Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 101 (2012)

Artikel: Zum Internationalen Jahr der Chemie 2011 : die chemischen Elemente

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-358077

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zum Internationalen Jahr der Chemie 2011: Die chemischen Elemente

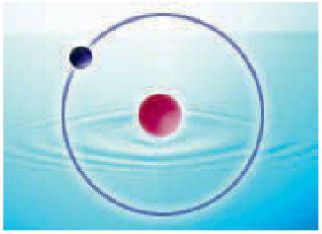
Anlässlich des Internationalen Jahres der Chemie 2011 haben die Freiburger Chemiker des Departements Chemie und des Adolphe Merkle Instituts der Universität Freiburg unter anderem die Stifte gespitzt und allgemeinverständliche Artikel zu den verschiedenen Elementen des Periodensystems verfasst. Diese Artikel sind über ein Jahr lang alle zwei Wochen in «La Liberté» auf französisch, und einmal im Monat auf deutsch in den «Freiburger Nachrichten» Erschienen. Solch ein "Werk" lässt sich nicht allein auf die Beine stellen. Die Idee stammte von CHRISTIAN BOCHET, mitgewirkt haben dann MICHAEL ALLAN, CLAUDE DAUL, CHRISTIAN BOCHET, TITUS JENNY, NORBERT ENGEL, OLIVER SCHUSTER, PETER BELSER, ALKE FINK, sowie Mitarbeiter der Arbeitsgruppen von ALKE FINK: ISABELLE GEISSBÜHLER, REINALDO DIGIGOW, ANTHONY REDJEM, Mitarbeiter der Gruppe von CHRISTOPH WEDER: JOHAN FOSTER, GINA FIORE, MARKUS GEUSS, und Mitarbeiter der Gruppe von KATHARINA FROMM: JEAN-PIERRE BROG und JACINTHE GAGNON, sowie, natürlich, KATHARINA FROMM selbst.

Die Artikel haben vielerorts positives Echo hervorgerufen. Aus dem Rektorat war zu lesen *«Auf alle Fälle freute mich Ihr Beitrag in der Liberté zum Jahr der Chemie und es wird mich freuen, meine Kenntnisse der Elemente wieder aufzufrischen durch Ihre regelmässigen Artikel. Gute Idee!»* (Zitat Rektor GUIDO VERGAUWEN vom 09.01.2011 als Reaktion auf den ersten erschienenen Artikel). Auch emeritierte Kollegen, durchaus auch nicht unbedingt aus den Naturwissenschaften, gaben positives Feedback, und auch aus der breiteren Bevölkerung kamen schöne Rückmeldungen. Den meisten Lesern haben diese Artikel Freude und Informationen gebracht, weshalb sie hier noch einmal in einer Auswahl zusammengefasst sind. Mögen Sie auch jetzt dem Leser wieder Freude machen. Viel Spass bei der Lektüre!

* * *

Wasserstoff - das erste Element

Das Element Wasserstoff – „der Stoff aus dem Wasser ist" – erfüllt wichtige Aufgaben in der Natur und der Technologie.



Wasserstoff heisst so weil es, mit Sauerstoff verknüpft, das Wasser ergibt, die Grundlage allen Lebens auf der Erde. Im Wasser wurde das Leben geboren, im Wasser fühlt sich das Leben am Wohlsten, und als Erinnerung an jene frühen Zeiten tragen wir bis heute das notwendige Wasser für unsere Zellen überall mit uns – unserer Körper besteht zu 75% aus Wasser.

Die fleissigen Wasserstoffbrücken

Der Wasserstoff im Wasser und anderen Molekülen kann, was kein anderes Element kann – es bildet weiche, wiederverknüpfbare „Wasserstoffbrücken" zwischen den Molekülen. Erst diese Brücken setzen die Proteine und die DNA in unseren Körpern zu den wunderbaren Gebilden zusammen, den Alleskönnern, die alle wichtigen Funktionen in unseren Körpern verrichten, so dass wir Energie aus der Nahrung gewinnen können, uns bewegen können, sehen können, denken können. Ohne die winzigen, fleissigen „Händchen" der Wasserstoffbrücken würde das Leben sofort stehen bleiben.

Sauberer Energieträger

Wasserstoffatome sind ungern alleine – wenn sie keine anderen Partner haben, verknüpfen sie sich jeweils zwei zu Paaren, den Wasserstoffmolekülen, H-H oder H_2. Diese Moleküle sind energiereich, sie setzen beim Verbrennen viel Energie frei, als Wärme oder als Elektrizität (mit Hilfe der Brennstoffzellen) wobei harmloses Wasser als einziger „Abfall" entsteht. Alle haben bestimmt vom Wasserstoff als einem möglichen sauberen Energieträger der Zukunft gehört. Wird sich unsere Gesellschaft, nach der Epoche der rauchenden Holzverbrennung, der Kohleverbrennung, der Erdölverbrennung, zu einer sauberen Wasserstoff-Gesellschaft wandeln? Schön wäre es.

Magnetische Resonanz

Die Wasserstoffatome sind winzig klein, so klein, dass man sie nicht sehen kann, auch mit dem stärksten optischen Mikroskop nicht. Der Teil in ihrer Mitte, Proton genannt, ist noch viel kleiner – absurd klein. Trotzdem haben Wissenschaftler Mittel und Wege gefunden, diese superwinzigen Dinger zu untersuchen, und fanden, dass es kleine Magnetchen sind – sie beschlossen, diese Eigenschaft „Spin" zu nennen. Dieses Wissen schien zunächst nutzlos – wen interessiert schon etwas, das so klein ist, dass man es nie zu sehen bekommt, geschweige denn, wer will wissen, dass es kleine Magnetchen sind? Aber man darf Wissen nie zu früh verwerfen. Wissenschaftler fanden Wege, mit diesen winzigen Magnetchen zu „reden", mit ihnen mit Hilfe von Radiowellen zu kommunizieren – und das auch wenn sie als Teil von Wasser tief im Körper versteckt sind. Auf diese Weise kann man Bilder vom Körperinneren machen, ohne den Körper zu öffnen – sehr nützlich für die Medizin. Die Methode heisst MRI – Magnet-Resonanz-Tomographie (oder Kernspintomographie).

Die Verschmelzung

Schliesslich, wenn man zwei Wasserstoffatome sehr, sehr, sehr nahe aneinander bringt (was sehr schwierig ist – sie stossen sich heftig ab), dann verschmelzen sie und geben dabei sehr, sehr, sehr viel Energie ab. Auf diese Art gewinnt unsere Sonne die Energie – und somit verdanken wir Wasserstoff praktisch alle Energie die wir haben, nicht nur das Tageslicht und die Sonnenwärme, sondern auch die Energie aus Holz, Erdöl, Kohle, Wasser – denn die Energie aus all diesen Quellen ist ja letztendlich nichts anderes als umgewandelte Sonnenenergie. Wenn die Verschmelzung – Fusion genannt – auf der Sonne als Energiequelle so gut funktioniert, ist es verleitend, es auch auf der Erde zu versuchen, und damit unsere Energieversorgung zu sichern. Wissenschaftler an vielen Orten versuchen es. Der Bau einer grossen Testanlage, genannt ITER („der Weg"), hat soeben in Cadarache in Südfrankreich begonnen. Diese Technologie ist die grosse Hoffnung der Menschheit auf weitgehend saubere und nachhaltige Energiequelle, aber es bleiben noch viele technische Probleme zu lösen bis es – wenn überhaupt – tatsächlich Kraftwerke auf diesem Prinzip gibt.

* * *

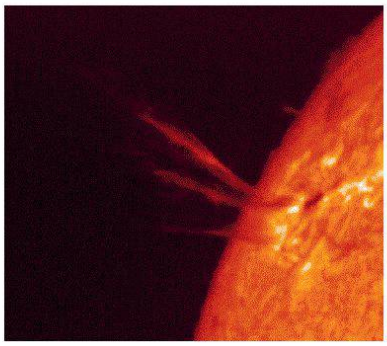
Helium - das „Sonnenelement"

Helium ist ein chemischer Einzelgänger. Schauen wir, warum das so ist.

Der Name des zweiten chemischen Elements im Periodensystem ist vom Griechischen *Helios* (Sonne) abgeleitet, weil Helium zuerst in der Sonne entdeckt wurde. Wie ist das möglich? Der französische Astronom JULES JANSSEN hat 1868 bei einer totalen Sonnenfinsternis das Spektrum des Sonnenlichts betrachtet, dass heisst er hat das Licht am Rand der Sonne mit einem Prisma nach Farben zerlegt, und dabei eine gelbe Linie gefunden, die von keinem damals bekannten Element stammen konnte – es musste somit ein bisher unbekanntes Element sein. Auf der Erde ist Helium

äusserst selten, aber man findet es an einigen Stellen im Erdgas, von dem es abgetrennt werden kann, so dass es uns heute zur Verfügung steht.

