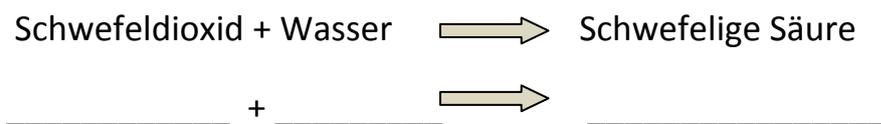
Gib etwas Schwefel in den Verbrennungslöffel und halte diesen unter die Flamme des Bunsenbrenners. Gib den Löffel anschließend in das Glas, tauche ihn aber nicht ins Wasser. Das Wasser verbindet sich mit dem Schwefeldioxid zur Schwefeligen Säure  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

Die Säure wird mit einem Indikator festgestellt. Diesen gibt es in verschiedenen Formen:

- Lackmuspapier färbt sich rot
- Indikatorstreifen verfärben sich und zeigen auf einer Farbskala den pH-Wert an. Die pH-Wert für Säuren liegen im Bereich zwischen 0 und 6 (7 = neutral, 8 – 14 ist basisch)
- Einige Tropfen Universalindikator färben die Schwefelige Säure rot. Am besten funktioniert der Versuch, wenn du den Indikator bereits vor dem Versuch in das Wasser gibst, weil man dann sehen kann, wie eine Verfärbung unter Einfluss von  $\text{SO}_2$  auftritt.

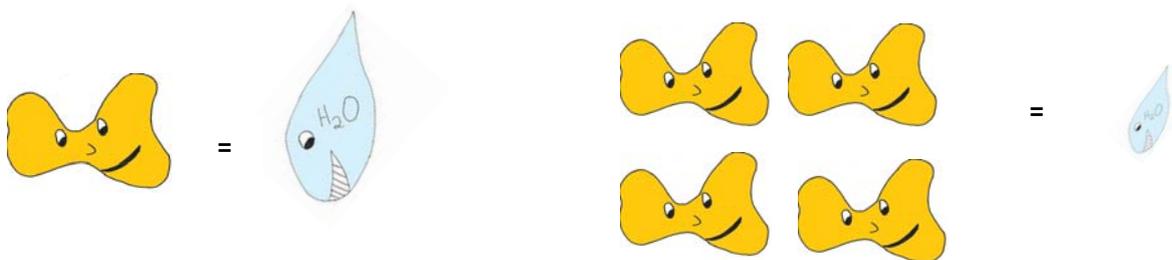


Versuche, die Reaktionsgleichungen aufzuschreiben:



### Auswirkungen auf das Klima

Wir wissen bereits, dass Feinstaub ein Kondensationskeim für Regentropfchen ist. Wenn aber sehr viel Feinstaub in der Atmosphäre ist, dann sind die Tröpfchen feiner.

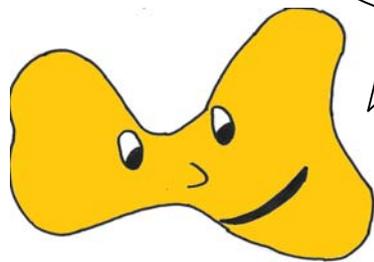


Wenn die Tröpfchen fein sind, dann werden die Wolken verändert. So kann es manchmal länger dauern bis es regnet. Dies kann vor allem für die Landwirtschaft zu einem Problem werden.

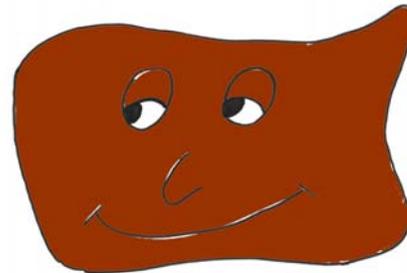
Jedenfalls werden die Wolken mal heller wodurch Sonnenlicht reflektiert wird und so die Atmosphäre gekühlt wird.

Wenn wir an die Reflexion des Sonnenlichtes denken, spielt die Farbe des Feinstaubes eine entscheidende Rolle. Überlege einmal, warum man im Sommer am besten helle Kleidung trägt. Ganz einfach, weil dunkle die Wärme der Sonnenstrahlen sehr leicht aufnimmt (absorbiert). Helle Kleidung reflektiert die Sonnenstrahlen.

Beim Feinstaub ist das Prinzip genau gleich.



Ich reflektiere das  
Sonnenlicht. Bei mir  
wird es kälter



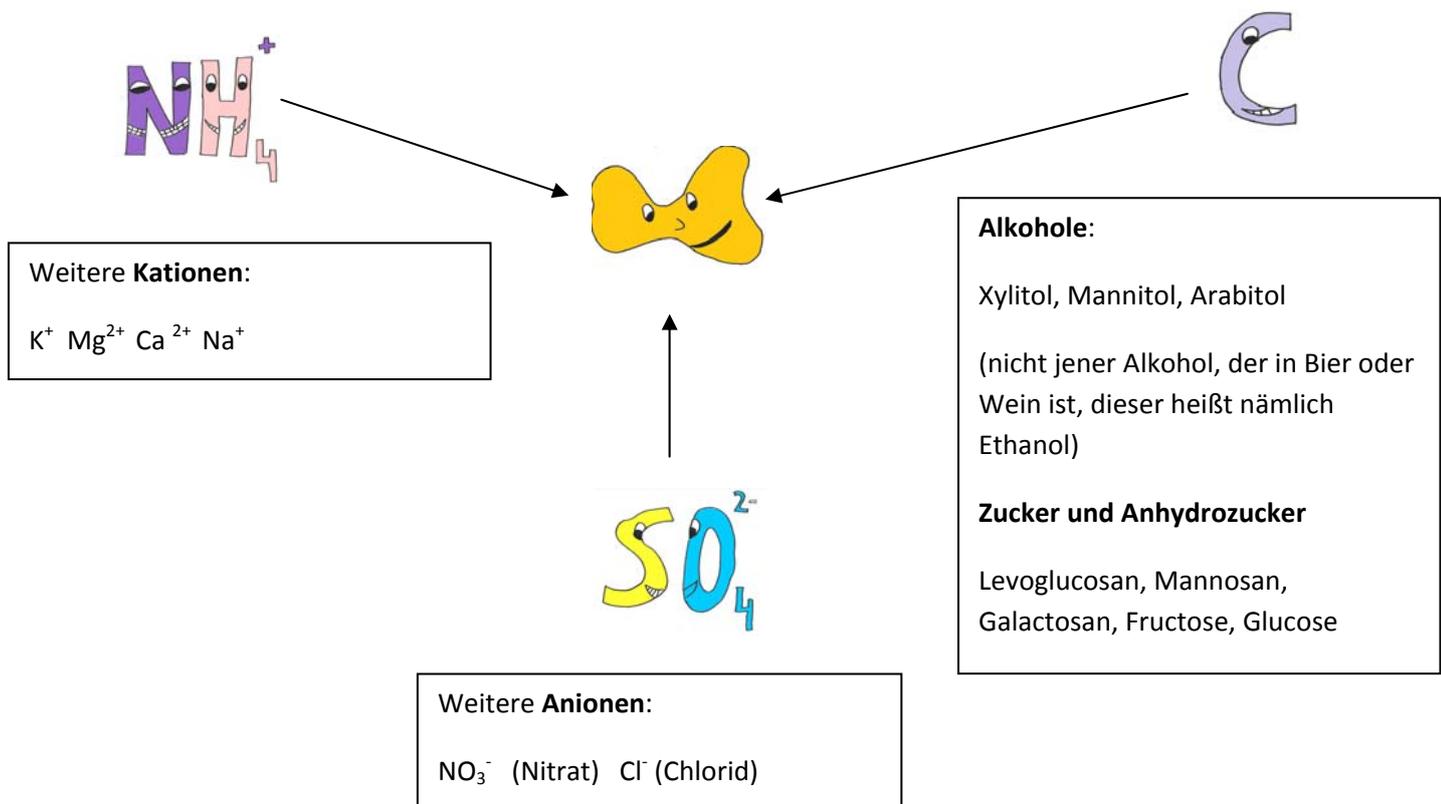
Ich wandle das Licht in  
Wärme um, bei mir wird  
es wärmer.

