

**chemie biologie**



Photo de couverture : Cœur de platine dans la vapeur de méthanol. La décomposition catalytique du méthanol sur le cœur du platine conduit sur une longue durée, à une lueur périodique et une décoloration du cœur de platine.

[www.vsn-shop.ch/produkte/platinherz/](http://www.vsn-shop.ch/produkte/platinherz/)

*Umschlagbild : Platinherz im Methanoldampf. Die katalytische Zersetzung von Methanol am Platinherz führt zu einem lang anhaltenden, periodischen Aufglühen und Verblässen des Platinherzes.*

[www.vsn-shop.ch/produkte/platinherz/](http://www.vsn-shop.ch/produkte/platinherz/)

# Editorial



Chères collègues, chers collègues,

Une nouvelle année scolaire est sur les rails. En lisant les nouvelles de notre président Klemens Koch, je suis heureux de constater que la Commission Alémanique de Biologie (DBK) est en pleine forme, le nombre de ses membres étant d'ailleurs en augmentation. J'espère que cela permettra de recevoir des articles de biologie pour notre journal ces prochaines années : je compte sur vous, amis biologistes !

Par ailleurs, je vous propose de mettre dans un coin de votre mémoire que lors du deuxième semestre de l'année scolaire la chimie sera à l'honneur. En effet, L'UNESCO a proclamé 2019 comme Année internationale du tableau périodique des éléments chimiques, permettant de marquer le 150<sup>ème</sup> anniversaire de l'établissement de la classification des éléments par Mendeleïev. Vous pouvez avoir plus de renseignements sur le site de la IUPAC : <https://iupac.org/united-nations-proclaims-international-year-periodic-table-chemical-elements/>.

Et pour terminer, n'oubliez pas que notre Assemblée générale aura lieu dans le cadre du cours central à Soleure. Je me réjouis de vous voir nombreux à cette occasion.

Manuel Fragnière, rédacteur en chef c+b.

*Liebe Kolleginnen und Kollegen,*

*Wir sind mitten drin im neuen Schuljahr. Aus den Mitteilungen unseres Präsidenten, Klemens Koch, entnehme ich mit Freude, dass die Deutschschweizer Biologiekommision (DBK) immer mehr Mitglieder hat und gut läuft. Ich hoffe damit auch auf eine steigende Zahl von Artikeln aus der Biologie und zähle auf sie, liebe Kolleginnen und Kollegen aus der Biologie!*

*Aber vorher möchte ich ihnen in Erinnerung rufen, dass im zweiten Semester des Schuljahres eher die Chemie zu Ehren kommen wird, hat die UNESCO doch 2019 zum Internationalen Jahr des Periodensystems proklamiert in Erinnerung an die Anordnung der Elemente durch Mendelejew vor 150 Jahren. Mehr Informationen dazu finden sie auf der Webseite der International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC): <https://iupac.org/united-nations-proclaims-international-year-periodic-table-chemical-elements/>.*

*Und zum Schluss: Vergessen sie die Generalversammlung nicht, welche im Rahmen des Zentralkurses in Solothurn stattfinden wird. Es freut mich, sie bei dieser Gelegenheit zahlreich zu treffen.*

*Manuel Fragnière, Redaktor c+b  
(Übersetzung: Klemens Koch)*

**Inhalt / Contenu**

Aus dem VSN / <i>De la SSPSN</i> .....	5
Neues aus Chemie, Biologie und Didaktik / <i>Nouveautés en chimie, biologie et didactique</i> .....	10
Traktanden der Generalversammlung 2018 / <i>Ordre du jour de l'Assemblée générale 2018</i> .....	13
Kongress Scientiae & Robotica / <i>Congrès Scientiae &amp; Robotica</i> .....	14
Die Ionisierungsenergie der N-, P- und As-Atome visualisieren <i>Visualiser l'énergie d'ionisation des atomes N, P et As</i> .....	15
Die Mischung macht's / <i>Le mélange le fait</i> .....	16
Vom Energieminimum zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik <i>Du minimum énergétique à la seconde loi de la thermodynamique</i> .....	20
Impressum .....	24
VSN-Vorstand / <i>Comité de la SSPSN</i> .....	25
Mitgliedschaft / <i>Adhésion</i> .....	26

Redaktionsschlüsse für die nächsten Ausgaben /  
*Délais rédactionnels pour les prochains numéros :*

**15.12.2018 / 1.5.2019 / 1.9.2019**

Senden Sie Ihren Beitrag an / *Envoyez vos contributions à :*

**manuel.fragniere@rpn.ch**

**MOLE DAY**  
OCTOBER 23



## Aus dem VSN

Liebe Kolleginnen und Kollegen, hier einige aktuelle Mitteilungen aus dem Verein:

*Chers collègues, voici quelques communications actuelles de la Société :*

### **Generalversammlung 2018 des VSN / Assemblée générale 2018 de la SSPSN**

Die Generalversammlung 2018 des VSN findet am 17. Oktober 18.00 bis 18.50 an der Kantonsschule Solothurn im Rahmen des Zentralkurses statt. Die Traktanden sind auf [www.vsn.ch](http://www.vsn.ch) zu finden.

Siehe Traktandenliste auf Seite 13.

*L'Assemblée Générale 2018 du VSN aura lieu le 17 octobre de 18h à 18h50 à la Kantonsschule de Soleure dans le cadre du cours central. L'ordre du jour se trouve sur [www.vsn.ch](http://www.vsn.ch).*

*Voir l'ordre du jour à la page 13.*

### **Zentralkurs Chemie 17. bis 19. Oktober 2018, Kantonsschule Solothurn / Cours central de chimie du 17 au 19 octobre 2018 à la Kantonsschule de Soleure**

Der Zentralkurs Chemie [www.zentralkurs.ch](http://www.zentralkurs.ch) ist auf der Zielgeraden. Wir freuen uns auf den Austausch und danken bereits jetzt Organisationskomitee um Pascal Pfister für die grosse Vorbereitungsarbeit.

*Le cours central de chimie [www.zentralkurs.ch](http://www.zentralkurs.ch) est sur les rails. Nous attendons avec impatience d'échanger avec vous et remercions déjà le comité d'organisation de Pascal Pfister pour son excellent travail de préparation.*

### **Deutschschweizer Biologiekommision DBK / Commission alémanique de biologie DBK**

Die DBK hat ihre Arbeit aufgenommen und Arbeitsfelder festgelegt. Ein wichtiger Punkt ist, die Biologielehrkräfte gezielter ansprechen zu können. Um die spätere Klärung bei den Mitgliedern zu vereinfachen wäre die Mitteilungen der Unterrichtsfächer an den VSN ([klemens.koch@gmx.ch](mailto:klemens.koch@gmx.ch)) jetzt schon willkommen. Für Anregungen zur Arbeit und Angebot für Unterstützung richte man sich an die Präsidentin Silvia Reist: [silvia.reist@edulu.ch](mailto:silvia.reist@edulu.ch).

*La DBK a commencé ses travaux et défini des domaines de travail. Un point important est de pouvoir s'adresser aux enseignants en biologie de manière plus ciblée. Afin de simplifier la communication future pour les membres, le partage de vos sujets serait bienvenu auprès de la VSN ([klemens.koch@gmx.ch](mailto:klemens.koch@gmx.ch)). Les suggestions sur le travail de la commission et l'offre de soutien sont à adresser à la présidente Silvia Reist : [silvia.reist@edulu.ch](mailto:silvia.reist@edulu.ch).*

Die Zusammensetzung wurde noch einmal erweitert:

*La composition de la commission a une fois de plus augmenté :*

- Silvia Reist, Kantonsschule Beromünster LU, Präsidentin / *présidente*
- David Stadler, Kantonsschule Sursee LU, Vizepräsident / *vice-président*
- Tobias Alther, Kantonsschule Stadelhofen ZH
- Fabia Brentano, Alte Kantonsschule Aarau AG
- Dieter Burkhard, Gymnasium Heerbrugg SG
- Klemens Koch, Gymnasium Biel-Seeland BE und PH Bern, Präsident VSN / *président SSPSN*
- Christian Kofmel, Gymnasium Neufeld BE
- Ellen Kuchinka, Gymnasium Muttenz BL und Fachdidaktik PH FHNW
- Andreas Meier, Kantonsschule Musegg LU und Fachdidaktik PH Bern
- Patrick Muff, Kantonsschule Romanshorn und Fachdidaktik PH Thurgau
- Renato Nanni, Gymnasium Kirchenfeld BE
- Carmen Schwestermann, Kollegium Spiritus Sanctus, Brig

### **Weiterbildung Biologieunterricht beim BioValley College Network /**

#### ***Formation continue en biologie au BioValley College Network***

Für Biologielehrkräfte gibt es schon ein gut funktionierendes Netzwerk, das die DBK unterstützen möchte. Das BioValley College Network vernetzt Schulen der Nordwestschweiz, des Elsasses und Südbadens im Bereich der Life Sciences. Bereits jetzt sind auch weitere interessierte Lehrkräfte willkommen. Als nächste Weiterbildung findet das Life Science Symposium am Samstag 23. März 2019 an der Kantonsschule Wettingen statt. Mehr unter <https://www.biovalley-college.net/> (31.8.18).

*Les professeurs de biologie ont déjà un réseau qui fonctionne bien et que la DBK souhaiterait prendre en charge. Le réseau BioValley College relie les écoles du nord-ouest de la Suisse, de l'Alsace et de Baden-Sud dans le domaine des sciences de la vie. Dès lors, les autres enseignants intéressés sont aussi les bienvenus. Le prochain colloque sur les sciences de la vie aura lieu le samedi 23 mars 2019 à la Kantonsschule de Wettingen. Plus d'informations sur <https://www.biovalley-college.net/> (31/08/18).*

## International Year of The Periodic Table IYPT 2019

Wie bereits angekündigt arbeiten wir an einem Projekt für Schulen aller Stufen. Es wird auch für Gymnasien eine Möglichkeit geben mitzumachen. Im nächsten c+b folgen weitere Informationen.