Anders als alle anderen



Helium ist in fast allen Hinsichten ein Sonderling unter den chemischen Elementen. Es ist ein „Einzelgänger", ein Edelgas, in dem Sinne, dass sich Heliumatome, im Unterschied zu den allermeisten anderen Elementen, weder mit sich selbst, noch mit anderen Elementen verbinden. Helium ist sehr leicht, viel leichter als Luft, und wird von der Luft nach oben getragen – deshalb steigen mit Helium gefüllte Ballons an Kindergeburtstagen (was bekanntlich zu Tränen führen kann, wenn sie den Kleinen entweichen). Helium ist auf der Erde daher rar – es steigt auf und entweicht in den Weltraum. Im Weltraum ist es hingegen sehr häufig, nach Wasserstoff das zweithäufigste Element. Aber damit ist die Liste der Sondereigenschaften noch lange nicht erschöpft. Es sei nur noch eine beinahe esoterische Eigenschaft erwähnt. Bei Temperaturen unter -271° Celsius, nahe dem absoluten Nullpunkt, wird Helium unglaublich dünnflüssig – wir sagen dass es suprafluid wird – dabei kann es mühelos durch Röhrchen mit weniger als ein Tausendstel Millimeter Durchmesser fliessen.

Für vieles unentbehrlich

Im täglichen Leben begegnen wir Helium – von den Party-Ballons abgesehen – eigentlich sehr selten, man könnte meinen, es ist nutzlos. Dieser Eindruck ist falsch, eine Reihe von Technologien, deren Produkte wir alle nutzen, wäre ohne Helium undenkbar. Fangen wir mit der Chemie an – alle Chemiker und Chemikerinnen benutzen praktisch täglich ein Gerät, das Kernspinresonanz-Spektrometer, um die Identität unbekannter Substanzen zu ermitteln. Ohne dieses Gerät wäre die Chemie viel weniger fortgeschritten und auch die Entwicklung neuer Medikamente undenkbar. Dieses Gerät braucht grössere Mengen vom flüssigen Helium zum Kühlen des dafür benötigten so genannten supraleitenden Magneten. Eine Variante dieser Technik, die Kernspintomographie in der Medizin, kommt aus demselben Grund ohne viel Helium auch nicht aus. Helium wird weiter in grossen Mengen für die Herstellung von optischen Glasfasern benötigt, die immer mehr für die schnelle Übertragung von Daten – Telefongesprächen, Internet, Fernsehen, Radio – verwendet werden.

Knapper Rohstoff?

Der Konsum von Helium steigt und es ist ein nicht erneuerbarer Rohstoff. Der Physik-Nobelpreisträger ROBERT RICHARDSON hat kürzlich die Alarmglocke geläutet, er befürchtet dass das Edelgas Helium bald knapp werden könnte, wenn mit den Vorräten verschwenderisch umgegangen wird, und dass unsere Generation diesen wenig bekannten aber für vieles unentbehrlichen Rohstoff für alle kommenden Generationen aufbrauchen könnte.

* * *

Happy Lithium macht uns mobil

Zwei völlig unterschiedliche Anwendungsgebiete zeichnen das kleinste Metall unter den chemischen Elementen aus.

Das Lithium, drittes Element des Periodensystems, ist das leichteste Metal, welches wir kennen. Sein Name beruht auf dem Griechischen „Lithos" – der Stein, daher auch die korrekte Aussprache seines Namens (die Aussprache „Lizium" mag es überhaupt nicht, denn das erinnert das Lithium zu sehr an das Silizium, mit dem es zwar nicht verwandt ist, durchaus aber Verbindungen eingehen kann). Den Namen verdankt das Lithium seinem Vorkommen in einigen Mineralien, wie beispielsweise dem *Lepidolith*, *Spodumen* oder *Petalit*.

Als Element stellt es ein silbrigweisses Metall dar, welches allerdings mit den Hauptbestandteilen der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, sowie mit Wasser spontan reagiert. Basierend auf dieser Reaktivität findet es nicht als Werkstoff in seiner reinen Form Verwendung, sondern muss in Paraffinöl aufbewahrt werden. Es ist so weich, dass man es mit einem Messer schneiden kann, und so leicht, dass es auf dem Paraffinöl schwimmt. Mischt man es hingegen in geringen Mengen zu anderen Metallen dazu, erhält man recht resistente Legierungen, wie beispielsweise das Bahnmetall, welches als Lagermaterial für Eisenbahnen eingesetzt wird. Zugfestigkeit, Härte und Elastizität können durch Beimischen von Lithium zu anderen Metallen so deutlich verbessert werden. Zusammen mit anderen Leichtmetallen wie dem Aluminium bildet es einen interessanten Werkstoff für die Raumfahrt und wird beispielsweise für die Treibstofftanks der Spaceshuttles benutzt.

In unserem Alltag treffen wir das Lithium dann in seiner kationischen Form, bei der es sein „reaktives" Elektron an ein anderes Element abgegeben hat – und das recht häufig: Trinkwasser enthält ebenso Lithium wie unser Körper. Lithiumstearat dient in geringen Mengen der Produktion von Bleistiften, wird in kosmetischen Produkten eingesetzt und war bis Mitte des 20. Jahrhunderts ein begehrter Zusatz in Schmierfetten. Lithiumniobat ist ein künstliches Material bestehend aus Sauerstoff, Niob und Lithium und besitzt wichtige physikalische Eigenschaften, die es für Anwendungen in der Optik und Elektronik, wie beispielsweise in Lasern, in der Holographie oder auch in der Hochfrequenztechnik für Fernseher und Mobiltelefone spannend machen. Das bringt uns gleich zu einem überaus wichtigen Anwendungsgebiet in unserer heutigen Informationsgesellschaft: die Lithiumionen-Batterien oder -Akkumulatoren. Diese zeichnen sich durch hohe Energiedichten aus und leiden nicht unter dem sogenannten Memory-Effekt. Während wir oben an der Batterie Strom abzapfen, wandern in der Batterie die Lithiumionen von einem Pol der Batterie zum anderen. Hierbei kommt uns zugute, dass das Lithium als Atom klein, und als Kation sogar noch kleiner ist, sodass es ohne grosse Mühe zwischen den Polen hin- und herwandern kann. Dabei bewegt es sich nicht durch ein Vakuum, sondern muss sich zwischen grösseren Bestandteilen hindurchbewegen. Beim Ladevorgang der Lithiumionen-Batterien schicken wir das Lithium-Kation dann wieder zurück in seine Ausgangsposition, von wo aus es dann wieder Strom liefern kann.

In den Raumstationen setzt man Lithiumperoxid zur Luftregeneration ein, um CO_2 aus der ausgeatmeten Luft herauszufiltern. Dabei entsteht Lithiumcarbonat, eine Verbindung, die wir hier auf der Erde in grossen Mengen zur Herstellung von Glas und Aluminium einsetzen. In deutlich kleineren Mengen kommt Lithiumcarbonat in der Medizin zum Einsatz. 1949 entdeckte der australische Psychiater JOHN CADE in Selbstversuchen, dass es zur Behandlung von bipolaren Störungen eingesetzt werden kann. In der Lithiumtherapie kommen Lithiumsalze wie das Carbonat auch gegen Manie oder Depressionen einerseits als Phasenprophylaktikum, andererseits auch zur Steigerung der Wirksamkeit in Verbindung mit Antidepressiva zum Einsatz. Vorbeugend wird es in der Behandlung von Cluster-Kopfschmerzen verwendet. Die Anerkennung von Lithiumverbindungen als Medikamente hatte jedoch einen Einfluss auf die Getränkeindustrie. So setzte man ab den wilden Zwanzigern bis Ende der 1940er Jahre einigen Erfrischungsgetränken Lithiumcitrat bei, die dann als stimmungsaufhellende, aufputschende Getränke nach durchzechten Nächten angepriesen wurden. In diesem Zusammenhang hat Lithium seinen Weg in die Künstlerkreise geschafft, wie Filme von WOODY ALLEN oder DARREN ARONOFSKY und Lieder der Gruppen Nirvana, Evanescence oder Sting zeigen.

La beauté du béryllium – pour les dames et les messieurs

Le béryllium est un élément peu connu et dont on n'entend pas beaucoup parler. Et pourtant … Quelle femme ne rêverait pas d'un collier d'aigue marine ou d'émeraude à la MARIA CALLAS ou ELIZABETH TAYLOR ? Quel voleur ne serait pas tenté par la dague aux émeraudes du palais Topkapi ? Et quel golfeur n'aimerait pas posséder des clubs en alliage spécial pour la touche douce lors du putting ?