Die Luft kühlt sich ab (bzw. erwärmt sich) je nachdem, in welcher Höhe sich die Feinstaubteilchen befinden. Welcher Einfluss nun dominiert, ist für die einzelnen Gebiete der Erde sehr unterschiedlich. Um Vorhersagen zu machen, werden die Wissenschaftler noch viele Überlegungen anstellen müssen.

## 6) Dem Feinstaub und seiner Zusammensetzung auf der Spur - Chemische Analyseverfahren

Nun haben wir die wichtigsten Bestandteile des Feinstaubes kennen gelernt, jedoch die Frage noch nicht geklärt, wie man diese aufspürt.

Ein sehr hilfreiches Analyseverfahren ist die **Chromatographie**, was so viel wie Farbschreiben bedeutet. Damit kann man herausfinden, was sich genau in einer Probe befindet. Im Fall von Staubius wollen wir z. B. wissen, welche Kationen, Anionen und organischen Stoffe im Feinstaub enthalten sind.



Welche Namen haben die Kationen?



Wie viele Elektronen geben diese Kationen jeweils ab. Das erkennt man an der Ladung.

Jetzt wissen wir, was gesucht wird, jedoch kennen wir das Prinzip der Chromatographie noch nicht. Das ist aber ganz einfach.

Bei der der Chromatographie gib es immer 2 Phasen (= Teile):

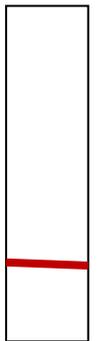
- **Stationäre Phase** (stationär = Diese Phase bewegt sich nicht). Die Stationäre Phase befindet sich in einer Röhre, die man Säule nennt.
- **Mobile Phase** (mobil = Diese Phase bewegt sich)

Machen wir gleich einen Versuch dazu:



Du brauchst: Eine Kreide (diese sollte eckig, bzw. die Form eines Quaders haben, damit sie stabil stehen kann), Filzstifte, eine Petrischale oder ein anderes Gefäß, Wasser.

- 1) Nimm einen Filzstift (Farbe ist egal) und zeichne auf der Kreide nach ca. 1,5 – 2 cm einen Strich ein (vgl. Bild)
- 2) Stelle die Kreide in eine mit Wasser gefüllte Petrischale. Der Strich soll aber nicht gleich ins Wasser eintauchen.
- 3) Durch Kapillarkräfte steigt das Wasser nach oben und kommt natürlich auch in Kontakt mit der Farbe.



### Was passiert jetzt?

Die jeweilige Farbe wird in ihre einzelnen Farbtöne aufgetrennt. Das Wasser als mobile Phase transportiert die Farbe über die Kreide (= stationäre Phase und zugleich unsere Säule), die an verschiedenen Stellen der Kreide adsorbiert wird. Das heißt, die Farbe wandert entlang der Kreide und wird dort angehaftet. Dies geschieht umso schneller, je stärker der Kontakt zwischen der mobilen Phase und der Kreide ist. Die Farbe ist daher immer zwischen mobiler und stationärer Phase verteilt, das natürlich in unterschiedlichen Mengen und Zeiten.

Übrigens lässt sich dieser Versuch auch mit Filterpapier durchführen.

Dies ist die einfachste Form der Chromatographie. Es gibt natürlich noch mehrere chromatographische Verfahren, die immer nach dem Prinzip „Mobile Phase – Stationäre Phase“ arbeiten, jedoch kann die stationäre Phase auch flüssig sein bzw. die mobile Phase ein Gas. Neben der Adsorption gibt es auch die Verteilungschromatographie, die Dünnschichtchromatographie oder die Ionenchromatographie, der wir uns jetzt zuwenden..

### Ionenchromatographie

Bei der Ionenchromatographie können die einzelnen Ionen voneinander getrennt werden, jedoch werden sie in der stationäre Phase nicht adsorbiert, sondern durch eine Ionenbindung festgehalten. Die Ionen benötigen eine gewisse Zeit, bis sie die Säule durchlaufen. Sie kommen zu unterschiedlichen Zeiten an, sodass man das mit einem Wettrennen vergleichen kann.

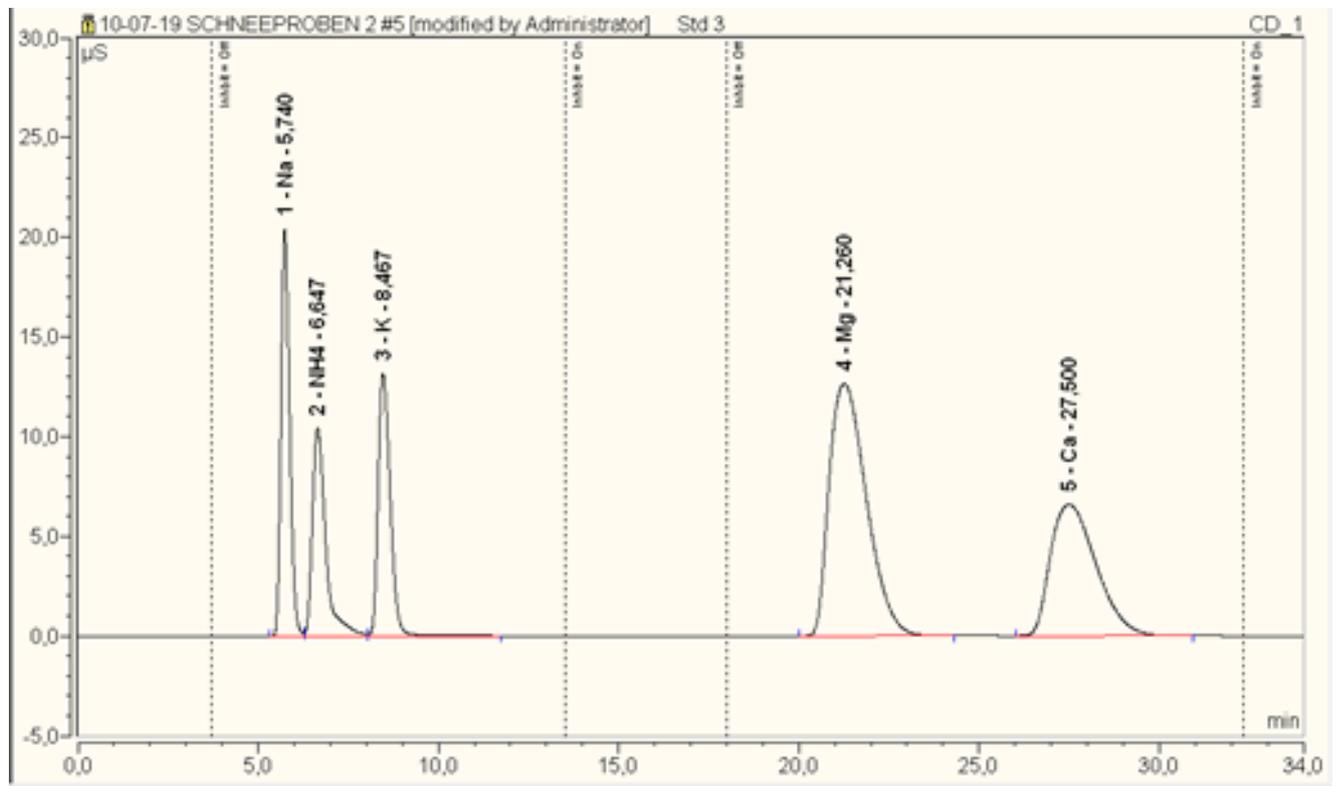
Wer das Rennen gemacht hat, kann man an einem sogenannten Chromatogramm erkennen.



