

1/19

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

63<sup>e</sup> Jahrgang, Februar 2019

# cb

**chemie biologie**



Photo de couverture : Daniel Müller, Gymnase de Bienne-Seeland. Stylos à bille anodisés.

*Umschlagbild : Daniel Müller, Gymnasium Biel Seeland. Eloxierte Kugelschreiber.*

# Editorial



Chères collègues, chers collègues,

Cette année a été déclarée par l'UNESCO « année internationale du tableau périodique des éléments IYPT 2019 ». Voilà une chance à saisir pour présenter la chimie au grand public. Avec nos élèves, utilisons cette opportunité et soyons inventifs pour présenter la formidable avancée de Dmitri Mendeleev de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Osons sortir de l'école pour aller à la rencontre de nos concitoyens. L'innovation de ce chimiste russe n'a pas été récompensée à sa juste valeur, Dmitri Mendeleev n'ayant jamais reçu le prix Nobel pour ce travail vraiment admirable pour l'époque. Alors merci à l'UNESCO de réparer un peu cette injustice 150 ans plus tard. Il vaut mieux tard que jamais.

Bonne année 2019 à toutes et à tous.

Manuel Fragnière, rédacteur en chef c+b.

*Liebe Kolleginnen und Kollegen,*

*Das laufende Jahr wurde von der UNESCO als «Internationales Jahr des Periodensystems IYPT 2019» erklärt. Das ist eine Gelegenheit, die Chemie der Öffentlichkeit zu präsentieren und mit unseren Schülerinnen und Schüler die grossartige Leistung von Dmitri Mendelejew im ausgehenden 19. Jahrhundert wieder neu zu würdigen. Wagen wir es auch, die Botschaft aus der Schule hinaus zu tragen. Der Fortschritt durch diesen russischen Chemiker wurde zu seiner Zeit zu wenig geschätzt. Für die in seiner Zeit wirklich bewundernswerte Arbeit wurde er nie mit einem Nobelpreis ausgezeichnet. Aber dank der UNESCO wird diese Ungerechtigkeit 150 Jahre später ein bisschen korrigiert. Besser spät als nie.*

*Allen ein gutes Jahr 2019.*

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

<b>Inhalt / Contenu</b>	
Aus dem VSN / <i>De la SSSPN</i> .....	5
Neues aus Chemie, Biologie und Didaktik / <i>Nouvelles de la chimie, de la biologie et de la didactique</i> .....	9
Protokoll der Generalversammlung 2018 / <i>PV de l'Assemblée générale 2018</i> .....	13
Innerer photoelektrischer Effekt in LED / <i>Effet photoélectrique interne dans la LED</i> ..	20
Wasserelektrolyse mit einer Bipol-Elektrode / <i>Electrolyse de l'eau avec une électrode bipolaire</i> .....	24
Berzelius .....	27
2019 – Internationales Jahr des Periodensystems der chemischen Elemente <i>2019 - Année internationale du tableau périodique des éléments chimiques</i> .....	28
Weiterbildung / <i>Formation continue</i> .....	30
Zentralkurs 2018 – Solothurn / <i>Cours central 2018 – Soleure</i> .....	32
Plädoyer für die thermodynamischen Hauptsätze / <i>Plaidoyer en faveur des principes fondamentaux en thermodynamique</i> .....	37
Thermodynamische Einführung ins chemische Gleichgewicht .....	40
<i>Introduction thermodynamique à l'équilibre chimique</i> .....	48
Impressum .....	56
VSN-Vorstand / <i>Comité de la SSSPN</i> .....	57
Mitgliedschaft / <i>Adhésion</i> .....	58

---

Redaktionsschlüsse für die nächsten Ausgaben /  
*Délais rédactionnels pour les prochains numéros :*  
**1.5.2019 / 1.9.2019 / 15.12.2019**

Senden Sie Ihren Beitrag an / *Envoyez vos contributions à :*  
**manuel.fragniere@rpn.ch**

## ***ERRATUM***

Im letzten c+b sind im Artikel von Hansruedi Dütsch, «Die Mischung macht's, Über die thermodynamischen Hintergründe des Chemischen Gleichgewichts» infolge eines technischen Fehlers einige Sonderzeichen und Vorzeichen nicht gedruckt worden. Wir entschuldigen uns für den Fehler. Die korrekte Version kann von der Webseite des VSN unter <http://www.vsn.ch/cundb/cundb.html> Ausgabe 3/18 heruntergeladen werden.



## Aus dem VSN

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

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

### **Zentralkurs Chemie 2018 Solothurn / Cours Central de chimie 2018 à Soleure**

Der Zentralkurs Chemie war ein grosser Erfolg. Ein Bericht findet sich in diesem Heft. Nochmals herzlichen Dank dem Organisationskomitee um Pascal Pfister und den Beitragenden.

*Le cours central de chimie a été un grand succès. Vous trouverez un rapport dans ce numéro. Encore un grand merci au comité d'organisation de Pascal Pfister et aux contributeurs.*

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

Die Generalversammlung VSN hat im Rahmen des Zentralkurses am 17. Oktober 18.00 bis 18.50 an der Kantonsschule Solothurn stattgefunden. Die Berichte und das Protokoll finden sie in diesem Heft.

*L'Assemblée générale de la SSPSN s'est déroulée dans le cadre du cours central le 17 octobre de 18h00 à 18h50 à l'Ecole cantonale de Soleure. Les rapports et les procès-verbaux se trouvent dans cette brochure.*

### **Biologische und chemische Vorkenntnisse für Hochschulstudium, Beispiel GeoBiology /**

### ***Connaissances biologiques et chimiques préalables pour des études universitaires, par exemple en géobiologie***

Im Departement Erdwissenschaften der ETH Zürich wird ein Kurs GeoBiology angeboten, der wie viele andere Studiengänge auf Vorwissen in Biologie und Chemie angewiesen ist. In Zusammenarbeit mit dem VSN wurden Erwartungen geklärt und eine Liste von notwendigem Vorwissen zusammengestellt.

<https://lms.uzh.ch/url/RepositoryEntry/16395665423?guest=true&lang=en> (auf Button «Prerequisites» drücken, Zugriff 15.12.12). Die Studierenden können sich selber fehlende Kenntnisse erarbeiten und ein «Knowledge Assessment» absolvieren. Es ist wichtig, unsere Schülerinnen und Schüler auf die Erwartungen

*Le département des sciences de la terre de l'ETH Zurich propose un cours de géobiologie qui, comme beaucoup d'autres cours, s'appuie sur des connaissances préalables en biologie et en chimie. En collaboration avec la SSPSN, les attentes ont été clarifiées et une liste des connaissances préalables nécessaires a été dressée.*

<https://lms.uzh.ch/url/RepositoryEntry/16395665423?guest=true&lang=en> (cliquez sur le bouton "Conditions préalables", consulté le 15.12.12). Les élèves peuvent acquérir eux-mêmes les connaissances manquantes et faire une "évaluation des connaissances". Il est important d'attirer l'attention de nos élèves sur

der Hochschulen in Bezug auf den gymnasialen Stoff hinzuweisen.

Um die gute Zusammenarbeit mit den Gymnasiallehrkräften fortzuführen, wird ein Studierenden-Einführungskurs Geobiologie in Davos vom 5.-7. September 2019 als dreitägige Weiterbildung für Gymnasiallehrkräfte geöffnet. Im Feld und in Vorträgen wird die Bereicherung für Chemie, Biologie, Geographie, Physik und Mathematik durch geobiologische Inhalte aufgezeigt und die gymnasialen Voraussetzungen aus diesen Fächern diskutiert. Details gibt es auf der Kurswebseite [http://www.microeco.ethz.ch/geobio/GeoBiology\\_field\\_courses\\_Kurt\\_Hanselmann\\_ETHZ.html](http://www.microeco.ethz.ch/geobio/GeoBiology_field_courses_Kurt_Hanselmann_ETHZ.html) (Zugriff 15.12.12) Die offizielle Ankündigung wird durch die Fachstelle für "Weiterbildung für Lehrerinnen und Lehrer an Maturitätsschulen" der ETHZ stattfinden.

*les attentes des universités en ce qui concerne le matériel du lycée.*

*Afin de poursuivre la bonne coopération avec les professeurs du lycée, un cours d'introduction à la géobiologie pour les étudiants sera ouvert à Davos du 5 au 7 septembre 2019 sous la forme d'une formation continue de trois jours pour les professeurs du lycée. Sur le terrain et dans les cours en plénum, l'enrichissement pour la chimie, la biologie, la géographie, la physique et les mathématiques par des contenus géobiologiques sera souligné et les conditions de l'enseignement secondaire de ces matières seront discutées. Les détails peuvent être trouvés sur le site web du cours*

*[http://www.microeco.ethz.ch/geobio/GeoBiology\\_field\\_courses\\_Kurt\\_Hanselmann\\_ETHZ.html](http://www.microeco.ethz.ch/geobio/GeoBiology_field_courses_Kurt_Hanselmann_ETHZ.html) (consulté le 15.12.12) L'annonce officielle sera faite par le bureau de l'EPFZ "Formation continue des enseignants des écoles de maturité".*

### **Weiterbildung Biologieunterricht BioValley College Network / Formation continue en biologie BioValley College Network**

Am 23. März 2019 wird ein Weiterbildungsanlass für Biologielehrpersonen stattfinden, das Life Sciences Symposium 2019. Neueste Informationen finden sie auf: <https://www.biovalley-college.net/>.

*Le 23 mars 2019 aura lieu un autre événement de formation pour les professeurs de biologie, le symposium des sciences de la vie 2019, dont vous trouverez les dernières informations sur : <https://www.biovalley-college.net/>.*

### **Deutschschweizer Biologiekommision DBK: Mikroskopierkurs in Rapperswil SG / Commission alémanique de biologie DBK : Cours de microscopie à Rapperswil SG**

Am 28. März 2019 wird im Schloss Rapperswil von der Firma ZEISS ein Mikroskopierkurs angeboten. Weitere Informationen finden sie in diesem Heft.

*Le 28 mars 2019, la firme ZEISS offrira un cours de microscopie au château de Rapperswil. Vous trouverez de plus amples informations dans ce numéro.*

## International Year of The Periodic Table IYPT 2019 / *Année internationale du tableau périodique IYPT 2019*

Das Projekt «Experimente für Schulen aller Stufen» zum IYPT 2019 wird konkreter. Zurzeit läuft die Entwicklung der Experimente und der Informationen. Es ist geplant, dass sich interessierte Klassen, Lehrkräfte und Schulen im Frühjahr 2019 anmelden können und dann auf Beginn des Schuljahres 2019/2020 ein Paket mit ca. 10 faszinierenden Experimenten zu Elementen mit allen Anleitungen und speziellen Materialien und Stoffen erhalten. Im Moment beschäftigen sich Martina Cavelti, Dario Hartmann, Hansruedi Dütsch und Klemens Koch mit dem Projekt, sowie Philipp Fässler (PSE) und Matio Sabetti (Italienisch) bereits mit Übersetzungen und Textarbeiten. Unser Projekt wird von der cogito-foundation, von der Simply-Science-Stiftung und der Akademie der Naturwissenschaften unterstützt. Weitere Informationen in diesem Heft.

*Le projet IYPT 2019 "Expériences pour les écoles de tous niveaux" devient plus concret. L'élaboration d'expériences et d'informations est en cours. Il est prévu que les classes, les enseignants et les écoles intéressés puissent s'inscrire au printemps 2019 et recevoir ensuite un paquet avec environ 10 expériences fascinantes sur des éléments avec toutes les instructions et le matériel spécial au début de l'année scolaire 2019/2020. Martina Cavelti, Dario Hartmann, Hansruedi Dütsch et Klemens Koch travaillent actuellement sur le projet, Philipp Fässler (PSE) et Matio Sabetti (italien) travaillent déjà sur des textes et des traductions. Notre projet est soutenu par la cogito-foundation, par la Fondation Simply Science et par l'Académie des Sciences. Plus d'informations dans ce numéro.*

## Balmer Preis an Frau Dr. Rita Oberholzer / *Prix Balmer à Mme D<sup>re</sup> Rita Oberholzer*



Dr. Rita Oberholzer  
Foto: Der Landbote, Winterthur

Frau Dr. Rita Oberholzer; Chemielehrerin und Rektorin an der Kantonsschule im Lee wurde für den Balmer Preis 2018 vorgeschlagen und die Jury hat nun erfreulicherweise ihre Beiträge zum Chemieunterrichte, insbesondere das Eloxieren



Eloxierte Kugelschreiber  
Foto: Daniel Müller, Gymnasium Biel Seeland

*Mme D<sup>re</sup> Rita Oberholzer, professeur de chimie et recteur de l'école cantonale de Lee, a été nommée pour le Prix Balmer 2018, le jury ayant décidé d'honorer sa contribution à l'enseignement de la chimie, en particulier sur l'anodisation des stylos Caran d'Ache.*

von Caran d’Ache Kugelschreibern ausgezeichnet. Vermutlich sind schon Zehntausende von Schülerinnen und Schüler mit einem schönen, farblich selbst gestalteten Kugelschreiber aus dem Unterricht nach Hause gegangen, haben ihn stolz der Familie und Bekannten gezeigt und über Jahre verwendet. Das verbindet sie positiv mit der Chemie und dem Unterricht. Herzliche Gratulation für diesen und ihre anderen Beiträge zum Chemieunterricht!

*On peut supposer que des dizaines de milliers d’élèves sont déjà rentrés de l’école avec un beau stylo à bille de leur propre couleur, l’ont fièrement montré à leur famille et leurs amis et l’ont utilisé pendant des années. Cela les relie de façon positive à la chimie et à l’enseignement. Cordiales félicitations pour ceci et pour ses autres contributions au cours de chimie !*

### **Nächste Veranstaltungen befreundeter Verbände / *Prochains événements d’associations amies***

- MNU-Bundeskongress 2019 Hannover, 21. - 25. März 2019, (bundeskongress-2019.mnu.de/).
- VCOe-Europäischer Chemielehrerkongress in Wien, 24.- 27. April 2019, (vcoe.or.at).
- UdPPC 67e congrès de l’UdPPC à Grenoble, 28 au 31 octobre 2019, ([www.udppc.asso.fr](http://www.udppc.asso.fr)).

### **Neue Mitglieder / *Nouveaux membres***

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

- Said Abdel Aziz, Basel.
- André Kuhn, Gymnasium Hofwil, Bern.
- Daniel Mächler, Kantonsschule Wattwil.
- Giancarlo Parisi, Gymnasium Lugano 2 (Savosa).
- Michel Pfenniger, Kollegium Gambach, Fribourg.
- Thomas Seilnacht, Bern.
- Clara Tandler-Ziermann, Friedrichshafen.
- Rebekka Teichler, Jona.
- Gaby Zimmermann Guyer, Kantonsschule Wattwil.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern ein gutes 2019, mit herzlichem Gruss.

*Je souhaite à tous les lecteurs une bonne année 2019, avec des salutations chaleureuses.*

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



## Neues aus Chemie, Biologie und Didaktik

### Stoffe und Mikroorganismen in Innenräumen – ein Gesundheitsrisiko?

Das Wissen über die Luft in unseren Wohnungen und allfälliger gesundheitlicher Risiken daraus ist erstaunlich gering, wenn man bedenkt, dass wir heute bis 90% unserer Zeit in Innenräumen verbringen. In den USA wurden nun in einer grossen Studie über einen Monat mit vielen Geräten in Wohnräumen Chemikalien und Mikroorganismen analysiert. Der Einfluss von Kochen, Putzen und einfach Sein auf die Raumluft wurde untersucht. Die Auswertung der Daten hat erst begonnen. Genauere Informationen finden sich auf <https://indoorchem.org/projects/homechem/> (Zugriff 15.12.18).

#### *Substances et micro-organismes en intérieur - un risque pour la santé ?*

*Les connaissances sur l'air dans nos maisons et les risques possibles pour la santé sont étonnamment faibles, étant donné qu'aujourd'hui nous passons jusqu'à 90 % de notre temps à l'intérieur. Aux Etats-Unis, les produits chimiques et les micro-organismes ont maintenant été analysés dans le cadre d'une vaste étude sur une période d'un mois en utilisant de nombreux appareils dans les salons. L'influence de la cuisson, du nettoyage et du simple fait d'être dans l'air intérieur a été étudiée. L'évaluation des données ne fait que commencer. Des informations plus détaillées sont disponibles sur <https://indoorchem.org/projects/homechem/> (consulté le 15.12.18).*

### Youtube gegen Amateurchemiker

Youtubes Bemühungen in den minütlich hochgeladenen 300 Videostunden unangemessene Inhalte zu identifizieren und zu löschen trifft zunehmend chemische Inhalte, so befürchtet NurdRage (<https://www.youtube.com/channel/UCIgKGGJkt1MrNmhq3vRibYA>), ein Doktorand, dass viele seiner Videos von Standardsynthesen dem Filter zum Opfer fallen. Martyn Poliakoff mit seinen Periodic Table of Videos (<http://www.periodicvideos.com>, Zugriff 15.12.18) nennt zwei Seiten: Einerseits sollen Experimente auf Videos sicher durchgeführt werden und nicht zu gefährlichen Heimexperimenten verleiten, andererseits können sie die Durchführung solcher Experimente gut ersetzen. Chemistry World, August 2018.

### *Youtube contre les chimistes amateurs*

*Les efforts de Youtube pour identifier et supprimer les contenus inappropriés dans les 300 heures de vidéo téléchargées chaque minute touchent de plus en plus les contenus chimiques, de sorte que NurdRage (<https://www.youtube.com/channel/UCIgKGGJkt1MrNmhq3vRibYA>), un doctorant, craint que nombre de ses vidéos de synthèses standard ne soient victimes du filtre. Martyn Poliakoff avec son tableau périodique de vidéos (<http://www.periodicvideos.com>, consulté le 15.12.18) nomme deux pages : d'une part, les expériences sur vidéo doivent être réalisées en toute sécurité et ne pas conduire à des expériences dangereuses à domicile, d'autre part, elles peuvent bien remplacer l'exécution de telles expériences. Chemistry World, août 2018.*

## **Wasserelektrolyse bei Schwerelosigkeit: Wie lösen sich die Gasbläschen von der Elektrode?**

Brennstoffzellen sind wichtige Energiequellen im All und der Brennstoff Wasserstoff entsteht bei der Wasserelektrolyse an der Kathode, muss sich dann aber davon entfernen, damit neue Wassermoleküle reduziert werden können. Dasselbe gilt umgekehrt für das Sauerstoffgas. Mit der Schwerkraft und den Dichteunterschieden zwischen den Gasen und der Flüssigkeit passiert das im Schwerfeld der Erde von selbst durch den Auftrieb. In der Schwerelosigkeit ohne Auftrieb nimmt die Wirksamkeit ab. Neue Untersuchungen in Falltürmen zeigen nun, dass eine Nanostruktur der Elektrode mit Spitzen das Ablösen der Gasbläschen durch Oberflächenspannungseffekte und damit die Elektrolyse erleichtert. *Chemistry World*, August 2018. K. Brinkert et al. *Nat. Commun.*, 2018, DOI: 10.1038/s41467-018-04844-y.