Partout se cache le béryllium. Quelle est la qualité de cet élément ? C'est le 4ème élément du tableau périodique. Historiquement, son nom viendrait du latin *beryllus* – cristal clair, et on pense que le mot « Brille » (en allemand « les lunettes ») se dérive de ce mot et de la biréfringence du béryl. En effet, sur terre, on ne le trouve pas sous forme élémentaire, mais justement liée à l'oxygène, à l'aluminium et au silicium sous forme du minerai de béryl. Celui-ci est incolore, mais lorsqu'il contient des traces de titane ou de fer sous forme de Fe^{2+}, nous le connaissons sous le nom d'aigue marine, avec des traces de chrome, on l'appelle émeraude, et avec du fer sous forme Fe^{3+}, c'est l'héliodore. Avec du lithium et du césium, il prend la couleur rose à orange et se vend sous le nom de la morganite. Voilà pour les dames … mais aussi pour les messieurs qui aimeraient s'inspirer pour un cadeau de Noël et qui aimeraient surprendre leur adorée de connaissances scientifiques sur la bague, le collier ou les boucles d'oreilles …

Pour les messieurs golfeurs ou bricoleurs, l'alliage béryllium-cuivre contient jusqu'à 2 % de béryllium métallique. Cet alliage a des propriétés spéciales. En fonction de son traitement thermique, il peut avoir des duretés différentes, d'où l'application dans les clubs de golf. Il est chimiquement très résistant et ne donne point d'étincelles, même si on tape avec un marteau. C'est donc un matériau fortement intéressant partout là où les étincelles pourraient avoir des conséquences dramatiques : sur les plateformes de forage, les usines à gaz ou des raffineries de pétrole. On s'en sert comme ressorts dans les mouvements d'horlogerie ou dans des relais. Sa bonne conductivité électrique le rend utile dans les contacts des caténaires de bus ou de trams. Son oxyde par contre est un bon isolant très utilisé dans les isolateurs à haute tension.

Donc, à chacun son béryllium pour Noël …

* * *

Le bore

Le bore est un élément en pleine frustration, pourtant plein de qualités : sa charge nucléaire élevée est que très partiellement blindé par ses électrons ce qui l'empêche de se comporter comme un métal, mais la charge nucléaire n'est pas assez élevée pour se doter d'assez de ligands voisins pour arriver à un couche électronique fermée. Condamné à « bricoler » son entourage, il se présente en état élémentaire sous forme d'un solide amorphe ou cristallin ayant une structure très compliquée. Dans la nature, il se trouve sous forme oxydée : le borax. Celui permet, mélangé avec du quartz (sable), de réduire fortement la température de fusion de ce dernier permettant ainsi la fabrication de verre. Le borax est également la poudre magique qui transforme des solutions aqueuses et diluées d'amidon miraculeusement en solide pâteux, maniable et pas collant malgré son énorme teneur en eau, mieux connu comme « slime » et aimé par les enfants.

Mais le bore est également un élément rêve : chauffé très fort, il émet une lumière verte d'une intensité sans pareil et glissé sous forme de traces infimes dans du diamant il tourne la couleur de ce dernier en bleu, une variété très rare en nature, mais facilement produit techniquement. Egalement sous forme d'une très faible participation (1% du poids) il prête à un alliage entre fer et néodyme

une propriété record en les faisant l'aimant le plus fort connu aujourd'hui que nous trouvons dans beaucoup d'objets et appareils électroniques.

Sous forme de perborate il était le premier produit blanchisseur et contribuait ainsi au développement de l'industrie chimique. Plus utilisé aujourd'hui à ces fins pour des raisons de protection d'environnement, il a néanmoins laissé une trace durable dans le nom d'un fabricant de produits de lessive, Per-sil, où le «sil» se réfère aux silicates. Pour l'homme, le bore est un oligoélément, nécessaire à différentes fonctions physiologiques, mais toxique à des doses peu élevées, il est mieux de l'éviter.

Possédant une très haute capacité d'absorber des neutrons, le bore est utilisé dans les centrales nucléaires pour pouvoir tempérer la fission nucléaire et ainsi permettre son utilisation civile.

L'élément partenaire idéal du bore est l'azote : les deux éléments sont les voisins gauche et droite du charbon et constituent ainsi un couple de rêve. Le matériel qui résulte de cette mariage, le nitrure de bore, a une dureté comparable à celle du diamant, peut être même supérieur car il est techniquement très difficile d'en faire des objets macroscopiques sans défauts structuraux.

* * *

Le carbone: l'élément de la vie

Une bague de fiançailles, un morceau de charbon, une mine de crayon et un nanotube d'une résistance mécanique extraordinaire, supérieure au métal le plus dur : quels en sont les points communs ? Ils sont tous des formes diverses du même élément : le carbone. Cet élément, très abondant (4ème dans l'Univers, 15ème sur la Terre) a la propriété de brûler en présence d'oxygène (y compris le diamant, qui contrairement au mythe, n'est manifestement pas éternel !) en libérant de la chaleur et en dégageant un gaz incolore et inodore, le dioxyde de carbone (CO_2). Cette propriété fait que le carbone est, et de très loin, notre source d'énergie principale. En brûlant, le carbone ne disparaît cependant pas, car le dioxyde de carbone, que l'on appelle aussi gaz carbonique, est en principe recyclé par les plantes (par exemple sous la forme de sucre) ... mais la production actuelle en dépasse leur capacité, d'où une accumulation dans l'atmosphère. Il est relativement peu toxique, contrairement à ses sinistres congénères monoxyde de carbone (CO) et cyanure (CN^-) ! Mélangé au fer, le carbone devient acier, en lui concédant une dureté et une résistance très forte.

En plus de sa forme élémentaire, les atomes de carbone ont une propriété étonnante : ils peuvent se lier les uns aux autres, comme les maillons d'une chaîne. Ces chaînes de carbone forment des molécules très diverses (qui vont du pétrole à la margarine, en passant par le sucre, qui sont à l'origine de la vie ; c'est la raison pour laquelle la chimie du carbone est également appelée « chimie organique »). Ces molécules organiques constituent la matière vivante, qu'elle soit végétale ou animale, et sont à la base de notre alimentation. Elles sont également présentes dans une multitude de substances importante dans notre vie quotidienne. Certaines sont naturelles, d'autres artificielle : médicaments, colorants, parfums. Au cours du dernier siècle, les chimistes ont su dompter cet élément, et ont appris à l'assembler pour obtenir toutes sortes de molécules. Ainsi, la fabrication contrôlée de longues chaînes de carbone permet d'obtenir des matériaux aux propriétés modulables: ce sont les polymères, que l'on trouve dans les matières plastiques, les fibres de carbone et les colles.

Le carbone est donc absolument partout dans notre entourage, à commencer par nous-mêmes, le papier du journal que vous tenez dans les mains ainsi que son encre … et si il se peut que le sucre que vous venez de mettre dans votre café contienne quelques atomes qui ont appartenu autrefois à

un dinosaure, il est certain que le plein d'essence que vous avez fait ce matin contient des atomes de carbone qui ont été témoins de l'émergence de la vie sur notre planète !

* * *

L'air que nous respirons – 1ère partie: l'azote

Inspirer, expirer, inspirer, expirer ... En fait, c'est quoi qui remplit nos poumons lorsque nous respirons? Eh bien, c'est un mélange de gaz, dont la majorité de 78 % l'azote, notre numéro 7 du tableau périodique. Ce gaz est formé de deux atomes de cet élément qui se lient très fortement l'un avec l'autre – tellement fort que l'azote est très inerte, non-toxique, non inflammable et ne brûle pas. Le fait d'étouffer en respirant de l'azote pur est uniquement du au manque d'oxygène et non pas à la réactivité de l'azote. Nous utilisons cette propriété de „non-réactivité" dans les emballages pour la nourriture, rendant celle-ci plus conservable. Les pneus des avions, qui se chauffent beaucoup lors de l'atterrissage sont remplis d'azote pour éviter que le caoutchouc des pneus réagisse avec l'oxygène si on utilise de l'air simple. Aussi, les réservoirs de fuel d'avions et de bateaux sont d'abord rincés avec de l'azote et non pas avec de l'air pour éviter la formation de mélanges explosifs de fuel avec l'oxygène. Sous forme d'azote liquide à env. -200°C, tels que nous en fabriquons aussi dans le département de chimie à Fribourg, il peut servir pour faire fonctionner certains appareils de mesure, par exemples les MRI dans les hôpitaux, à la cryoconservation d'embryons et de sperme ou à la cryothérapie contre les verrues. Dans la cuisine moléculaire, il sert à la création de glaces et d'autres effets spéciaux. Mais attentions aux brûlures de froid ...

Si l'azote est tellement inerte, il est quand même essentiel à la vie, que ce soit pour les plantes ou pour les animaux et l'homme: on en trouve dans notre ADN, et dans quasi toutes les biomolécules. Alors, la question se pose comment il peut arriver dans notre corps. Tout commence chez les bactéries, les *rhizobia*, qui vivent en symbiose sur les racines de certaines plantes – les légumineuses. Nous avons vu plus haut que l'azote est très inerte, et il faut donc apporter beaucoup d'énergie pour le faire réagir. Les bactéries en prennent chez la plante, ce qui leur permet, à l'aide d'une enzyme, de casser la molécule d'azote et d'en faire de l'ammonium, un cation essentiel pour les plantes. D'autres bactéries transforment l'ammonium en nitrate, anion essentiel pour les plantes. L'ensemble, le nitrate d'ammonium – aussi un explosif - présente alors un engrais, donc „l'azote sous forme soluble et assimilable" pour les plantes. Nous en mangeons de ces plantes, d'ou notre source d'azote pour former nos biomolécules. Vu la population mondiale, la production bactérienne en nitrate d'ammonium ne suffit de loin pas pour produire assez de plantes comestibles. L'homme a donc du trouver un moyen de faire du nitrate d'ammonium à partir d'azote de l'air. En effet, sous une pression élevée de 350 fois notre pression atmosphérique, et à 550°C, l'homme peut, à l'aide de catalyseurs, produire de l'ammoniaque à partir d'azote et d'hydrogène (voir la série d'articles sur les molécules qui ont changé notre vie). Une autre énergie, naturelle, nous donne de l'azote sous forme soluble: la foudre contient assez d'énergie pour faire réagir les composants principaux de l'air, l'azote et l'oxygène. Un de ces composés, qui contient deux atomes d'azote pour un atome d'oxygène, N_2O, est aussi appelé gaz hilarant. Vous le trouvez comme gaz dans les siphons de crème Chantilly, et il a été utilisé pour ses propriétés calmantes et analgésiques lors de l'extraction de dents. Pour plus d'infos sur l'oxygène, l'autre composant principal de l'air, rendez-vous dans le prochain article.