*Comme déjà annoncé, nous travaillons sur un projet pour les écoles de tous les niveaux. Les écoles secondaires auront également la possibilité de participer. Plus d'informations dans le prochain c + b.*

## Rückblick: Scientiæ & Robotica an der EPFL, 5. bis 8. September 2018 / *Retour de Scientiæ & Robotica à l'EPFL, 5-8 septembre 2018*

Der Kongress lockte viele Lehrkräfte der Informatik, Mathematik, Physik, Chemie aus der ganzen Schweiz bei herbstsonnigem Wetter nach Lausanne. Interessante Vorträge und Workshops gaben Einblick in die Vielfalt der Robotik und Claude Nicollier erzählte aus erster Hand von der Faszination der Raumfahrt und seiner Arbeit, unter anderem an der Roboterhand um das Hubble-Teleskop zu reparieren. Auch die EPFL und Lausanne zeigten sich von der schönsten Seite, z. B. beim Diner im Musée Olympique mit Ausblick auf den abendlichen Lac Lemman. Aus biologischer Sicht waren vor allem Einblicke in medizinische Entwicklungen interessant, z. B. zu künstlichen Exoskeletten und deren Steuerung und Einsatz im Behindertensport. Aus der Chemie gab es Workshops zur Arduino-gesteuerten Messwerterfassung, zu Titrierautomaten, zu Sensoren als Grundlage für die «Sinneswahrnehmung» von Robotern und zu Rennen mit Nano-Robotertermolekülen.

Danke nochmals an Manuel Fragnière, der für den VSN im OK mitgearbeitet hat.

*Cet automne, le congrès a attiré à Lausanne de nombreux professeurs d'informatique, de mathématiques, de physique et de chimie de toute la Suisse. Des conférences et des ateliers intéressants ont donné un aperçu de la diversité de la robotique et Claude Nicollier a présenté en personne son voyage dans l'espace et son travail sur la réparation du télescope Hubble avec le bras robotisé de la navette. L'EPFL et Lausanne ont aussi montré leur plus beau côté, par exemple, au dîner au Musée Olympique avec vue nocturne sur le Lac Lemman. D'un point de vue biologique, les connaissances sur les développements médicaux étaient particulièrement intéressantes, par exemple les exosquelettes artificiels, leur contrôle et leur utilisation dans les sports pour handicapés. Concernant la chimie, des ateliers sur l'acquisition de données contrôlées par Arduino, des automates de titrage et des capteurs ont servi de base à la « perception sensorielle » des robots. Et encore une présentation d'une course avec des molécules nano-robotiques.*

*Merci encore à Manuel Fragnière, qui a travaillé pour la SSPSN au comité d'organisation.*

## Veranstaltungen befreundeter Verbände / *Événements d'associations amies*

An der 35. Fortbildungs- und Vortragstagung der Fachgruppe Chemieunterricht der Gesellschaft Deutscher Chemiker vom 13. bis 15. September 2018 haben in einem insgesamt sehr spannenden Programm vom VSN teilgenommen und vorgetragen: Albert Jonas zu interessanten Experimenten und Fortschritten bei der Detektion von Fingerabdrücken auf Thermopapier, Günter Baars zur Quantenchemie am Gymnasium und Klemens Koch zu Experimenten mit LED als Emitter und Sensoren.

Kommende Veranstaltungen, auch offen für Teilnehmende aus der Schweiz:

- 68e congrès de l'Union des professeurs de physique et de chimie (de la France), 28. - 31. Oktober 2018, Bordeaux F ([national.udppc.asso.fr](http://national.udppc.asso.fr))
- MNU-Bundeskongress 2019 Hannover, 21. - 25. März 2019, ([bundeskongress-2019.mnu.de/](http://bundeskongress-2019.mnu.de/))
- VCOe-Europäischer Chemielehrerkongress in Wien, 24.- 27. April 2019. ([vcoe.or.at](http://vcoe.or.at))

*Lors de la 35ème conférence de formation continue de la section de chimie de la Société Allemande de Chimie (GDC) du 13 au 15 septembre 2018, un programme passionnant de la SSPSN a été présenté : Albert Jonas avec des expériences intéressantes et des progrès dans la détection des empreintes digitales sur papier thermique, Günter Baars sur la chimie quantique au Gymnasium et Klemens Koch présentant des expériences avec les LED comme émetteurs et capteurs.*

*Événements futurs, également ouverts aux participants suisses :*

- 68e congrès de l'Union des professeurs de physique et de chimie (France), 28-31 octobre 2018, Bordeaux F. ([national.udppc.asso.fr](http://national.udppc.asso.fr))
- Congrès fédéral MNU 2019 Hanovre, 21 - 25 mars 2019, ([bundeskongress-2019.mnu.de/](http://bundeskongress-2019.mnu.de/))
- Congrès des enseignants de chimie européens VCOe à Vienne, 24-27 avril 2019. ([vcoe.or.at](http://vcoe.or.at))



VERBAND ZUR FÖRDERUNG  
DES MINT-UNTERRICHTS  
NIEDERSACHSEN



## Neue Mitglieder / Nouveaux membres

Herzlich willkommen im VSN / *Une cordiale bienvenue à la SSPSN :*

- Marcel Amberg, Kantonsschule Romanshorn
- Mischa Bachmann, Gymnasium Kloster Disentis
- Enrique Blanco, Gymnasium Oberwil Basel-Landschaft
- Julian Brunner, Zürich
- Sophie Clément Stocker, Gewerblich-industrielle Berufsschule Bern GIBB
- Basil Denzler, Kantonsschule Im Lee Winterthur
- Christos Dörries, Gymnase de la Cité, Lausanne
- Reto Fessler, Kantonsschule Frauenfeld
- Jochen Schenk, BWS Limmattal
- Evelin Jäger, Gymnasium Biel Seeland
- Roberto Formisano, Universität Zürich
- Konrad Fürtig, Bündner Kantonsschule, Chur
- Dario Hartmann, Pädagogische Hochschule Zürich
- Franz Heini, Gewerblich-Industrielle Berufsschule Bern
- Sabine Horn, Gymnasium Lerbermatt
- Nathalie Huber, Gymnasium Oberwil, Basel-Land
- Frey Jann, Gymnasium Liestal
- Christine Käser, FHNW PH Institut Sekundarstufe I und II
- Falco Kilchmann, Dänikon
- Manuela Koch, Gymnasium Oberwil, Basel-Land
- Janine Kumar, ETH Zürich
- Martin Lussi, Zürich
- Christine Lang, Gewerblich-Industrielle Berufsschule Bern
- Jan Marro, Kollegium Hl. Kreuz Freiburg
- Marcella Mazzolini, Stiftsschule Einsiedeln
- David Oesch, Kantonsschule Wattwil
- Babette Pochert, Bildungszentrum Gesundheit und Soziales BGS, Chur
- Julia Qvick, Gymnasium Biel-Seeland
- Sven Rauber, Freies Gymnasium Zürich
- Stephan Ramseyer, Gymnasium Bern-Neufeld
- Carmen Rettenmeier, Ringeisengymnasium Ursberg D
- Patrick Schmartz, Kantonsschule Alpenquai Luzern
- Jan Schneider, Gymnasium Oberwil, Baselland
- Beni Suter, Berufsbildungsschule Winterthur Abteilung Berufsmaturität
- Kathrin Székely, Kantonsschule Zürich Nord
- Nina Vogel, Märstetten Thurgau
- Sandro Wanner, Kollegi St. Fidelis, Stans NW
- Adrian Zwyszig, ETH Zürich, Lehr- und Lernforschung

Ich wünsche Ihnen allen einen schönen Herbst, mit herzlichem Gruss.

*Je vous souhaite à tous un bon automne, avec mes cordiales salutations.*

Klemens Koch, Präsident VSN, [klemens.koch@gmx.ch](mailto:klemens.koch@gmx.ch).

## Neues aus Chemie, Biologie und Didaktik

### Genom mit einem Handgerät auslesen

Das etwa 10cm grosse Handgerät MinION (<https://nanoporetech.com/products/minion>) kann das Humangenom lesen, indem es bis 800'000 Basen lange DNA-Moleküle durch Nanoporen aus Proteinmolekülen migrieren lässt. Quer dazu fließt ein elektrischer Strom, je nach Base etwas mehr oder weniger. Aus den kleinen Stromschwankungen kann die Sequenz bestimmt werden. Sogar epigenetisch modifizierte, z. B. methylierte, DNA-Moleküle können analysiert werden, weil sie nicht mit PCR vermehrt werden müssen.

Die DNA-Moleküle müssen nicht fragmentiert werden wie bei anderen Sequenziermethoden und so müssen am Schluss auch nicht fragmentierte Informationen wieder mit Mühe zusammengesetzt und Lücken «erraten» werden. Vielleicht wird so die «Point-of-care genetic» einmal Wirklichkeit, wo am Patientenbett eine individuelle Therapie dem Geno- und Phänotyp angepasst werden kann.

M Jain et al, *Biotechnol.*, 2018, DOI: 10.1038/nbt.4060 nach *Chemistry World*, März, 2018.

### Sind Lego-Teile aus Bio-Polyethylen nachhaltiger?

Lego-Bausteine werden aus dem stabilen Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymer (ABS) hergestellt, sehr flexible Teile aus Silikon, Radreifen aus gummielastischem Styrol-Butadien-Styrol (SBS) und Achsen aus zähem Nylon. Bäume und Büsche werden aus dem weichen Polyethylen (PE) hergestellt, einem typischen Produkt der Petrochemie. Im Bemühen um nachhaltigen Plastik soll das Polyethylen nun aber unter dem sinnigen Motto «Pflanzen aus Pflanzen» hergestellt werden. Dazu wird aus nachhaltig angebautem Zuckerrohr der Zucker vergärt, Ethanol zu Ethen dehydratisiert und dieses dann polymerisiert. PE-Produkte machen etwa 1-2% der Lego-Produkte aus und die Firma hat keinen Nachweis von Nachhaltigkeit über alle Aspekte, Ökonomie, Soziales und Ökologie erbracht. Sie betont auch, dass Nachhaltigkeit eine grössere Produktpalette und vor allem Verpackung und Transport umfassen muss. *Chemistry World*, April, 2018.