Hier siehst du ein Chromatogramm, das dich sicher an das Koordinatensystem aus dem Mathematikunterricht erinnert. Auch hier gibt es eine x-Achse und eine y-Achse.

**x-Achse: Zeit**

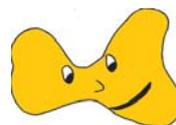
**y-Achse: Detektorsignal**



Die „Hügel“ im **Chromatogramm** nennt man **Peaks**. Der erste Peak markiert das schnellste Ion, der letzte das langsamste. Die x-Achse markiert die Zeit, welche die Ionen zum Durchlaufen der Säule benötigen. Da hat Natrium eindeutig die Nase vor Ammonium usw. Die genauen Zeiten stehen oberhalb der Spitzen – diese nennt man **Retentionszeiten**. Die Retentionszeit sagt aus, wie lange das Ion für die Strecke innerhalb der Säule benötigt.

Daher haben wir folgende Siegerliste wie in der Formel 1.

1. *Natrium* ( $\text{Na}^+$ ), Zeit: 5,75 min
2. *Ammonium* ( $\text{NH}_4$ ), Zeit: 6,65 min
3. *Kalium* ( $\text{K}^+$ ), Zeit: 8,47 min
4. *Magnesium* ( $\text{Mg}^{2+}$ ): Zeit: 21,26 min
5. *Calcium* ( $\text{Ca}^{2+}$ ): 27,50 min



Für die Anionen, Zucker,... funktioniert das ebenfalls nach dem gleichen Prinzip. Es gibt immer schnellere und langsamere, das ist bei einem Autorennen auch nicht anders.

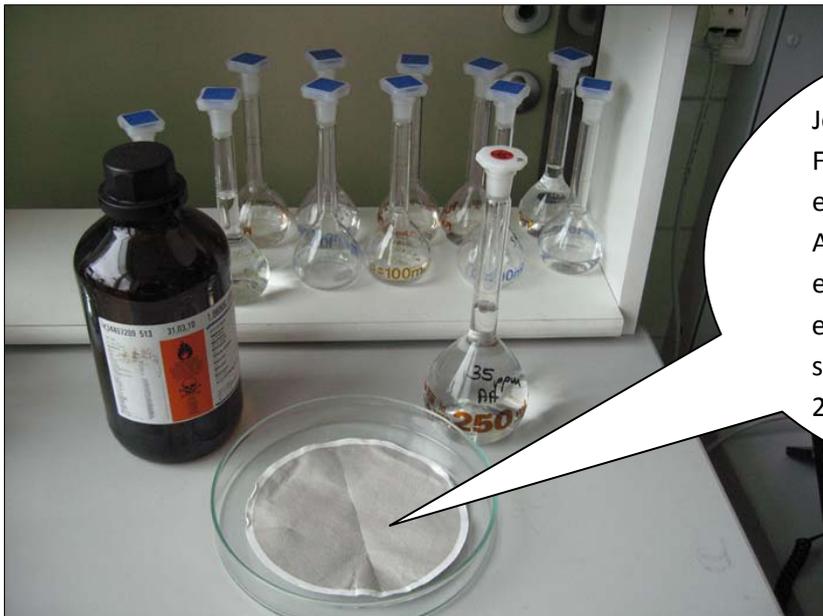
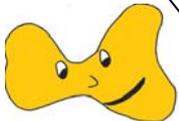
Vielleicht ist dir aufgefallen, dass die Peaks unterschiedlich hoch sind. Das hängt damit zusammen, dass ein Detektor unterschiedlich stark auf die einzelnen Ionen reagiert. Ein Detektor kann auf Konzentrationen, Masse, Leitfähigkeit usw. reagieren – hier gibt es verschiedene Methoden. In

unserem Fall ist es die Leitfähigkeit, die in Mikrosiemens gemessen wird. Ammonium hat hierbei den niedrigsten Wert.

### Zu Besuch an der Technischen Universität (TU) in Wien

An der TU werden diese Feinstaubuntersuchungen mit Hilfe der Ionenchromatographie vorgenommen. Oft wird an bestimmten Orten in Österreich Feinstaub mit einem Filter aufgefangen und nach Wien an die TU geschickt. Dort wird von den Filtern eine kleine Probe entnommen und auf Kationen, Anionen und Zucker untersucht. Lass uns einmal einen kleinen Rundgang machen.

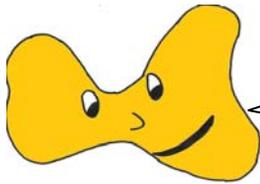
Hier im 8. Stock befindet sich das IC (Ionenchromatographie) Labor. Wie du siehst, stehen hier viele Geräte für die Chromatographie herum



Jetzt melde ich mich aus dem Filter. Von diesem wird jeweils eine Probe für die Kationen, Anionen und die Zucker entnommen. Für jeden Tag gibt es einen eigenen Filter. Dieser stammt aus Klagenfurt vom 28.2.2011



Die Probe kommt dann anschließend in ein Proberöhrchen oder in eine sogenannte Petrischale. Wichtig ist, dass immer der Name der Probe, die Zeit und der Ort beschriftet sind.



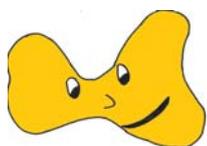
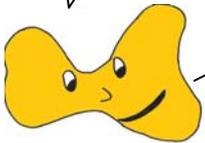
Meistens wird bei einer Messung ein Zeitraum von einem Monat untersucht. Da jeder Tag eine eigene Probe ist und wenn man ein Monat mit 30 Tagen rechnet, dann benötigt man...

- 30 Röhren für die Kationen
- 30 Röhrchen für die Anionen
- 30 Röhrchen für Zucker
- 30 Petrischalen für Kohlenstoff

Macht also insgesamt 120 Gefäße für diverse Messungen. Da man das alles mit der Hand vorbereiten muss, kannst du dir vorstellen, wie viel Arbeit die Vorbereitungen mit sich bringen. Wichtig ist vor allem die Sauberkeit, da die Proben nicht verunreinigt werden dürfen. Deswegen müssen alle Laboranten Handschuhe tragen. Zu ihrer Sicherheit müssen sie eine Schutzbrille und einen weißen Arbeitsmantel tragen.

Die fertigen Proben, kommen dann jeweils in den entsprechenden Chromatographen.

Hier sind verschiedene Flüssigkeiten (Eluent nennt man das) als mobile Phase



Hier werden die Proben eingesetzt. Eine Nadel sticht in das Gefäß und holt die Probe heraus, die dann durch die Säule im Chromatographen wandert.

So sieht der Chromatograph von innen aus:

Hier befindet sich die Säule, die von der Probe durchlaufen wird – genau wie die Kreide in unserem Versuch.

Das Pumpsystem pumpt den Eluenten in die Säule.



Ein Eluent muss meistens erst hergestellt werden bzw. werden vor der Untersuchung der eigentlichen Probe sogenannte Standards gemessen, mit denen die Probe später verglichen wird. Laborant Jörg stellt gerade solche Standards her.