### ***Electrolyse de l'eau en apesanteur : Comment les bulles de gaz se séparent-elles de l'électrode ?***

*Les piles à combustible sont d'importantes sources d'énergie dans l'espace et l'hydrogène combustible est produit pendant l'électrolyse de l'eau à la cathode, mais doit ensuite s'en éloigner pour que les nouvelles molécules d'eau puissent être réduites. Il en va de même pour l'oxygène gazeux. Avec la gravité et les différences de densité entre les gaz et le liquide, cela se produit automatiquement dans le champ gravitationnel de la terre en raison de la flottabilité. En apesanteur sans flottabilité, l'efficacité diminue. De nouvelles études dans des tours de chute montrent maintenant qu'une nanostructure de l'électrode à pointes facilite le détachement des bulles de gaz par des effets de tension superficielle et et facilite ainsi l'électrolyse. Chemistry World, August 2018. K. Brinkert et al. Nat. Commun., 2018, DOI: 10.1038/s41467-018-04844-y.*

## **Polymorphe Kristalle derselben Verbindung können plastisch, elastisch oder spröde sein**

Drei Kristallvarianten des 4-Bromphenyl-4-brombenzoesäureesters zeigen drei ganz unterschiedliche mechanische Eigenschaften. Die Kristallstrukturen zeigen, dass einerseits innermolekulare Flexibilität und zwischenmolekulare Halogenbrücken, C-H $\cdots$  $\pi$  sowie  $\pi\cdots\pi$  Interaktionen die Unterschiede bestimmen. *Chemistry World*, August 2018. S Shaha et al, *Chem. Commun.* 2018, 54, 6348, DOI: 10.1039/c8cc02662a.

### ***Les cristaux polymorphiques d'un même composé peuvent être plastiques, élastiques ou cassants***

*Trois variantes cristallines de l'ester de l'acide 4-bromophényl-4-bromobenzoïque présentent trois propriétés mécaniques complètement différentes. Les structures cristallines montrent que d'une part la flexibilité intramoléculaire et les ponts halogènes intermoléculaires, les interactions C-H $\cdots$  $\pi$  ainsi que  $\pi\cdots\pi$  déterminent les différences. Chemistry World, août 2018, S Shaha et al, Chem. Commun. 2018, 54, 6348, DOI : 10.1039/c8cc02662a.*

## **Der älteste je beobachtete Sauerstoff auf einer sehr fernen Galaxie**

Das spektroskopische Muster von am weitest entfernten und deshalb ältesten doppelt ionisierten Sauerstoffatomen wurden in einer 13 Mia. Lichtjahre entfernten Galaxie entdeckt. Die Galaxie war zur Zeit der Emission nur 500 Mio. Jahre alt. Für die Nukleosynthese von detektierbarem Sauerstoff im Sterninnern sind in der Regel mehrere Sternenerationen nötig. Mit der Entdeckung wird die beobachtete Entstehung erster Sterne um 350 Mio. Jahre gegenüber den bisherigen Beobachtungen auf 250 Mio. Jahre nach dem Big Bang vorverschoben. Chemistry World, June 2018. T Hashimoto et al, Nature 2018, 557, 392, DOI: 10.1038/s41586-0117-z.

### ***L'oxygène le plus ancien jamais observé sur une galaxie très lointaine***

La configuration spectroscopique des atomes d'oxygène doublement ionisés les plus éloignés et donc les plus anciens a été enregistrée dans une galaxie à 13 milliards d'années-lumière. La galaxie n'avait que 500 millions d'années au moment de l'émission. La nucléosynthèse de l'oxygène détectable à l'intérieur des étoiles nécessite habituellement plusieurs générations d'étoiles. Avec cette découverte, la formation observée des premières étoiles sera avancée de 350 millions d'années par rapport aux observations précédentes jusqu'à 250 millions d'années après le Big Bang. Chemistry World, juin 2018, T Hashimoto et al, Nature 2018, 557, 392, DOI : 10.1038/s41586-0117-z.

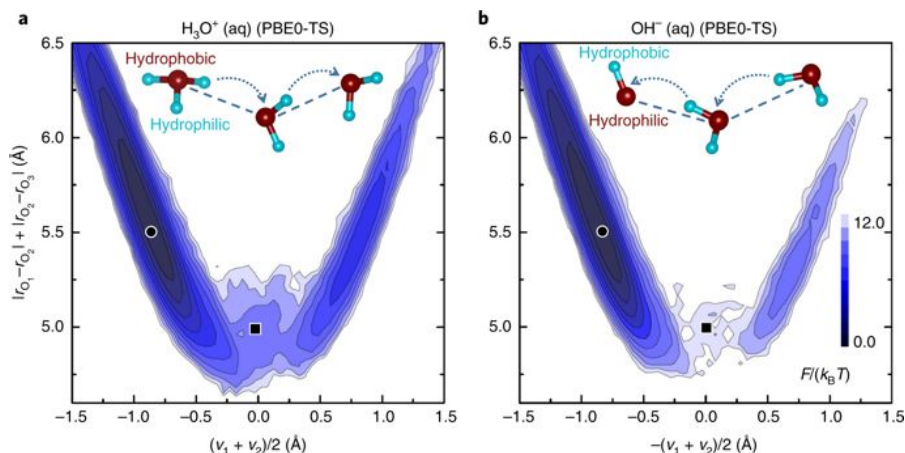
## **Warum Hydronium-Kationen schneller diffundieren als Hydroxid-Anionen?**

Die Diffusion der bei Säure/Base-Reaktionen entstehenden Ionen ist sehr wichtig für chemische Prozesse in Wasser. In beiden Fällen diffundieren eigentlich nicht die Ionen, sondern Wasserstoffkationen springen in einer Kettenreaktion von Ion zu Molekül oder umgekehrt und damit diffundiert die Ladung. Wenn es bei beiden Ionen auf demselben Mechanismus beruhen würde, wäre die etwa doppelte Diffusionsgeschwindigkeit von Hydroniumionen noch weniger verständlich. Allerdings zeigen neuere Density Functional Theory (DFT)-Modellierungen, dass bei Hydroniumionen mit einer idealen Positionierung der Wasserstoffbrücken eine Kettenübertragung von mehreren Wasserstoffkationen möglich ist, bei Hydroxidionen aber eine Hyperkoordination mit vier statt der erwarteten drei Wasserstoffbrücken vorliegt und damit nur Einzelübertragungen von Wasserstoffkationen möglich sind. Chemistry World, April 2018, M Chen et al, Nat. Chem. 2018, DOI: 10.1038/s41557-018-0010-2.

### ***Pourquoi les cations hydronium diffusent-ils plus rapidement que les anions hydroxyde ?***

*La diffusion des ions formés lors des réactions acide/base est très importante pour les processus chimiques dans l'eau. Dans les deux cas, les ions ne se diffusent pas, mais les cations d'hydrogène sautent dans une réaction en chaîne de l'ion à la molécule ou vice versa et donc la charge se diffuse. Si les deux ions étaient basés sur le même mécanisme, le taux de diffusion des ions hydronium serait encore moins compréhensible. Cependant, des modèles plus récents de théorie fonctionnelle de la densité (DFT) montrent que pour les ions hydronium avec un positionnement idéal des ponts hydrogène, un transfert en chaîne de plusieurs cations hydrogène*

est possible, tandis que pour les ions hydroxyde, une hypercoordination avec quatre au lieu des trois ponts hydrogène prévues est présente et donc seulement des transferts individuels de cations hydrogène sont possibles. *Chemistry World*, avril 2018, M. Chen et al, *Nat. Chem.* 2018, DOI : 10.1038/s41557-018-0010-2.

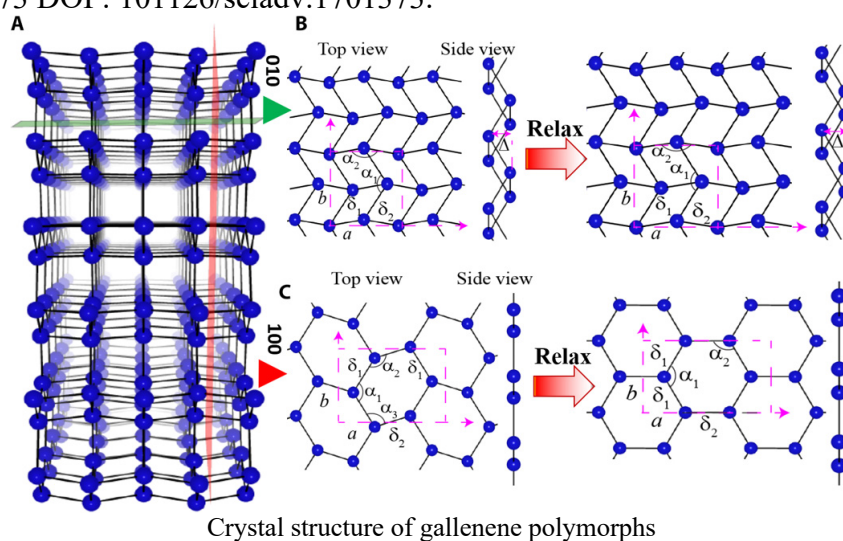


## Gallen, ein neues 2D-Material

Nach Graphen, Germanen, Stanen und anderen 2D-Materialien, welche durch Gasphasenabscheidung hergestellt wurden, wird Gallen erstmals an der Oberfläche von flüssigem Metall durch Eintauchen einer Oberfläche und Abkühlen darauf erzeugt. Auf einem Halbleiter aufgebracht, kann es als leitfähiges Metall elektrischen Strom zu- und abführen. *Chemistry World*, April, 2018, V. Kochat et al, *Sci Adv.*, 2018, 4 e1701373 DOI : 10.1126/sciadv.1701373.

## Le gallenène, un nouveau matériau 2D

Après le graphène, le germanène, le stanène et d'autres matériaux 2D produits par dépôt en phase gazeuse, la gallenène est d'abord produit à la surface d'un métal liquide par immersion d'une surface et par refroidissement. Appliqué à un semi-conducteur, il peut fournir et dissiper le courant électrique sous forme de métal conducteur. *Chemistry World*, avril 2018, V. Kochat et al, *Sci Adv*, 2018, 4 e1701373 DOI : 10.1126/sciadv.1701373.



Crystal structure of gallene polymorphs



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

---

**Protokoll der Generalversammlung 2018**

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

**1. Traktanden der GV 20187, Protokoll der GV 2017**

Die Traktanden werden wie vorgeschlagen behandelt.

**2. Jahresbericht des Präsidenten 2017/18, Tätigkeitsberichte der Kommissionen und Delegationen.**

**VSN-Aktivitäten 2018, Bericht durch den Präsidenten Klemens Koch**

Die Zahl der Mitglieder hat erfreulicherweise von 460 auf 493 zugenommen, vor allem im Zusammenhang mit der Zentralkurs-Anmeldung.

Alle regulären Aktivitäten (Vorstandssitzung, Herausgabe c+b, Pflege Webseite, ZK-Vorbereitung...) fanden statt. Die Zusammenarbeit mit der Akademie der Naturwissenschaften SCNAT in den Bereichen Bildungspolitik, Standesvertretung, IUPAC, MINT-Förderung, IUPAC, IYPT 2019 etc. und der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft SCG zur Interessensvertretung, zum Kontakt mit der Division of Chemical Education und für die Tagung Future of Chemical Education, dem Balmer-Preis und die Zusammenarbeit in der EuChemS etc. wurden gepflegt. Die Vertretung im VSG wurde wahrgenommen und Kontakt zu VCOe, MNU, UdPPC gepflegt. Ein Projekt SUN (Sprachsensibel Unterrichten in den Naturwissenschaften) wurde zusammen mit der MNU und anderen eingereicht (EU und Movetia). Es wurde von der EU abgelehnt, wird aber mit reduziertem Einsatz im Hinblick auf eine verbesserte Eingabe weiterverfolgt. Die Ziele für 2019 sind: Eine weitere Stärkung der Biologie im VSN, besseren Kontakt mit dem Tessin, Mitgliederwerbung und eine Stabilisierung der Finanzen.

**Jahresbericht der Deutschschweizer Chemiekommision DCK 2018**

Die DCK hat auch 2018 zwei Sitzungen durchgeführt: am 5. Mai und am 10. November an der Kantonsschule Zürich Nord.

Die DCK besteht zurzeit aus folgenden 15 Mitgliedern: Amadeus Bärtsch (Fachdidaktik ETH, ZH), Stefan Bosshart (PH Thurgau, TG), Maurice Cosandey (Vertretung CRC), Roger Deuber (Webmaster, AG), Hansrudolf Dütsch (Weiterbildung, VSN-Shop, ZH), Christophe Eckard (Vizepräsident, ZH), Johannes Hoffner (BL), Vesna Klingel (TG), Klemens Koch (Präsident VSN, BE), Lorenz Marti (Weiterbildung, ZH), Markus Müller (SCG, TG), Pascal Pfister (Zentralkurs, SO), Martin Schwarz (SH), Marcel Somavilla (SG) und Andreas Bartlome (Präsident, LU).

Mitglieder DCK und VSN:

Die DCK möchte sich regional besser abstützen und sucht daher gezielt Mitglieder, vor allem aus der Innerschweiz und den Kantonen BS und GR.

Die Adressverwaltung des VSG ist mittlerweile erneuert worden. Die DCK möchte sich mit einer email-Verwaltung um eine bessere Anbindung der Mitglieder bemühen.

#### Zentralkurs und Weiterbildung:

Wegen des Zentralkurses wurden die Weiterbildungsaktivitäten 2018 eingeschränkt. Der Zentralkurs fand vom 17. bis 19. Oktober in Solothurn statt. Das OK unter der Leitung von Pascal Pfister wurde durch die DCK beraten. Das spannende, abwechslungsreiche und unterrichtsnahe Programm lockte (rekordverdächtig) über 200 Teilnehmende an!

#### DBK und Webseite:

Die DBK hat sich nach jahrelanger Vakanz und verschiedenen Anläufen konstituiert und die Arbeit aufgenommen. Wir wünschen ihr gutes Gedeihen. Um auf die Strukturen und Aktivitäten des VSN und seiner Kommissionen besser aufmerksam zu machen, ist eine Erweiterung der Webseite des VSN geplant.

#### ChemV und Leitfaden:

Anstelle der Auflagen im Entwurf zur ChemV wurde unter der Leitung von Jürg Sinniger ein schweizerischer Leitfaden Sicherheit erarbeitet. Die DCK ist mit Christophe Eckard in der Arbeitsgruppe vertreten. Der Leitfaden wurde am Zentralkurs vorgestellt. Herzlichen Dank an Christophe Eckard und weitere Lehrer für ihre Mitarbeit in der Arbeitsgruppe!

#### Formeln, Tafeln und Begriffe:

In unserem gemeinsam mit der DMK und DPK verfassten Tabellenwerk soll der Chemie- und Biologieteil (in Zusammenarbeit mit der DBK) weiter ausgebaut werden. Vorschläge für neue Inhalte liegen vor. Die Idee zum Tabellenwerk ein plastifiziertes PSE mit ergänzender Rückseite herauszugeben ist weiterhin offen. Vielleicht gelingt die Umsetzung im IYPT 2019. Ganz herzlichen Dank an Klemens Koch für den Einsatz und die Redaktion des Chemieteils.

#### VSN-Shop:

Der VSN-Shop von Hansruedi Dütsch erfreut sich grösster Beliebtheit. Auch in diesem Jahr sind weitere Neuheiten im Angebot: die Seifenblasenmaschine oder. Ganz herzlichen Dank an Hansruedi Dütsch für seine aktive Mitarbeit in der DCK und seinen VSN-Shop!

#### GeRRN:

Der Verein zur Förderung des MINT-Unterrichtes MNU hat ein Erasmusprojekt gestartet: die Entwicklung eines gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Naturwissenschaften (GeRRN). Die DCK hat das Projekt diskutiert. Da die Zielsetzung (Vereinheitlichung) und der Rahmen (Umsetzung bei kantonaler Bildungshoheit) für die Schweiz nicht sinnvoll erscheinen, hat die DCK auf eine Mitarbeit verzichtet.

Information: <https://www.mnu.de/images/blog/2017/GERRN.pdf>

#### IYPT:

2019 ist zum internationalen Jahr des Periodensystems erklärt worden (150 Jahre seit Mendelejew). Die DCK begleitet eine Initiative von Klemens Koch (Experimente mit Fotowettbewerb für die SI-Stufe)!

Aus den Kantonen:

Die DCK erhält auch immer Bericht über die bildungs- und finanzpolitischen Vorgänge in den Kantonen. Neue Aufträge (Förderung der basalen Kompetenzen, Einführung Informatik) und die angespannte Finanzlage vieler Kantone verlangt mehr oder weniger einschneidende Umlagerungen und Einsparungen im Bildungsbereich. Diesen Bildungsabbau gilt es kritisch im Auge zu behalten.

Ich danke allen Mitgliedern der DCK für die engagierte Mitarbeit in der Kommission!

Herlisberg, den 14. Oktober 2018, Andreas Bartlome, Präsident der DCK

### **Activités Commission Romande de Chimie CRC 2018, rapport par le président Manuel Fragnière**

Depuis le 24 novembre, la CRC s'est réunie 2 fois : 7 mars 2018 et 5 septembre 2018.

Formation continue :

- 7 mars 2018 : Traitements de surfaces PVD, galvano, CVD », Neode, HE-Arc à La Chaux-de-Fonds.
- 5-6-7-8 sept 2018 : Scientiae & Robotica, EPFL, en collaboration avec les autres sociétés de branches.