[www.lego.com/de-de/service/help/steine-bauen/rund-um-den-stein/woraus-werden-lego-steine-hergestellt-40810000007855](http://www.lego.com/de-de/service/help/steine-bauen/rund-um-den-stein/woraus-werden-lego-steine-hergestellt-40810000007855) und [www.lego.com/de-de/service/help/steine-bauen/rund-um-den-stein/was-sind-pflanzen-aus-pflanzen-408100000014606](http://www.lego.com/de-de/service/help/steine-bauen/rund-um-den-stein/was-sind-pflanzen-aus-pflanzen-408100000014606) (31.8.18).

### Guinness-Rekorde bei Molekülknoten

Die Rekorde fallen in immer kürzerer Zeit, wer das am meisten verknotete Molekül synthetisiert. 2017 gab es einen Guinness Rekord für das «am engsten verknotete Molekül» einer Gruppe der University of Manchester: Mit 192 Atomen kam das Molekül auf 8 Überkreuzungen ([www.chemistryworld.com/3008459.article](http://www.chemistryworld.com/3008459.article)). Nun hat eine Gruppe der University of Ulsan in Südkorea ein grösseres Molekül mit 16 Überkreuzungen hergestellt.

D H Kim et al, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2018, DOI: 10.1002/anie.201800638 nach: *Chemistry World*, Februar und Mai, 2018,

[www.chemistryworld.com/news/chemists-tie-molecular-knot-with-record-number-of-crossings-/3009015.article](http://www.chemistryworld.com/news/chemists-tie-molecular-knot-with-record-number-of-crossings-/3009015.article) (31.8.18).

## **Blitze induzieren Kernreaktionen in der Atmosphäre**

Blitze können energiereiche  $\gamma$ -Photonen generieren und diese wiederum aus N-14 oder O-16-Isotopen unter Neutronenemission die instabilen radioaktiven Isotope N-13 und O-15 erzeugen. Diese wandeln sich dann unter Positronenemission in stabile C-13 und N-15 Isotope um. Im Labor waren die Reaktionen bekannt. Dass es auch in der Natur bei Blitzen passiert, hielten am 6. Februar 2017 in Japan vier Strahlungsmessgeräte eines Kernkraftwerkes zufällig fest, als sie mitten in einem Gewitter den charakteristischen Verlauf von  $\gamma$ -, n- und  $\beta^+$ -Strahlung aufzeichnen konnten.

Enoto et al, Nature, 2017, 481, DOI: 10.1038/nature24630, nach: Chemistry World, Januar 2018.

## **Die Jagd nach Element 119 hat begonnen**

2018 hat die Suche nach den Elementen 119 und 120 im japanischen Forschungsinstitut Riken begonnen. Es wurde vorausgesagt, dass sie innerhalb von fünf Jahren gefunden werden. Das Riken Team um Kosuke Marita hat bereits Element 113, unterdessen Nihonium benannt, gefunden, indem sie ein Bismuth-Target mit Zink-Ionen ( $83 + 30 = 113$ ) beschossen und so eine Fusion herbeiführten. Für 119 werden sie ein Curium-Target mit Vanadium-Ionen ( $96+23=119$ ) beschiessen währenddessen die russische Gruppe um Yuri Organessian ab 2019 dafür ein Berkelium-Target mit Titan-Ionen beschiessen wird ( $97+22=119$ ). Beide Targets, Curium und Berkelium, werden vom Oak Ridge Labor in Tennessee, USA, zur Verfügung gestellt. Zumindest die Arithmetik bei der Herstellung der neuen Elemente scheint einfach. Chemistry World; 10, 2017

## **Die Atommasse von Argon ist jetzt ein Intervall**

Die Atommassen bei Mischelementen sind Durchschnittswerte. Die Isotopenverhältnisse sind aber nicht bei allen irdischen Isotopenvorkommen gleich, so wird jetzt auch bei Argon erstmals seit der Entdeckung 1884 die Atommasse von IUPAC nicht mehr durch einen festen Wert (39.948) angegeben, sondern durch ein Intervall von 39.792 bis 39.963. Es gibt mittlerweile 13 Elemente, deren Atommasse durch Intervalle angegeben werden, darunter auch Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Neben Argon wurden bei 13 anderen Elementen die Atommasse geändert, meistens nur in der sechsten oder siebten Stelle nach dem Komma. Aber bei Argon ist die Änderung grösser und bedeutender: Argon wird für sehr genaue Messung der Boltzmann-Konstante verwendet, welche zu einer Neudefinition der Basisgrösse der Temperatur, dem Kelvin, führen sollen und dort ist die Atommasse von Argon die grösste Quelle der Ungenauigkeit. Chemistry World, Juli 2018.

## Ein Mol ist jetzt 602'214'076'000'000'000'000 kleinste Teilchen

Das Mol ist jetzt definiert, wie es schon immer hätte verstanden werden sollen, als Stoffmenge mit der Anzahl davon vorliegender kleinsten Teilchen. Vielleicht wird diese Neudefinition unsere Aufgabe erleichtern, das Konzept Schülerinnen und Schülern verständlich zu machen. Praktisch wird die Bestimmung weiter über Massenvergleich gehen, auch historisch konnten Chemikerinnen und Chemiker mit der Waage früher Stoffmengen und damit Teilchenzahlen vergleichen als absolute Teilchenzahlen bestimmen. So ging auch die bisherige Definition über die Masse: Ein Mol ist die Stoffmenge mit der gleichen Anzahl Teilchen wie 12 g C-12. Daraus folgte die bis jetzt genaueste Messung der AVOGADRO-Zahl:  $6.022140772 \cdot 10^{23}$  mit einer Unsicherheit von 9 Milliardenstel. Aber dahinter gibt es ein chemisch-konzeptionelles Problem. Die Masse von C-Atomen in Graphit nimmt bei der Reaktion zu CO<sub>2</sub> wegen dem Massendefekt um einen Anteil von  $10^{-10}$  ab. Es ist ausserhalb der Messgenauigkeit, aber störend für die Erhaltungssätze bei chemischen Reaktionen.

Das Mol fällt als SI-Basiseinheit aus der Reihe, seine Definition ist nicht mit anderen verknüpft. Es ist eine «willkürlich» gewählte natürliche Zahl. Eigentlich würde die Eins als Zählereinheit genügen. Niemand käme auf die Idee, ein Dutzend als SI-Basiseinheit vorzuschlagen, wieso also  $6,02214076 \cdot 10^{23}$ ? Im Verlauf der Neudefinition wurde diskutiert, ob das Mol zu den Basisgrössen gehören soll, schliesslich aber wegen der grossen praktischen Bedeutung mit Ja beantwortet. Neben dem Mol werden auch die Basisgrössen Kilogramm und Kelvin neu definiert.

Chemistry World; März 2018.

Klemens Koch, Gymnasium Biel-Seeland, [klemens.koch@gbsl.ch](mailto:klemens.koch@gbsl.ch)

*Es ist so leicht, Atome zu zählen, wie die Fragen eines  
Liebenden zu beantworten.*

*Il est aussi aisé de compter les atomes que de résoudre les  
propositions d'une amoureuse.*

William Shakespeare, As you like it.

**Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und –lehrer (VSN)  
Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN)  
Associazione Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali (ASISN)**

**Traktanden der Generalversammlung 2018**

Mittwoch, 17. Oktober 2018, 18.00 – 19.00 Solothurn, Kantonsschule Solothurn

Leitung: Klemens Koch

1. Traktanden der GV 2018/7, Protokoll der GV 2017.
2. Jahresbericht des Präsidenten 2017/18, Tätigkeitsberichte der Kommissionen und Delegationen.
3. Zusammensetzung des Vorstandes, Delegierte. Kommissionspräsidenten, Rechnungsprüfung.  
Es liegen keine Rücktritte vor, die Wahl für die Amtsperiode 17-20 erfolgte 2017. Anne-Laure Rauber und Silvia Reist sind als neue Biologiekommissionspräsidentinnen von Amtes wegen Vorstandsmitglieder.
4. Anlässe 2018/19:  
Congrès de l'Union des professeurs de physique et de chimie UdPPC, 28.-31. Oktober 2018, Bordeaux F  
MNU, Bundeskongress, 14. bis 17. April 2019, Hannover D  
Europäischer Chemielehrerkongress in Wien, 24.- 27. April 2019.
5. Vereinsrechnung und Revision.
6. Mitteilungen und Varia.

**Assemblée générale 2018 : Ordre du jour**

Mercredi, 17 octobre 2018, 18h00 – 19h00 Soleure, Kantonsschule Solothurn

Présidence: Klemens Koch

1. Ordre du jour de l'assemblée générale 2018 et procès-verbal de l'assemblée générale 2017.
2. Rapport annuel du président 2017/18, Rapport d'activité des commissions et délégations.
3. Composition du comité. Délégués. Présidences des commissions. Vérificateurs des comptes.  
Le comité a été élu en 2017 pour 2017 à 2020. Les nouvelles présidentes des commissions de biologie Anne-Laure Rauber et Silvia Reist sont d'office membre du comité.
4. Evénements 2018/19 :  
Congrès de l'Union des professeurs de physique et de chimie UdPPC, 28 au 31 octobre 2018, Bordeaux F  
MNU Bundeskongress, 14 au 17 avril 2019, Hanovre D  
Europäischer Chemielehrerkongress à Vienne, 24 au 27 avril 2019.
5. Comptes et vérifications des comptes.
6. Communications et divers.