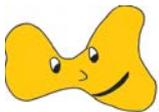
Ist euch etwas aufgefallen? Der gute Jörg ist zwar fleißig und bemüht bei der Sache, jedoch hat er etwas vergessen, dass die Qualität der Probe eindeutig verändern kann. Was hat er falsch gemacht?

A: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Natürlich dauert es eine gewisse Zeit, bis alle Proben die Säule durchlaufen haben. Deswegen wird oft über Nacht gemessen (die Maschine erledigt das von selber), da Zuschauen mit der Zeit ein wenig langweilig wird. Außerdem müssen wieder neue Proben vorbereitet werden, was bekanntlich sehr zeitaufwendig ist.



Nachdem alle Proben analysiert worden sind, erhält Jörg ein Chromatogramm auf dem Computer, der an den Chromatographen angeschlossen ist. In diesem Fall kann er jetzt feststellen, welche Kationen und Anionen in seiner Probe enthalten waren. Für Kohlenstoff wird wieder ein eigenes Gerät benutzt, daher teilen sich die Laboranten gerne die Arbeit auf. Daher gibt es wahre Experten für Kationen und Anionen sowie auch für Kohlenstoff.



Nun sind wir am Ende unserer langen Projektreise angelangt. Ich hoffe, dass dir unser kleiner wissenschaftlicher Ausflug gefallen hat und du dich eventuell für andere Gebiete in der Chemie oder grundsätzlich in den Naturwissenschaften (Biologie, Physik, Mathematik...) auch zu interessieren beginnst.

Überlegt euch Themen, die euch interessieren könnten und bittet eure LehrerInnen, ob ihr vielleicht nicht ein Projekt daraus machen könntet. Wichtig ist natürlich, dass ihr Spaß daran habt, jedoch solltet ihr auch verstehen, dass Lernen und das Leben an sich nicht immer nur aus Spaß bestehen. Es waren vielen Stunden Arbeit und sehr viel Lese- bzw. Lernarbeit notwendig, um diese Projektmappe für euch zu erstellen. Aber da ihr sicher fleißige SchülerInnen seid und womöglich sich vielleicht sogar ein späterer Nobelpreisträger unter euch befindet, bin ich mir sicher, dass ihr noch viel Freude am naturwissenschaftlichen Arbeiten finden werdet.

In diesem Sinne wünsche ich euch viel Erfolg und sage Tschüss bis zum nächsten Mal!

Herzlichst euer

Staubius Staub

## Kapitel 1 – Arbeitsaufgaben

- 1) Warum kann man Hausstaub nicht mit Feinstaub gleichsetzen?
- 2) Wo kann man Feinstaub finden?
- 3) In welcher Einheit wird die Größe des Feinstaubes gemessen?
- 4) Was bedeuten die Abkürzungen PM und TSP?
- 5) Es gibt drei Größen, wie man den Feinstaub einteilt. Welche sind das?
- 6) Haben Feinstaubteilchen eine regelmäßige Form?
- 7) Wie bezeichnet man den Durchmesser eines Feinstaubpartikels?
- 8) Warum ist es nicht einfach, den Durchmesser eines Feinstaubteilchens zu bestimmen?

Wenn alle Teilchen die gleiche Dichte haben – besitzen jene mit einem größeren oder kleineren aerodynamischen Durchmesser eine höhere Sinkgeschwindigkeit.

- 9) Rechenaufgaben: Schreibe als negative Hochzahl:

0,0000002 mm =

0,0000000000013 mm =

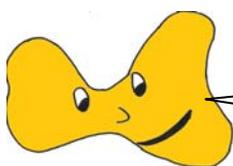
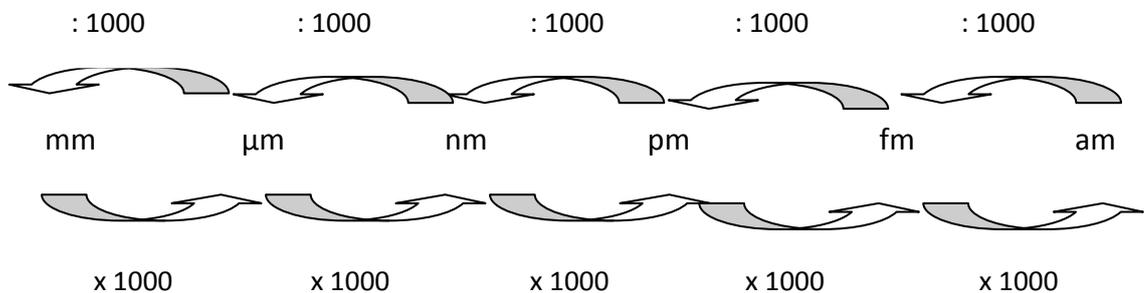
0,0001 mm =

0,0000000000345 mm =

0,000097 mm =

- 10) Die Rechenaufgaben beziehen sich alle auf mm. Welche von den kleineren Einheiten würden sich hier besser zur Darstellung eignen?

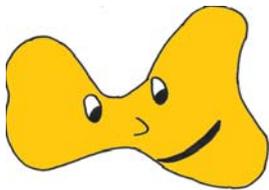
Eine kleine Orientierungshilfe:



Bei der Division werden Nullen hinter dem Komma dazu gehängt, bei der Multiplikation werden die Nullen gestrichen!

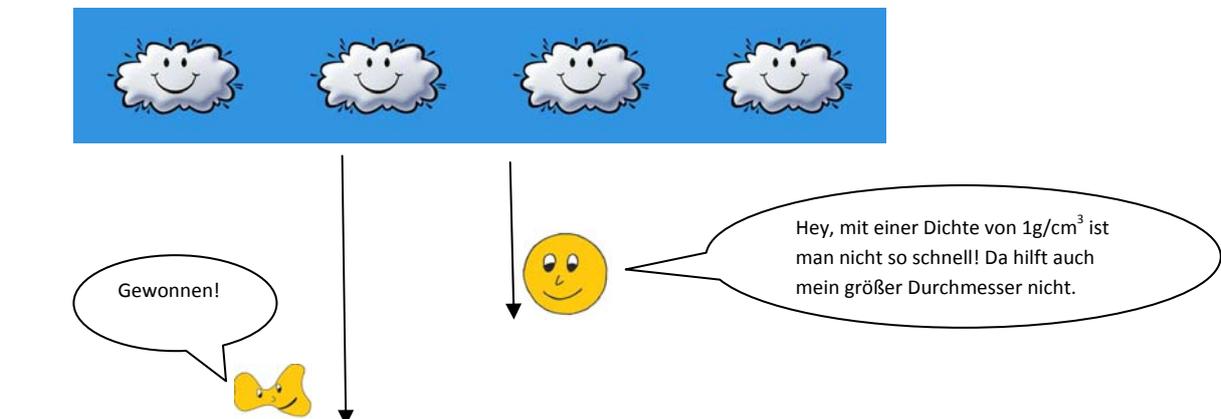
## Zusatzkapitel zum Thema Dichte

Psst, nicht weitersagen, ich verrate euch mal meine Werte. Vergleiche diese mit meinem runden Kollegen aus Kapitel 1:



**Name:** Staubius Staub (der Wahre)  
**Durchmesser:** 5  $\mu\text{m}$  (PM 10 = trotzdem noch ein Riese unter den Partikeln)  
**Dichte:** 4g/cm<sup>3</sup>  
**Sinkgeschwindigkeit:** Schneller als 0,22 cm/s

Warum bin schneller als mein kreisförmiges zweites Ich? Die Dichte macht in diesem Fall den Unterschied aus. Da meine Dichte höher ist, falle ich schneller zu Boden:

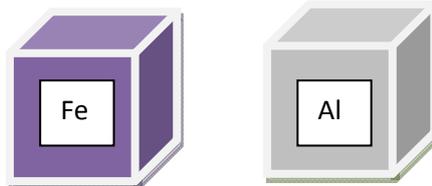


Warum macht die Dichte den Unterschied aus bzw. was ist denn die Dichte? Folgende Erklärung erscheint hier recht hilfreich:

*Ist ein Körper gemessen an seiner Größe schwer wie ein Stein oder leicht wie eine Feder?*

Das ergibt sich aus dem Verhältnis **Masse dividiert durch Volumen** ( $\rho = m : V$ ).