Réédition de 5'000 exemplaires du tableau périodique de la CRC en page A4.

Nouvelle édition du Formulaire orange.

### **Activités Commission Romande de Biologie CRB 2018, rapport par la présidente Anne-Laure Rauber**

Cours organisés en 2018 :

- « La biologie du sol », Claire Le Bayon, maître d'enseignement et de recherche à UniNe. Thèmes : la fertilité des sols, techniques d'extraction des organismes des sols (sur le terrain), clés de détermination, lombricomposte, 19 avril 2018 à Sion.
- Observation des Cétacés aux Açores, Jean-Pierre Lardet, avril 2018.
- Journée pour les membres de la CRB : visite de la production de la soie, la sériciculture (SWISSILK), 23 septembre 2018 à Hinterkappelen (BE).

### **Jahresbericht der Deutschschweizer Biologiekommision DBK 2018**

#### **Aus dem Dornröschenschlaf erwacht**

Am 10. Januar 2018 ist die Deutschschweizer Biologiekommision DBK neu gegründet worden -dies dank der tatkräftigen Unterstützung von Klemens Koch, Präsident des VSN. Die Gruppe traf sich zu drei Sitzungen am 28.04. und 26.06. und 3. 11.18 an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) in Olten statt.

Die DBK soll die Deutschschweizer Biologie-Lehrpersonen wieder im VSN verankern und deren Anliegen passend vertreten. So war eine Kernaufgabe im 2018 neue Mitglieder mit möglichst breiter regionale Abstützung zu gewinnen. Die DBK besteht zurzeit aus den folgenden Mitgliedern:

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

### **Mitgliedersuche und Kontakte**

Mit 11 Mitgliedern aus verschiedenen Regionen ist die DBK zurzeit gut besetzt. Dank der neuen Adressverwaltung des VSN sollte es nun auch möglich werden, die Biologielehrpersonen direkt anzuschreiben. Es konnte auch erste Bekanntschaft mit Anne-Laure Rauber, neue CRB Präsidentin der Westschweizer Biologielehrer, gemacht werden. Auch Kontakte mit dem Kanton Tessin sind gewünscht.

### **c&b**

Ein Ziel der DBK ist, dass im Vereinsheft c&b. Informationen über Weiterbildungsveranstaltungen, sowie Artikel (z.B. „Neues aus der Biologie“) erscheinen. Dank Unterstützung durch den Webmaster des VSN konnte für die DBK eine Unterseite auf der Website gestaltet werden, wo künftig auch auf aktuelle Dossiers zugegriffen werden kann.

### **Weiterbildungen, Zentralkurs 2021**

Ein Wunsch der DBK ist der Kontakt unter den Biologielehrpersonen schweizweit anzuregen und der regelmässige Austausch an Weiterbildungsveranstaltungen zu fördern. Ein erster Kontakt konnte zu Sacha Glardon aufgenommen werden, welcher seit Beginn im Organisationsteam des Life-Science-Symposiums mitwirkt. Am kommenden Symposium, welches am 23. März 2019 in Wettingen stattfindet, wird die DBK mit einem Stand an der Austauschbörse vorgestellt, sowie einen Workshop zum Thema Boden anbieten.

Es ist noch offen, wer den direkten Kontakt zur SCNAT aufnimmt.

Alle Mitglieder haben sich für die die Beteiligung am Zentralkurs 2021 mit einem Tag in Form von Referaten, und Exkursionen und Workshops gewünscht. Verschiedene Ideen für Beiträge dazu sind bereits vorhanden.

### **Aktuelle Themen aus dem Biologieunterricht**

Neben der Mitgliedersuche, dem gegenseitigen Kennenlernen und den Möglichkeiten, die DBK bekannt zu machen, wurden auch Themen wie Tierversuche im Unterricht im schweizerischen Vergleich und Rezensionen neuer Lehrmittel diskutiert.



An dieser Stelle noch einmal einen herzlichen Dank an Klemens Koch, der die Wiederbelebung der DBK stark gefördert und unterstützt hat

Sursee, den 08. Dezember 2018

Silvia Reist, Präsidentin der DBK



Abb.: In der Zwischenzeit wieder aus dem Dornröschenschlaf erwacht- die Deutschschweizer Biologielehrer-Kommission (DBK)

Die Berichte werden einstimmig angenommen.

### **3. Zusammensetzung des Vorstandes, Delegierte. Kommissionspräsidien, 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.

Der Vorstand setzt sich 2019 wie folgt zusammen:

- BARTLOME Andreas, Präsident DCK, Kantonsschule Beromünster
- COSANDEY Maurice, St-Prex
- DEUBER Roger, Webmaster VSN/SSPSN, Kanti Baden
- FRAGNIERE Manuel, Président CRC, Rédacteur en chef c+b, Lycée Denis-de-Rougemont, Neuchâtel
- GFELLER René, Représentant CRB, Gymnase de la Cité, Lausanne
- GUESDON LÜTHI Christine, Burgdorf
- KOCH Klemens, Président VSN/SSPSN, Gymnasium Biel-Seeland
- MARION-VEYRON Emmanuel, Vice-président et caissier CRC, Collège du Sud, Bulle
- RAUBER Anne-Laure, Présidente CRB, Gymnase français de Bienne
- REIST Silvia, Präsidentin DBK, Kantonsschule Beromünster
- TURIN Régis, Caissier VSN/SSPSN, Lycée-collège des Creusets, Sion

#### 4. Anlässe 2018/19

(neben den Weiterbildungsanlässe der Kommissionen):

- 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
- Journée de démonstrations 2019
- DBK: <https://www.biovalley-college.net/> BioValley College Day 30. Nov. 2018, Universität Basel (für Schüler/innen und LP: Einblick in die Life Science Forschung, Präsentation von Projekt- und Maturaarbeiten u.a.)
- Life Science Symposium 23. März 2019 in Wettingen (für BI/CH-LP):  
Workshop- AnbieterInnen sind gesucht!

#### 5. Vereinsrechnung und Revision

<b>Einnahmen:</b>	<b>19'370.-</b>	Mitgliederbeiträge (12'120.-), SISF (7'000.-) «c+b»-Werbung (250.-)	
<b>Ausgaben:</b>	<b>16'611.85</b>	2'688.60	Spesen Kommissionen
		989.45	Spesen Vorstand
		9'000.-	Kurse: SISF an ZK: 7'000. S&R: 2'000.-
		3'185.-	SCNAT-Beitrag
		748.80	Sonstige: Defizitgarantie, Revision, Kontospesen, etc.
<b>Ausgaben «c+b»</b>	<b>9'279.95</b>	3'422.10	Redaktionsspesen
		5'857.85	Druck-, Satz- und Versandkosten
<hr style="width: 100px; margin-left: 0;"/> Total:	<b>25'891.80</b>		
<b>Ausgabenüberschuss:</b>	<b>6'521.80</b>		
<b>Vereinsvermögen:</b>	<b>67'516.68</b>		(-6516.21 gegenüber 2016/2017 dank CS-Zinsen: 5.59)

Der Revisorenbericht berichtet über die Prüfung, welche alles in Ordnung befunden hat und dankt dem Kassier für die präzise und korrekte Arbeit. Er empfiehlt Genehmigung der Rechnung und Entlastung des Vorstandes.

Die Rechnung wird von der Versammlung einstimmig angenommen und der Vorstand wird entlastet.

## 6. Mitteilungen und Varia

Manuel Fragnière berichtet über die Vorteile für A-Mitglieder, wenn man also auch VSG-Mitglied ist. Der VSG vertritt die Interessen der Gymnasiallehrerschaft allgemein.

Maurice Cosandey berichtet, dass die Durchführung einer Chemieolympiade in der Schweiz geprüft werde und wirbt für die Veranstaltung Science-on-Stage.

Die DBK informiert über App <https://bioapp.ch/> (kostenloses Spiel für Smartphones) und Science on the move (Wettbewerb für Schulklassen)

Julia Qvick schlägt die Einführung eines elektronischen c+b's für diejenigen, die es wünschen, vor. Das würde auch die Rechnung entlasten. Die Umsetzung wird geprüft.

Für das Protokoll (Entwurf, an der nächsten GV zu genehmigen), Klemens Koch, 17. 12. 2018.

---

---

### Günter Baars durch die Universität Bern mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet



Unserem Kollegen Prof. Dr. Günter Baars wurde am Dies academicus 2018 der Universität Bern anlässlich ihrer 184. Stiftungsfeier vom 1. Dezember 2018 im Stadttheater Bern von der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät die Würde eines Doctor philosophiae honoris causa verliehen. Dies in Anerkennung seiner rund 50jährigen Lehrtätigkeit, der Ausbildung von Chemielehrerinnen und Chemielehrern in der Fachdidaktik, der Förderung der Quantenchemie auf gymnasialer Stufe und der Autorschaft von vielen Chemiebüchern für den gymnasialen Unterricht. Es ist eine grosse Würdigung für Chemieunterricht allgemein aber natürlich im Besonderen für Günter Baars. Herzliche Gratulation!

© Universität Bern, Kommunikation & Marketing; Foto: Manu Friedrich

Klemens Koch, PH Bern

## Innerer photoelektrischer Effekt in LED - Farbige Licht emittieren und absorbieren

*Eine Kombination von verschiedenfarbigen Leuchtdioden als Emitter und Absorber (Detektoren) erlaubt, die Energie von Licht zu vergleichen und mit dem inneren photoelektrischen Effekt zu zeigen, dass nur ab einer bestimmten Schwelle energetisch angeregt werden kann. Der analoge äussere photoelektrische Effekt führte EINSTEIN zur Quantentheorie des Lichtes und den Photonen.*

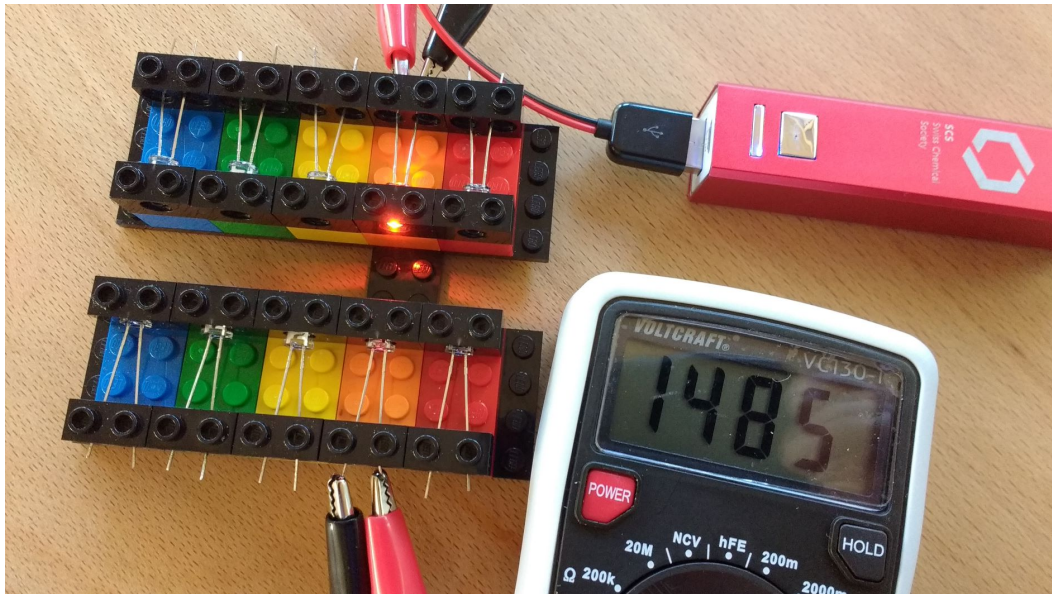


Abb. LED als Emitter (oben) und Detektor (unten)

Die Energie und Farbe des Lichtes von Leuchtdioden (LED Light Emitting Diode) wird von Elementen der Gruppe 13 und 15 bestimmt. Die Mischungen vieler Elemente der Gruppen 13, 14 und 15 sind isomorph zur Diamantstruktur. Das führt zu vergleichbaren Bindungssystemen, welche bestimmte quantenchemische Phänomene auf eine einfache Art illustrieren. Die Kombinationen der Atomorbitale werden im Bändermodell beschrieben und die Eigenschaften vor allem durch das Valenz- und das Leitungsband bestimmt. Der Energieunterschied zwischen den Bändern korreliert mit der Ionisierungsenergie einzelne Atome bzw. von Atomverbänden, wie sie z. B. beim (äusseren) photoelektrischen Effekt auftreten, wenn eine geladene Zinkoberfläche mit UV-Licht bestrahlt und entladen wird. Der äussere photoelektrische Effekt korreliert mit dem (inneren) photoelektrischen Effekt, der in Halbleitern beim energetischen Übergang zwischen Valenz- und Leitungsband auftritt. Dieser energetische Übergang ist von grosser Bedeutung, er bestimmt das Leuchten von LED und umgekehrt die Energieumwandlung von Licht zu elektrischer Energie bei Solarzellen oder bei vielen kleinen Punkten (Pixeln) in elektronischen Kameras mit CCD-Elementen (charge-coupled device), wo Licht bei jeweils kleine elektrische Ströme bewirkt, welche zusammen die Informationen für das Bild geben [1].

All diese Phänomene treten in einem Spektrometer auf, nur können diese meist nicht geöffnet, geschweige denn selber aufgebaut und damit auch modifiziert werden: Dies ist möglich mit dem, selber in kurzer Zeit zusammenbaubaren Spektrometer aus LED-Elementen und LEGO®-Bausteinen, das bereits im «c+b» vorge-

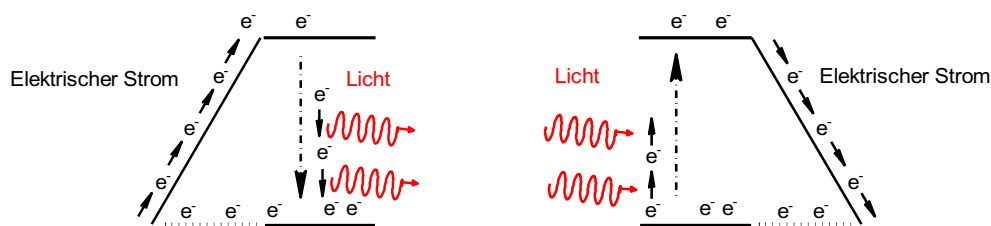


stellt worden ist [2] und mittlerweile auch im VSN-Shop, noch benutzerfreundlicher und einfacher zusammenzustellen, erhältlich ist [3].

Als technische Vereinfachung wird benutzt, dass eine LED Licht emittieren und interessanterweise, was weniger bekannt ist, auch absorbieren bzw. detektieren kann. Diese Symmetrie ist auch didaktisch ein Gewinn, wie die Diagramme unten zeigen.

Das Prinzip dieser Detektion wurde von einer Gruppe an der Universität Warschau für analytische Projekte verwendet [4] [5], an der Universität Basel mit der Detektion mit Photodioden und -transistoren verglichen [6] und von einer Gruppe an der Technischen Hochschule in Trondheim für unterrichtliche Zwecke weiterentwickelt [7] - [9]. Neu ist hier der Vergleich verschiedener LED, die Zusammenstellung zu einem vollständigen Spektrometer und die didaktische-quantenchemischen Aspekte.

Die Emission und Absorption (Detektion) durch die LED kann gut in Energiediagrammen visualisiert werden:



Elektrischer Strom erzeugt Licht in einer LED.

Elektronen werden durch elektrischen Strom (unfreiwillig) vom Grund-Niveau auf ein höheres Niveau befördert. Wenn sie wieder hinunterfallen, emittieren sie Licht.

Licht erzeugt elektrischen Strom in einer LED.

Elektronen werden vom Grund- auf ein höheres angeregtes Niveau gehoben, fließen freiwillig als elektrischen Strom zurück und können gemessen werden oder Energie abgeben.

Der Elektronenstrom in der emittierenden LED führt zu einer Lichtemission, also einem Photonenstrom. Dieser bewirkt eine Anregung von Elektronen in einer anderen absorbierenden LED und so wieder zu einem elektrischen Elektronenstrom  $I_{el}$ . Dieser erzeugt über dem elektrischen Widerstand  $R$  des Voltmeters eine messbare Spannung  $U$  ( $= R \cdot I_{el}$  nach dem OHM'schen Gesetz).

### Apparatur

Die Leuchtdioden müssen geometrisch präzise positioniert werden. Das ist einfach möglich mit Standardbausteine und leicht angepassten LEGO®-Bausteinen, z. B. mit der Apparatur, welche im VSN-Shop (vsn-shop.ch) erhältlich ist.

### Experiment

Beleuchte mit einer roten LED eine rote und dann eine blaue LED und miss die auftretenden Spannungen (Bereich 1-3V).

Beleuchte mit einer blauen LED eine blaue und dann eine rote LED und miss die auftretenden Spannungen (Bereich 1-3V).

**Beobachtung**

Mit blauem Licht kann die rote LED angeregt werden. Das Bändermodell fordert eine bestimmte Minimalenergie, lässt aber auch höhere Energiebeträge zu. Mit der roten LED kann die blaue nicht angeregt werden.

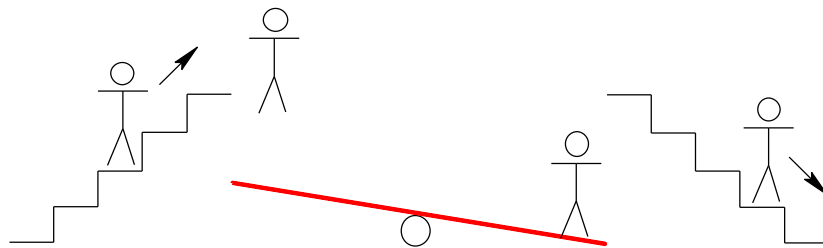
**Bemerkung**

Die absolute Höhe der auftretenden Spannung ist stark von Material und Konstruktion der verschiedenen LED-Typen abhängig, das heisst, sie lässt keine vergleichenden Aussagen zu. Wichtig ist zuerst einmal qualitativ, ob eine Spannung auftritt oder nicht. Für quantitative Aussagen ist die Spannung bei der Kombination zweier gleicher LED als Referenz massgebend: Z. B. kann die Spannung bei Beleuchtung einer blauen LED mit einer blauen LED gemessen werden und mit der bei Beleuchtung einer blauen LED mit einer roten LED verglichen werden. Oder es kann die Abnahme des Lichtes gemessen werden, nachdem eine absorbierende Probe in den Lichtweg gestellt worden ist.