## Franc succès pour le congrès Scientiae & Robotica

*Bientôt un robot dans chaque classe ? C'est l'un des nombreux sujets qui a été abordé lors des conférences et ateliers du congrès « SCIENTIÆ & ROBOTICA » qui s'est tenu du 5 au 8 septembre dernier à l'EPFL. Cet événement vise à développer et favoriser l'enseignement de la robotique de manière ludique au travers d'une approche pluridisciplinaire.*

Sous la présidence du Prof. Francesco Mondada, membre de la SATW, le congrès soutient les professeurs du secondaire II dans l'intégration de la robotique à leur enseignement. A noter que cette année, « Scientiae & Robotica » remplace les formations continues annuelles proposées par les associations d'enseignants dans les matières scientifiques.

Plus de 120 enseignant-e-s des sciences et des mathématiques de toute la Suisse ont pris part au congrès, co-organisé par la SATW. Outre les nombreux ateliers pratiques, les participants ont suivi les présentations en plenum de scientifiques de renommée internationale en matière de robotique éducative.



L'exposé de lancement détaillant une course de nano-voitures du Prof. Ernst Meyer de l'Université de Bâle a captivé l'attention des participants. Dans une intervention particulièrement inspirante, Claude Nicollier, également membre de la SATW, a partagé ses expériences de la robotique à travers sa carrière d'astrophysicien et d'astronaute. Signe de l'importance politique accordée au thème de l'enseignement numérique, le congrès a eu le plaisir d'accueillir Madame la Conseillère d'Etat vaudoise Cesla Amarelle, Cheffe du Département de la formation, de la jeunesse et de la culture (DFJC).

Cet événement a permis d'explorer les liens entre la robotique et l'enseignement des différentes disciplines scientifiques (chimie, physique, biologie, mathématique). Il a également donné aux participant-e-s l'occasion de nouer des contacts et d'échanger des idées avec leurs collègues et les scientifiques présents.

La promotion de la relève et la formation technique étant au cœur des missions de la SATW, l'équipe était donc présente avec un stand. Edith Schnapper, responsable des programmes de promotion de la relève en Suisse romande, a présenté les projets de l'organisation à destination des jeunes, des écoles et des acteurs MINT.



Retrouvez tous les détails de l'événement sur [scientiaerobotica.epfl.ch](http://scientiaerobotica.epfl.ch).

Alexandre Luyet,  
Responsable Suisse Romande pour la  
SATW, l'Académie Suisse des Sciences  
Techniques.

## Visualiser l'électronégativité resp. l'énergie d'ionisation des atomes N, P et As

Les LED transforment de l'énergie électrique en énergie lumineuse. Elle est libérée quand un électron passe d'un niveau supérieur à l'état d'énergie fondamental. Le changement d'énergie lors de ce passage dépend de l'attraction de l'électron par l'atome, donc de l'électronégativité resp. l'énergie d'ionisation. L'énergie lumineuse d'une LED décroissant de bleu par vert et jaune jusqu'à rouge est donc en relation avec l'électronégativité resp. l'énergie d'ionisation et une visualisation de celle-ci.

**La partie lumineuse d'une LED est composée des semi-conducteurs des groupes 13, 14 et 15 du tableau périodique.**

groupe 13 3 e <sup>-</sup> ext.	EN	groupe 14 4 e <sup>-</sup> ext.	EN	groupe 15 5 e <sup>-</sup> ext.	EN
<sub>5</sub> B Bore	2,04	<sub>6</sub> C Carbone	2,55	<sub>7</sub> N Azote	3,04
<sub>13</sub> Al Aluminium	1,61	<sub>14</sub> Si Silicium	1,90	<sub>15</sub> P Phosphore	2,19
<sub>31</sub> Ga Gallium	1,81	<sub>32</sub> Ge Germanium	2,01	<sub>33</sub> As Arsène	2,18
<sub>49</sub> In Indium	1,78	<sub>50</sub> Sn Étain	1,96	<sub>51</sub> Sb Antimoine	2,05

Typiquement c'est un mélange de Gallium du groupe **13** avec de l'azote, du phosphore ou d'arsène du groupe **15** pour adapter la différence d'énergie (band gap) entre la bande de valence (état fondamental) et la bande de conduction. Selon la différence la LED produit de la lumière ultraviolette UV, visible ou infrarouge IR. Les éléments purs du groupe **14** ont une différence d'énergie trop grande ou trop petite. Mélanger les éléments mentionnés toute la gamme des éléments des groupes 13 et améliore le fonctionnement et la puissance des diodes électroluminescentes.

Pour les éléments du groupe 15 souvent utilisé pour adapter la différence on peut aussi considérer l'énergie d'ionisation :

	Élément	Électro-négativité EN	Énergie d'ionisation	Énergie de lumière	EN Énergies	Couleur
<sub>7</sub> N	Azote	3,04	14,5	3,0	haute	bleu, UV
<sub>15</sub> P	Phosphore	2,19	10,5	2,4	moyenne	vert
<sub>33</sub> As	Arsène	2,18	9,8	1,5	basse	rouge, IR

Le tableau suivant montre quelques compositions des LED commerciaux (Mouser Electronics Inc., USA)

IR	rouge	orange	jaune	vert	bleu	UV
GaAs/GaSb	GaP <sub>0.85</sub> As <sub>0.15</sub>	GaP <sub>0.40</sub> As <sub>0.60</sub>	GaP <sub>0.65</sub> As <sub>0.35</sub>	GaP	GaP <sub>0.05</sub> N <sub>0.95</sub>	GaN

Source: G. C. Lisensky, Beloit College, BCCE 2016 (4.8.16) (Pauling's EN, Wikipedia ionisation energy [http://www.uniterra.de/rutherford/tab\\_iong.htm](http://www.uniterra.de/rutherford/tab_iong.htm) (30.6.18)

Issue d'un atelier au congrès «SCIENTIÆ & ROBOTICA», 5 - 8 septembre 2018, EPFL, Lausanne.

Klemens Koch, PH Bern, [klemens.koch@phbern.ch](mailto:klemens.koch@phbern.ch)

## Die Mischung macht's

Über die thermodynamischen Hintergründe des chemischen Gleichgewichts.

Hansruedi Dütsch

Mit Hilfe der legendären Holzapfelschlacht<sup>1</sup> sind die Einführung des chemischen Gleichgewichts und die Herleitung des Massenwirkungsgesetzes ein leichtes Spiel: Ein Junge und ein alter Mann versuchen, ihre Gärten von Holzäpfeln zu säubern, indem sie diese kurzerhand über den Zaun in den Garten des Nachbarn werfen. Das gelingt natürlich nicht. Es stellt sich ein Gleichgewicht ein, entsprechend der Rate, mit welcher der Junge und der Alte die Äpfel werfen können. Dieses Exempel lässt sich leicht auf chemische Reaktionen übertragen: Hin- und Rückreaktion laufen beide ab und konkurrenzieren sich entsprechend ihrer Aktivierungsenergie, bzw. Geschwindigkeit. Es stellt sich ein dynamischer Gleichgewichtszustand ein, der mehr oder weniger ausgeprägt auf der Seite der Edukte oder der Produkte liegt. Diese kinetische Herleitung des Massenwirkungsgesetzes wirkt einfach, plausibel, führt zu richtigen Resultaten und ist weit verbreitet.

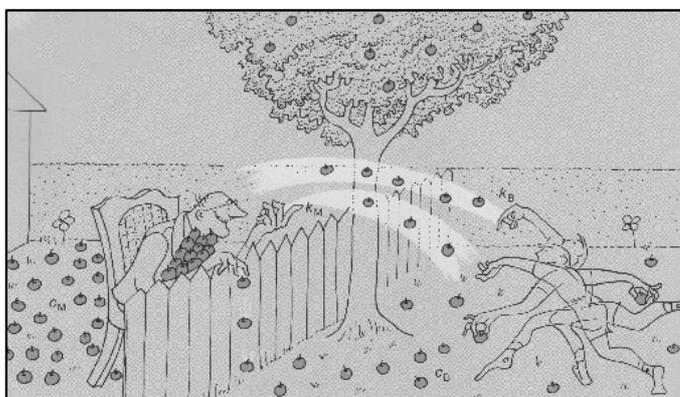


Abb. 1 Die Holzapfelschlacht.

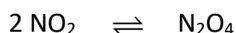
Was aber sagt die Thermodynamik dazu?

Dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik gehorchend, ist eine Reaktion nur dann spontan möglich, wenn die Gesamtentropie  $S_{\text{total}}$  zunimmt, bzw. die freie Enthalpie  $G$  abnimmt.

$$\Delta S_{\text{total}} = -\frac{\Delta H}{T} + \Delta S \geq 0 \quad \text{bzw.} \quad \Delta G = \Delta H - T\Delta S \leq 0$$

Das gilt sowohl für die Hin- wie auch für die Rückreaktion. Beide müssen spontan sein, damit sie ablaufen können.

Betrachten wir als Beispiel die Dimerisierung von Stickstoffdioxid



Die Reaktion ist exotherm ( $\Delta H = -57.2 \text{ kJ}$ ), entropisch ungünstig ( $\Delta S = -176 \text{ J/K}$ ) und spontan ( $\Delta G = -4.37 \text{ kJ}$ ).

Verfolgen wir Enthalpie  $H$  und Entropie  $S$  als Funktion des Reaktionsumsatzes, so stellen wir einen linearen Verlauf fest. Das Gleiche gilt für die Gesamtentropie  $S_{\text{total}}$  und die freie Enthalpie  $G$ . Das bedeutet aber, dass  $G$  bis zu einem Reaktionsumsatz von 100 % stetig abnimmt. Die Reaktion läuft vollständig ab, die Umwandlung von  $\text{N}_2\text{O}_4$  zu  $\text{NO}_2$  kann nicht stattfinden und ein chemisches Gleichgewicht, in dem  $\text{NO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}_4$  vorhanden sind, wäre deshalb gar nicht möglich.