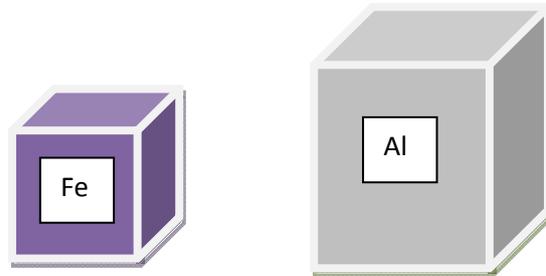
**Beispiel:** Wir haben 2 gleich große Würfel, einer besteht aus Eisen (Fe), einer aus Aluminium (Al). Beide haben das gleiche Volumen (= Rauminhalt – alles was man in diesen Würfel hineingeben kann).



Eisen ist aber schwerer als Aluminium. Daher ergibt sich ein höherer Wert bei der Dichte.

Würde man beide Körper gleichzeitig senkrecht aus dem Fenster fallen lassen, dann wäre Eisen aufgrund seiner Gewichtskraft schneller. Der Luftwiderstand ist für beide derselbe, da beide die gleiche Form haben.

Wie wäre es aber, wenn der Aluminiumwürfel gleich schwer wie der Eisenwürfel wäre? Dann hätte Aluminium aufgrund seines größeren Volumens mehr Luftwiderstand und Eisen wäre trotzdem wieder der Sieger! Der Unterschied kann aber nur gemessen werden und ist mit freiem Auge nicht bemerkbar

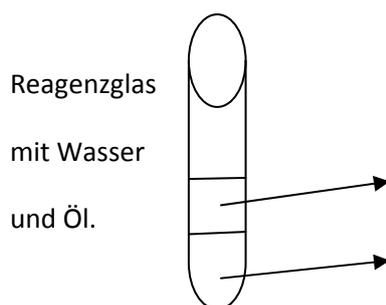


Beim Feinstaub ist das dasselbe:



Zur Dichte gibt es im Übrigen ein paar nette Experimente:

Fülle in ein Reagenzglas Wasser und Speiseöl. Du wirst erkennen, dass sich diese beiden Flüssigkeiten nicht miteinander mischen lassen. Jene Flüssigkeit mit der kleineren Dichte schwimmt an der Oberfläche der anderen Flüssigkeit. Man sagt auch, dass sich hier 2 Phasen bilden. Probiere es einfach aus und beschrifte bei den Pfeilen, um welche Flüssigkeit es sich handelt.



\_\_\_\_\_ hat die kleinere Dichte und  
Schwimmt daher auf dem \_\_\_\_\_

Nachdem du das gemacht hast, versuchst du durch kräftiges Schütteln diese beiden Flüssigkeiten zu mischen. Wird dir das gelingen. Warte danach ein paar Minuten, was passiert?

Beobachtung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### Dichteberechnung bei Festkörpern

Du kannst von jedem Festkörper die Dichte berechnen. Für solche Übungen eignen sich z. B. Würfel oder Quader aus Eisen, Aluminium, Kupfer etc. , die ihr sicher in eurer Physiksammlung in der Schule habt bzw. haben solltet.

Du brauchst: Waage, Messbecher mit Wasser, dein rechnerisches Können bzw. einen Taschenrechner.

- 1) Stelle den Körper auf die Waage. Diese wird dir die Masse in Gramm (g) anzeigen. Notiere das Ergebnis.
- 2) Fülle das Becherglas mit Wasser und notiere dir das Volumen (z. B. 200 ml).
- 3) Gib den Körper ins Wasser. Dieser wird jetzt das Wasser verdrängen, das heißt es wird in die Höhe steigen. Wenn es z. B. auf 350 ml steigt, dann hat der Körper ein Volumen von 150 ml (350 – 200 = 150 ml)
- 4) Nun musst du nur noch die Formel  $\rho = m : V$  anwenden:

m = Die Masse, die dir die Waage angezeigt hat.

V = Das Volumen des Körpers.



### Dichteberechnung bei Flüssigkeiten:

Du brauchst: Waage, dein rechnerisches Können bzw. einen Taschenrechner.

- 1) Stelle einen Messbecher auf die Waage und drücke die Taste Tara (bzw. Tare, wenn die Beschriftung Englisch sein sollte). Das ist sehr wichtig, damit die Waage die Masse des Gefäßes nicht anzeigt.
- 2) Fülle nun eine Flüssigkeit ins Becherglas. Notiere die Masse der Flüssigkeit.
- 3) Da du ein Becherglas verwendest, notiere dir anhand der Messanzeige das Volumen.
- 4) Nun musst du nur noch die Formel  $\rho = m : V$  anwenden:

m = Die Masse, die dir die Waage angezeigt hat.

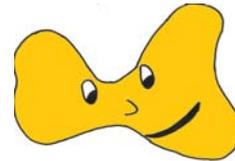
V = Angezeigtes Volumen im Becherglas.

Beachte auch, dass es natürlich auch zu Fehlern beim Ablesen vom Messbecher kommen kann. Meistes werden in den Physiksälen einfache Küchenwaagen verwendet, die nicht immer 100%ig genau arbeiten. Aber auch hochgerüstete Labors haben mit ähnlichen Schwierigkeiten zu kämpfen, wenn auch in einem kleineren Messbereich.

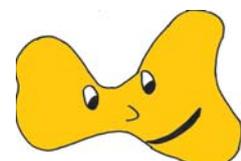
## Kapitel 2 – Arbeitsaufgaben

- 1) Welche Feinstaubquellen kennst du?
- 2) Was ist der Unterschied zwischen einer natürlichen und einer anthropogenen Quelle?
- 3) Was versteht man unter einer primären Komponente? Nenne 3 Beispiele.
- 4) Was versteht man unter einer sekundären Komponente? Nenne 3 Beispiele.
- 5) Erkläre die Begriffe Emission, Transmission und Immission.
- 6) Beschreibe kurz den Weg des Feinstaubs von der Quelle bis zur Immission.

## Kapitel 3 – Arbeitsaufgaben

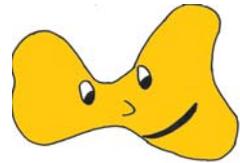


- 1) Wo sind die Elemente geordnet?
- 2) Wie sind sie geordnet?
- 3) Elemente bestehen aus Atomen. Wie ist ein Atom aufgebaut? Welche Ladungen besitzen sie
- 4) Welche Namen haben die Elemente He, F, O, Al, Mg, Ca, Li, Si, Ne?
- 5) Ordne diesen Elementen (Frage 4) die Gruppe und die Periode zu.
- 6) Ordne die Elemente (Frage 4) vom leichtesten zum schwersten.
- 7) Elemente sind elektrisch neutral. Wie viele Protonen und Elektronen besitzen sie (Nimm auch hier die Elemente aus Frage 4).
- 8) Wie viele Elektronen haben die Elemente aus Frage 4 in ihrer äußersten Schale?
- 9) Wie heißen die positiv geladenen Ionen und wie nennt man die negativ geladenen Ionen?
- 10) Welches Element besitzt kein Neutron?
- 11) Untersuche das Element Schwefel. Wie viele Protonen und Elektronen hat es? Wie viele Neutronen hat es. (Tipp: Massenzahl – Protonenzahl = Neutronenzahl)
- 12) Aus welchen Elementen bestehen diese Verbindungen? ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{CuSO}_4$ )
- 13) Aus welchen Ladungen setzt sich die Molare Masse zusammen?
- 14) Wie heißt die Zahl im Periodensystem, an der man die Molare Masse ablesen kann?
- 15) In welcher Einheit wird die Molare Masse angegeben?
- 16) Wie viele Teilchen sind in einem Mol eines Stoffes enthalten?