**Erklärung**

Albert EINSTEIN erklärte 1905 während seiner Tätigkeit als Beamter am Patentamt in Bern den photoelektrischen Effekt mit der Hypothese, dass Licht als Lichtquanta bzw. Photonen portioniert seien. Hier ist es der innere photoelektrische Effekt: Für die Anregung braucht es ein bestimmtes minimales Energiequantum, darunter geht es nicht. Mit blauem Licht kann die blaue, aber auch die rote LED angeregt werden, weil das Bändermodell eine bestimmte Minimalenergie fordert, aber auch höhere Energiebeträge zulässt. Die Energie von rotem Licht reicht aber nicht, um die blaue LED anzuregen und sie kann auch nicht einfach aufsummiert werden, um eine blaue LED anzuregen. Für diese Erklärungen erhielt EINSTEIN 1921 den Nobelpreis.

Der Sachverhalt kann mit einer Analogie, mit einer „Photonenwippe“ wie unten visualisiert werden: Welcher Teil davon entspricht welchem Vorgang in der LED?



Analogie: Die Akrobaten (Elektronen) steigen die Treppe hoch und nehmen dazu Energie auf. Sie springen auf die Wippe und diese (Photon) überträgt die Energie, so dass an einem anderen Ort andere Akrobaten hinaufkatapultiert werden und dann (unter Abgabe von Energie) wieder die Treppe hinuntergehen können.

**Quellen**

- [1] Hollemann-Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie, 102. Auflage, Walter de Gruyter, 2007, Berlin
- [2] Klemens Koch: LED-LEGO-Spektrometer – Elemente, Farben, Licht und Chemie, c+b, 2/18 und Visualiser l'électronégativité resp. l'énergie d'ionisation des atomes N, P et As, c+b, 3/18. «c+b» ist das Bulletin des Vereins Schweizerischer Naturwissenschaftslehrkräfte, elektronisch auf [www.vsn.ch](http://www.vsn.ch) (Zugriff 15.12.18)



- [3] <https://www.vsn-shop.ch/produkte/spektrometer-mit-lego/> (Zugriff 13.12.2018)
- [4] Ł. Tymecki, R. Koncki (Universität Warschau): Simplified paired-emitter–detector–diodes–based photometry with improved sensitivity, *Analytica Chimica Acta* 639 (2009) 73–77
- [5] M. Pokrzywnicka, R. Koncki, Ł. Tymecki (Universität Warschau): A concept of dual optical detection using three light emitting diodes. *Talanta* 82 (2010) 422–425
- [6] D. Anh Bui, P.C. Hauser (Universität Basel): Absorbance measurements with light-emitting diodes as sources: Silicon photodiodes or light-emitting diodes as detectors? *Talanta* 116 (2013) 1073–1078
- [7] J. Asheim, E. V. Kvittingen, L. Kvittingen, R. Verley (Trondheim, Norway): A Simple, Small-Scale Lego Colorimeter with a Light-Emitting Diode (LED) Used as Detector, *J. Chem. Educ.* 2014, 91, 1037–1039, [dx.doi.org/10.1021/ed400838n](https://doi.org/10.1021/ed400838n)
- [8] E. V. Kvittingen, L. Kvittingen, B. J. Sjørnes, R. Verley (Trondheim, Norway): Simple and Inexpensive UV-Photometer Using LEDs as Both Light Source and Detector, *J. Chem. Educ.* 2016, 93, 1814–1817, DOI: [10.1021/acs.jchemed.6b00156](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00156)
- [9] E. V. Kvittingen, L. Kvittingen, Th. B. Melø, B. J. Sjørnes, Richard Verley (Trondheim, Norway): Demonstrating Basic Properties of Spectroscopy Using a Self Constructed Combined Fluorimeter and UV-Photometer, *J. Chem. Educ.* 2017, 94, 1486–1491, DOI: [10.1021/acs.jchemed.7b00121](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00121)

Klemens Koch, PH Bern und Gymnasium Biel-Seeland

## Wasserelektrolyse mit einer Bipol-Elektrode

*Im Folgenden wird eine einfache, überraschende und ästhetische Version der Wasserelektrolyse vorgestellt, welche mit Universalindikator die Reaktionen an den Elektroden und ihre Stöchiometrie visualisiert und durch zwei Elektrolysen in Serie zu neuen Einsichten führt: Wie fließt elektrischer Strom durch eine Salzlösung und was passiert an den Elektroden?*

Die Elektrolyse von Wasser mit ihrer grossen konzeptionellen, didaktischen und praktischen Bedeutung ist in jedem Chemielehrgang vertreten: Sie zeigt, dass Wasser eine Verbindung ist und entgegen der häufigen alltäglichen Zuordnung kein Element, sie gibt einen Hinweis auf die Verhältnisformel, zeigt, dass Wasserstoff nicht Wasser ist und etwas anderes als Wasserdampf beim Sieden von Wasser. So gibt es neben der klassischen Variante in der Hofmann-Zersetzungsapparatur viele Varianten, welche den einen oder anderen Aspekt besser sichtbar machen oder die Elektrolyse im Schülerversuch ermöglichen. Die folgende Variante nach [1] stellt nicht Wasserstoff und Sauerstoff ins Zentrum, sondern einerseits die Säure/Base-«Nebenprodukte» Wasserstoffkationen und Hydroxidationen, die Stöchiometrie dazu (Ladungs- & Massenerhaltung) und andererseits die elektrische Leitung sowie Verteilung der Spannung und des Stromes im Elektrolyten. In zwei Folgeversuchen werden die daraus abgeleiteten Erkenntnisse durch den Betrieb einer LED «in Lösung» und durch die elektrolytische Raffination von Kupfer vertieft.

**Apparatur:** Die einfache Apparatur kann im VSN-Shop ([www.vsn-shop.ch](http://www.vsn-shop.ch)) bezogen oder wie folgt selber hergestellt werden: Aus einem Carbonstab (1.5 - 2 mm Durchmesser) werden zwei Elektroden zu 2.5 cm und eine zu 5 cm geschnitten. Die zwei kurzen Stücke werden einander entgegengesetzt mit einem dünnen Strich Heissleim auf die Wand einer PS-Petrischale geklebt, so dass eine Längsseite als Elektrode für den später eingefüllten Elektrolyten zugänglich bleibt.

**Abb. 1.** Seitenansicht mit den zwei stehenden, geklebten kurzen Elektroden, dem Elektrolyten und der liegenden, langen Bipol-Elektrode für Experiment 2.



**Spannungsquellen:** Netzgerät oder eine 9 V- bzw. zwei 9V-Batterien in Serie (ab Exp. 2 erforderlich).

**Material:** Petrischalen (Polystyrol, Durchmesser 9 cm), Universalindikator Merck, Kaliumnitrat, Kupfersulfat-Pentahydrat, Carbonstäbe (zum Drachenbau, z. B. von Conrad Electronic, Durchmesser 1.5 mm), Heissleim Kupferdrahtstücke (Durchmesser ca. 1 mm). LED.

### Elektrolyselösungen

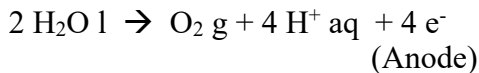
**Elektrolyselösung mit Universalindikator** für die Experimente 1-3: Kaliumnitratlösung ( $c(\text{KNO}_3) = 0.1 \text{ mol/l}$ ) und etwas Universalindikator werden mit (kalkhaltigem) Leitungswasser (oder stark verdünnter Natriumhydrogencarbonat-Lösung) neutral eingestellt, bis die Lösung grün ist.

**Elektrolyselösung mit Kupfersulfat** für das Experiment 4: Kaliumnitrat/Kupfersulfat-Lösung  $c(\text{KNO}_3) = 0.1 \text{ mol/l}$ ,  $c(\text{CuSO}_4) = 0.2 \text{ mol/l}$ .

**Experiment 1 Wasserelektrolyse mit  $\text{KNO}_3$  aq und Universalindikator:** Ca. 30 ml ruhende Elektrolyselösung mit Universalindikator werden in der Petrischale mit zwei gegenständigen Elektroden und einer Spannung von ca. 9 V – 18 V elektrolysiert.

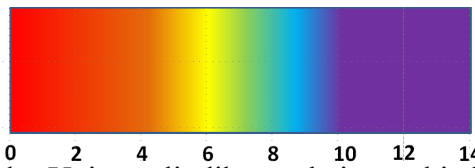
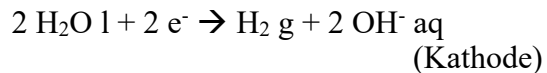
An der Anode (Pluspol) wird Wasser oxidiert und  $\text{O}_2$  g sowie  $\text{H}^+$  aq werden freigesetzt.

Die Lösung wird sauer, färbt sich also rot.

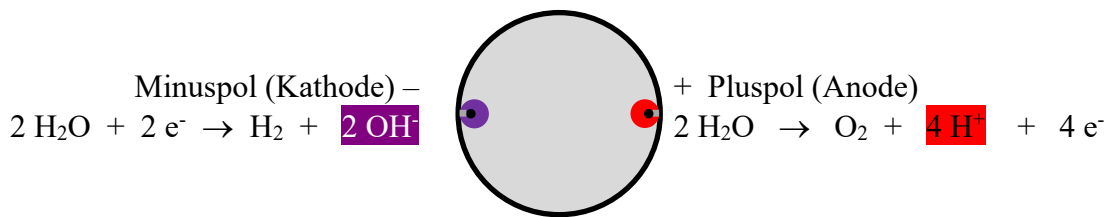


An der Kathode (Minuspol) wird Wasser reduziert und  $\text{H}_2$  g sowie  $\text{OH}^-$  aq werden freigesetzt.

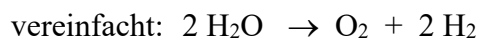
Die Lösung wird basisch, färbt sich also violett.



**Abb. 2.** Farben des Universalindikators bei verschiedenen pH-Werten



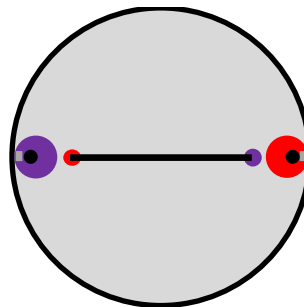
Gesamtreaktion



Beim Umrühren des Reaktionsgemisches entsteht immer wieder eine grüne Lösung, weil gleiche Mengen der Wasserstoffkationen  $\text{H}^+$  aq und Hydroxidationen  $\text{OH}^-$  aq entstehen und sich neutralisieren.

## 2. Wasserelektrolyse mit $\text{KNO}_3$ aq, Universalindikator und Bipol-Elektrode

Ein 5 cm Carbonstab wird mittig zwischen die beiden gegenständigen Elektroden in die Elektrolyselösung mit Universalindikator gelegt (vgl. Abb. 1 & 3). Die ruhende Lösung wird mit 13-18 V elektrolysiert. Ein Teil des Stromes fließt durch die Bipol-Elektrode und an den Enden der Bipol-Elektrode passiert wieder eine «Stromübersetzung» von Ionen- zu Elektronen-Strom und umgekehrt, verbunden mit der Reduktion bzw. Oxidation des Wassers und den entsprechenden Farberscheinungen.



**Abb. 3:** Farbwechsel des Universalindikators bei der Elektrolyse mit Bipol-Elektrode

### 3. Wasserelektrolyse mit $\text{KNO}_3$ aq, Universalindikator und LED als Bipol-Elektrode

Die Füße einer LED werden seitlich flach weggebogen. Die LED kann mit Heissleim zentriert auf die Grundfläche einer Petrischale geklebt oder einfach in die Lösung gelegt werden. Es wird etwas Elektrolyt eingefüllt und mit zwei beweglichen Carbonstab-Elektroden und 13-18 V elektrolysiert. Die Elektroden werden in die Elektrolytlösung eingetaucht und vom Rand her immer näher an die Anschlüsse der LED bewegt, ohne sie berühren, bis die LED zu leuchten beginnt. Die Kathode muss sich dem kurzen Anschluss der LED annähern (Minuspole), die Anode dem langen Anschluss (Pluspol). Die Elektrolyse startet bei den Elektroden mit dem bekannten Farbwechsel des Universalindikators und der Ionen-Strom wird an den LED-Drahtenden nach Elektrolyse in Elektronen-Strom übersetzt. Die Elektrolyse führt zu einer Reaktion der Metalldrähte, dort gibt es keine Farbreaktionen.

### 4. Elektrolyse mit $\text{CuSO}_4$ aq, Universalindikator und Kupferdraht als Bipol-Elektrode

Eine Lösung mit Kaliumnitrat und Kupfersulfat ( $c(\text{KNO}_3) = 0.1 \text{ mol/l}$ ,  $c(\text{CuSO}_4) = 0.2 \text{ mol/l}$ ) wird wie oben in Experiment 2 in einer Petrischale mit zwei Elektroden und 13 – 18 V und einem 5 cm Stück Kupferdraht als Bipol-Elektrode elektrolysiert. Der Kupferdraht wird auf der einen Seite oxidiert und abgebaut und auf der anderen Seite werden Kupferkationen reduziert und Kupfer wird abgesetzt.

### Literatur

- [1] Elektrolysen mit Bipol-Elektroden: Mitteilung von Kyle N. Knust, Milkin University, USA
- [2] Übersicht zur Bipol-Elektrochemie: R. M. Crooks et al (auch Kyle N. Knust), *Bipolar Electrochemistry*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2013, 52, 10438–10456, DOI: 10.1002/anie.201300947



# Berzelius

bietet Know-how und Hightech für ihre Maturaarbeit

- ausleihbare Messgeräte
- ausleihbare Experimentiermodule

[www.berzelius.ch](http://www.berzelius.ch)



 **Metrohm**  
Stiftung

**PH** <sup>SG</sup>  
Pädagogische Hochschule  
St. Gallen

## 2019 – Internationales Jahr des Periodensystems der chemischen Elemente

Wollen sie die Elemente und Verbindungen mit ihren Schülerinnen und Schülern erforschen? Spannende Experimente für Schulen werden inkl. Material und Anleitung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Alle Stoffe unserer Welt, so verschieden sie auch sind, bestehen letztlich aus den 90 natürlichen chemischen Elementen.

Vor 150 Jahre hat der russische Chemiker, Dmitri Mendelejew, die Elemente auf dem Periodensystem der Elemente dargestellt und neue Zusammenhänge entdeckt.

Periodensystem der Elemente

Atommasse in u bzw. molare Masse in g/mol

Elektronenkonfiguration:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$

Schmelz- / Siedetemperatur:  $2796 \text{ K} / 2835 \text{ K}$

Dichte:  $2.70 \text{ kg m}^{-3}$

Stabilität:  $13$

Elektronenaffinität:  $78.4 \text{ kJ mol}^{-1}$

Elektronenaktivität:  $1.8$

Metall / Nichtmetall / Halbmetall / unbestimmt

Atomsymbol:  $Al$

Name: Aluminium

Ordnungszahl:  $13$

gymnasium SEELAND / fms SEELAND



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

Zur Erinnerung daran, hat die UNESCO 2019 zum Internationalen Jahr des Periodensystems der Elemente (International Year of the Periodic Table IYPT 2019) deklariert.

Zu diesem Jubiläum hat der Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer (VSN) ein Set mit einfachen, spannenden und ungefährlichen chemischen Experimenten zusammengestellt, die Sie auch ohne spezielle chemische Kenntnisse auf allen Stufen als Lehrkraft zeigen, teilweise aber auch von Schülerinnen und Schüler eigenständig durchführen lassen können, eines sogar zuhause.

Anmeldungen für die Materialien vor allem für Primar- und Sekundarschulen sind bis zum 13. April 2019 auf [www.chemische-experimente.ch](http://www.chemische-experimente.ch) möglich und im Juni 2019 erhalten sie ein Paket mit Materialien und Anleitungen. Informieren sie Primar- und Sekundarschulen ihrer Umgebung über das Angebot! Bei sehr vielen Anmeldungen werden die Pakete durch Los zugeteilt, die Anleitungen sind für alle zugänglich. In einen Wettbewerb für Primar- und Sekundarschulen gibt es einen Erlebnistag Chemie im Frühling 2020 zu gewinnen.

Hansruedi Dütsch, Klemens Koch und Martina Cavelti

Unterstützt durch

the **cogito** foundation

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



Swiss Academy of Sciences  
Akademie der Naturwissenschaften  
Accademia di scienze naturali  
Académie des sciences naturelles



## 2019 - Année internationale du tableau périodique des éléments chimiques

**Voulez-vous explorer les éléments et les liens avec vos élèves ? Des expériences passionnantes pour les écoles sont fournies gratuitement, y compris le matériel et les instructions.**

Toutes les substances de notre monde, aussi différentes soient-elles, sont constituées de 90 éléments chimiques naturels.

Il y a 150 ans, le chimiste russe Dmitri Mendeleev a représenté les éléments sur le tableau périodique des éléments et a découvert de nouveaux liens entre-eux.



United Nations  
 Educational, Scientific and  
 Cultural Organization



International Year  
 of the Periodic Table  
 of Chemical Elements

Pour rappel, l'UNESCO a déclaré 2019 Année internationale du tableau périodique (International Year of the Periodic Table IYPT 2019).

A l'occasion de cet anniversaire, l'Association suisse des professeurs de sciences (VSN) a mis sur pied une série d'expériences chimiques simples, passionnantes et sûres que vous pouvez réaliser en tant que professeur à tous les niveaux, même sans connaissances particulières en chimie, certaines d'entre elles pouvant être réalisées indépendamment par les étudiants, même à domicile.

Les demandes de matériel, en particulier pour les écoles primaires et secondaires, peuvent être déposées jusqu'au 13 avril 2019 sur [www.chemische-experimente.ch](http://www.chemische-experimente.ch) et en juin 2019, ils recevront un paquet avec le matériel et les instructions. Informez les écoles primaires et secondaires de votre région de l'offre ! S'il y a beaucoup d'inscriptions, les paquets seront attribués par lot mais les instructions seront accessibles à tous. Dans le cadre d'un concours pour les écoles primaires et secondaires, il y a une journée d'aventure de la chimie au printemps 2020 à gagner.