* * *

L'épopée du fluor

La poêle antiadhésive contient du téflon, un fluoropolymère, et le dentifrice du fluorure. En tant qu'élément chimique, le fluor est un gaz formé de deux atomes de fluor. Pourtant, on ne le trouve pas sous cette forme dans la nature, car c'est l'élément le plus réactif de tous, et veut assimiler un électron par atome de fluor. Sacré défi que de le fabriquer: dès qu'il est formé, il réagit avec son entourage ...

L'épopée des expériences pour isoler le fluor rappelle la conquête de l'Everest. Grands chimistes du début du 19e, LAVOISIER, DAVY, GAY-LUSSAC et THÉNARD ont tous essayé de l'isoler – sans succès. Tous ont souffert d'intoxications par inhalation de petites quantités de HF, gaz lui aussi réactif et toxique. DAVY a observé que ses récipients en argent et platine étaient attaqués, et a proposé de travailler dans des ustensiles de fluorure de calcium, ou fluorine. Deux membres de l'académie royale irlandaise, GEORGE KNOX et son frère THOMAS, ont fabriqué cet appareillage. Mais ils n'ont pas réussi à isoler le fluor pour autant, et ont été intoxiqués. THOMAS en est mort, alors que son frère a dû s'aliter durant 3 ans.

Au courant de ce cas, LOUYET a continué la recherche – il est mort pour la science. JÉRÔME NICKLÈS pareil. EDMONT FRÉMY, qui avait observé les expériences de LOUYET, a essayé de décomposer du fluorure de calcium sec. Il a obtenu du calcium d'un côté et probablement du fluor de l'autre, mais vu la réactivité de ce dernier, il n'a pas pu l'isoler ni caractériser. L'Anglais GEORGE GORE a alors expérimenté avec des électrodes de matériaux différents, mais sans succès: ses électrodes sont parties en morceaux, mangées par la corrosion, et il a tout juste survécu à une explosion d'hydrogène et de fluor.

C'est finalement FERDINAND MOISSAN, élève de FRÉMY, qui a réussi. Il a d'abord essayé d'isoler le fluor à partir de ses composés, tels que le fluorure d'arsenic – et a failli s'intoxiquer à l'arsenic. Puis, dans un montage très spécial et sous des conditions inertes, il a réussi à isoler une petite bulle de gaz. Vu sa réactivité explosive avec le silicium, il a conclu que c'était du fluor. Il a dû répéter cette expérience devant l'Académie. Reconnu comme le père du fluor, MOISSAN reçu le Prix Nobel en 1906. Mais l'exposition aux gaz toxiques a altéré sa santé, et il est mort l'année suivante, à 55 ans. MOISSAN a laissé d'autres découvertes: la synthèse artificielle des diamants, et ... son épouse a été la première à cuisiner avec des ustensiles en alu!

(Cette chronique est réalisée par le département. de chimie de l'Uni de Fribourg, l'Adolphe Merkle Institute et l'Ecole d'ingénieurs et d'Architectes de Fribourg EIA.)

* * *

Le sodium – il est partout

Le sel dans la soupe, l'eau de Javel, les chaufferettes magiques, les savons divers, la poudre à lever et finalement notre corps en contiennent – du sodium. Cet élément se trouve quasi partout dans la nature et il est difficile de ne pas en avoir quelque part dans notre environnement. En tant qu'élément, c'est un métal avec toutes les propriétés typiques pour un métal: brillance, couleur gris-métallique, conductivité électrique et de chaleur. Mais ce métal ne se trouve pas tel quel dans la nature, car il est assez réactif. Pas autant que le fluor, il réagit avec par exemple l'oxygène, l'élément le plus abondant sur terre, et l'eau, composé le plus abondant, très facilement, réaction pendant laquelle il perd un électron pour donner un cation. Il faut donc le stocker sous l'huile de paraffine pour éviter le contact avec l'air et l'eau. Sous forme métallique, nous l'avons dans les

lampes à décharge qui donnent une lumière jaune, dans certains réacteurs nucléaires comme liquide de refroidissement, et dans la synthèse chimique industrielle.

C'est sous forme ionique que nous le trouvons donc dans les composés mentionnés plus tôt, et dans notre corps. Le sodium, qui fait env. 0.1 % de notre corps, est essentiel et aide à contrôler la quantité de fluide autour des cellules de notre corps et à réguler la pression et le volume du sang, ainsi que le fonctionnement des nerfs et des cellules. 60 % du sodium se trouvent à l'extérieur des cellules, 10 % à l'intérieur et 30 % dans les os. Une carence en sodium peut créer des pertes d'eau et une baisse de la pression, alors qu'un excès, beaucoup plus fréquent dans notre société peut déboucher sur une augmentation du volume et donc de la pression du sang.

Dans la nature, on trouve les composés de sodium, notamment le chlorure de sodium, connus sous le nom de sel de cuisine, sous forme de nitrate de sodium (salpêtre), de carbonate ou de *Feldspath* (silicate). La *cryolite* est un minerai très important dans la production de l'aluminium, comme on va voir plus tard. Bien sûr, les océans contiennent tellement de sel, que le goût de l'eau nous l'indique sans problème.

Une grande section de l'industrie chimie dépend de composés de sodium. Ainsi, le peroxyde de sodium sert par exemple dans la production de papier, de textiles, et pour le stockage d'oxygène pour la plongée et les sous-marins. La soude est utilisée dans la fabrication de toutes sortes de savons (aussi lessives) et de teintures cosmétiques et de colorants. Beaucoup de synthèses chimiques avec lesquelles on produit des médicaments utilisent quelque part des composés de sodium, les engrais en contiennent tout comme l'eau minérale. Finalement, chaque blue-jeans s'est vu traité par des composés de sodium pour obtenir la couleur typique bleue de l'indigo.

* * *

Dans le passé, l'aluminium pur valait plus que de l'or

L'aluminium, métal avec un lustre métallique blanc, est utilisé dans une grande variété d'applications : que les voitures, les avions, les fenêtres, les bateaux et même les pièces de monnaie.

L'aluminium est le 13ème élément du tableau périodique. Les anciens grecs et romains utilisaient ses sels comme astringents pour le pansement des blessures. L'alun, un sel d'aluminium, qui signifie en latin «sel amer» est d'ailleurs toujours utilisé pour stopper les hémorragies. Le scientifique allemand FRIEDRICH WÖHLER a isolé pour la première fois la forme métallique pure en 1827. On dit que NAPOLÉON III tint un banquet dans lequel les hôtes les plus honorables recevaient des services fait en aluminium tandis que les autres n'avaient le droit qu'à des services en or.

L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant dans la croûte terrestre et le 3ème plus abondant après l'oxygène et le silicium, mais il n'y a aucune fonction connue de l'aluminium dans les cellules vivantes. Il se trouve rarement sous sa forme métallique, mais est habituellement trouvé lié à de l'oxygène (oxyde) ou du silicium (silicate). Il faut une quantité énorme d'énergie pour séparer sa forme pure de son minerai de bauxite. Ainsi, les usines qui le produisent se situent près de sources d'énergie abondantes et bon marché. Recyclé, l'aluminium ne nécessite qu'une fraction de l'énergie nécessaire à son extraction depuis le minerai et qu'il possède toujours les mêmes propriétés. Le recyclage d'une canette de soda en aluminium permet ainsi d'économiser assez d'énergie pour faire fonctionner une télévision pendant trois heures.

Alors que l'aluminium pur a une résistance à la tension relativement faible, il montre de très bonnes propriétés mécaniques lorsqu'il forme des alliages avec d'autres métaux, incluant un très haut ratio

résistance/poids et une incroyable capacité de résistance à la corrosion. La nature non-magnétique de ces alliages les rend utiles pour des pièces vitales dans les avions et les fusées, ainsi que dans l'électronique. Même les matériaux les plus communs, tel que le papier d'aluminium, utilisé pour emballer la nourriture, sont des alliages, contenant approximativement 95 % d'aluminium.

Les composés à base d'aluminium se retrouvent dans beaucoup d'objets domestiques communs, incluant les déodorants, les antiacides, les batteries de cuisine. Les pierres précieuses telles que les rubis, émeraude et saphir ne sont rien d'autre que des oxydes d'aluminium qui possèdent de petites quantités d'impuretés tel que le cobalt et le chrome.

* * *

Le silicium – élément du sable et du verre

Le silicium représente plus d'un quart de tout ce que l'on connaît et n'aime pas rester seul, en effet, il aime beaucoup s'associer à un autre élément abondant : l'oxygène. Ayant tous fabriqués des châteaux de sable, nous avons eu un contact direct avec l'oxyde de silice également nommée *silica*, qui est souvent abrégé sous la forme chimique SiO_2.