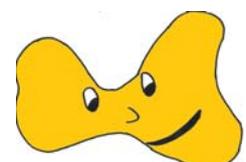
## Kapitel 4 – Arbeitsaufgaben

- 1) Wie nennt man den Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Zustand?
- 2) Was ist ein Kondensationskeim?
- 3) Beschreibe kurz den Vorgang der Wolkenbildung.
- 4) Warum sind für die Wolkenbildung Kondensationskeime notwendig?
- 5) Zeichne die 8 Hauptgruppen im Periodensystem richtig ein!

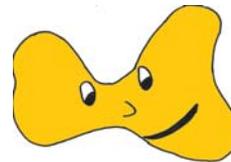


Periodensystem der Elemente																																																																																																																					
1	2											13	14	15	16	17	18																																																																																																				
IA	IIA											IIIA	IVA	VVA	VIA	VIIA	VIIIA																																																																																																				
1 H 1,00794	2 He 4,002602											3 B 10,811	4 C 12,0107	5 N 14,00644	6 O 15,999	7 F 18,9984032	8 Ne 20,17976	9 Na 22,98976928	10 Mg 24,304094	11 Al 26,9815386	12 Si 28,0855836	13 P 30,973762	14 S 32,065	15 Cl 35,453	16 Ar 39,948	17 K 39,0983	18 Ca 40,078	19 Sc 44,955912	20 Ti 47,88	21 V 50,9415	22 Cr 51,9961	23 Mn 54,938045	24 Fe 55,845	25 Co 58,933195	26 Ni 58,6934	27 Cu 63,546	28 Zn 65,38	29 Ga 69,723	30 Ge 72,630	31 As 74,9216	32 Se 78,96	33 Br 79,904	34 Kr 83,798	35 Rb 85,4678	36 Sr 87,62	37 Y 88,90584	38 Zr 91,224	39 Nb 92,90638	40 Mo 95,94	41 Tc 98	42 Ru 101,07	43 Rh 102,9055	44 Pd 106,3676	45 Ag 107,8682	46 Cd 112,411	47 In 114,818	48 Sn 118,710	49 Sb 121,757	50 Te 127,6	51 I 126,90545	52 Xe 131,29	53 Ba 137,327	54 La 138,90547	55 Ce 140,12	56 Pr 140,90766	57 Nd 144,242	58 Pm 144,9126	59 Sm 150,36	60 Eu 151,964	61 Gd 157,25	62 Tb 158,92523	63 Dy 162,50	64 Ho 164,93032	65 Er 167,259	66 Tm 168,93403	67 Yb 173,04	68 Lu 174,967	69 Cs 132,90545196	70 Ba 137,327	71 Hf 178,49	72 Ta 180,9479	73 W 183,84	74 Re 186,207	75 Os 190,23	76 Ir 192,222	77 Pt 195,084	78 Au 196,966569	79 Hg 200,59	80 Tl 204,3833	81 Pb 207,2	82 Bi 208,9804	83 Po 209	84 At 210	85 Rn 222	86 Fr 223	87 Ra 226	88 Ac 227	89 Th 232,0377	90 Pa 231,036888	91 U 238,02891	92 Np 237	93 Pu 244	94 Am 243	95 Cm 247	96 Bk 247	97 Cf 251	98 Es 252	99 Fm 257	100 Md 258	101 No 259	102 Lr 262	103 Uuo 289	104 Uuq 289	105 Uup 289	106 Uuh 289	107 Uus 289	108 Uuo 289

- 6) Wie werden die Perioden gelesen. Waagrecht oder senkrecht?
- 7) Wie werden die Hauptgruppen gelesen? Waagrecht oder senkrecht?
- 8) Wie heißen die 8 Hauptgruppen und weil viele Elektronen befinden sich jeweils in ihrer letzten Schale?
- 9) Warum tanzen Wasserstoff (H) und Helium (He) in ihren Gruppen ein wenig aus der Reihe?
- 10) Erkläre kurz, wie sich Natrium mit Chlor verbindet? Warum ist Natrium positiv und Chlor negativ geladen?
- 11) Warum wollen die Elemente bei der Ionenbindung so wenig Elektronen wie möglich abgeben?



- 12) Wie nennt man die Bindung bei organischen Substanzen?
- 13) Zeichne das Erdgas (Methan)
- 14) Versuche die Strukturformel von Propan  $C_3H_8$  richtig zu zeichnen (3x Kohlenstoff, 8x Wasserstoff)
- 15) Nenne ein Beispiel für einen fossilen Energieträger. Was wird daraus bevorzugt hergestellt?
- 16) Welche Produkte entstehen, wenn man Kohlenwasserstoffe verbrennt?
- 17) Schreibe die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Propan.
- 18) Was wird immer für eine Verbrennung benötigt (ohne kann sie nämlich gar nicht stattfinden)?



## Kapitel 5 – Arbeitsaufgaben

- 1) Beschreibe kurz, wie weit die Feinstaubteilchen gemäß ihres Durchmessers in den Körper gelangen können?
- 2) Welche Abwehrmöglichkeit hat der Körper in der Nase. Beschreibe sie kurz.
- 3) Welche Abwehrmöglichkeiten hat der Körper in der Lunge. Beschreibe sie kurz.
- 4) Was sind Makrophagen und was tun sie?
- 5) Nenne 3 Beispiele für eine kurzzeitige Belastung und 3 Beispiele für eine langfristige Belastung.
- 6) Nenne ein Schwermetall, das die Nerven im Körper schädigen kann.
- 7) Versuche analog wie im Beispiel von Ammoniumsulfat die Entstehung des Salzes Magnesiumchlorid  $MgCl_2$  herzuleiten. Achte dabei auf die Ladungen und auf die Hinweise bzgl. der Hauptgruppen aus Kapitel 4.
- 8) Welche Abgase sind für den Sauren Regen verantwortlich?
- 9) Versuche folgende Reaktion als Formel zuschreiben:
 

Schwefel + Sauerstoff = Schwefeldioxid

Schwefeldioxid +  $\frac{1}{2}$  Sauerstoff = Schwefeltrioxid

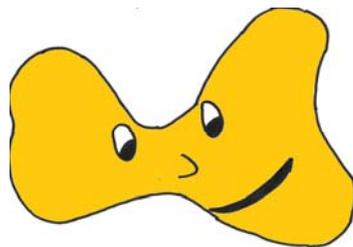
Schwefeltrioxid + Wasser = Schwefelsäure
- 10) Welche Auswirkungen haben vor allem die Nitrate auf das Pflanzenwachstum?