Hansruedi Dütsch, Klemens Koch et Martina Cavelti

Soutenu par

the **cogito** foundation

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



Swiss Academy of Sciences  
 Akademie der Naturwissenschaften  
 Accademia di scienze naturali  
 Académie des sciences naturelles

# SAVE THE DATE

ZEISS Workshop  
Mikroskopie für den  
Biologie-Unterricht

28. März 2019  
Schloss  
Rapperswil



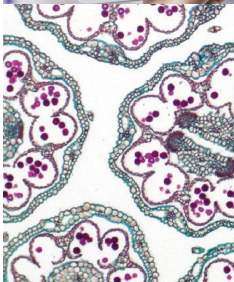
**Begleiten Sie  
uns...**

...auf eine spannende  
Reise durch den  
Mikrokosmos!



## EINLADUNG

Mikroskopie für den Biologie-Unterricht



Sehr geehrte Damen und Herren,

wir laden Sie herzlich zu dem **ZEISS Workshop für Mittelschullehrer** ein.

Begeistern Sie Ihre Schülerinnen und Schüler mit digitalen Medien und erfahren Sie, wie Sie mit mikroskopischen Bildern mit der Klasse Naturphänomene aufdecken und wissenschaftliche Zusammenhänge veranschaulichen können.

**Wann:** Donnerstag, 28. März 2019

**Wo:** Schloss Rapperswil, Lindenhügel, 8640 Rapperswil-Jona

**Dozent:** Walter Hauenstein

**Material:** Jedem Teilnehmer steht ein eigenes ZEISS Mikroskop Primo Star zur Verfügung. Sämtliche Präparate und Materialien werden bereit gestellt.

**Kosten:** CHF 100.- (inkl. dreigängigem Mittags-Menü, Kaffeepausen sowie allen Getränken)

**Anmeldung unter:** [www.zeiss.ch/lightmicroscopy-workshop-biology](http://www.zeiss.ch/lightmicroscopy-workshop-biology)

Wir freuen uns auf Ihr Kommen!

Walter Hauenstein  
*Lehrgangleiter*

Stefan Wahl  
*Leiter Academia  
ZEISS Microscopy Schweiz*

## PROGRAMM

### Mikroskopie für den Biologie-Unterricht

---

- 09.00 Uhr Mikroskope für den Schülerarbeitsplatz: Vor- und Nachteile verschiedener Ausrüstungsvarianten bei biologischen Mikroskopen und Stereomikroskopen.
- 09.30 Uhr Einführung Digital Classroom: Digitale Bildgebung mit verschiedenen Kamerasystemen wie USB-Kamera, DSLRKamera, iPad und iPhone.
- 10.15 Uhr *Kaffeepause*
- 10.30 Uhr Praktisches Mikroskopieren, Workshop 1: Frischpräparate, Mikrowelt im Wasser, einfache Schnitte, ökologische Fragestellungen, Mikroskop als Messinstrument.
- 12.00 Uhr *Gemeinsames Mittagessen*
- 13.30 Uhr Praktisches Mikroskopieren, Workshop 2: Einfache Färbetechniken, Einsatz von Fertigpräparaten, didaktisch-methodische Fragen zum Einsatz des Mikroskops.
- 15.00 Uhr *Kaffeepause*
- 15.15 Uhr Mikroskopie im Zeitalter der modernen Kommunikation.
- 16.00 Uhr Fragen und Diskussion
- 16.15 Uhr *Kursende*
- 

## KONTAKT

---

Gerne stehen wir Ihnen bei Fragen und für weitere Informationen zu Verfügung.

### **Carl Zeiss AG**

Feldbachstrasse 81

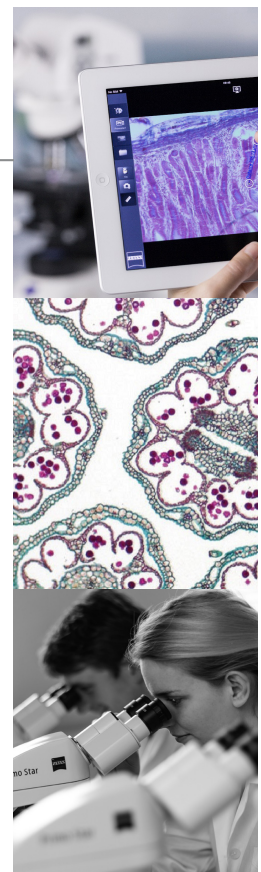
8714 Feldbach

Email: [info.microscopy.ch@zeiss.com](mailto:info.microscopy.ch@zeiss.com)

Tel.: +41 55 254 75 00

[www.zeiss.ch/microscopy](http://www.zeiss.ch/microscopy)

[www.micro-shop.com](http://www.micro-shop.com)





## Zentralkurs 2018 - Solothurn



Foto: Sergio Nocco

### **Exzellente Organisation – Topaktuelle Themen – Hochkarätige Referenten – Hervorragende Workshops**

Null-Kelvin Team, so hat sich das OK der Kantonsschule selbst mal bezeichnet. Was die Kollegen da gemacht haben, entspricht jedoch gar nicht der Nullpunktsenergie. Und da ja die Kelvinskala nach oben hin offen ist, ist es schwer, eine Temperatur für die hervorragende Leistung der Solothurner Kollegen anzugeben. Es war auf jeden Fall weit über den chemischen Standardbedingungen. Die Energie und Freude der Organisatoren an diesem Event war spürbar und hat sich auf die 228 Teilnehmer übertragen. Diese spendeten dann am Abschlussabend dem OK anhaltende standing Ovationen.



*Das OK Team von links nach rechts: Simon Abegglen (Zivildienstleistender),  
Monika Stebler, Susanna Stieger, Patrik Locher, Elisabeth Enggist, Holger  
Scheib, Pascal Pfister, Benno Kofmel, Gabriel Meyer (Assistent)*

Nach der Eröffnung des Zentralkurs 2018 durch Regierungsrat Remo Ankli und Rektor Stefan Zumbrunn ging es schon los mit den spannenden Plenarvorträgen.



Unter die Haut im wahrsten Sinne des Wortes ging der Eröffnungsvortrag von Prof. Dr. Roth (FU Berlin). In amüsanten und unterhaltsamer Art und Weise wurde ein hochaktuelles Thema aus kulturhistorischer, chemischer und medizinischer Sicht beleuchtet. Man durfte mit Staunen erfahren welche prominenten Persönlichkeiten (historische und nicht historische) Tatooträger sind. Die Chemie der Tatoofarben zeigte den besonders brisanten Aspekt der Qualitätskontrolle und der Gesundheitsverträglichkeit auf. Erstaunlich war die Erkenntnis, dass eine Tattoo-Entfernung schmerzhafter und

teurer ist als das Stechen eines Tattoos. Zwei Fragen haben sich während des Vortrag aufgedrängt:

Würden sich unsere Schülerinnen und Schüler nach diesem Vortrag für ein Tattoo entscheiden?

Wieviele Personen im Auditorium hatten selber ein Tattoo?

Auch der nächste Vortrag von Prof. Dr. Gisbert Schneider (ETH) ging unter die Haut, diesmal aber nicht im wörtlichen Sinne. In eindrücklicher Weise wurden die Möglichkeiten von KI-gestütztem Wirkstoffdesign aufgezeigt. Es kam klar zum Ausdruck, dass KI (künstliche Intelligenz) uns Normalo-Chemikern klar überlegen ist in der Mustererkennung und natürlich unübertroffen ist, was die Menge an gescreentem Molekülen betrifft.

Hinzu kommt die Miniaturisierung der Syntheseroboter, die es möglich macht, mit kleinsten Stoffmengen eine unermessliche Vielzahl von Ansätzen und Synthesebedingungen zu testen.



Unter die Haut geht bei dieser Entwicklung das unglaubliche Tempo, die faszinierenden Möglichkeiten, die sich dadurch eröffnen, aber ganz besonders die Frage nach dem zukünftigen Rollenverständnis des Chemikers. Wo bleiben da die guten alten Zeiten, als noch Heerscharen von Doktoranden Roche-Präparate synthetisierten?

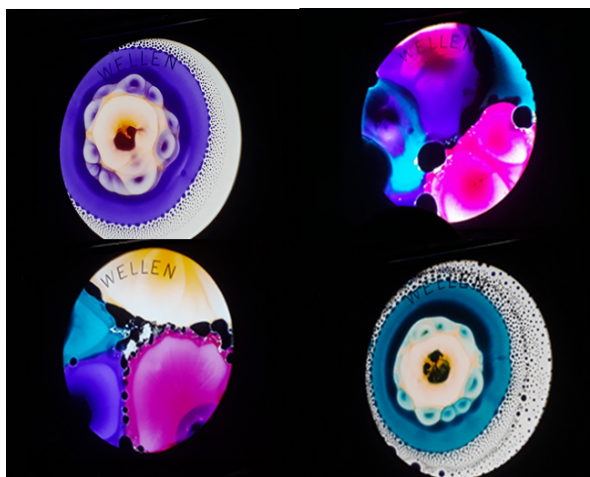




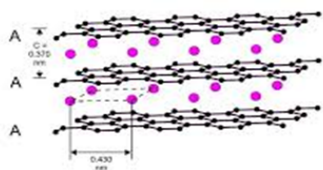
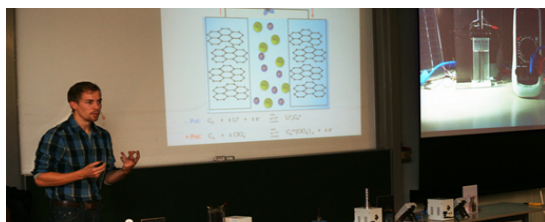
Das Thema „Sicherer Umgang mit Chemikalien, Mikroorganismen und Strahlenquellen an Schulen“ ging in den letzten paar Jahren bei Chemielehrern schon ziemlich unter die Haut. Die Angst war gross „gar nichts mehr machen zu dürfen“ und das Einzige was an richtiger Chemie im Unterricht übrig bleiben würde, wäre Kreidestaub an der Tafel. Der Projektkoordinator dieses Themas

Dr. Jörg Sinniger konnte uns mit seinen Ausführungen beruhigen. Dank der Mitwirkung von Vertretern des VSN wurde uns ein pragmatischer und praktikabler Leitfaden präsentiert. Entwarnung zu einem angespannten Thema.

In einen total entspannten Zustand wurden die Teilnehmer durch die synchrone Live-Chemie in Petrischalen zu der Musik von Vivaldi versetzt. Oder war da bei aller Entspannung auch Begeisterung zu spüren? Dr. Roland Full und Dr. Werner Ruf haben mit ihrer gekonnt inszenierten Petrischalen-Chemie die Chemieherzen höher schlagen lassen. So mancher Chemielehrer hat sich dadurch zu der Idee inspirieren lassen, so etwas Ähnliches auch mal im eigenen Unterricht zu inszenieren.



Bei dieser Farbenpracht und Vielfältigkeit ist die Frage erlaubt, ob ein KI-Chemiecomputer dazu auch in der Lage wäre.



Dass  $\text{LiC}_6$  eine goldene Farbe hat, zählt nicht unbedingt zum Allgemeinwissen. Schon gar nicht für die «Smartphonisten» auf der Strasse und im Schulzimmer. Von Prof. Marco Oetken wurde das Thema Lithium-Akku wissenschaftlich analysiert aber auf äusserst anschauliche und sehr gut verständliche Art und Weise mit Experimenten bis ins letzte Detail erklärt. Akribisch ist er mit seinen Versuchen allen Aspekten der Lithium-Ionen nachgegangen und hat sie auf frischer

Tat bei Ihrer Wanderung von Kathode zu Anode und zurück sichtbar gemacht. Unwahrscheinlich wieviel High-Tech-Chemie in diesen kleinen Energiepaketen steckt.



In 40 Workshops wurden aktuelle und interessante Unterrichtsthemen vorgestellt. Die Teilnehmer konnten vieles selber ausprobieren. In diesen Workshops fand Austausch und Weiterentwicklung statt. Viele dieser Anregungen werden Eingang finden in zukünftig Unterrichtslektionen.



Traditionell wird am Zentralkurs der Balmer-Preis für herausragende Leistungen im Unterricht überreicht. In diesem Jahr ist der Preisträger Thibaud Rossel, an den der Balmer-Preis von David Spichiger vom SCG überreicht wurde.



*Balmer Preisträger Thibaud Rossel mit David Spichiger Executive Director SCG*



*Mathieu Arousseau, recteur adjoint de l'EMSp de Moutier, Thibaud Rossel, Pierre-Etienne Zürcher Recteur Gymnase français de Bienne*

Ebenfalls zur guten Tradition gehört die Abhaltung der Hauptversammlung des VSN. Erfreulich war zu hören, dass sich die Deutschschweizer Biologie-Kommission neu formiert hat und aktiv ist.

Der DCK als Kommission des VSN ist die Trägerorganisation des Zentralkurses und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung im Chemieunterricht. Unsere Mitgliedschaft im VSN ist eine wichtige Basis zur Aufrechterhaltung dieser wertvollen Plattform.



Neben viel Chemie, Workshops, Vorträgen und Hauptversammlung kam das Gemütliche und Gesellige in keiner Weise zu kurz. Das Mensa-Team der Kantonsschule Solothurn machte mit der kulinarischen Versorgung der Teilnehmer so manches lockere Gespräch bei Speis und Trank möglich.



*Pascal Pfister, Leiter des OK*

Am Ende von 3 wertvollen Konferenztagen kann Pascal Pfister (Leiter des OK) seine chemische Aktivität in den Entspannungsmodus umschalten und auf einen gelungenen Zentralkurs zurückblicken.

Danke für diesen Zentralkurs in Solothurn.

Rudolf Pletzer,  
Kantonsschule Reussbühl Luzern

## Plädoyer für die thermodynamischen Hauptsätze

*Hansruedi Dütsch und Michael Bleichenbacher*

Die Thermodynamik hat schon zu mancher Kontroverse geführt. So war Marcelin Berthelot mit seinem Prinzip zur Triebkraft chemischer Reaktionen 1869 (Streben der Reaktanden nach dem Enthalpieminimum) ausgesprochen erfolglos.

Andererseits hat sich kein Geringerer als Max Planck lange Zeit mit den Ideen von Boltzmann schwergetan und 1882 in einem Aufsatz<sup>1</sup> geschrieben:

“Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, consequent durchgeführt, ist unverträglich mit der Annahme endlicher Atome.“

Später hat sich Planck doch noch mit den Ideen von Boltzmann versöhnt und er war es schliesslich, der vorgeschlagen hat, dem allgegenwärtigen  $k$  in statistischen Formeln den Namen Boltzmann-Konstante zu geben. Auch Wilhelm Ostwald lehnte es lange Zeit ab, die Thermodynamik auf atomarer Ebene zu betrachten und den statistischen Charakter des zweiten Hauptsatzes zu anerkennen.

Die Thermodynamik ist kein einfaches Thema, das wissen wir alle. Wie gelingt es nun, die wesentlichen Inhalte der Thermodynamik im Schulunterricht zu vermitteln? Hier werden lediglich einige grundlegende Gedanken skizziert und auf ein Skript und eine Präsentation verwiesen, in denen ausführlich darlegt wird, wie das Thema mit Schwergewicht auf dem ersten und zweiten Hauptsatz unterrichtet werden kann.<sup>2</sup>

Das Fundament der Thermodynamik bilden die vier Hauptsätze, von denen die beiden ersten die bedeutendsten sind. Wir plädieren dafür, dass die Hauptsätze auch im Schulunterricht im Zentrum stehen sollten. Die Hauptsätze sind einfach und sie gelten immer, ohne jede Ausnahme. Anders als beim sogenannten Prinzip des Energieminimums müssen wir nicht stets die Frage stellen, gelten sie oder gelten sie in diesem Fall gerade nicht. Die Hauptsätze haben zudem grosse allgemeinbildende Bedeutung und sind für das Verständnis vieler technischer Vorgänge grundlegend.

Die Hauptsätze können, wie andere Naturgesetze auch, weder hergeleitet noch bewiesen werden. Es sind Erfahrungssätze, die sich in allen experimentellen Überprüfungen bewährt haben. Auch die mathematische Form des zweiten Hauptsatzes

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} > 0 \quad (1)$$

kann (genauso wie das Clausius 1865 getan hat) einfach postuliert und an vielen wohlbekanntem Vorgängen, zum Beispiel der Wärmeübertragung zwischen Körpern unterschiedlicher Temperatur, dem Fallen einer Kugel, etc. überprüft werden: bei freiwilligen Vorgängen ist  $\Delta S$  stets positiv.

Besonders interessant wird die Anwendung der Hauptsätze auf chemische Reaktionen. Hier lässt sich die Änderung der Gesamtentropie aus der Entropieänderung durch den Wärmeaustausch der Reaktion mit der Umgebung und der Entropieänderung der stofflichen Umwandlung berechnen:

---

<sup>1</sup> M. Planck, Wiedemanns Annalen **15**, 446 (1882).

<sup>2</sup> Das Skript wurde 2018 für Studenten verschiedener Studiengänge der Hochschule Rapperswil geschrieben.

Die Präsentation ist für die Vorlesung Fachdidaktik Chemie an der ETH 2018 entstanden. Beides steht unter [www.vsn-shop.ch/thermodynamik](http://www.vsn-shop.ch/thermodynamik) zur Verfügung.

$$\Delta S_{\text{Gesamt}} = \Delta S_{\text{Umgebung}} + \Delta S_{\text{Reaktion}} = \frac{-\Delta H_{\text{Reaktion}}}{T} + \Delta S_{\text{Reaktion}} > 0 \quad (2)$$

Damit ist das Ziel grundsätzlich bereits erreicht: Weil Gleichung (2) ausschliesslich messbare Grössen enthält, kann für jede Reaktion die Spontaneität berechnet werden.

Durch Multiplikation von Gleichung (2) mit  $-T$  und der Definition  $\Delta G = -T\Delta S_{\text{Gesamt}}$  lässt sich die Gibbs-Helmholtz-Gleichung herleiten:

$$\Delta G = \Delta H_{\text{Reaktion}} - T\Delta S_{\text{Reaktion}} \quad (3)$$

Aus diesem Vorgehen ist ersichtlich, dass  $\Delta G$  lediglich eine andere Darstellung des 2. Hauptsatzes ist und keine neuen Informationen enthält.