La fossilisation est une transformation chez les plantes, les bactéries et les animaux vertébrés mais aussi invertébrés, le minerai se forme en ou à l'entour de l'organisme généralement en présence abondante d'oxyde de silice. On peut donc très facilement associer la silice à un caillou, c'est donc sans surprise que d'un point de vue étymologique silice vient du mot latin *silex* qui signifie tout simplement caillou. Un autre exemple de la vie courante de l'oxyde de silice est le verre ; que ce soit dans les vitres, bouteilles ou certains éléments de notre vaisselle, si l'oxyde de silice est amorphe, on le retrouve partout dans notre maison. Depuis quelques années, on le retrouve également mais cette fois sous forme cristalline sur les toits, il est en effet l'élément principal de nos panneaux solaires qui permettent de convertir l'énergie du soleil en électricité. De nombreux types d'organisation cristalline ont été répertoriés, l'une des formes cristallines que l'on connaît tous sont les cristaux de quartz dont la silice est la composition chimique.

Et c'est à ce moment que l'on réalise que la silice est vraiment absolument partout. Il est clair que lorsqu'on regarde autour de nous, on se dit qu'on aurait du mal à passer la journée sans croisé du silicium surtout quand on sait qu'il est très présent dans l'électronique étant l'élément principal des transistors et de nombreux autres composants. Sans transistors, on met une croix sur nos puissants appareils électroniques, sur les ordinateurs personnels, téléphone portable, GPS, etc.

Il existe d'autres dérivés de la silice, sous forme d'huile ou de polymère : les mastics joints de silicones dans l'isolation par exemple mais également dans nos produits ménages, cosmétiques, matériels médicaux ou dans les implants mammaires, certaines formulations de silicones ont donc également l'avantage d'être biocompatibles ! En conclusion, la silice est omniprésente dans les cailloux, dans nos poches, dans nos maisons, sur nos maisons et dans quasiment l'ensemble de nos espaces de travail. Si on se dit qu on en a peu dans nos automobiles, on oublie que la silice est une charge qui peut être dispersée et est un élément primordial dans la fabrications des pneus, sans silice nos pneus s'useraient à une vitesse impressionnante.

Il est donc clair que si cet élément n'existait pas, on en serait sûrement encore à l'age de pierre, en fait ce n'est pas vrai car il n'y aurait même plus de pierres !

* * *

Phosphor in aller Munde

Phos – phor ... sprechen Sie es ruhig laut aus und lassen Sie es langsam auf Ihren Lippen zergehen. Ein Wort so geheimnisvoll wie ein Zauberspruch. Es ist deshalb wenig verwunderlich, dass die Entdeckung dieses Elements in eine Zeit zurückgeht in der noch mutmaßliche Hexen verbrannt wurden. Eine Zeit in der Alchemisten den Grundstein für die moderne Chemie gelegt haben.

Auf der Suche nach dem Stein der Weisen und einem Elixier der ewigen Jugend haben diese Alchemisten versucht Feuer und Wasser zu vereinigen, in der Hoffnung eine Wandlung vom Niederen zum Höheren zu erwirken. In diesem Sinne wurden alle möglichen Stoffe und Essenzen vermengt und erhitzt.

1669 kochte der Hamburger HENNING BRANDT einen ganz besonderen Saft, nämlich Urin. Nachdem das Wasser verdunstet war brachte er die Reste unter Luftausschluss zum Glühen und machte eine magische Entdeckung: Die zurückgebliebene Substanz leuchtete im Dunkeln. Er nannte sie *phosphorus mirabilis* - "wunderbarer Lichtträger".

Heute wissen wir, dass BRANDT durch Zufall elementaren weißen Phosphor hergestellt hat welcher an der Luft sofort oxidiert wird, d.h. verbrennt. Die freigesetzte Energie wird allerdings nicht, wie bei der Verbrennung von Kohlenstoff als wärmende Flamme, sondern als kaltes Licht abgegeben.

Wegen dieser spontanen Reaktion mit Luft findet man reinen (elementaren) Phosphor nicht in der Natur. Stattdessen bildet er vielfältige Verbindungen mit Sauerstoff, so genannte Phosphate. Deswegen war es übrigens wichtig, dass BRANDT unter Luftausschluss geglüht hat um seine Entdeckung machen zu können.

Neben den "toten" Erzvorkommen (z.B. *Fluorapatit*, *Phosphorit*, *Türkis*) sind Phosphate vor allem in der lebenden Materie essenziell: Zum Beispiel enthalten Zähne, Knochen, Blut, DNA und offensichtlich auch Urin Phosphorverbindungen.

Aber nicht nur Menschen und Tiere, sondern auch Pflanzen sind auf Phosphate angewiesen und gedeihen nur bei ausreichendem Angebot, weshalb diese als Dünger eingesetzt werden. Tatsächlich findet ein Großteil der geförderten Phosphate in der Düngemittelindustrie Anwendung.

Da bestimmte Phosphate auch die Bildung von Kalk verhindern können, wurden diese früher als Waschmittelzusätze verwendet. Nach der Wäsche gelangen diese jedoch in natürliche Gewässer und haben dort als Dünger extremes Algenwachstum zur Folge, welches diese Ökosysteme zum kollabieren bringt. Heute sind die meisten Waschmittel phosphatfrei.

Phosphor ist übrigens nicht nur als Bestandteil unserer Zähne in aller Munde. Auch Coca Cola besteht hauptsächlich aus Phosphorsäure. Lassen Sie es sich auf der Zunge zergehen ... Phos-phor.

* * *

Wie riecht der Teufel?

"Der Teufel riecht nach Schwefel!", heißt es landläufig. Das ist praktisch, denn wer will schon unwissentlich von Ihm verführt werden? Oder ist es gar nicht so einfach? Wie riecht Schwefel eigentlich?

"Geruch" ist bei uns Menschen eine Sinnes-Erregungen, die von der Nase an das Gehirn gemeldet wird. Verschiedene Rezeptoren reagieren auf unterschiedliche Chemikalien in der Luft. Um einen Stoff riechen zu können muss er also als Gas vorliegen: Sein Duft muss in der Luft liegen.

Schwefel ist erst über 444°C gasförmig, bei Raumtemperatur liegt er dagegen als gelber Feststoff vor. Er ist damit geruchlos - und schmeckt auch nach nichts. Woher hat er dann seinen zweifelhaften Ruf?

Schuld tragen sicherlich seine Verbindungen, denn schwefelhaltige Stoffe können äußerst streng im Geruch sein. Zum Beispiel verströmt Schwefelwasserstoff den unangenehmen Duft von faulen Eiern, den man aus schwefelhaltigen Thermalquellen kennt. Schwefelwasserstoff wird durch die Formel H_2S beschrieben und leitet sich von Wasser (H_2O) ab, indem formal ein Sauerstoff- durch ein Schwefel-Atom ersetzt wird. Im Gegensatz zu Wasser ist dieses Fäulnisgas für Menschen allerdings extrem giftig. Da trifft es sich gut, dass unsere Sinne dafür so sehr geschärft sind, dass wir in 10'000'000 Luft-Molekülen bereits ein einziges H_2S-Molekül erschnuppern können. Schon ab 30 H_2S-Molekülen bei der gleichen Menge Luft "stinkt es uns".

Einen beißenden Geruch schreibt man Schwefeldioxid zu. SO_2 kann man formal wiederum von dem besser bekannten CO_2 ableiten, wenn man ein Kohlenstoff- durch ein Schwefel-Atom ersetzt. Es entsteht zum Beispiel bei der Oxidation (= Verbrennung) von reinem Schwefel. Mit der Feuchtigkeit (H_2O) in unseren Atemwegen bildet es eine Säure und verätzt uns, daher das "Beißen".

Der gleiche Effekt wird bei der Schwefelung ausgenutzt um Lebensmittel haltbar zu machen, denn im schwefelsauren Milieu werden Mikroben abgetötet. SO_2 entsteht aber nicht nur aus der Verbrennung reinen Schwefels, sondern aus allen schwefelhaltigen Brennstoffen. Darunter zählen unter anderen auch die wichtigen Energieträger Öl, Kohle und Erdgas. In der Atmosphäre ist es deshalb für den so genannten "sauren Regen" mitverantwortlich. Deswegen muss es zum Beispiel in Kohlekraftwerken aufwendig aus den Abgasen entfernt werden.

Übrigens, das an sich farb- und geruchslose Erdgas wird mit einer Schwefelverbindung, dem Tetrahydrothiophen, "duftend" gemacht um die Gefährlichkeit von Gasleck zu mindern. Vielleicht kann man sich beim Teufel auf ein ähnliches Vorgehen einigen?

* * *

Le soufre – élément de l'enfer ?