<sup>1</sup> R. E. Dickerson, I. Geis, Chemie - eine lebendige und anschauliche Einführung, Verlag Chemie, 1981

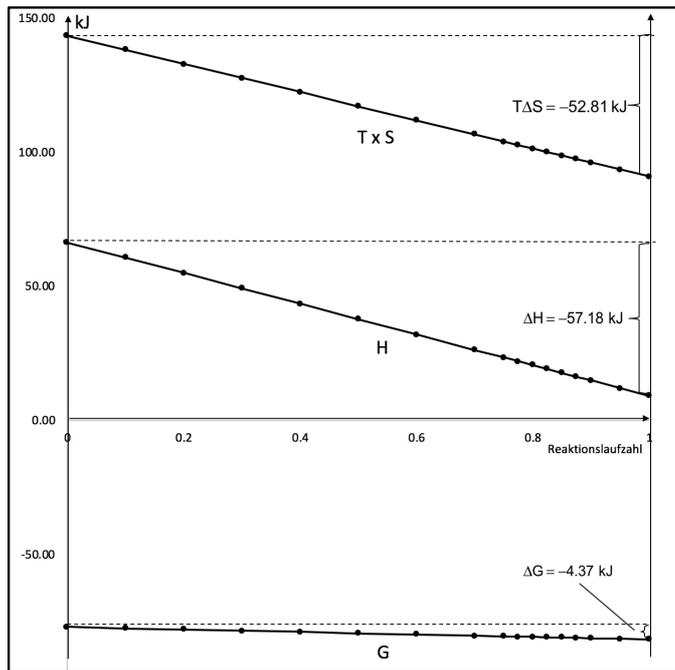


Abb. 2 Verlauf von Reaktionsenthalpie, -Reaktionsentropie und freier Reaktionsenthalpie.

$\Delta H$  und  $\Delta S$  sind jedoch nicht die einzigen Größen, die im Reaktionssystem einen Beitrag zur Veränderung der Gesamtentropie liefern.  $\text{NO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}_4$  können nämlich nicht nur chemisch reagieren, sondern sie können sich als Gase einfach nur miteinander vermischen. Dies trägt ebenfalls zu einer Zunahme der Entropie bei.

Vermischen sich zwei (ideale) Gase, leistet jedes von ihnen bei der Ausdehnung ins Volumen des anderen Volumenarbeit  $w$ . Da zwischen den Teilchen eines idealen Gases keine Wechselwirkungen stattfinden, verändert sich beim Mischen die innere Energie nicht. Die Wärmeänderung  $dQ$  wird nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik gleich der negativen Volumenarbeit  $-dw$ .

$$dU = dw + dQ = 0$$

$$dQ = -dw$$

Die Volumenarbeit wird

$$dw = -pdV = -\frac{nRT}{V}dV \quad w = \int_{V_A}^{V_E} -nRT \frac{dV}{V} = -nRT \ln \frac{V_E}{V_A} = -\Delta Q$$

Daraus lässt sich mit der Definition  $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$  die Mischungsentropie  $\Delta S_{\text{misch}}$  berechnen

$$\Delta S_{\text{misch}} = 2 \frac{\Delta Q}{T} = 2 R \ln \frac{V_E}{V_A}$$

Wenn sich zum Beispiel 2 Mol ideale Gase mischen ( $V_E = 2V_A$ ), wird  $\Delta S_{\text{misch}} = 11.5 \text{ J/mol K}$ . Ein Vergleich mit der molaren Schmelzentropie von Wasser ( $\Delta S = 22.0 \text{ J/mol K}$ ) zeigt, dass die Mischungsentropie erstaunlich gross ist und keinesfalls vernachlässigt werden darf.

Betrachten wir nun die Mischungsentropie, bzw. die freie Mischungsenthalpie  $\Delta G_{\text{misch}}$  als Funktion der Zusammensetzung des Gemischs, so ergibt sich folgender Verlauf, mit einem Maximum für das Mischungsverhältnis von  $\text{N}_2\text{O}_4$  zu  $\text{NO}_2$  von 1:2.

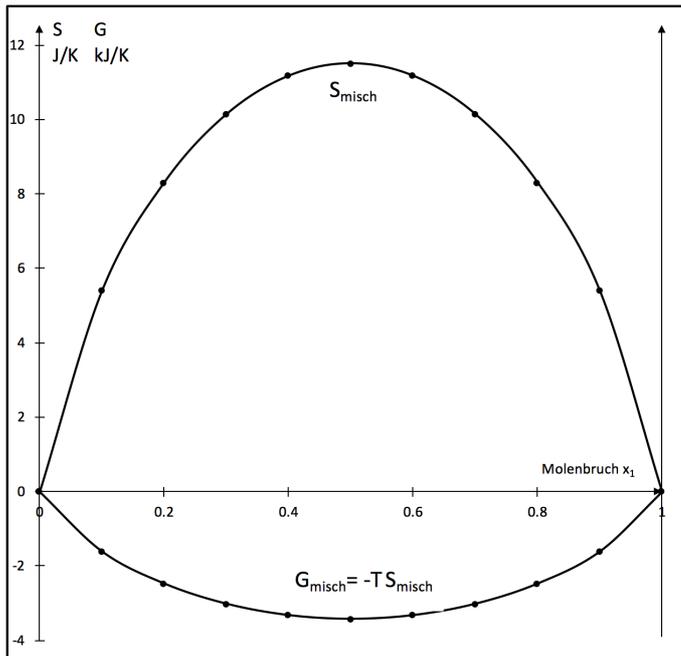


Abb. 3 Mischungsentropie, bzw. freie Mischungsenthalpie idealer Gase.

Die Mischungsentropie muss nun auch im Reaktionssystem  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$  berücksichtigt werden: noch vorhandene Eduktmoleküle können sich mit Produktmolekülen mischen und damit einen Beitrag zur Erhöhung der Gesamtentropie liefern.<sup>2</sup> Die gesamte freie Enthalpie  $G^*$  des Systems setzt sich stets (nicht nur im Beispiel  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ ) zusammen aus der freien Reaktionsenthalpie  $G$  und der freien Mischungsenthalpie  $G_{\text{misch}}$ .

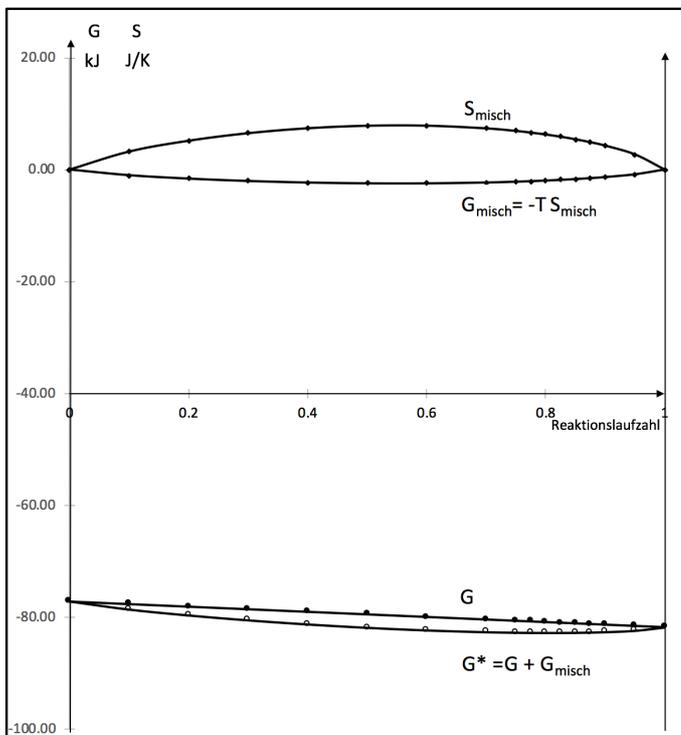


Abb. 4 Freie Reaktionsenthalpie und freie Mischungsenthalpie addieren sich zu  $G^*$ .

<sup>2</sup> Die Berechnungen und die Grafiken stehen unter [www.vsn-shop.ch/gleichgewicht/](http://www.vsn-shop.ch/gleichgewicht/) als Ecel-File zur Verfügung.

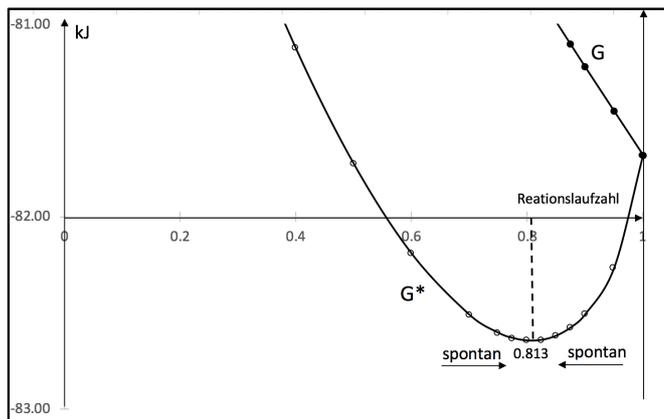


Abb. 5 Minimum der freien Enthalpie.

Abb. 5 zeigt vergrößert, dass der Graph von  $G^*$  gegen den Reaktionsumsatz nicht mehr linear verläuft, sondern bei  $n = 0.813$  ein Minimum aufweist. Dieses Minimum entspricht der Gleichgewichtszusammensetzung.

Daraus lässt sich die Gleichgewichtskonstante  $K$  der Dimerisierung berechnen

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0.813}{[2(1-0.813)]^2} = \frac{0.813}{0.374^2} = 5.81$$

Berechnet man  $K$  nach der üblichen (aber etwas schwierig herzuleitenden) Formel

$$K = e^{\frac{\Delta G}{RT}} = e^{\frac{-4370}{8.31 \times 298}} = 5.84 \quad (1)$$

so stellt man eine praktisch vollständige Übereinstimmung der Werte fest. Dies zeigt, dass das Minimum von  $G^*$  gegen die Reaktionslaufzahl einzig und allein durch den Mischungseffekt von  $\text{NO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}_4$  zustande kommt. Selbstverständlich beruht auch die Herleitung der Gleichung (1) letztlich auf der Mischungsentropie<sup>3</sup>. Dieser Zusammenhang wird aber weitgehend verschleiert und geht in der kinetischen Betrachtung des Gleichgewichts ganz verloren.