Für die freie Enthalpie  $G$  gilt natürlich, ganz im Unterschied zur potentiellen Energie, das Minimumprinzip: So wie  $S_{\text{Gesamt}}$  einem Maximum zustrebt, strebt  $G$  einem Minimum zu.

Die Interpretation von  $\Delta G$  als maximal verfügbare (Nicht-Volumen-)Arbeit, die eine Reaktion leisten kann, ist zum Beispiel in der Elektrochemie von grosser Bedeutung. Man kann aber im Unterricht mit Gewinn an Klarheit und Verständlichkeit auf die freie Enthalpie  $G$  verzichten und sich ganz auf den 2. Hauptsatz in der Form der Gleichung (2) konzentrieren.

Aus Gleichung (2) wird zum Beispiel sofort die Temperaturabhängigkeit des chemischen Gleichgewichts (Prinzip von Le Chatelier) ersichtlich.

a) Bei einer exothermen Reaktion mit positiver Reaktionsentropie wird bei Temperaturerhöhung  $\Delta S_{\text{Gesamt}}$  kleiner, das Gleichgewicht verschiebt sich nach links. Gemäss Gibbs-Helmholtz wird  $\Delta G$  negativer. Man würde eine Gleichgewichtsverschiebung nach rechts vermuten. Das Gegenteil ist der Fall,  $K$  nimmt mit steigender Temperatur ab!<sup>3</sup> Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass die Gibbs-Helmholtz-Gleichung nicht geeignet ist, die Temperaturabhängigkeit des chemischen Gleichgewichts, und damit das Prinzip von Le Chatelier, zu erklären.

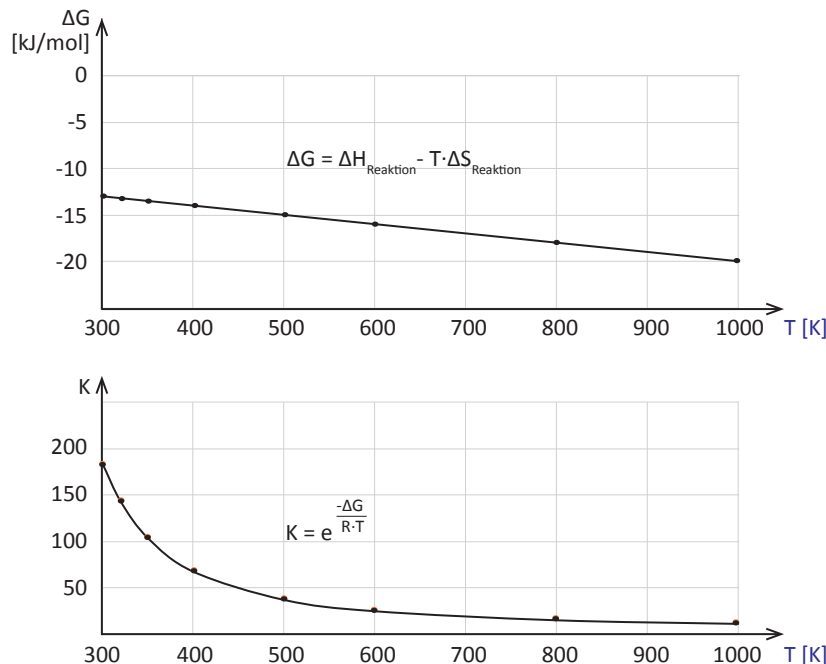


Abb. 1 Temperaturabhängigkeit von  $\Delta G$  und  $K$  für eine Reaktion mit  $\Delta H_{\text{Reaktion}} < 0$  und  $\Delta S_{\text{Reaktion}} > 0$

<sup>3</sup> Einzelheiten und weitere Beispiele zu diesen Überlegungen finden sich unter [www.vsn-shop.ch/thermodynamik](http://www.vsn-shop.ch/thermodynamik).



b) Bei endothermen Reaktionen wird nach (2) bei Temperaturerhöhung  $\Delta S_{\text{Gesamt}}$  grösser, das Gleichgewicht verschiebt sich nach rechts. Aus der Gibbs-Helmholtz-Gleichung ist dies nicht ersichtlich. Ja schlimmer noch: sie provoziert die Fehlinterpretation, dass  $\Delta S_{\text{Reaktion}}$  die Grösse ist, die bestimmt, in welche Richtung das Gleichgewicht bei Temperaturänderung verschoben wird.

Selbstverständlich muss der Unterricht über diese formalen Betrachtungen hinausgehen und die Entropie als Wahrscheinlichkeit eines Zustands aber auch als Mass für die Verteilung von Materie und Energie interpretieren. Dies ist besonders gut möglich am Beispiel des Gay-Lussac-Experiments (ausströmen eines idealen Gases ins Vakuum). Dieser Vorgang ist eindeutig spontan, aber mit keiner Veränderung der inneren Energie und keinem Wärmefluss verbunden, weil zwischen den idealen Gasteilchen keine Wechselwirkung besteht und die Temperatur konstant bleibt. Die Entropieänderung des Gases ist folglich die einzige Grösse, die den Vorgang spontan macht. In einem System mit beschränkter Anzahl Gasteilchen lässt sich die Wahrscheinlichkeit verschiedener Anordnungen der Gasteilchen berechnen und als Entropie interpretieren. Dieses Vorgehen und der sich daraus ergebende Zugang zur statistischen Thermodynamik sind im oben erwähnten Skript ausführlich beschrieben.<sup>2</sup>

Prinzipien, die keine sind, weil sie nur in Einzelfällen gelten, dürfen wir unseren Schülern nicht zumuten. Von grösstem Interesse - und für viele Schüler überraschend - ist ja gerade die Tatsache, dass das Prinzip des Energieminimums nicht allgemein gilt. Ethermoleküle zum Beispiel können bei Raumtemperatur unter Abkühlung aus der Umgebung spontan Wärmeenergie aufnehmen, 'in die Höhe springen' d.h. verdunsten und dabei ihre potentielle Energie vergrössern. Das widerspricht dem Prinzip des Energieminimums, niemals aber den Hauptsätzen. Die Faszination, dass solche Vorgänge, aber auch die Richtung chemischer Reaktionen und vieles mehr, mit den thermodynamischen Hauptsätzen erklärt werden können, sollten wir unbedingt an unsere Schülerinnen und Schüler weitergeben.

In einer Hinsicht hat Roger Deuber im C+B 3/18 allerdings recht: Man soll nicht päpstlicher sein als der Papst. Eines ist aber sicher: Die Hauptsätze der Thermodynamik haben auch für den Papst Gültigkeit. Ohne Ausnahme.

## Thermodynamische Einführung ins chemische Gleichgewicht

Bei der Einführung ins chemische Gleichgewicht sind die Schülerinnen und Schüler mit einem Paradigmenwechsel konfrontiert, dessen Bedeutung für ein gutes Chemieverständnis erfahrungsgemäss leicht unterschätzt wird. In aller Regel besteht die Vorstellung von chemischen Reaktionen bis zu diesem Zeitpunkt darin, dass vor der Reaktion ausschliesslich Edukte und nach der Reaktion ausschliesslich Produkte vorliegen.

Die Tatsache, dass viele Reaktionen in eine Situation münden, in der sowohl Edukte wie Produkte in chemisch relevanten Konzentrationen vorliegen, stellt einen tiefgreifende Änderung der Vorstellung von chemischen Vorgängen dar, die didaktisch sorgfältiges Vorgehen erfordert. Dies gilt umso mehr, wenn vorgängig die Triebkräfte chemischer Reaktionen besprochen wurden, die erstmal zur Vorstellung führen, dass exergonische Reaktionen *vollständig* und endergonische Reaktionen *gar nicht* freiwillig ablaufen.

Eine ganz zentrale Frage dieses Paradigmenwechsels – vor allem auf dem Hintergrund der Triebkräfte Enthalpie und Entropie besteht in der Frage „**Warum gibt es Reaktionen, bei denen sowohl eine Hin- wie auch eine Rückreaktion stattfindet?**“

Einen interessanten Ansatz zu einer Antwort mit thermodynamischem Ansatz stellt die Darstellung der Boltzmann-Verteilung der Moleküle über die verfügbaren Energiezustände eines Systems aus Edukten und Produkten dar, wie dies Peter Atkins in seinem Standardwerk «Physical Chemistry»<sup>1</sup> zeigt.

In den unteren beiden Abbildungen<sup>2</sup> sind jeweils links die Edukte (rot: A) und rechts die Produkte (grün: B) dargestellt. Die waagrechten Linien stellen deren diskreten Energiezustände dar (Vibrations-, Rotations- und Translationsenergie der Elektronen). Dabei ist die Lage der Energiezustände entscheidend für den Energiegehalt und die Entropie des entsprechenden chemischen Systems: Je tiefer die untersten Energiezustände sind, desto geringer ist der Energiegehalt, je dichter die Energiezustände liegen, desto grösser dessen Entropie.

Stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den Edukten und Produkten ein, werden die Energiezustände besetzt – und zwar gemäss Boltzmannverteilung über alle verfügbaren Energiezustände des gesamten Systems aus Edukten und Produkten. Die im Zustand des chemischen Gleichgewichts besetzten Energiezustände entsprechen dabei den roten bzw. rot/grünen Bereichen in der Mitte der beiden Abbildungen.

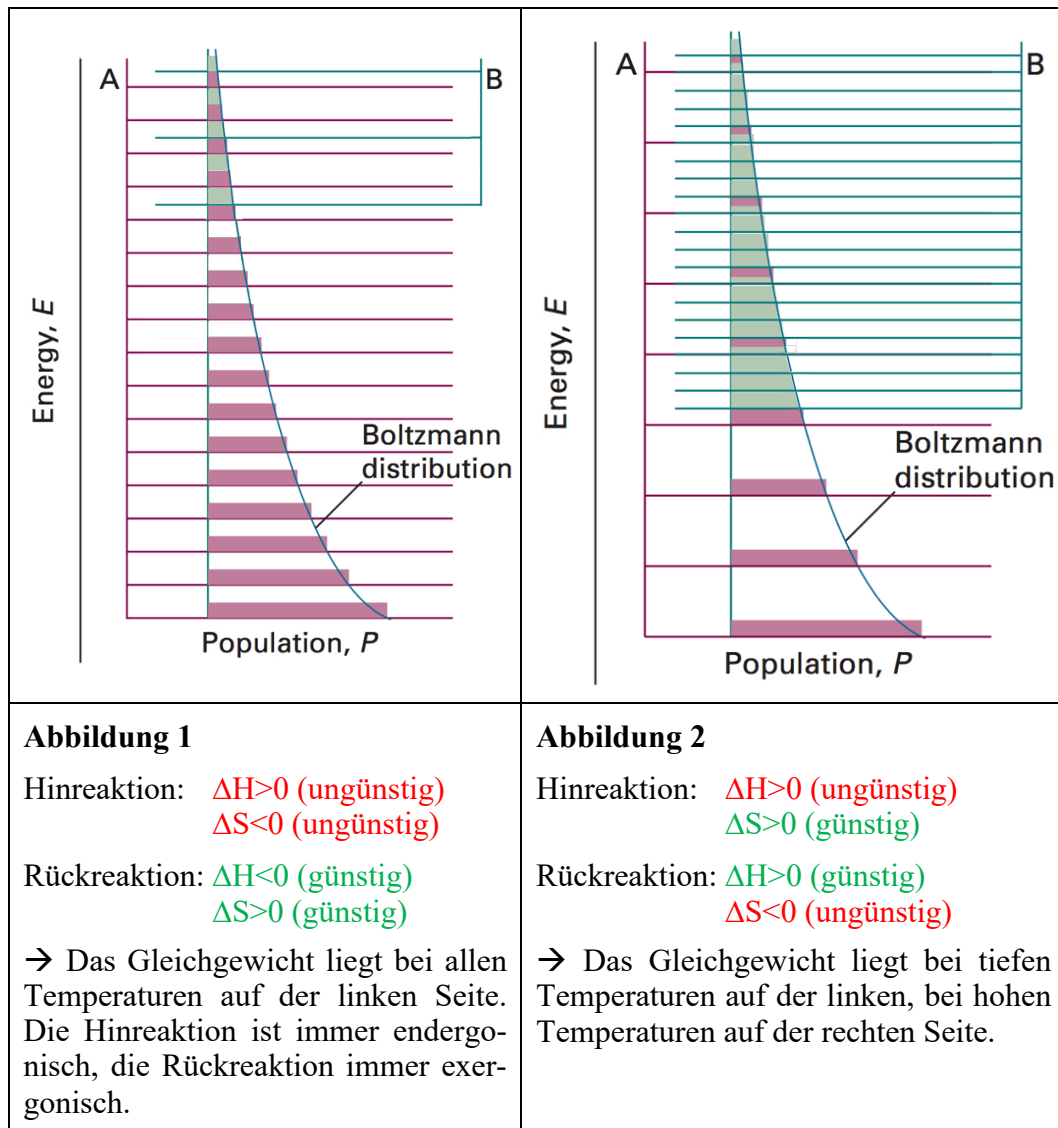
Die beiden Abbildungen entsprechen dabei den beiden möglichen Gleichgewichtstypen, die sich aus allen möglichen vier thermodynamischen Reaktionstypen ergeben.

---

<sup>1</sup> Atkins Peter, De Paula Julio: Physical Chemistry, 9th ed., Freeman, 2010, S. 220

<sup>2</sup> Die Abbildungen stammen aus Atkins Peter, De Paula Julio: Physical Chemistry, 9th ed., Freeman, 2010, S. 220 (leicht angepasst)





Bei der **Abbildung 1** weisen die Edukte tiefere Energieniveaus auf als die Produkte, d.h. die *Hinreaktion* verläuft endotherm. Die Enthalpie  $\Delta H$  ist ungünstig:  $\Delta H > 0$ .

Zudem liegen auch die Energieniveaus bei den Edukten A dichter beieinander als bei den Produkten B, d.h. die Entropie ist bei den Edukten grösser als bei den Produkten. Die Entropieänderung  $\Delta S$  ist ebenfalls ungünstig  $\Delta S < 0$ . Als Beispiel könnte man sich Kohlendioxid und Wasser vorstellen, die zu Glucose reagieren.

Die Boltzmann-Verteilung der Moleküle über die verfügbaren Energiezustände wird also bei allen Temperaturen links auf der Seite der Edukte liegen sodass die Hinreaktion nie exergonisch verlaufen kann. Höchstens bei sehr hohen Temperaturen werden auch Energiezustände der Produkte besetzt – wenn die Produkte bei diesen Temperaturen überhaupt noch stabil sind.

Bei der *Rückreaktion* hingegen ist die Situation umgekehrt: Stoffe wie z.B. Holz oder Benzin sind zusammen mit Sauerstoff – energiereicher und weisen eine kleine Entropie auf als die Produkte  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , sodass diese bei einer Verbrennungsreaktion faktisch vollständig zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  reagieren ( $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S > 0$ ). Diese Art von Reaktionen wird also bei sämtlichen Temperaturen exergonisch verlaufen.

Bei der **Abbildung 2** hingegen ist die thermodynamische Situation für die Hin- und die Rückreaktion widersprüchlich: Die Edukte weisen zwar energieärmere Energiezustände auf, sodass die Hinreaktion endotherm ist:  $\Delta H > 0$ . Die Energiezustände liegen jedoch bei den Produkten dichter, sodass die Entropie bei der Hinreaktion zunimmt, d.h. günstig ist:  $\Delta S > 0$ .

Gemäss Gleichung von Gibbs-Helmholtz  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ , gibt es bei dieser Art von Gleichgewichtsreaktion eine Grenztemperatur: Unterhalb dieser Temperatur liegt das Gleichgewicht auf der linken Seite bei den energieärmeren Edukten, oberhalb der Grenztemperatur liegt das Gleichgewicht auf der rechten Seite bei den energiereicheren Produkte, die eine höhere Entropie aufweisen:  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$  Beispiele sind sämtliche Schmelz- und Siedevorgänge, aber auch z.B: die Reaktion von Stickstoff und Sauerstoff zu Stickstoffmonoxid, die ja glücklicherweise erst bei sehr hohen Temperaturen exergonisch wird, wie sie etwa in Verbrennungsmotoren vorkommen:  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO$

Man kann sich solche Reaktionen in einem antagonistischen Sinn auch als **Bildung von Strukturen** bei tiefen Temperaturen durch Anziehungskräfte und **Auflösung von Strukturen** bei höheren Temperaturen durch den zunehmenden Einfluss der höheren Entropie denken. Dass die stärkeren Anziehungskräfte bei höheren Temperaturen nicht mehr strukturbildend wirken, kann dabei – wie im letzten c+b diskutiert wurde - auch so erklärt werden, dass die kinetische Energie der Teilchen, die bei der Bildung von Bindungen aus potentieller Energie entsteht, bei höherer Temperatur weniger gut auf andere Teilchen verteilt werden kann.

Bei der *Rückreaktion* hingegen ist die Situation wie auch bei Abbildung 1 reziprok: Die Reaktion verläuft exotherm  $\Delta H < 0$  **günstig**, aber die Entropie nimmt ab:  $\Delta S < 0$  **ungünstig**. Interpretiert man die Produkte der rechten Seite als Edukte, reagieren energiereichere Stoffe mit grösserer Entropie zu energieärmeren Stoffen mit kleinerer Entropie.

Beispiele sind natürlich sämtliche Kondensations- und Erstarrungsvorgänge, aber auch die bekannte Ammoniaksynthese:  $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$

Peter Atkins, der im „c+b“ schon verschiedentlich als „als «Unbestrittener Meister der Didaktik der physikalischen Chemie» bezeichnet wurde, formuliert diese Zusammenhänge folgendermassen:

*The role of the Gibbs energy can be appreciated by referring to Fig. 6.5 (hier: Abb. 2). We see that, although the B energy levels lie higher than the A energy levels, in this instance they are much more closely spaced. As a result, their total population may be considerable and B could even dominate in the reaction mixture at equilibrium. Closely spaced energy levels correlate with a high entropy so in this case we see that entropy effects dominate adverse energy effects. **This competition can be seen most clearly by using  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ .**»*

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Berücksichtigt man bei einer chemischen Reaktion auch die Rückreaktion, existieren in Bezug auf die Triebkräfte Enthalpie  $\Delta H$  und Entropie  $\Delta S$  lediglich zwei Möglichkeiten:
  - a) Einheitliche Triebkräfte: Beide Triebkräfte ungünstig/ beide Triebkräfte günstig
  - b) Widersprüchliche Triebkräfte: Je eine günstige und eine ungünstige Triebkraft.