Le volcan tremble, grogne, fume et explose finalement en jetant le contenu de l'enfer sur terre, émettant une puanteur d'œuf pourri … Sur les cratères des volcans, on trouve souvent l'élément responsable de ces odeurs désagréables, le soufre, sous forme de dépôt jaune. Elément de l'enfer ? De loin pas. Il est même assez fréquent sur terre, mais pas nécessairement sous sa forme élémentaire. En fait, il se lie à un bon nombre de métaux pour former des minerais, les sulfures de ces métaux. Surtout les métaux dont les atomes possèdent un grand diamètre préfèrent se lier au soufre plutôt qu'à l'oxygène. En effet, chimiquement, le soufre (élément solide à température ambiante) est le « grand frère » de l'oxygène qui lui est un gaz. C'est depuis 5000 AC que les hommes l'utilisent, par exemple pour blanchir les vêtements, comme médicament ou pour la désinfection. La bible en parle dans le premier livre de Moïse lors de la fameuse destruction de Sodome et Gomorrhe par le feu et le soufre.

* * *

Chlor – ein Fall für jedes Schwimmbad

Das Element Chlor – sein griechischer Name bedeutet hellgrün – ist, wie sein kleiner Bruder Fluor, ein Gas mit entsprechender Farbe und einem stechend frischen Geruch. Unter allen chemischen Elementen ist es das drittstärkste, um Elektronen aus anderen Elementen aufzunehmen, sprich, es ist sehr reaktiv und kommt daher nicht in elementarer Form auf der Erde vor. Seine Eigenschaft als Bleichmittel ist bekannt, entfärbt es doch zahlreiche Farbstoffe und Papier. Chlor ist giftig und stark oxidierend, greift die Schleimhäute an und verätzt diese. Unrühmlicherweise kam es als Giftgas im 1. Weltkrieg zum Einsatz, als Chlorgas oder in der Verbindung Phosgen, die, ungeahnterweise, keinen Phosphor enthält.

Heute ist elementares Chlor eine der wichtigsten Ausgangsverbindungen für z. B. zahlreiche Polymere, die uns umgeben. PVC, Polyvinylchlorid, ist ein Kunststoff, den man zu Fussböden, Fensterprofilen, Rohren oder Kabeln verarbeitet. Chlorierte Verbindungen sind auch unabdinglich in der Synthese von Medikamenten: 1995 wurden rund 85% aller Arzneistoffe über chlorierte Zwischenstufen hergestellt. Auch Pestizide und Desinfektionsmittel wie Hypochlorit, welches im Javel-Wasser enthalten ist benötigen Chlor zu ihrer Herstellung. Achtung übrigens bei der Verwendung von Javelwasser: bitte nicht mit sauren, z. B. Essig-Reinigern mischen, sonst entsteht giftiges Chlorgas!

Die Herstellung von Chlorgas (2006 waren es ca. 60 Mio. Tonnen weltweit) ist sehr energie- und - aufgrund seiner hohen Reaktivität- sicherheitsaufwendig. Dazu wird Salzlösung, Kochsalzlösung, chemisch Natriumchlorid, elektrolysiert. Während der Energieaufwand mit ca. 450 kJ für rund 20 Liter Chlorgas recht hoch ist, ist der Ausgangsstoff, das Salz, reichlich in der Natur vorhanden, beispielsweise zu 3% im Meerwasser. Als Natriumchlorid ist Chlorid – die anionische Form des Chlors – sogar lebenswichtig. Als Erwachsener von ca. 70 kg hat man knapp 100 Gramm davon im Körper. Einiges davon ist im Blutplasma enthalten und sorgt für den richtigen Wasser- und Mineralhaushalt. Da viel davon auch wieder im Schweiss und Urin ausgeschieden wird, sollte man dem erwachsene Körper täglich 3 g zuführen. Das meiste davon ist schon in der Nahrung enthalten; man muss also nicht alles Essen zusalzen.

Ein spannendes Milieu ist auch unser Magen. Er enthält eine Chemikalie, welche wir im Labor nur mit Vorsicht und unter dem Abzug handhaben würden: Es handelt sich um Salzsäure! Salzsäure ist chemisch gesehen eine Verbindung zwischen Wasserstoff und Chlor, nämlich HCl. Das ist eigentlich ein Gas, aber in Wasser gelöst ergibt sich wässrige Salzsäure. Beim Erbrechen merkt man schnell, dass es sich dabei um eine sehr unangenehme Chemikalie handelt ... Auch diese Verbindung findet Anwendung in der chemischen Industrie, wie auch als Lebensmittelzusatz (E507).

Eine im Sommer sehr weit verbreitete Anwendung von Chlorverbindungen sind die Schwimmbäder (im Winter auch die Hallenbäder). Sowohl grosse, kommerzielle Schwimmbäder, als auch die privaten Pools benutzen chlorhaltige Chemikalien um das Wasser zu desinfizieren. Dabei werden Coli-Bakterien und Legionellen effizient abgetötet. Die Regelung der Hypochlorit-Verbindung und des pH-Werts (sauer – neutral – basisch) ist sehr wichtig in diesem Verfahren. Aber Achtung: Benutzt man das Schwimmbecken als Toilette, so entstehen leicht Chloramine – und die sorgen für irritierte, rote Augen beim Tauchen und den typischen Schwimmbadgeruch. Denn ideal chloriertes Schwimmbadwasser sollte fast geruchfrei sein. Also, immer das WC aufsuchen, nicht ins Schimmbad. ...

* * *

Le titane – élément avec des propriétés mythiques

Avez-vous déjà lavé vos dents aujourd'hui? Oui ? Alors très probablement avec un dentifrice blanc – et ce joli blanc appartient à un des pigments blanc préférés : le dioxide de titane, ou, pour être précis, le *rutile*. C'est aussi le *rutil*, minerai naturel, qui fut au début de la découverte du titane comme élément chimique. En 1791, le chimiste écossais WILLIAM GREGOR avait déjà découvert un minerai de fer contenant du titane, mais c'est seulement le chimiste allemand MARTIN HEINRICH KLAPROTH qui l'a identifié en tant que tel et le nomma « titane » d'après les titans de la mythologie grecque. Le métal se caractérise par sa grande dureté alors que sa densité est environ un tiers de celle du fer, c'est donc un métal léger. En plus, il résiste à la corrosion en milieu aqueux ou humide, et il résiste aux températures élevées avec un point de fusion de 1668°C. C'est pourquoi nous trouvons le métal et ses alliages souvent en médecine, par exemple en tant qu'implants dentaires, hanches artificielles ou vices pour stabiliser les fractures compliquées. Nous le touchons tous les jours si nous avons un téléphone ou un PC portable dont la coquille est souvent faite de ce métal léger ou d'un de ses alliages. Et qui ne connaît pas encore les lunettes super-flexibles en titane ? En alliage avec l'acier, on obtient des propriétés exceptionnellement bonnes au niveau mécanique et résistance à la corrosion, raison pour laquelle on en fabrique des roues de trains ou des turbines. Mais, le titane est aussi 10 fois plus cher que l'acier.

Les composés du titane avec l'azote (= les nitrures), avec le carbone et l'azote (les carbonitrures) et avec le carbone (=les carbures) se caractérisent par une grande dureté et résistance à l'abrasion. Lors de votre prochaine visite dans un brico-loisir, allez voir la perceuse de haute performance dont l'aléseur doré vous indique la présence de nitrure de titane. A propos « or », si vous avez récemment acheté une montre dorée et que vous êtes déçus parce que quelque mois après, votre montre devient couleur orange du cuivre, c'est que l'or est effectivement très mou et ne résiste pas bien à l'abrasion. Par contre, une montre peut-être moins chère, mais revêtue de nitrure de titane, restera couleur dorée pendant des années….

* * *

Le Vanadium – découverte internationale

Voilà encore un élément moins connu par le grand public, un métal qui porte le numéro 23 du tableau périodique, et le symbole V. Son nom vient de la déesse germanique de la beauté et de la fertilité, Vanadis (Freya) – et en effet, les composés du vanadium sont souvent très colorés et donc beau à voir. Même si c'est un élément fréquent, on ne le trouve pas souvent en haute concentration. C'est ainsi que l'élément a été découvert une première fois en 1801 par ANDRÉS MANUEL DEL RIO, chimiste espagnol, dans des minerais de plomb au Mexique. Mais ALEXANDER VON HUMBOLDt et le chimiste français H. V. COLLET-DESCOTILS ont critiqué cette découverte, croyant que ces composés provenaient du chrome. 29 ans plus tard, le Suédois NILS GABRIEL SEFSTRÖM redécouvre l'élément dans des minerais de fer, et FRIEDRICH WÖHLER en Allemagne porta preuve à cette découverte.

Le chimiste anglais, HENRY ENFIELD ROSCOE, qui avait fait des études avec ROBERT BUNSEN à Heidelberg en Allemagne, fut en 1867 le premier à isoler le métal lourd pur. Ses recherches sur cet élément lui amenèrent par la suite le titre noble de « Knight ». En 1903 commença l'industrialisation du vanadium lors de la fabrication d'acier, soutenue par la demande accélérée par l'industrie de l'automobile poussée par HENRY FORD aux Etats-Unis. Aujourd'hui, on extrait env. 60'000 tonnes de minerais de vanadium par an pour en faire le métal, à 90 % mélangé avec le fer pour en faire des aciers. Les aciers au vanadium se caractérisent par une bonne résistance et sont

donc utiles dans la construction de bâtiments et la fabrication d'outils. On peut aussi en faire des ressorts ou des hélices dans les propulsions des aéronefs.