Der Entropiegewinn des Systems ist offensichtlich dann am grössten, wenn der Reaktionsumsatz nicht vollständig ist, dafür aber noch Edukte und Produkte für die Mischung zur Verfügung stehen. Wenn der Reaktionsumsatz grösser ist als 0.813 ist, ist die Rückreaktion in Richtung der Gleichgewichtszusammensetzung spontan. Ist der Reaktionsumsatz kleiner als 0.813, so läuft die Hinreaktion spontan ab.

### Fazit

Herleitung und Interpretation des chemischen Gleichgewichts mit kinetischen Argumenten sind verlockend einfach und auf den ersten Blick einleuchtend. Die entscheidende Rolle, welche die Mischungsentropie spielt, kommt dabei leider nicht zur Geltung. Es stellt sich aber die Frage, ob damit nicht aus didaktischen Gründen zu viel physikalische Korrektheit und Einsicht in die tieferen Zusammenhänge des chemischen Gleichgewichts geopfert werden. Die Erkenntnis, dass das chemische Gleichgewicht zustande kommt, weil dadurch die Gesamtentropie ein Maximum erreicht, ist ausserordentlich wertvoll. Alle Vorgänge werden durch eine Zunahme der Entropie regiert. So auch das chemische Gleichgewicht und sei es nur durch die auf den ersten Blick unscheinbar wirkende Zunahme der Entropie beim Mischen von Edukten und Produkten. Ohne die Mischungsentropie würde es kein chemisches Gleichgewicht geben:

Die Mischung macht's.

<sup>3</sup> Peter W. Atkins, Julio De Paula, Physikalische Chemie, 2013, Wiley-VCH, S. 222 ff

## Vom Energieminimum zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik

Im letzten c+b erschien ein Artikel mit dem Titel «Das unsägliche Prinzip vom Energieminimum» von Hansruedi Dütsch. Darin wird Peter Atkins als «unbestrittener Meister der Didaktik der physikalischen Chemie» bezeichnet. Atkins, den ich persönlich auch schätze, argumentiert in seinen Werken auch meines Wissens nicht mit dem Begriff des Prinzips des (potentiellen<sup>1</sup>) Energieminimums - aber nur im Bereich der Thermodynamik.<sup>2</sup>

Sehr wohl aber lässt sich der Begriff des Minimums der potentiellen Energie in Texten von Atkins finden, wenn es beispielsweise darum geht, die Bindungslänge zwischen zwei Atomen in einem Molekül zu erklären: «*A bond length is the distance between the centers of two atoms joined by a covalent bond. It corresponds to the internuclear distance at the potential energy minimum for the two atoms.*»<sup>3</sup>

Bei der Ausbildung einer kovalenten Bindung handelt es sich um einen exothermen Vorgang mit impliziter thermodynamischer Fragestellung. Gemäss zweitem Hauptsatz sollte die Bindungslänge dann aber nicht mit dem Energieminimum der potentiellen Energie, sondern mit der Zunahme der Entropie in der Umgebung erklärt werden, die durch die Abgabe der Reaktionsenthalpie des Systems an die Umgebung verursacht wird. Warum nutzt Atkins als Erklärungsgrundlage das Minimum der potentiellen Energie und nicht den zweiten Hauptsatz?

Dass eine Begründung mit der Erhöhung der Umgebungsentropie weltfremd wirken würde, beruht vor allem darauf, dass damit Ursache und Bedingung der Ausbildung einer Bindung verwechselt würde: Es sind die anziehenden Coulombkräfte, welche dazu führen, dass sich die Atome annähern, und die potentielle Energie dabei gemäss Lennart-Jones-Diagramm bis zum Energieminimum abnimmt, die dabei in kinetische Energie umgewandelt wird. Dass die Wärme, die durch Umwandlung aus der potentiellen Energie gebildet wird, durch Abgabe an die Umwelt verteilt werden muss<sup>4</sup>, ist nicht Ursache, sondern Bedingung des Bindungsvorgangs, damit die kinetische Energie nicht wieder in potentielle Energie umgewandelt wird<sup>5</sup>

Das didaktische Vorgehen, die Zusammenhänge zwischen den ursächlichen Kräften und dem Zusammenspiel zwischen potentieller und kinetischer Energie

---

<sup>1</sup> Natürlich muss klar sein, dass mit dem Begriff des “Energieminimums” immer die potentielle Energie gemeint ist, was dann natürlich auch nicht zu einem Konflikt mit der Energieerhaltung führt.

<sup>2</sup> Wohl aber argumentiert Atkins ausführlich mit dem Begriff des Minimums der Gibbs-Energie – z.B. Atkins Peter: “Chap. 6.1: The Gibbs Energy minimum”, Physical Chemistry, 9th ed. Freeman, New York, 2010

<sup>3</sup> Atkins Peter, Jones Loretta: Chemical Principles, Chap. 2: Chemical Bonds, S. 81, Freeman, New York, 2010

<sup>4</sup> Die vollständige Verteilung der Wärme an die Umwelt gilt zudem nur für einen Vorgang bei Standardbedingungen, d.h. unter isothermen Bedingungen. In einem abgeschlossenen System würde sie sich als Erhöhung der Temperatur im System äussern.

<sup>5</sup> Dass die kinetische Energie ohne Verteilung der Energie wieder potentielle Energie umgewandelt wird, zeigt das Beispiel eines Kometen mit Ellipsenbahn wie z.B. der Halley Komet.

bei der Einführung in die Thermodynamik<sup>6</sup> nicht mehr als Enthalpie aufzugreifen, sondern gemäss zweitem Hauptsatz als Zunahme der Entropie der Umgebung zu interpretieren, hat sicher Vorteile – für den gymnasialen Unterricht aber auch grosse Nachteile. Der Hauptvorteil besteht sicher in der Eleganz des Vorgehens, die Entropie als alleiniges Mass für die Freiwilligkeit bzw. Spontaneität von Chemischen Reaktionen verwenden zu können<sup>7</sup>.

Ein echtes chemisches Verständnis der Freiwilligkeit – und damit auch des chemischen Gleichgewichts - bedingt aber, dass die Zusammenhänge zwischen Entropie und Enthalpie vollständig verstanden werden. Dies wird erschwert, wenn eine Einführung des zweiten Hauptsatzes ohne einführende Verknüpfung mit der Enthalpie erfolgt –was beispielsweise zum Fehlkonzept führt, dass die Zunahme der Entropie der Umgebung ursächlich für den Ablauf einer exothermen Reaktion verantwortlich sein soll.

Da ist es nach meiner Erfahrung didaktisch sinnvoller, bei der Einführung in die Thermodynamik an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler anzuknüpfen, das in Bezug auf die wirkenden Kräfte, potentieller und kinetischer Energie und der resultierender Enthalpie in der Bindungslehre entwickelt wurde.

Das zweite Problem einer Einführung der Gesamtentropie als alleinigem Mass für die Freiwilligkeit ohne Anknüpfung an die Kräfteverhältnisse besteht darin, dass aus den Augen gerät, dass es tatsächlich zwei verschiedene Ursachen sind, welche die Freiwilligkeit eines chemischen Vorgangs bestimmen:

- Einerseits sind dies wie oben ausgeführt die Kräfte, welche durch die Folge ihrer Wirkung eine Umwandlung von potentieller chemischer Energie in verschiedene Energieformen bewirken – und letztlich auch erst ermöglichen, dass Leben entstehen kann, da ein Organismus erst durch die Umwandlung von potentieller in kinetische Energie durch Oxidation von organischem Material seine geringe Entropie aufrecht erhalten kann.
- Andererseits beeinflusst auch die zufällige Bewegung der Teilchen die Freiwilligkeit chemischer Reaktionen, welche einerseits dafür sorgt, im Sinne von «es geschieht, was wahrscheinlich ist», dass chemische Systeme mit geringeren Realisierungsmöglichkeiten in chemische Systeme grösserer Realisierungsmöglichkeiten umgewandelt werden, d. h. die Systementropie  $\Delta S$  zunimmt. Dass die zufällige Teilchenbewegung andererseits auch verantwortlich dafür ist, dass die Wärmeenergie wie oben erwähnt in einer isothermen Reaktion an die Umgebung verteilt wird, ist nach einem Verständnis der Zusammenhänge zwischen den wirkenden Kräften und der Folgen für die potentielle und kinetische Energie unschwer vermittelbar.

Es ist meiner Ansicht nach im gymnasialen Unterricht wesentlich für ein gutes Verständnis chemischer Vorgänge – und des chemischen Gleichgewichts, dass das Wechselspiel dieser beiden Prinzipien – Wirkung der Kräfte als Ursache für

---

<sup>6</sup> bzw. auf gymnasialer Stufe oft «Triebkräfte chemischer Reaktionen»

<sup>7</sup> Obwohl im englischen Sprachgebrauch der Begriff „spontaneous reaction“ für eine exergonische Reaktion verwendet wird, bevorzuge ich auf deutsch den Begriff „freiwillig“, um bei den Schülerinnen und Schülern nicht das Fehlkonzept von spontanen im Sinne von schnellen Reaktionen zu erzeugen.

$\Delta H$  – und Wirkung der zufälligen Teilchenbewegung für  $\Delta S$  – aufgezeigt und vertieft wird.

Die Gleichung von Gibbs-Helmholtz eignet sich dafür aus erwähnten Gründen besser als der zweite Hauptsatz, da hier die Grösse  $\Delta H$  explizit vorkommt, die ja bereits in der Bindungslehre eingeführt wird:<sup>8</sup>

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung ermöglicht eine Berechnung der freien Enthalpie als Mass für die Freiwilligkeit, eine Begründung für die Rückreaktion bei der Einführung ins chemische Gleichgewicht und die Berechnung der Lage des chemischen Gleichgewichts.