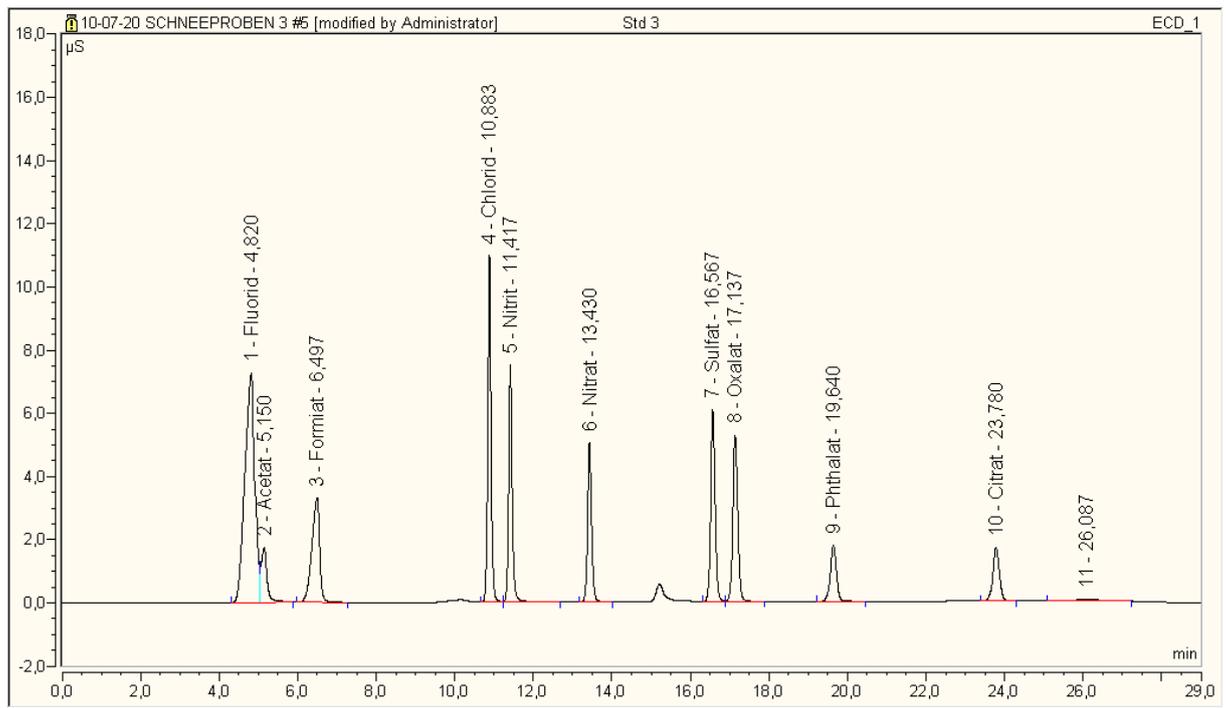
- 11) Was können Säuren den Pflanzen im Allgemeinen wegnehmen?
- 12) Wofür war der Saure Regen früher weitgehend verantwortlich? Wo hat er noch Schäden hinterlassen?
- 13) Wie nennt man den Wert, der uns angibt, ob etwas sauer oder basisch ist?
- 14) Welche Werte markieren den sauren, den neutralen und den basischen Bereich?
- 15) Wie färbt sich ein Streifen Lackmuspapier, wenn er in Kontakt mit einer Säure kommt?
- 16) Wie können Feinstaubteilchen Auswirkungen auf das Klima haben (wärmender und kühlender Effekt)?

## Kapitel 6 – Arbeitsaufgaben

- 1) Wie heißt ein Analyseverfahren, das zur Erforschung des Feinstaubes Verwendung findet?
- 2) Nach welchen 3 Dingen wird im Feinstaub gesucht?
- 3) Wie heißen die beiden Phasen bei der Chromatographie?
- 4) Was geschieht bei der Adsorptionschromatographie (Kreidebeispiel)?
- 5) Wie können die Phasen bei der Chromatographie sein? Welche Möglichkeiten gibt es?
- 6) Welche spezielle Form der Chromatographie wird bei der Feinstaubuntersuchung eingesetzt?
- 7) Was versteht man unter der Retentionszeit?
- 8) Nenne Kationen und Anionen, nach denen gesucht wird.



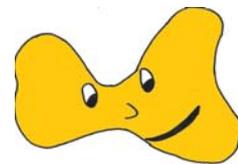
- 9) Sieh dir das Chromatogramm an. Wonach wurde hier gesucht? Kationen, Anionen oder Zucker?



- 10) Wer hatte hier die Nase vor? Erstelle eine Liste, was zuerst angezeigt (detektiert) wurde.

- 11) Wie kann man die Retentionszeiten herauslesen?

- 12) Was wird auf der x-Achse, was wird auf der y-Achse aufgetragen?



- 13) Worauf kann ein Detektor bei der Chromatographie reagieren?

- 14) Warum sind die Vorbereitungen für eine Messung sehr aufwändig?

- 15) Wie kann Feinstaub eingefangen werden? Wo befindet er sich, wenn er ins Labor kommt?

- 16) Welche Dinge muss der Chemiker im Labor zum Schutz tragen?

- 17) Warum muss der Chemiker außer zu seinem Schutz Handschuhe tragen?

- 18) Wie nennt man die Flüssigkeit bzw. die Flüssigkeiten mit einem Fremdwort, die als mobile Phase in der Säule verwendet werden?

# Lösungen zu den Aufgaben aus dem Heft

## Kapitel 1

### Aufgabe

1 Nanometer (nm) =  $10^{-6}$  mm = 0,000001 mm

1 Pikometer (pm) =  $10^{-9}$  mm = 0,000000001

1 Femtometer (fm) =  $10^{-12}$  mm = 0,000000000001 mm

1 Attometer (am) =  $10^{-15}$  mm = 0,000000000000001 mm

### Aufgabe

10  $\mu$ m = 0,01 oder  $10^{-2}$  mm

2,5  $\mu$ m = 0,0025 oder  $2,5 \times 10^{-3}$  mm

## Kapitel 2

Quiz: Tansania hat keinen Anteil an der Sahara

## Kapitel 3

### Aufgabe

Pb = Blei (Metall)    Zn = Zink (Metall)    Fe = Eisen (Metall)

### Aufgabe

Bei C handelt es sich um Kohlenstoff. Kohlenstoff ist ein Nichtmetall.

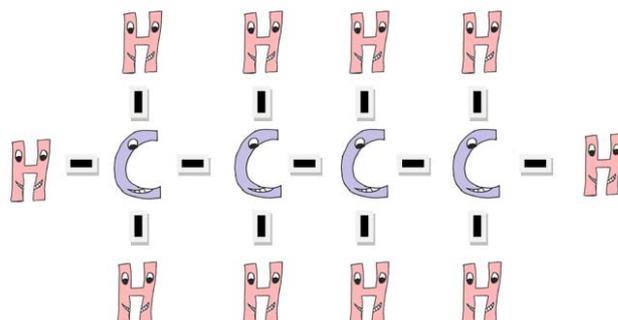
### Aufgabe

Ammonium  $\text{NH}_4$  besitzt ein Stickstoffatom und 4 Wasserstoffatome

Nitrat  $\text{NO}_3$  besitzt ein Stickstoffatom und 3 Sauerstoffatome. Sulfat  $\text{SO}_4$  besitzt ein Schwefelatom und 4 Sauerstoffatome

## Kapitel 4

Die Verbindung heißt Propan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) und sieht so aus:

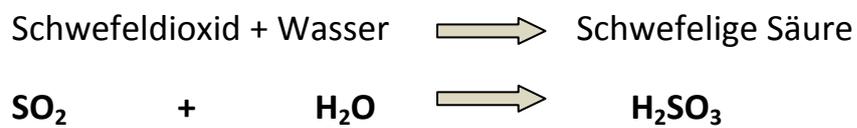


## Kapitel 5

### Aufgabe

3000 Tage sind ca. 8,22 Jahre (dividiert durch 365) oder genauer gesagt 8 Jahre, 2 Monate (gerechnet mit 30 Tagen) und 20 Tage

### Aufgabe



## Kapitel 6:

### Aufgabe

$\text{K}^+$  (Kalium),  $\text{Mg}^{2+}$  (Magnesium),  $\text{Ca}^{2+}$  (Calcium),  $\text{Na}^+$  (Natrium)

### Aufgabe

$\text{K}^+$  (gibt ein Elektron ab),  $\text{Mg}^{2+}$  (gibt 2 Elektronen ab),  $\text{Ca}^{2+}$  (gibt 2 Elektronen ab),  $\text{Na}^+$  (gibt ein Elektron ab)

### Quiz

Laborant Jörg trägt keine Handschuhe. Daher gefährdet er nicht nur seine Hände, sondern auch die Probe. Auch bei sorgfältigem Händewaschen kann die Probe verunreinigt werden, wenn er sie berührt.