Vu sa fréquence sur terre, il n'est pas surprenant que la Nature l'utilise aussi : Dans le plantes, le vanadium joue un rôle indirect dans la photosynthèse. Quelques bactéries possèdent des enzymes pour fixer l'azote de l'air qui contiennent du vanadium. Des algues et des lichens en contiennent aussi, sans que son rôle soir très clair à présent. Dans l'être humain, le vanadium peut réguler l'absorption de glucose dans le foie, il stimule la glycolyse et inhibe la néoglucogenèse. Ainsi, le taux de glucose dans le sang diminue. La recherche actuelle est en train d'évaluer alors les composés au vanadium pour le traitement du diabète de type II. Pour les adeptes du « Heavy Metal », allez trouver le groupe rock du nom de cet élément…

* * *

Eisen

Wer an Eisen denkt, denkt automatisch auch an Stärke, an Kraft!

Eisen verdrängte einst aufgrund seiner Widerstandsfähigkeit die Bronzezeit und Eisen war der Grund, warum POPEYE zum Spinat griff, um sich für seine Abenteuer zu wappnen.

Heute wissen wir, dass Eisen rostet und dass im Spinat weit weniger Eisen steckt als POPEYE dachte.

Und trotzdem hätten wir ohne Eisen keine Kraft zu leben.

Aber fangen wir von ganz vorne an. Zum Beispiel mit der Frage, wo das mengenmässig zweithäufigste Element auf der Erde eigentlich herkommt.

Riesensterne bauen bis zum Ende ihres Lebens in ihrem Kern Eisen durch Fusionsreaktionen auf. Wenn sie groß genug sind, ziehen sie sich zusammen um dann zu explodieren und ihr Eisen durch das Universum zu schießen: der Ursprung allen Eisens.

Während unserer Geschichte, veränderte sich unsere Lebensweise durch den Einsatz von Eisen vollkommen.

Die bis heute älteste gefundene Verwendung von Eisen in verarbeiteter Form wurde in Mesopotamien um 2700-3000 v. Chr. entdeckt; weit vor dem Übergang von der Bronzezeit in die Eisenzeit, die erst um 1200 v. Chr. stattfand.

Der Einsatz von Eisen beeinflusste nicht nur die Bauweise, sondern auch Kampf und Krieg. Schwerter aus Eisen waren stärker als die bisher verwendeten Bronzeschwerter und charakteristisch für diese Zeit - Krieg bedeutete Leben oder Tod für jede Nation.

Und doch gab es ein Problem: in der Gegenwart von Sauerstoff und Feuchtigkeit rostet Eisen.

Aber gerade dieses Problem des Rostes führte zu einer brillanten Entdeckung: jener von Eisen-Legierungen.

Legierungen entstehen, wenn einem Metall, eine kleine Menge eines anderen Elements beigemischt wird. Es kommt zu einem neuen Material mit neuen Eigenschaften. Wenn Eisen beispielsweise 0,2 % bis 2,1 % Kohlenstoff zugemischt wird, bildet sich Stahl, das noch stärker ist als Eisen selbst.

Legierungen wie diese werden vielseitig eingesetzt: Autos, Züge, Gebäude oder Uhren.

So stellt Eisen einen sehr wichtigen Rohstoff dar. Weltweit widmet sich 95 % der Metallproduktion dem Eisen. Die weltweiten Top-Drei-Länder der Eisenproduktion sind dabei China, Brasilien und Australien mit 71 % des gesamten Produktionsvolumens. Eine nützliche Eigenschaft von Eisen, die im modernen Leben genutzt wird, ist der Magnetismus. Eisen ist von Natur aus magnetischen, kann aber durch plötzliche Stöße oder magnetische Felder, entmagnetisiert werden. Dies ermöglicht die Kontrolle über sein Magnetfeld, was in einer Vielzahl von Gebieten Anwendung findet: in VHS, Festplatten, Bankomatkarten, Fernsehern, Lautsprechern und als magnetische Nanopartikel in der Medizin.

Eine interessante Anwendung des Magnetismus waren Unterwasserminen im 2. Weltkrieg. Minen wurden so eingestellt, dass sie explodierten, sobald ein magnetisches Material in der Nähe war. Schiffskörper wurden aus Eisen-Legierungen gemacht und wurden magnetisiert, wenn sie sich durch die Magnetfelder der Erde bewegten. Dies konnte jede in der Nähe gelegene Mine zum Explodieren bringen.

Der Kanadier CHARLES F. GOODEVE entwickelte eine neue Technologie, um den Magnetismus vom Rumpf zu entfernen – bekannt als "degaussieren", nach dem berühmten deutschen Wissenschaftler JOHANN GAUß.

Eisen ist also tatsächlich lebensnotwendig. Allerdings weniger, weil wir es für unsere Bankomatkarten und i-Phones brauchen, vielmehr weil wir es in Form des Hämoglobins für den Transport von Sauerstoff im Körper benötigen. Auch Pflanzen sind ohne Eisen nicht überlebensfähig: Sie brauchen es, um Chlorophyll herzustellen und so Photosynthese zu betreiben. Zudem benötigen alle Lebewesen auf der Erde Eisen, um die DNA, welche die Anweisungen für alles Leben kodiert, produzieren zu können.

Ein Mangel an Eisen kann folglich ernst sein und ist die häufigste Ursache von Anämie, da zu wenig Hämoglobin gebildet wird. Weltweit leiden geschätzt mehr als eine Milliarde Menschen darunter. Die Menge an Eisen im Körper kann durch den Verzehr von Eisenreichen Lebensmittel wie Bohnen, Linsen, Getreide und Fleisch erhöhet werden.

POPEYE hätte also wohl besser zum Steak gegriffen …

Aber woher kommt die weit verbreitete Fehlannahme, dass Spinat ein eisenreiches Gemüse sei?

Es ist dies die Geschichte des deutschen Wissenschaftlers E. VON WOLF, dem bei der Veröffentlichung des Eisengehalts von Spinat im Jahre 1870 ein Fehler unterlief, was zu einem 10-mal höheren Eisengehalt als dem tatsächlichen führte. Dieser Fehler wurde erst in den 30er Jahren behoben.

* * *

Cuivre & Zinc

Pourrions-nous nous passer de l'ordinateur ou du téléphone mobile? Sans cuivre, nous en serions obligés! Le cuivre est utilisé dans des milliers d'applications, comme la voiture (50 kilos), les tuyaux en cuivre d'où l'on tire l'eau, et les câbles électriques (200 kilos dans chaque maison). Cette gamme d'applications est due à ses propriétés exceptionnelles : il est souple et malléable, avec une excellente conductivité mais en même temps résistant à la corrosion. L'homme connaît ce métal depuis plus de dix mille ans et il est maintenant si précieux que les articles en cuivre, à la fin de leur vie, ne sont jamais jetés, mais refondus et retraités. La qualité du métal « neuf » ou recyclé est la

même, et le recyclage permet ainsi d'économiser l'énergie, qui provient de l'extraction, du transport et de plusieurs traitements.

On n'utilise pas seulement le cuivre tout seul, mais aussi mélangé avec un autre métal, obtenant des « alliages » aux propriétés nouvelles. Les mieux connus sont le bronze, alliage de cuivre et d'étain, et le laiton, alliage de cuivre et zinc.

Le zinc est un métal relativement commun, plus que le cuivre ou le plomb, mais il est difficile à préparer et on ne le connaît pur que depuis 'seulement' 250 ans. Le zinc est fragile à basse température, c'est-à-dire que l'on ne peut pas le déformer sans le casser; on dit d'ailleurs que les boutons de uniformes de l'armée de NAPOLÉON étaient en zinc et que cela n'était point favorable en hiver ! Par contre, entre 100 et 200 °C, le zinc est ductile et peut être déployé en feuilles ou tiré en fils. Grâce à sa grande résistance à la corrosion, il est souvent utilisé pour 'recouvrir' un objet d'une couche mince qui lui donne une vie presque infinie, comme les glissières de sécurité des autoroutes.

Mais nos cellules aussi ont besoin de zinc! Il est impliqué dans la conversion de la vitamine A en rétinol, nécessaire pour la vision et la formation osseuse, il soutient la détoxification de l'alcool par le foie ; il est essentiel pour le système immunitaire et accélère la guérison des blessures. Le cuivre aussi est un élément d'importance biologique : le sang bleu non pas des nobles, mais des homards, des escargots et des araignées par exemple contient du cuivre à la place du fer pour transporter l'oxygène par l'hémocyanine.

Le cuivre et le zinc, deux métaux qui sont, seuls ou en combinaison, part importante de notre vie!

* * *

Rubidium et Strontium – deux éléments « rouges »

L'année 2012 vient de commencer avec des feux d'artifices colorés magnifiques. Mais, d'où viennent ces couleurs ? Aujourd'hui, on va parler du rouge…

Le rubidium (*rubidus* = rouge foncé) est un métal alcalin dont l'existence a été prouvée d'abord par ROBERT W. BUNSEN (voir le bec du même nom) et GUSTAV KIRCHHOFF. Il fallait évaporer et traiter les résidus de 44'200 litres d'eau minérale pour en extraire neuf grammes d'un sel de rubidium pur, et en chauffant ce sel, ils ont pu observer la flamme rouge pourpre foncée typique pour cet élément.