Natürlich ist die Temperaturabhängigkeit der freien Enthalpie – und damit der Freiwilligkeit – nicht durch Vorzeichen und Grösse von  $\Delta S$  bestimmt ist, wie Hansruedi Dütsch in seinem Artikel richtig erwähnt.  $\Delta S$  wird ja mit der Temperatur multipliziert, wobei die Grösse einer Energie entsteht,  $\Delta S$  aber konstant bleibt. Wenn aber bei einer Temperaturerhöhung der Einfluss von  $\Delta H$  auf  $\Delta G$  und damit die Freiwilligkeit kleiner wird, wird dadurch der Einfluss von  $\Delta S$  (nicht  $\Delta S$  selbst!) grösser, da  $\Delta G$  ja auf beiden Grössen beruht: Damit nimmt aber der **Einfluss** der Entropie mit steigender Temperatur zu!

Das Zusammenspiel zwischen der Abnahme der Enthalpie (da die entstehende kinetische Energie der Teilchen bei höherer Temperatur weniger gut verteilt werden kann) und der Zunahme des Einflusses der Systementropie (die zwar konstant bleibt, aber durch die Abnahme der Enthalpie an Einfluss gewinnt), kann mit der späteren Einführung des zweiten Hauptsatzes ohne Probleme noch aufgezeigt werden, die für ein vollständiges Verständnis und für einen reibungslosen Übergang an eine Hochschule sicher wünschenswert ist.

Im von Dütsch mehrfach zitierten Buch «Baars, Deuber: Chemie für das Grundlagenfach» wird dies mit Hilfe eines Exkurses auch gemacht.<sup>9</sup> Der Exkurs kann – wie alle Exkurse des Buchs – frei heruntergeladen werden: [https://www.hep-verlag.ch/download.php?p=6516&down=chemie\\_exkurse\\_kapitel12.zip](https://www.hep-verlag.ch/download.php?p=6516&down=chemie_exkurse_kapitel12.zip)

Um die grosse Bedeutung der Zusammenhänge zwischen der Gleichung von Gibbs-Helmholtz und dem zweiten Hauptsatz zu verdeutlichen – die vor allem bei der didaktischen Aufbereitung der thermodynamischen Zusammenhänge von den Lehrkräften berücksichtigt werden sollen – hier die Kurzform:

Zur Umwandlung der Gleichung von Gibbs-Helmholtz in den zweiten Hauptsatz wird die Gleichung durch die Temperatur  $T$  dividiert, wodurch aus Enthalpie-Werten Entropiewerte werden:

$$\Delta G/T = \Delta H/T - \Delta S$$

---

<sup>8</sup> Einige Bücher von Peter Atkins beginnen mit den vier Hauptsätze der Thermodynamik und thematisieren die Bindungsverhältnisse erst anschliessend. Ein solches Vorgehen ist auf Hochschulebene sicher möglich – im gymnasialen Unterricht jedoch kaum sinnvoll.

Beispiel: Atkins Peter, De Paula Julio: Physical Chemistry, 9th ed., Freeman, 2010

<sup>9</sup> Exkurs 12.6 « Die Enthalpie kann auch als Entropie interpretiert werden – der zweite Hauptsatz der Thermodynamik »

Da eine negative Enthalpie zu einer positiven Entropie führt, wird mit -1 multipliziert:

$$-\Delta G/T = -\Delta H/T + \Delta S$$

Die Interpretation als Entropie ermöglicht die Berechnung der Gesamtentropie:

$$\Delta S_{\text{gesamt}} = \Delta S_{\text{Umgebung}} + \Delta S_{\text{System}}$$

Die Bedingung  $\Delta G \leq 0$  für einen freiwilligen Vorgang aus der Gleichung von Gibbs-Helmholtz führt dann direkt zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik:

$$\Delta S_{\text{gesamt}} \geq 0$$

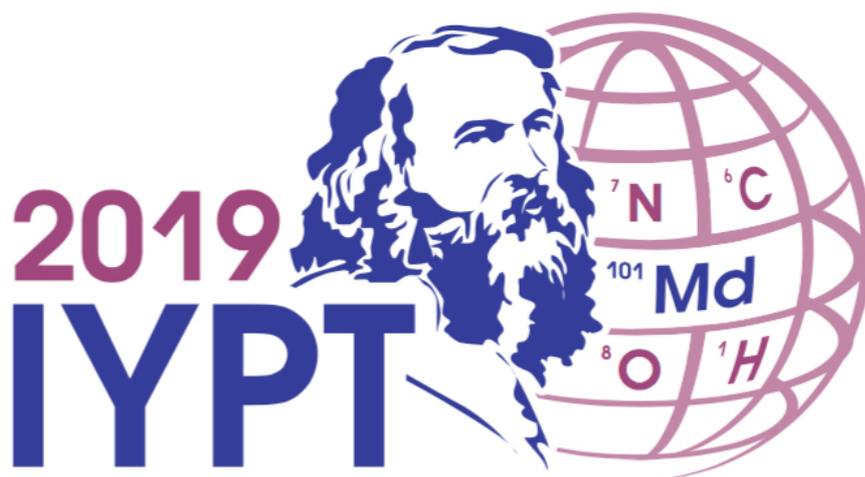
Die Einführung, Interpretation und Veranschaulichung des Entropiebegriffs im Schulunterricht ist tatsächlich eine grosse Herausforderung.

Eine wichtige Voraussetzung zur Verbesserung der Situation ist meiner Erfahrung nach eine Klärung der unterschiedlichen Rolle des Begriffs der Entropie in der Physik und der Chemie: Während die Thermodynamik in der physikalischen Tradition bekanntlich während der Industrialisierung aus der Notwendigkeit entstand, Wärmeenergie in nutzbare Energie umzuwandeln – und sich dadurch vor allem mit entropischen Aspekten von Wärmeflüssen **nach** Ablauf der chemischen Reaktion beschäftigt - geht es in der Chemie hauptsächlich um stoffliche und energetische Erklärungen der **Umwandlung** von chemischen Stoffen **während** der Reaktion. Da ist es sinnvoll, die Enthalpie seiner Ursache nach als Umwandlung von potentieller chemischer Energie in kinetische Energie bzw. Wärmeenergie– und zusätzlich und im Kontrast dazu die stofflichen Veränderungen als Entropieänderungen zu interpretieren. Im Physikunterricht bezieht sich der Begriff der Entropie in aller Regel ja auf Wärmeflüsse – da dort ja in der Regel keine stofflichen Veränderungen vorkommen – was in Gesprächen zwischen Chemie- und Physiklehrern zum Thema Entropie ja oft zu Missverständnissen führt.

Aus meiner Sicht ist die Verwendung des Begriffs des Energieminimums im Sinne eines Minimums an potentieller Energie als Resultat der wirkenden Kräfte – wie dies auch Peter Atkins verwendet - ein im gymnasialen Unterricht durchaus vertretbares Konzept, wenn sich eine Lehrkraft der Grenzen und der Zusammenhänge mit der Gibbs-Helmholtz-gleichung und den Hauptsätzen bewusst ist, und die Schüler – so weit wie möglich – in diese einführt.

Vergleichbar ist dies vielleicht mit dem Bohrschen Atommodell, welches die Schalenstruktur und damit ganz wesentliche strukturelle und funktionelle Eigenschaften des Atoms nicht erklären kann. Eine Forderung, das Bohrsche Atommodell aus dem gymnasialen Unterricht zu verbannen, da es die Schalenstruktur der Elektronenhülle nicht erklären kann, und nur noch ausschliesslich das Orbitalmodell zu verwenden, wäre sicher auch übertrieben, obwohl es von Peter Atkins ganz sicher nicht zur Erklärung des Atoms verwendet wird. Seien wir nicht päpstlicher als der Papst, sondern suchen wir pragmatisch sinnvolle und gangbare Möglichkeiten, unseren Schülerinnen und Schülern die Chemie zu erklären.

# International Year of the Periodic Table of Chemical Elements



## Impressum

Redaktor / Rédacteur en chef : Manuel Fragnière, Le Pommey 38,  
1527 Villeneuve FR.

Redaktion / *Articles* : Klemens Koch, Alexandre Luyet,  
Hansruedi Dütsch, Roger Deuber, Manuel  
Fragnière.

Deutsch-Übersetzungen : Klemens Koch.

*Traductions en français* : Manuel Fragnière.

Druck / *Impression* : Cighélio Sàrl, Neuchâtel.  
[www.cighelio.ch](http://www.cighelio.ch).

Erscheint drei mal pro Jahr / *Paraît trois fois par an*.

Redaktionschluss für die nächste Ausgabe /

*Délais de rédaction pour les prochains numéros* :

**15.12.2018 / 1.5.2019 / 1.9.2019.**

Adresse für Beiträge / *Adresse pour les contributions* :

**[manuel.fragniere@rpn.ch](mailto:manuel.fragniere@rpn.ch)**.

Redaktionelle Richtlinien / *Consignes de rédaction* :

Texte / *Textes* : Time New Roman, 12 pts. Titel / *Titres* : gras, 16 pts.

Untertitel / *Sous-titres* : gras, 14 pts.

Dateiformate / *Formats des fichiers* : doc, docx, pdf.