## Literaturverzeichnis

Jankowski N. u. Kasper-Giebl A.: Was geht mich der Feinstaub an? Broschüre im Rahmen von Sparkling Science der TU Wien 2011

Mortimer C. u. Müller U.: Chemie- Das Basiswissen der Chemie, 9. Auflage, Stuttgart 2007

## Abbildungsverzeichnis

„Staubius Staub“ sowie die Zeichnungen der anderen Charaktere (Feinstaubkollegen, Wassertröpfchen, die Elemente und Verbindungen, Schalenmodelle, Bäume sowie die Eisen- und Aluminiumwürfel) stammen von Hans-Jörg Rath. Sämtliche Fotos aus dem IC-Labor der TU Wien stammen von Hans-Jörg Rath und Magda Rzaca.

Alle weiteren Abbildungen und Grafiken wurden folgenden Quellen und Plattformen entnommen:

- Sparkling Science „Was geht mich der Feinstaub an“. Detailpräsentation im Powerpoint-Format und als PDF-Broschüre (Verwendete Bilder: Tortendiagramm, Feinstaubquellen, Mikroskopaufnahmen, Tabellen, Grafik des Feinstaubkreislaufs, Körpermodell, Zilien, Makrophagen)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (Staubtabelle, Gemälde des Sisyphus )
- [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu) (Jugendliche am Deckblatt sowie sämtliche andere Fotografien und Grafiken)
- [www.mapsofworld.com](http://www.mapsofworld.com) (Weltkarte)
- [www.ptable.com](http://www.ptable.com) (Periodensystem)
- [www.gratis-malvorlagen.de](http://www.gratis-malvorlagen.de) (Putzender Mann aus der Einleitung)
- [www.tsi.com](http://www.tsi.com) (Aerosolimpaktor)

Die Chromatogramme stammen aus dem IC-Labor der TU Wien.

# Periodensystem der Elemente

1 IA New Original												18 VIIIA																																																											
1 H Wasserstoff 1.00794	2 He Helium 4.002602											3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012182	5 B Bor 10.811	6 C Kohlenstoff 12.0107	7 N Stickstoff 14.00674	8 O Sauerstoff 15.9994	9 F Fluor 18.9984032	10 Ne Neon 20.1797	11 Na Natrium 22.989770	12 Mg Magnesium 24.3050	13 Al Aluminium 26.981538	14 Si Silizium 28.0855	15 P Phosphor 30.973761	16 S Schwefel 32.065	17 Cl Chlor 35.453	18 Ar Argon 39.948																																												
19 K Kalium 39.0983	20 Ca Kalzium 40.078	21 Sc Scandium 44.955910	22 Ti Titan 47.867	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chrom 51.9961	25 Mn Mangan 54.938049	26 Fe Eisen 55.8457	27 Co Kobalt 58.933200	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Kupfer 63.546	30 Zn Zink 65.408	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsen 74.92160	34 Se Selen 78.96	35 Br Brom 79.904	36 Kr Krypton 83.798	37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90585	40 Zr Zirkonium 91.224	41 Nb Niob 92.90638	42 Mo Molybdän 95.94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.90550	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silber 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Zinn 118.710	51 Sb Antimon 121.760	52 Te Tellur 127.60	53 I Iod 126.90447	54 Xe Xenon 131.293	55 Cs Cäsium 132.90545	56 Ba Barium 137.327	57 to 71 Lanthanoide	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantal 180.9479	74 W Wolfram 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platin 195.078	79 Au Gold 196.96655	80 Hg Quecksilber 200.59	81 Tl Thallium 204.3832	82 Pb Blei 207.2	83 Bi Wismut 208.98038	84 Po Polonium (209)	85 At Astat (210)	86 Rn Radon (222)	87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 to 103 Actinoide	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (266)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (265)	109 Mt Meitnerium (268)	110 Ds Darmstadtium (271)	111 Rg Roentgenium (272)	112 Uub Ununbium (285)	113 Uut Ununtrium (284)	114 Uuq Ununquadium (289)	115 Uup Ununpentium (288)	116 Uuh Ununhexium (292)	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium
Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.																																																																							
Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), http://www.dayah.com/periodic																																																																							
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>57 La Lanthan 138.9055</td> <td>58 Ce Cer 140.116</td> <td>59 Pr Praseodym 140.90785</td> <td>60 Nd Neodym 144.24</td> <td>61 Pm Promethium (145)</td> <td>62 Sm Samarium 150.36</td> <td>63 Eu Europium 151.964</td> <td>64 Gd Gadolinium 157.25</td> <td>65 Tb Terbium 158.92534</td> <td>66 Dy Dysprosium 162.500</td> <td>67 Ho Holmium 164.93032</td> <td>68 Er Erbium 167.259</td> <td>69 Tm Thulium 168.93421</td> <td>70 Yb Ytterbium 173.04</td> <td>71 Lu Lutetium 174.967</td> </tr> <tr> <td>89 Ac Actinium (227)</td> <td>90 Th Thorium 232.0381</td> <td>91 Pa Protactinium 231.03688</td> <td>92 U Uran 238.02891</td> <td>93 Np Neptunium (237)</td> <td>94 Pu Plutonium (244)</td> <td>95 Am Americium (243)</td> <td>96 Cm Curium (247)</td> <td>97 Bk Berkelium (247)</td> <td>98 Cf Californium (251)</td> <td>99 Es Einsteinium (252)</td> <td>100 Fm Fermium (257)</td> <td>101 Md Mendelevium (258)</td> <td>102 No Nobelium (259)</td> <td>103 Lr Lawrencium (262)</td> </tr> </tbody> </table>																		57 La Lanthan 138.9055	58 Ce Cer 140.116	59 Pr Praseodym 140.90785	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967	89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03688	92 U Uran 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)																								
57 La Lanthan 138.9055	58 Ce Cer 140.116	59 Pr Praseodym 140.90785	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967																																																									
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232.0381	91 Pa Protactinium 231.03688	92 U Uran 238.02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)																																																									

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Wer dieses Periodensystem interaktiv online erleben möchte, klickt einfach auf [www.ptable.com](http://www.ptable.com).

**Autor:**

Hans-Jörg Rath, geboren am 6.3.1979 in Wien ist Sonderschullehrer an der Schwerhörigenschule Hammerfestweg A-1220 Wien.

Nach der Matura 1997 folgte von 1999 – 2002 das Studium an der PÄDAK Baden. Seit 2009 ist er Student der Geschichte und Chemie (Lehramt) im 2. Bildungsweg. Hans-Jörg Rath lebt mit seiner Lebensgefährtin in Wien und ist Vater einer Tochter.