- Im ersten Fall sind die Reaktionen immer, d.h. bei allen Temperaturen exergonisch bzw. endergonisch.
- Im zweiten Fall der Reaktionen mit widersprüchlichen Triebkräften hängt die Lage des Gleichgewichts von der Temperatur ab: Bei tiefen Temperaturen liegt das Gleichgewicht auf der Seite der energieärmeren Stoffe mit geringerer Entropie, bei hohen Temperaturen auf der Seite der energiereicheren Stoffe mit grösserer Entropie.<sup>3</sup>
- *Typische Gleichgewichtsreaktionen, bei denen sowohl die Hin- wie auch die Rückreaktion je nach Temperatur exergonisch oder endergonisch sein kann, sind also stets Reaktionen mit widersprüchlichen Triebkräften.*

Um auf die ursprüngliche Frage des Artikels zurückzukommen: „Warum gibt es Reaktionen, bei denen sowohl eine Hin- wie auch eine Rückreaktion stattfindet?“ lässt sich jetzt eine Antwort geben:

*Typische Gleichgewichtsreaktionen sind Reaktionen mit widersprüchlichen Triebkräften  $\Delta H$  und  $\Delta S$ . Neben der Hinreaktion findet auch eine Rückreaktion statt, weil es für beide Teilreaktion eine günstige Triebkraft gibt.*

Damit wird auch eine gute Grundlage geschaffen, um die Verschiebung des Gleichgewichts durch die Veränderung der Temperatur zu diskutieren.

Im Folgenden stelle ich eine kleine Unterrichtseinheit im Umfang von etwa 2 Lektionen vor, um die Schülerinnen und Schüler auf dieser Grundlage ins chemische Gleichgewicht einzuführen.

Es ist vorgesehen, die Unterrichtseinheit auf Swisseduc.ch zu veröffentlichen. In der Zwischenzeit ist die Unterrichtseinheit im Word-Format auf Anfrage auch bei mir erhältlich: [rdeuber@gmail.com](mailto:rdeuber@gmail.com)<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Bei tieferen Temperaturen dominiert damit die Bildung von grossen, komplexen Strukturen mit geringer Entropie, die aufgrund von Bindungskräften zusammengehalten werden. Mit zunehmender Temperatur werden diese Strukturen aufgelöst, da der Einfluss der Entropie zunimmt, bzw. die frei werdende Bindungsenergie weniger gut auf andere Teilchen verteilt werden kann.

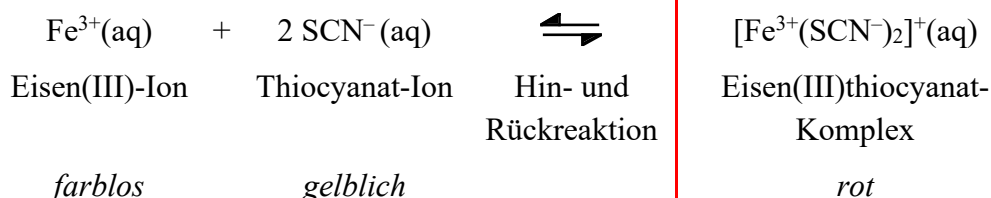
<sup>4</sup> Die in diesem Artikel vorgestellten Konzepte bilden auch die Grundlage der Kapitel zu den Triebkräften und zum Chemischen Gleichgewicht im Lehrbuch «Günter Baars, Roger Deuber, Chemie für das Grundlagenfach am Gymnasium, 2017 hep Verlag, Bem.

## DAS CHEMISCHE GLEICHGEWICHT

### *Vermeintliche Ruhe*

#### 1. Einführung

##### Experiment 1<sup>5</sup>



Die Lösung wird auf drei Reagenzgläser verteilt. In das mittlere Glas gibt man einen Spatel voll Eisen(III)-nitrat und in das rechte eine entsprechende Menge Kaliumthiocyanat.

##### Experiment 2: Zugabe von zusätzlichen $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen (als $\text{FeCl}_3$ )

*Frage ins Plenum<sup>6</sup>:*

- *Wer denkt, dass die Farbe der Lösung bei Zugabe von zusätzlichen  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen gleich bleibt, dunkler wird oder heller wird?*
- *Wer möchte seine Ansicht begründen?*

*Zuerst Hypothese entwickeln in der Diskussion: Was wird erwartet? Mögliche Antworten:*

1. *Keine zusätzliche Färbung, da die Reaktion ja vollständig abgelaufen ist*
  2. *Zusätzliche Färbung, da die Reaktion noch nicht zu Ende ist*  
*Diese Hypothese lässt sich mit einem Hinweis auf eine auf bei langer Dauer konstanten Farbintensität falsifizieren.*
  3. *Dunklere Färbung, da aufgrund der unpräzisen Mischung möglicherweise noch 2  $\text{SCN}^{-}$ -Ionen vorhanden sind*
- Hypothese: Falls in der Mischung noch  $\text{SCN}^{-}$ -Ionen vorhanden, dunkler, ansonsten Farbe konstant*

Beobachtung und Interpretation:

**Beobachtung<sup>7</sup>:** Die Farbe wird **dunkler**.

**Interpretation:** Die Konzentration an  $[\text{Fe}^{3+}(\text{SCN}^{-})_2]^{+}(\text{aq})$  wird erhöht  
 → Es müssen noch zusätzliche  $\text{SCN}^{-}$ -Ionen vorhanden sein! Gemäss vorhergehender Hypothese kann dies mit der unpräzisen Mischung erklärt werden.

<sup>5</sup> Vereinfachte Schreibweise der Reaktionsgleichung, bei der nur die an der Reaktion beteiligten Ionen erwähnt sind. Die vollständige Gleichung lautet:  
 $\text{FeCl}_3(\text{aq}) + 2 \text{KSCN}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})_2]\text{Cl}(\text{aq}) + 2 \text{KCl}(\text{aq})$

<sup>6</sup> Der grüne Text enthält didaktische Hinweise.

<sup>7</sup> Der Text in roter Schrift im Kasten entspricht der Lösung, den die Schüler/innen als Aufgabe selber finden sollen.

**Experiment 3:** Zugabe von zusätzlichen  $\text{SCN}^-$ -Ionen (als KSCN)

*Kurze Diskussion → Gemäss Hypothese sollte die Farbe konstant bleiben*

Beobachtung und Interpretation:

**Beobachtung:** Die Farbe wird **auch dunkler!**

**Interpretation:** Die Konzentration an  $[\text{Fe}^{3+}(\text{SCN}^-)_2]^+(\text{aq})$  wird erhöht

Es müssen neben den freien  $\text{SCN}^-$ -Ionen auch noch zusätzliche  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen vorhanden sein! Die Vertiefung der roten Farbe zeigt, dass sowohl bei der Zugabe von  $\text{Fe}^{3+}$ - als auch von  $\text{SCN}^-$ -Ionen zusätzliche Eisen(III)-thiocyanat-Komplexionen entstanden sind. Da für ihre Bildung beide Edukte nötig sind, aber jeweils nur eines zugegeben wurde, müssen in der ursprünglichen Lösung neben dem roten Komplex auch noch freie  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ - und  $\text{SCN}^-(\text{aq})$ -Ionen vorhanden sein.

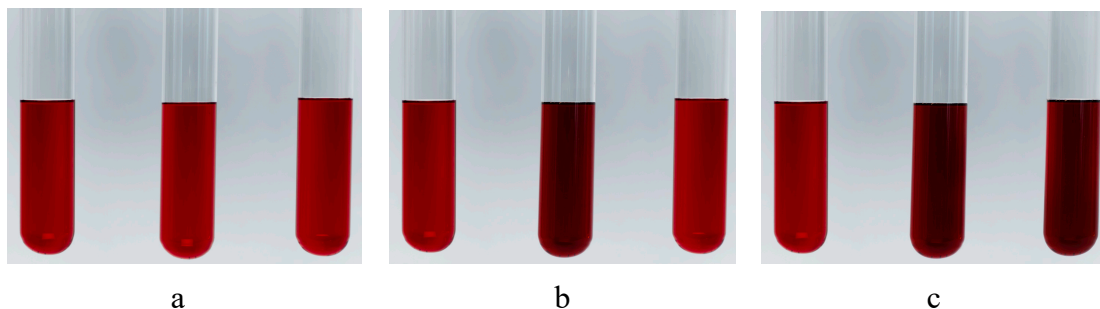


Abb. 1:  $[\text{Fe}_3^+(\text{SCN}^-)_2]^+(\text{aq})$  versetzt mit  $\text{Fe}^{3+}$ - (b) bzw.  $\text{SCN}^-$ -Ionen (c)

Bis jetzt wurde davon ausgegangen, dass bei chemischen Reaktionen die Edukte vollständig zu den Produkten reagieren. Bei den früher aufgestellten Gleichungen zeigte der Reaktionspfeil eindeutig nach rechts.

Edukte → Produkte

Bei dieser Art von Reaktionen sollten nach einer gewissen Zeit nur noch Produkte und keine Edukte mehr nachweisbar sein. Warum ist das bei der oben betrachteten Reaktion nicht der Fall? Dies kann leicht erklärt werden, wenn man annimmt, dass nicht nur die Edukte zu Produkten reagieren, sondern auch Produkte sich wieder zurück in die Edukte umwandeln können. Unter dieser Annahme einer ständigen Hin- und Rückreaktion ergibt sich allmählich eine Situation mit konstanten Edukt- und Produktkonzentrationen.



**Experiment 4:** Überprüfung der Hypothese einer Rückreaktion durch Zugabe von  $\text{PO}_4^{3-}$ -Ionen, die (nur) mit freien  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen in einer Fällung zu weissem Eisenphosphat reagiert.

*Kurze Diskussion → Falls eine Rückreaktion stattfindet, müssten schliesslich alle  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen gefällt werden, sodass die Farbe verschwindet*

Beobachtung und Interpretation:

**Beobachtung:** Die Farbe **verschwindet**.

**Interpretation:** Die Entfärbung legt nahe, dass tatsächlich eine Rückreaktion stattfindet.

Dabei werden  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen aus dem Farbkomplex freigesetzt, sodass sie mit den  $\text{PO}_4$ -Ionen reagieren. Dies geschieht so lange, bis alle Komplexe zerfallen sind und sich die Lösung vollständig entfärbt hat.



## 2. Welche Reaktionen sind typische Gleichgewichtsreaktionen?

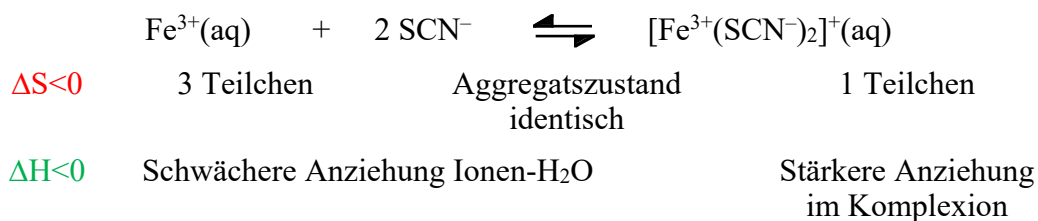
Die durchgeführten Reaktionen zeigen, **dass** es Reaktionen gibt, bei denen experimentell nachweislich eine Rückreaktion stattfindet. **Warum** aber kann gleichzeitig eine Hin- und eine Rückreaktion stattfinden?

Bisher wurde unterschieden zwischen Reaktionen, die freiwillig ablaufen und solchen, die nicht freiwillig ablaufen. Entscheidend dafür sind die beiden Triebkräfte  $\Delta H$  und  $\Delta S$ :

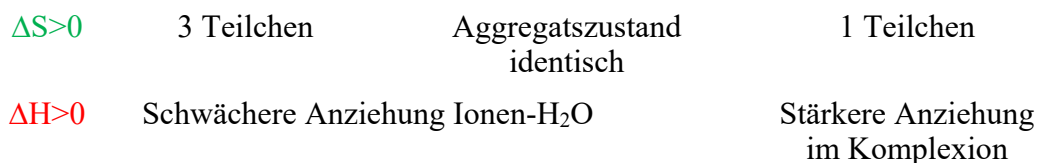
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

Analyse der vorhergehenden Reaktion:

**a) Hinreaktion** →



**b) Rückreaktion** ← reziprok zur Hinreaktion



## Interpretation:

Es gibt sowohl für der Hin- wie auch bei der Rückreaktion eine günstige Triebkraft.

Typische Gleichgewichtsreaktionen sind Reaktionen mit widersprüchlichen Triebkräften: Entweder ist die Enthalpie  $\Delta H$  günstig und die Entropie  $\Delta S$  ungünstig – oder umgekehrt.

Für die Lage des Gleichgewichts ist es unerheblich, ob die Reaktion ursprünglich bei den Edukten oder den Produkten ihren Anfang nahm. Eine typische Gleichgewichtsreaktion strebt einerseits nach dem Energieminimum aufgrund der wirkenden Kräfte und andererseits nach dem Entropiemaximum aufgrund der zufälligen Teilchenbewegung.

Neue Interpretation der freien Enthalpie  $\Delta G$ :

	Vorher	Jetzt
$\Delta G < 0$	Die Reaktion ist freiwillig	Die Hinreaktion dominiert → das Gleichgewicht ist rechts
$\Delta G > 0$	Die Reaktion ist unfreiwillig	Die Rückreaktion dominiert → das Gleichgewicht ist links

## Introduction thermodynamique à l'équilibre chimique

Lors de l'introduction à l'équilibre chimique, les élèves sont confrontés à un changement de paradigme, dont l'importance pour une bonne compréhension de la chimie est souvent sous-estimée. En règle générale, l'idée des réactions chimiques jusqu'à ce point est qu'avant la réaction seuls les réactifs sont présents et après la réaction seulement les produits.

Le fait que de nombreuses réactions conduisent à une situation dans laquelle les réactifs et les produits sont présents dans des concentrations chimiquement pertinentes représente un changement profond dans l'idée des processus chimiques, qui exige une approche didactique prudente. Ceci est d'autant plus vrai lorsque les forces motrices des réactions chimiques ont été discutées au préalable ( $\Delta H$  et  $\Delta S$ ), ce qui conduit d'abord à l'idée que les réactions exergoniques sont complètes et que les réactions endergoniques ne sont pas volontaires.

Une question centrale de ce changement de paradigme - surtout dans le contexte de l'enthalpie et de l'entropie - est la suivante : **"Pourquoi y a-t-il des réactions dans lesquelles se produisent à la fois une réaction en avant et une réaction inverse au même temps ?"**

Une approche intéressante d'une réponse avec une approche thermodynamique est la présentation de la distribution de Boltzmann des molécules sur les états énergétiques disponibles d'un système de réactifs et de produits, comme l'a montré Peter Atkins dans son ouvrage standard «Physical Chemistry»<sup>8</sup>

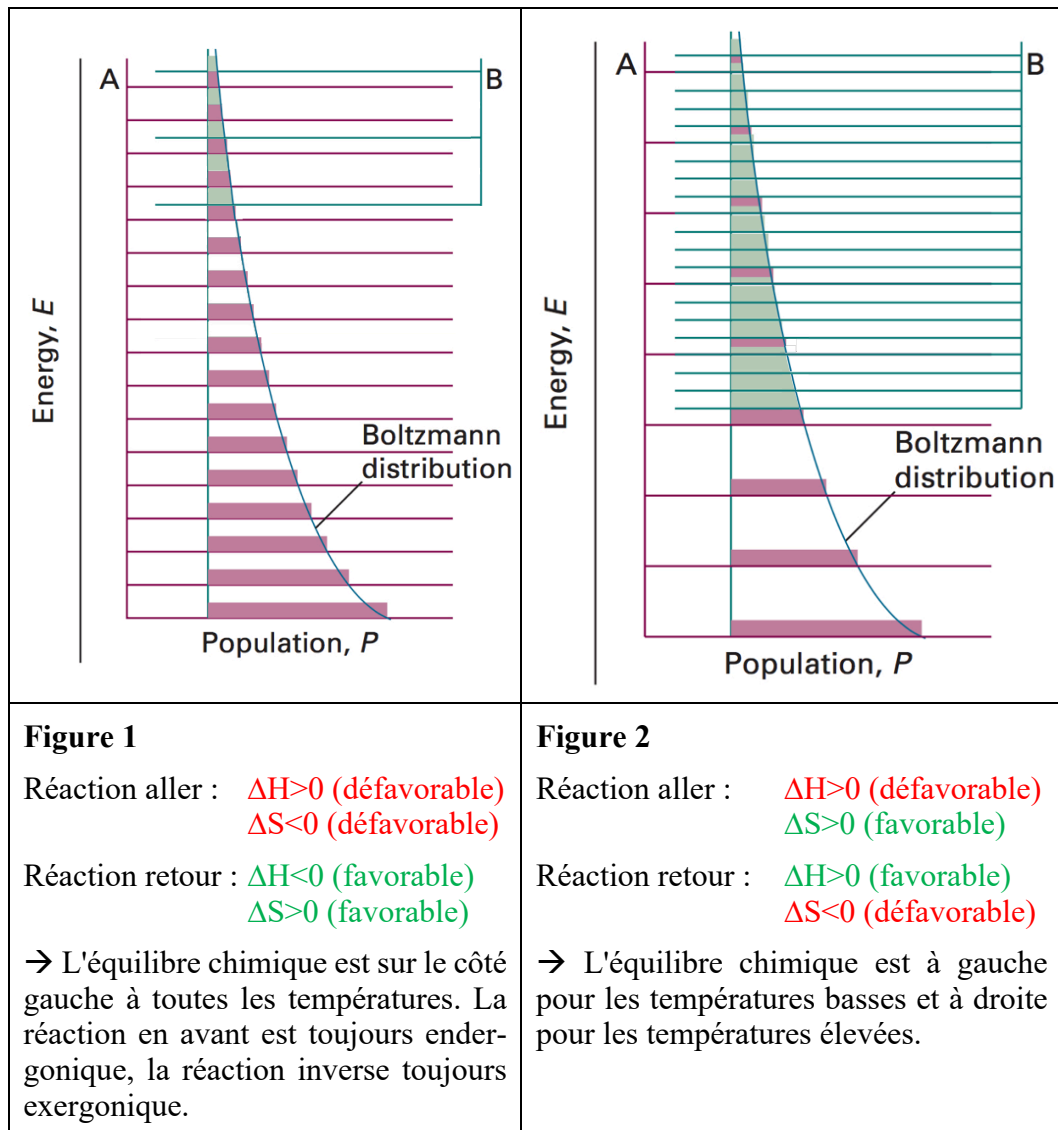
Les deux chiffres du bas montrent les réactifs (rouge : A) à gauche et les produits (vert : B) à droite. Les lignes horizontales représentent leurs états énergétiques discrets (vibration, rotation et énergie de translation des électrons). La localisation des états énergétiques est déterminante pour le contenu énergétique et l'entropie du système chimique : plus les états énergétiques les plus bas sont profonds, plus le contenu énergétique est faible, plus les états énergétiques sont denses, plus son entropie est grande.