**VSN-Vorstand / Comité de la SSPSN**

<b>Name, Vorname, E-Mail Nom, prénom, e-mail</b>	<b>Adresse privat / privée Telefon / Téléphone</b>	<b>Adresse der Schule / Ecole Telefon d.S. / Tél. prof.</b>
KOCH Klemens Präsident VSN/SSPSN Adressänderungen klemens.koch@gmx.ch	Dorfstrasse 13 2572 Sutz Tel : 032 397 20 02	Gymnasium Biel-Seeland Ländtestrasse 12 2503 Biel/Bienne
TURIN Régis Caissier VSN/SSPSN turin.regis@eduvs.ch	Rue du Chablais 20 1893 Muraz (Collombey) Tel : 024 472 74 68 Mobile : 079 204 13 52	Lycée-collège des Creusets Rue St. Guérin 34 1950 Sion
REIST Silvia Präsidentin DBK silvia.reist@edulu.ch	Chr. Schnyderstr. 14 6210 Sursee Tel : 041 921 78 08	Kantonsschule Beromünster Fachschaft Biologie Am Sandhübel 12 6215 Beromünster Tel : 041 228 47 90
BARTLOME Andreas Präsident DCK andreas.bartlome@gmx.ch	Seeblick 2 6028 Herlisberg Tel : 041 930 38 50	Kantonsschule Beromünster Am Sandhübel 12 6215 Beromünster
RAUBER Anne-Laure Présidente CRB anne-laure.rauber@gfbienne.ch	Waldeckstrasse 7 2575 Gerolfingen Tel : 032 397 20 10	Gymnase français de Bienne Rue du débarcadère 8 2503 Biel/Bienne
GFELLER René Représentant CRB rene.gfeller@vd.educanet2.ch	Rue P-F Valloton 12 1337 Vallorbe Tel : 021 843 33 47	Gymnase de la Cité Place de la Cathédrale 1 1014 Lausanne
FRAGNIERE Manuel Président CRC Rédacteur en chef c+b manuel.fragniere@rpn.ch	Le Pommey 38 1527 Villeneuve FR Tel : 026 668 05 77 Mobile : 079 202 45 88	Lycée Denis-de-Rougemont Rue A.-L. Breguet 3 2001 Neuchâtel
MARION-VEYRON Emmanuel Vice-président et caissier CRC marion-veye@edufr.ch	Rte de Riaz 93 1630 Bulle Mobile : 079 478 97 13	Collège du Sud Rue de Dardens 79 1630 Bulle
DEUBER Roger Webmaster VSN/SSPSN rdeuber@gmail.com	Winzerhalde 30 8049 Zürich Tel : 044 342 43 91	Kanti Baden Seminarstrasse 3 5600 Baden Tel : 056 200 04 71
GUESDON LÜTHI Christine christine.guesdon@bluewin.ch	Spyriweg 11 3400 Burgdorf Tel : 034 461 03 54	
COSANDEY Maurice maurice.cosandey@bluewin.ch	Chemin des Etourneaux 1 1162 St-Prex Tel : 021 806 12 20	

Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN)  
Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und –lehrer (VSN)  
Società Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali (SSISN)

---

## Adhésion des maîtres de biologie et de chimie (SSPSN/VSN/SSISN)

Chère collègue, cher collègue,

J'aimerais attirer votre attention sur les deux façons de devenir membre de la SSPSN. Je vous recommande particulièrement l'adhésion de type A. La Société Suisse des Professeurs de l'Enseignement Secondaire (SSPES) s'engage dans les questions générales de l'enseignement gymnasial et des écoles de culture générale. La SSPES est donc pour nous un partenaire important qui défend nos intérêts dans l'école et dans la société.

**Membres A :** Les membres de type A appartiennent à la Société Suisse des Professeurs de l'Enseignement Secondaire (SSPES) et ils sont d'office membres de la SSPSN. Ils reçoivent le bulletin c+b de notre société, la revue *Gymnasium Helveticum* (GH) de la SSPES et bénéficient de nombreuses réductions (formations continues, abonnements,...). Ils peuvent participer aux cours de perfectionnement de la SSPSN à prix réduit.

**Cotisation annuelle :** Fr. 155.– (Fr. 120.– pour la SSPES  
et 35.– pour la SSPSN)

**Membres B :** Les membres de type B n'appartiennent qu'à la Société des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN). Ils reçoivent le bulletin c+b de notre société, et peuvent participer aux cours de perfectionnement qu'elle organise.

**Cotisation annuelle :** Fr. 35.–

**Inscription :** Auprès de Klemens Koch ([klemens.koch@gmx.ch](mailto:klemens.koch@gmx.ch))

**Facturation :** La facture de la cotisation pour l'année d'entrée dans la Société est envoyée par la SSPSN, et celle des cotisations ordinaires par la SSPES.

Les statuts de la SSPSN se trouvent sur le site : [www.spspn.ch](http://www.spspn.ch)

Je serais heureux de pouvoir vous accueillir au sein de la SSPSN et aussi de la SSPES. Et je forme tous mes vœux pour que vous puissiez prendre une part active à l'activité dans nos sociétés.

Avec mes meilleures salutations,

Président SSPSN/VSN  
Klemens Koch

Klemens Koch, [klemens.koch@gmx.ch](mailto:klemens.koch@gmx.ch)  
Gymnasium Biel-Seeland  
Ländtestrasse 12  
2503 Biel/Bienne  
Tel : 032 397 20 02

Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer (VSN)  
Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN)  
Società Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali (SSISN)

---

## Mitgliedschaft im Fachverband Biologie und Chemie (VSN/SSPSN/SSISN)

Liebe Kollegin, lieber Kollege,

Ich möchte Sie über die beiden Möglichkeiten einer VSN-Mitgliedschaft informieren. Dabei ermutige ich Sie, als A-Mitglied auch dem Verein Schweiz. Gymnasiallehrerinnen und Gymnasiallehrer (VSG) beizutreten und so die allgemeinen Anliegen der Gymnasiallehrerschaft zu unterstützen. Der VSG ist ein wichtiger Partner und Interessensvertreter für uns in Schule, Gesellschaft und Verein.

**A-Mitglied :** Sie treten dem Verein Schweiz. Gymnasiallehrerinnen und Gymnasiallehrer (VSG) und zugleich dem Fachverband N (VSN/SSPSN/SSISN) bei. Damit erhalten Sie das Gymnasium Helveticum (GH) und das Kursprogramm der Weiterbildungszentrale (wbz), sowie das Bulletin „c+b“ unseres Fachverbandes. Sie können an Kursen des Fachverbandes N teilnehmen.

**Jahresbeitrag :** Fr. 155.– (VSG Fr. 120.– und VSN Fr. 35.–)

**B-Mitglied :** Sie treten nur dem Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer (VSN) bei, also nur dem Fachverband N. Damit erhalten Sie nur das Bulletin „c+b“ des Fachverbandes N und können an Weiterbildungskursen vom Fachverband N teilnehmen.

**Jahresbeitrag :** Fr. 35.–

**Anmeldung :** Bei Klemens Koch (klemens.koch@gmx.ch)

**Rechnungsstellung :** Bei Eintritt erfolgt die Rechnungsstellung durch den VSN, in späteren Vereinsjahren durch den VSG.

Die VSN-Statuten finden Sie im Internet unter der Adresse : [www.vsn.ch](http://www.vsn.ch)

Es würde mich freuen, Sie im VSN und gerne auch im VSG begrüßen zu dürfen und hoffe auf eine aktive Mitarbeit im Fachverband N (VSN) und im VSG.

Mit freundlichen Grüßen,

Präsident VSN/SSPSN  
Klemens Koch

Klemens Koch, klemens.koch@gmx.ch  
Gymnasium Biel-Seeland  
Ländtestrasse 12  
2503 Biel/Bienne  
Tel : 032 397 20 02

**ALLES**  $\rightleftharpoons$  **CHEMIE**  
*nachhaltig und innovativ*



## 15. Europäischer Chemielehrer/innenkongress 24. bis 27. April 2019 in Wien

Der 15. Europäische Chemielehrer/innenkongress findet vom Mittwoch, dem 24. April, bis Samstag, dem 27. April 2019 in Wien statt. Austragungsorte sind die Technische Universität Wien, die Universität Wien und die Pädagogische Hochschule Wien.

Das Kongressthema lautet „**ALLES  $\rightleftharpoons$  CHEMIE – nachhaltig und innovativ**“

Es drückt die Bedeutung der Chemie für jeden Bereich unseres Daseins aus, sei es Technik, Umwelt, Kultur oder alle Lebensbereiche unseres Planeten.

Das Kongressprogramm wird die gewohnt breite Palette an fachlicher, experimenteller und didaktischer Information bieten. Hier sei besonders auf die Plenarvorträge, die Vortragsschienen, die Workshops und die Exkursionen hingewiesen.

Zwei gemeinsame Abende im Rahmen des Kongress bieten den Rahmen für ein gemütliches Beisammensein und geselligen Ideenaustausch

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| ECKDATEN<br>ZUM KONGRESS | <ul style="list-style-type: none"><li>• 8 Plenarvorträge</li><li>• 24 fachdidaktische bzw. Fachvorträge</li><li>• 20 Workshops</li><li>• 12 Exkursionen</li><li>• Posterausstellungen</li><li>• Mini-Midi-Kongress</li><li>• Schülerkongress</li><li>• Symposium für VS-Lehrer/innen</li><li>• Eröffnungsheuriger</li><li>• Feierlicher Abschlussabend im Rathaus von Wien</li></ul> |
|--------------------------|--|

Da der Kongress als Bundesseminar bei der KPH Wien-Krems geführt wird  
**(Titel: Europäischer Chemielehrer/innenkongress 2019,**  
**Veranstaltungsnummer 7340.000.106, Inskriptionszeitraum 1.11.2018 bis 4.3.2019)**  
ist sowohl eine Dienstfreistellung als auch eine Reiserechnungslegung möglich.

Die Anmeldung beim VCÖ mit den Details zu den Anmeldungen zu den Abendveranstaltungen, den Workshops und Exkursionen wird ab Mitte November nach dem Erscheinen der Einladungsnummer von C&S möglich sein.

**Herzliche Einladung**  
**zur Anmeldung von Vorträgen, Workshops und Postern**  
über unsere Homepage [www.vcoe.or.at](http://www.vcoe.or.at)

**ANMELDESCHLUSS** FÜR VORTRÄGE, WORKSHOPS: 30. September 2018  
FÜR POSTER: 31. Jänner 2019