Dans la nature, on le trouve par exemple dans le *lépidolite*. Sous forme métallique, il est extrêmement mou et fond déjà à env. 40°C. On peut même le distiller ! A l'air, ce métal s'enflamme spontanément, et sa réaction avec l'eau est vive, voir explosive. Le rubidium sert, comme le césium, de standard dans l'horlogerie et on parle aussi d'horloge atomique. Comme il est moins cher que le césium, il est très fréquemment utilisé pour contrôler les fréquences de stations de télévision, de téléphone portable ou de GPS. On le trouve aussi ingrédient dans certains verres d'applications spéciales et dans l'étude de canaux ioniques biologiques où il remplace le potassium. Un de ses isotopes (= formes) peut servir en tomographie, par exemple pour étudier le fonctionnement du cœur. Notre corps contient environ 0.4 g de cet élément et c'est certaines eaux minérales, le café et le thé que contiennent la quantité utile pour nous. Similaire au lithium, dont le strontium est le grand frère, il agirait aussi comme neurotransmetteur et antidépresseur.

Un autre élément « rouge » et très populaire dans les feux d'artifice est le strontium. Son nom vient de Strontian, un village en Ecosse où des minerais contenant du strontium ont été découverts. Une de ses premières applications fut la production de sucre de la betterave sucrière dès 1849 qui se basait sur la cristallisation du sucre en présence de l'hydroxyde de strontium, un processus utilisé pen-

dant 100 ans avec une production annuelle de plus de 100'000 tonnes. Il forme des alliages avec l'aluminium ou le magnésium très résistants pour former des blocs moteurs de voitures ou de motocycles. Grand frère du calcium, il peut jouer le rôle de neurotransmetteur, ou alors remplacer le calcium dans les os. Alors qu'un isotope de longue durée de vie peut alors détruire des cellules, ce même phénomène à plus courte échelle peut aider à traiter le cancer des os. Nettement plus fréquent que le rubidium, c'est principalement le strontium qui donne la couleur rouge aux feux d'artifice.

* * *

Ruthenium – eines der seltensten Elemente der Erde

Als in den Jahren 1803 und 1804 die vier neuen Elemente Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium in Platinerzen entdeckt wurden, begann ein regelrechter Wettlauf um weitere unbekannte Elemente aus solchen Erzen zu isolieren und in reiner Form darzustellen. Es dauerte aber noch weitere 40 Jahre bis der deutschbaltische Chemiker KARL ERNST CLAUS 1844 etwa 6 Gramm eines neuen, bislang unbekannten grau glänzenden Metalls aus Platinerzen, aus einer damals neu entdeckten Lagerstätte im Ural, rein darstellen konnte. Er nannte dieses Metall Ruthenium (Ru, Ordnungszahl 44) in Anlehnung an den Fundort welcher in Russland lag (v. lateinisch *ruthenia* „Ruthenien" ist „Russland").

Das Ruthenium ist eines der seltensten Elemente und kommt in der Erdkruste in einer Konzentration von 1 zu 1 Billion vor. In den wichtigsten Erzlagerstätten wie z.B. in Südafrika reicherte sich das Ruthenium immerhin bis zu 12 % an. Das reine Metall (reines Element) kommt auch wegen seiner chemischen Robustheit gediegen an 21 Fundorten auf der Welt vor. Es existieren auch einige wenige Ruthenium-haltige Minerale, welche als Legierungen, oder an Schwefel (Sulfide) oder Arsen (Arsenide) gebunden gefunden wurden.

Wie schaffte es dieses praktisch nicht existente Element, die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler zu gewinnen? Es sind seine einzigartigen Eigenschaften und die seiner Verbindungen, welche ihm eine Spitzenstellung in Bezug auf seine Anwendungen im Bereich der Katalyse, der Elektronikindustrie und der Photovoltaik verschafften.

Im Bereich der Katalyse ist das Element Ruthenium nicht mehr weg zu denken. Bei der Produktion von Plexiglas beispielsweise, dem Polymethylmethacrylat (PMMA), wird eine Rutheniumverbindung benötigt, um die notwendige Reaktionsgeschwindigkeit zur Bildung dieses Polymers zu erreichen. Das bedeutet, dass alle Gegenstände, welche aus Plexiglas gefertigt sind, wie z.B. Scheiben, Zahnprothesen oder Kunstfiguren, Schüsseln oder Uhrgläser, bei ihrer Herstellung mit Ruthenium in Berührung gekommen sind.

Auch in der Elektronikindustrie, beispielsweise in Festplatten, wird Ruthenium eingesetzt. Es hilft beim Platz sparenden Speichern von Daten und erlaubt daher die Herstellung von Festplatten mit über 40 GB Speicherkapazität. Der größte Teil der jährlich gewonnen Menge an Ruthenium (ca. 20 Tonnen) wird für diesen Industriezweig benötigt. Aufgrund seiner hohen Abriebbeständigkeit kommt es auch in elektrischen Kontakten oder Füllfederhalterspitzen vor.

In der Photovoltaik werden die ausgezeichneten Eigenschaften einer Rutheniumverbindung ausgenutzt, um Sonnenenergie in elektrische Energie umzuwandeln. In diesen Solarzellen wird das Ruthenium, „eingepackt" in einem so genannten Metallkomplex, benutzt, um eine elektrische Spannung aufzubauen, welche in alltäglichen Anwendungen wie z.B. dem Betrieb von Taschenrechnern die notwendigen Batterien ersetzen kann. Die Solarzelle, welche mit Ruthenium betrieben wird, hat gegenüber der konventionellen Silizium-Zelle den Vorteil, dass auch mit schwachem Licht ein

hoher Wirkungsgrad erreicht wird. Der photovoltaische Prozess der Umwandlung von Licht in elektrische Energie ist der natürlichen Photosynthese der Pflanzen nachgeahmt.

Diese kurze und unvollständige Zusammenstellung der Einsatzmöglichkeiten von Ruthenium als Element oder auch seiner Verbindungen zeigt, dass ein Atom welches nur in geringsten Mengen vorkommt, die Industrialisierung der Erde entscheidend beeinflusst hat.

* * *

Au und Hg (Gold und Quecksilber)

Gold (chemisches Symbol Au), mit seinen einzigartigen Eigenschaften und seinem hohen Marktwert ist ein Metall, das seit Jahrtausenden begehrt ist. Gold wird seit Jahrtausenden für rituelle Gegenstände und Schmuck sowie seit dem sechsten Jahrhundert v. Chr. in Form von Goldmünzen als Zahlungsmittel verwendet.

Das Schwermetall ist extrem form- und dehnbar, während andere Metalle geschmolzen und in eine Form gegossen werden müssen. Die chemischen Eigenschaften des Golds sind selten und interessant: zum Beispiel kann man es im Gegensatz zu Geldmünzen und anderen Basismetallen nicht in Salpetersäure auflösen. Aus diesem Grund wird Salpetersäure verwendet, um das mögliche Vorhandensein von Gold in einem Objekt zu diagnostizieren. Dementsprechend ist Gold chemisch innert, d.h. es reagiert mit den meisten Chemikalien nicht. Vom Zahnersatz bis zu elektronischen Schaltkreisen, der Einsatz des Edelmetalls ist extrem vielfältig. Gold wird zunehmend auch der Nanotechnologie (1 Nanometer entspricht 10^{-9} Meter) eingesetzt. Forscher am MIT (Massachusetts Institute of Technology, USA) nutzen Gold-Nanopartikel, um Medikamente gezielt an ihren Wirkungsort im Körper zu bringen. Dazu wird das Medikament chemisch an der Oberfläche dieser Goldpartikel verankert und am Wirkungsort im Körper durch Infrarotstrahlung wieder entfernt. Dies ermöglicht eine hohe lokale Dosis des Medikaments.

In der griechischen Antike symbolisierte das Quecksilber (chemisches Symbol Hg) den Gott und den Planeten Merkur. Dies wurde von den Römern und den Alchemisten übernommen. Daher ist im Englischen « mercury » sowohl die Bezeichnung für das Quecksilber als auch für den Planeten und den Gott.

QIN SHI HUANG, der erste Kaiser Chinas, strebte nach Unsterblichkeit. Er hielt Quecksilber für einen besonderen Stoff mit vitalisierenden Eigenschaften, und offenbar verordneten andere es als Bestandteil seiner Arznei- oder Zaubertränke. In Indien wurden Quecksilberinjektionen als Aphrodisiaka angewandt.

Quecksilber ist das einzige Metall und neben Brom das einzige Element, das bei Normalbedingungen flüssig ist. Die thermische Ausdehnung des Quecksilbers ist recht hoch und zwischen 0 °C und 100 °C direkt proportional zur Temperatur. Außerdem benetzt Quecksilber Glas nicht. Daher eignet es sich zum Einsatz in Flüssigkeitsthermometern und Kontaktthermometern. Bedingt durch seine starke Toxizität ist der Einsatz heutzutage auf den wissenschaftlichen Bereich beschränkt, es kann teilweise durch gefärbten Alkohol oder elektronische Thermometer ersetzt werden.