Si un équilibre est établi entre les réactifs et les produits, les états énergétiques sont occupés - selon la distribution de Boltzmann - sur tous les états énergétiques disponibles du système entier des réactifs et des produits. Les états énergétiques occupés dans l'état d'équilibre chimique correspondent aux zones rouges ou rouges/vertes au milieu des deux figures.

Les deux chiffres correspondent aux deux types d'équilibre possibles résultant des quatre types de réactions thermodynamiques possibles.

---

<sup>8</sup> Atkins Peter, De Paula Julio: Physical Chemistry, 9th ed., Freeman, 2010, S. 220



Dans la **figure 1**, les réactifs ont des niveaux d'énergie inférieurs à ceux des produits, c'est-à-dire que la réaction en avant est endothermique. L'enthalpie  $\Delta H$  est défavorable :  $\Delta H > 0$ .

En outre, les niveaux d'énergie dans les réactifs A sont également plus proches les uns des autres que dans les produits B, c'est-à-dire que l'entropie est plus grande dans les réactifs que dans les produits. Le changement d'entropie  $\Delta S$  est également défavorable  $\Delta S < 0$ . Par exemple, on pourrait imaginer que le dioxyde de carbone et l'eau réagissent au glucose.

La distribution de Boltzmann des molécules sur les états d'énergie disponibles sera donc du côté gauche des réactifs à toutes les températures afin que la réaction excitatrice ne puisse jamais être exergonique. Ce n'est qu'à des températures très élevées que les états énergétiques des produits sont occupés - si les produits sont encore stables à ces températures.

Dans la *réaction inverse*, en revanche, la situation est inversée : les substances telles que le bois ou l'essence sont, avec l'oxygène, plus énergétiques et présentent une entropie plus basse que les produits  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ , de sorte que lors d'une réaction de combustion, elles réagissent pratiquement complètement au  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S > 0$ ). Ce type de réaction sera donc exergonique à toutes les températures.

Dans la **figure 2**, en revanche, la situation thermodynamique des réactions avant et arrière est contradictoire : bien que les réactifs aient des états énergétiques inférieurs, la réaction avant est endothermique :  $\Delta H > 0$ .

Cependant, les états énergétiques des produits sont plus denses, de sorte que l'entropie augmente pendant la réaction extérieure, c'est-à-dire qu'elle est favorable :  $\Delta S > 0$ .

Selon l'équation de Gibbs-Helmholtz  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ , il y a une température limite pour ce type de réaction d'équilibre : en dessous de cette température l'équilibre est à gauche pour les réactifs moins énergiques, au-dessus de la température limite l'équilibre est à droite pour les produits plus énergiques avec une entropie supérieure :  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ .

Tous les processus de fusion et d'ébullition en sont des exemples, mais aussi, par exemple, la réaction de l'azote et de l'oxygène au monoxyde d'azote qui, heureusement, ne devient exergonique qu'à très haute température, comme c'est le cas dans les moteurs à combustion :  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 NO$

De telles réactions dans un sens antagoniste peuvent également être considérées comme la formation de structures à basse température par des forces d'attraction et la dissolution de structures à des températures plus élevées par l'influence croissante de l'entropie supérieure.

Le fait que les forces d'attraction plus fortes n'ont plus d'effet structurant à des températures plus élevées peut également s'expliquer - comme nous l'avons vu dans le dernier c+b - de telle sorte que l'énergie cinétique des particules, qui est générée lors de la formation des liaisons à partir d'énergie potentielle, peut être moins bien distribuée à d'autres particules à des températures plus élevées.

Dans la réaction inverse, cependant, la situation est réciproque, comme dans la figure 1 : la réaction est exothermique  $\Delta H < 0$  mais l'entropie diminue :  $\Delta S < 0$ .

Si les produits de droite sont interprétés comme des réactifs, les substances plus énergiques réagissent avec une plus grande entropie et les substances moins énergiques réagissent avec une plus petite entropie.

Les exemples sont bien sûr tous les procédés de condensation et de solidification, mais aussi la synthèse d'ammonium bien connue :  $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$

Peter Atkins, qui dans le "c+b" a déjà été décrit à plusieurs reprises comme "le maître incontesté de la didactique de la chimie physique", formule ces liens comme suit :

*The role of the Gibbs energy can be appreciated by referring to Fig. 6.5 (ici: Fig. 2). We see that, although the B energy levels lie higher than the A energy levels, in this instance they are much more closely spaced. As a result, their total population may be considerable and B could even dominate in the reaction mixture at equilibrium. Closely spaced energy levels correlate with a high entropy so in this case we see that entropy effects dominate adverse energy effects. **This competition can be seen most clearly by using  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ .***

En résumé, on peut dire que

- Si la réaction inverse est également prise en compte dans une réaction chimique, il n'y a que deux possibilités en ce qui concerne des forces motrices l'enthalpie  $\Delta H$  et l'entropie  $\Delta S$  :
  - a) Uniformité des forces motrices : les deux forces motrices sont défavorables / les deux forces motrices sont favorables



b) Des forces motrices contradictoires : une force motrice favorable et une force motrice défavorable chacune.

- Dans le premier cas, les réactions sont toujours exergoniques ou endergoniques, c'est-à-dire à toutes les températures.
- Dans le second cas de réactions avec des forces motrices contradictoires, la position de l'équilibre dépend de la température : à basse température, l'équilibre est du côté des substances à basse énergie avec une entropie inférieure, à haute température il est du côté des substances à haute énergie avec une entropie supérieure.
- Les réactions d'équilibre typiques, dans lesquelles la réaction avant et la réaction arrière peuvent être exergoniques ou endergoniques selon la température, sont donc toujours des réactions avec des forces motrices contradictoires.

Pour en revenir à la question initiale de l'article : "Pourquoi y a-t-il des réactions dans lesquelles se produisent à la fois une réaction en avant et une réaction inverse ? Il est maintenant possible de donner une réponse :

Les réactions d'équilibre typiques sont des réactions avec des forces motrices contradictoires  $\Delta H$  et  $\Delta S$ . En plus de la réaction vers l'avant, il y a aussi une réaction vers l'arrière parce qu'il y a une force motrice favorable pour les deux réactions partielles.

C'est également une bonne base pour discuter du changement d'équilibre causé par le changement de température.

Dans ce qui suit, je présente une petite unité didactique de 2 leçons pour introduire les élèves à l'équilibre chimique sur cette base.

Il est prévu de publier l'unité pédagogique sur [Swisseduc.ch](http://Swisseduc.ch). Dans l'intervalle, l'unité d'enseignement en format Word est également disponible sur demande auprès de moi : [rdeuber@gmail.com](mailto:rdeuber@gmail.com)<sup>9</sup>.

---

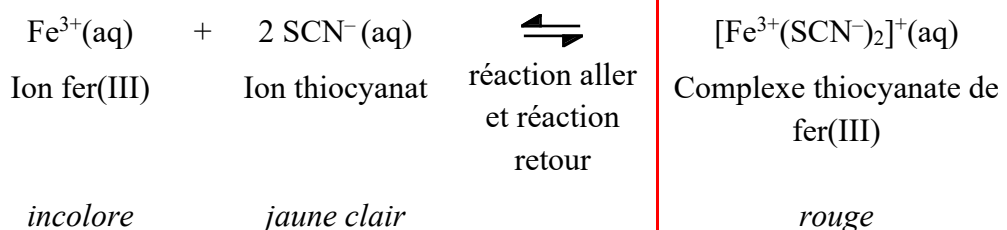
<sup>9</sup> Les concepts présentés dans cet article forment également la base des chapitres sur les forces motrices et l'équilibre chimique du livre de cours de chimie "Günter Baars, Roger Deuber, Chemie für das Grundlagenfach am Gymnasium, 2017 hep Verlag, Bem.

# L'ÉQUILIBRE CHIMIQUE

## *Tranquillité supposée*

### 1. Introduction

#### Expérience 1<sup>10</sup> :



La solution est répartie dans trois tubes à essai. Une spatule pleine de nitrate de fer est ajoutée au tube central et une quantité correspondante de thiocyanate de potassium est ajoutée au tube droit.

#### Expérience 2 : Ajouter des ions $\text{Fe}^{3+}$ (comme $\text{FeCl}_3$ )

*Question en séance plénière<sup>11</sup> :*

- Qui pense que la couleur de la solution restera la même, deviendra plus foncée ou plus claire avec l'ajout d'ions  $\text{Fe}^{3+}$  supplémentaires ?*

- Qui veut justifier son point de vue ?*

*Développez d'abord une hypothèse dans la discussion : Qu'est-ce qui est attendu ? Réponses possibles :*

- 1. Aucune coloration supplémentaire, puisque la réaction a complètement eu lieu*
- 2. Coloration supplémentaire, car la réaction n'est pas encore terminée. Cette hypothèse peut être falsifiée en se référant à une intensité de couleur constante sur une longue période de temps.*
- 3. Coloration plus foncée, car ions  $\text{SCN}^{-}$  peuvent encore être présents en raison de l'imprécision du mélange*

*Hypothèse : Si des ions  $\text{SCN}^{-}$  sont encore présents dans le mélange, plus foncés, sinon la couleur est constante.*

Observation et interprétation :

**Observation<sup>12</sup> :** La couleur devient plus foncée.

**Interprétation :** La concentration de  $[\text{Fe}^{3+}(\text{SCN}^{-})_2]^{+}(\text{aq})$  est augmentée.

Des ions  $\text{SCN}^{-}$  supplémentaires doivent être présents ! Selon l'hypothèse précédente, cela s'explique par l'imprécision du mélange.

<sup>10</sup> Notation simplifiée de l'équation de réaction dans laquelle seuls les ions impliqués dans la réaction sont mentionnés. L'équation complète est la suivante:  $\text{FeCl}_3(\text{aq}) + 2 \text{KSCN}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})_2]\text{Cl}(\text{aq}) + 2 \text{KCl}(\text{aq})$

<sup>11</sup> Le texte vert correspond aux indications didactiques.

<sup>12</sup> Le texte en lettres rouges dans la case correspond à la solution que les élèves doivent se trouver comme une tâche.



**Expérience 4 :** Tester l'hypothèse d'une réaction inverse (ou retour) en ajoutant des ions  $\text{PO}_4^{3-}$ , qui réagissent (seulement) avec des ions  $\text{Fe}^{3+}$  libres dans une précipitation au phosphate de fer blanc.

*Brève discussion : Si une réaction en retour se produit, tous les ions  $\text{Fe}^{3+}$  doivent être éliminés, de sorte que la couleur disparaît.*

Observation et Interprétation :

**Observation :** La couleur disparaît

**Interprétation :** La décoloration suggère qu'une réaction inverse se produit réellement.

Les ions  $\text{Fe}^{3+}$  sont libérés du complexe coloré de sorte qu'ils réagissent avec les ions  $\text{PO}_4^{3-}$ . Cela se produit jusqu'à ce que tous les complexes se soient décomposés et que la solution se soit complètement décolorée.



## 2. Quelles sont les réactions typiques des réactions d'équilibre ?

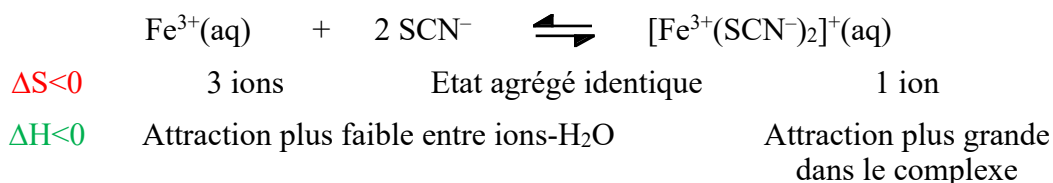
Les réactions réalisées montrent **qu'il** existe des réactions dans lesquelles il a été prouvé expérimentalement qu'il y a une réaction en retour. Mais **pourquoi** une réaction de va-et-vient peut-elle avoir lieu en même temps ?

Jusqu'à présent, une distinction a été faite entre les réactions qui sont exergoniques et celles qui sont endergoniques. Les deux forces motrices  $\Delta H$  et  $\Delta S$  sont décisives à cet égard :

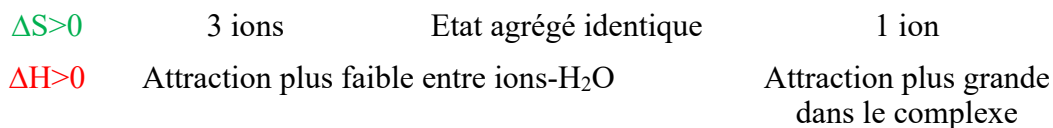
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

Analyse de la réaction précédente :

a) **Réaction aller**  $\rightarrow$



b) **Réaction retour**  $\leftarrow$  réciproque à la réaction aller



Interprétation :

Il y a une force motrice favorable pour la réaction aller et pour la réaction retour.  
Les réactions d'équilibre typiques sont des réactions avec des forces motrices contradictoires : soit l'enthalpie  $\Delta H$  est favorable et l'entropie  $\Delta S$  défavorable - ou vice-versa.  
Pour l'état d'équilibre, il importe peu que la réaction ait commencé à l'origine par les réactifs ou par les produits. Une réaction d'équilibre typique vise, d'une part, le minimum d'énergie dû aux forces agissant et, d'autre part, le maximum d'entropie dû au mouvement aléatoire des particules.

Nouvelle interprétation de l'enthalpie libre  $\Delta G$  :

	Autrefois	Maintenant
$\Delta G < 0$	La réaction est exergonique	La réaction aller domine → l'équilibre est à droite
$\Delta G > 0$	La réaction est endergonique	La réaction retour domine → l'équilibre est à gauche



**Impressum**

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

Redaktion / *Articles* : Klemens Koch, Manuel Fragnière, Rudolf  
Pletzer, Hansruedi Dütsch, Martina Cavelti,  
Michael Bleichenbacher, Roger Deuber.

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* :

**1.5.2019 / 1.9.2019 / 15.12.2019.**

Adresse für Beiträge / *Adresse pour les contributions* :

**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 Ländtstrasse 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)

**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.sspsn.ch](http://www.sspsn.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  
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  
Ländtstrasse 12  
2503 Biel/Bienne  
Tel : 032 397 20 02

# Vernier Go Direct



Vereinfachen Sie Ihre Labor-einrichtung, um das Lernen der Schüler zu erleichtern.

Go Direct Sensoren können Sie mit der kostenlosen App Graphical Analysis 4, direkt mit Tablets, Smartphones und Computer per Bluetooth 4.0 verbinden, so dass Sie kabellos und unkompliziert mit Ihren Experimenten starten können. Gleichzeitig sind die Sensoren auch per USB am Computer anschliessbar, falls Sie Daten mit hoher Geschwindigkeit messen wollen. Mit dem Go Direkt System stehen Ihnen ab sofort beide Wege offen!

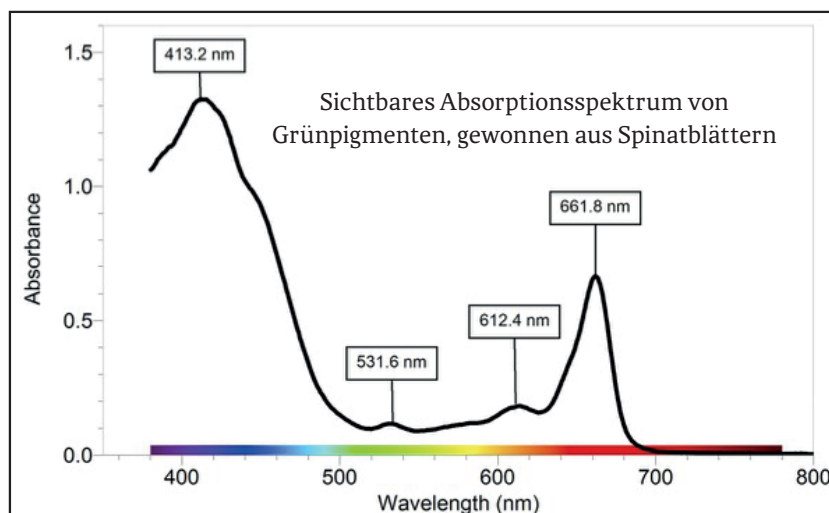
Die integrierten Akkus sind austauschbar und können während des Messvorgangs nachgeladen werden - Ihr drahtloses Mess-System, wie zum Beispiel der SpectroVis Plus Spectrophotometer ist also immer einsatzbereit!

 Go Direct

## Go Direct SpectroVis Plus Spectrophotometer

Das portable Vernier Spektrophotometer für den sichtbaren Bereich des Lichts ist leicht bedienbar und ideal für Messungen von Absorptionsspektren verschiedener chemischer und biochemischer Verbindungen. (Artikel-Nr. GDX-SVISPL)

- Wellenlängenbereich: 380 nm-950 nm
- Unterstützung für Fluoreszenz: Zwei Anregungsquellen mit Zentrierung bei 405 nm und 500 nm
- Optische Auflösung (FWHM): 5,0 nm
- Wellenlängengenauigkeit: 4,0 nm



Weitere Informationen zu Vernier Produkten finden Sie in unserem Online Shop unter: <https://educatec.ch/vernier/>



EducaTec AG  
Kanzleigasse 2  
CH-5312 Döttingen  
T: +41 56 245 81 61  
contact@educatec.ch  
www.educatec.ch

