

**Jahresberichte des Vereins und der Kommissionen
Rapports annuels de la Société et des Commissions**

**Weiterbildung: Dezentrale Kurse
Formation continue: Cours décentralisés**

Redox am Bau | Oxydoréductions dans les bâtiments

Irisierende Kupferschicht | Couche de cuivre iridescente

Emulsionstests mit Kurkuma | Test d'émulsion avec du curcuma

**Chemische Bindung im gymnasialen Physikunterricht
La liaison chimique dans les cours de physique**

Foto Titelseite: Grafische Darstellung der Potentialmessung auf einem Parkdeck im Flughafen Zürich; Bericht S. 26
Photo de couverture: Représentation graphique des mesures de potentiel sur un parking de l'aéroport de Zurich

	Inhalt	Contenu
VEREIN SOCIÉTÉ	5 Mitteilungen aus dem VSN 5 Neue Mitglieder 6 Protokoll der GV 2020 8 Jahresbericht VSN, 9 Jahresbericht CRC 12 Jahresbericht DBK 13 Jahresbericht DCK	Communications de la SSSPN Nouveaux Membres Procès-verbal de l'AG 2020 Rapport annuel SSSPN, Rapport annuel CRC Rapport annuel DBK Rapport annuel DCK
WEITERBILDUNG FORMATION CONTINUE	14 Dezentrale Kurse: 15 • Experimente mit Lernpotential 16 • Simulationen 17 • Thermodynamik 18 • Chemie zum Essen 19 • Flüssigkristalle 20 • Go Python! 21 • Fluoreszenz	Cours décentralisés: • Expériences éducatives • Simulations • Thermodynamique • Chimie à manger • Cristaux liquides • Go Python! • Fluorescence
PUBLIKATIONEN PUBLICATIONS	22 Neuigkeiten aus Biologie, Chemie und anderen Naturwissenschaften	Nouveautés de la biologie, chimie et d'autres sciences
UNTERRICHT ENSEIGNEMENT	26 Redox am Bau 29 Fernunterricht in Appenzell 30 Atommassen 31 Wer weiss es? pH-Puffer 32 Irisierende Kupferschicht 33 Emulsionstest mit Kurkuma 34 Chemische Bindung im Physikunter- richt	Oxydoréductions dans les bâtiments Enseignement à distance à Appenzell Masses atomiques Qui sait? Tampon de pH Couche de cuivre iridescente Test d'émulsion avec du curcuma La liaison chimique dans les cours de physique
ADRESSEN ADRESSES	46 Verein, Vorstand, Impressum	Société, comité, impressum

Mitteilungen aus dem VSN

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

Neue gesamtschweizerische Rahmenlehrpläne für Biologie und Chemie werden erarbeitet

Im September 2018 haben die EDK und das WBF (Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung) den Auftrag gegeben, den Bedarf nach einer Aktualisierung des EDK-Rahmenlehrplans für die Maturitätsschulen von 1994 und des Maturitätsanerkennungsreglementes (MAR) / der Maturitätsanerkennungsverordnung (MAV) von 1995 zu klären. Im Oktober 2019 hat die Plenarversammlung der EDK die Weiterführung der Arbeiten beschlossen. So haben im Oktober 2020 an einer Klausur in Muntelier FR in allen Fächern Arbeitsgruppen Entwürfe für neue Rahmenlehrpläne ausgearbeitet, auch in Biologie und Chemie. Diese werden nun übersetzt und ab April 2021 intern, das heisst auch in den Fachschaften vernehmlasst. Nehmt nach Euren Möglichkeiten daran teil, es wird eine wichtige Weichenstellung für unseren Unterricht. Gebt auch innerhalb des VSN Rückmeldungen an die Chemie- und Biologiekommissionen, damit wir uns zusammen mit anderen mit einer gewichtigen Stimme einbringen können.

Generalversammlung 2020 des VSN

An der über Zoom durchgeführten Generalversammlung des VSN am Freitag, 27. November 2020 und an einem Nachtermin für die Kasse wurden die vorgesehenen Traktanden behandelt. Das Protokoll und die Jahresberichte folgen in diesem Heft.

Dezentralisierte Weiterbildungskurse der Deutschschweizer Chemiekommission DCK anstelle des Zentralkurses

Der Zentralkurs Chemie 2021 musste wegen der Pandemiebedingten Planungsunsicherheit um ein Jahr verschoben werden. Hansruedi Dütsch hat ein Ersatzangebot mit dezentralen Kursen auf die Beine gestellt. Mehr dazu in diesem Heft.

Balmer Preis für Chemielehrinnen und -lehrer

Bitte schlagt für 2021 Euch oder andere Kandidatinnen und Kandidaten vor auf <https://scg.ch/> > Awards > Balmer Prize

Future of Chemical Education - ChemEdu 2020/21

Die im Herbst 2020 am Fall Meeting der Swiss Chemical Society (SCS) geplante Tagung musste wegen der COVID-19 Pandemie anders geplant werden. Sie wird nun am 14. April an der FHNW in Muttenz stattfinden. Aktuelles dazu auf scg.ch/chemedu/2020

Ich wünsche allen VSN-Mitgliedern weiter ein gutes Schuljahr, mit herzlichem Gruss.

Klemens Koch, Präsident VSN

Neue Mitglieder | Nouveaux membres

Wir begrüßen herzlich neu im Verein:
Nous souhaitons la bienvenue à la société:

Jessica Bauder-Freudiger,	Wangen an der Aare
Mario Bumann,	Gymnasium Neufeld, BE
David Cook,	Kantonsschule Reussbühl LU
Natalie Dettwiler,	Gymnasium Oberwil BL
Nina Gämperli,	Baden AG
Nadine Giger,	Zug
Marietta Zanolari,	Evangel. Mittelschule Schiers GR

Protokoll der Generalversammlung 2020

Text: Klemens Koch

Freitag, 27. Nov. 2020, ab 16:15 Uhr, über Zoom (bedingt durch die COVID-19 Pandemie), nach der VSG-Delegiertenversammlung

Leitung und Protokoll: Klemens Koch

6 Eingegangene Entschuldigungen werden verlesen.

1. Traktandenliste GV 2020 und Protokoll der GV 2019: Beidem wird zugestimmt.

2. Jahresbericht des Präsidenten 2019/20, Tätigkeitsberichte der Kommissionen und Delegationen:

Die vorliegenden Berichte werden vorgestellt. Sie werden nachfolgend zu diesem Protokoll abgedruckt. Sie werden von der Versammlung genehmigt.

3. Zusammensetzung des Vorstandes und der Rechnungsprüfung:

Der Vorstand wurde 2017 für die Amtszeit bis 2020 gewählt. René Gfeller und Maurice Cosandey treten nach langem Wirken im Vorstand zurück. Die anderen Mitglieder stellen sich für eine Wiederwahl von 2020 bis 2023 zur Verfügung: R. Turin (Kasse), S. Reist (DBK), A. Bartlome (DCK), A.-L. Rauber (CRB), M. Fragnière (CRC), E. Marion-Veyron, R. Deuber, Ch. Guesdon-Lüthi, M. Bleichenbacher (c+b), K. Koch (Präsidium). Revisoren: Christoph Schlicht, Sion, und Martin Jufer, KS Seetal.

Alle Kandidierenden werden für drei Jahre wiedergewählt.

4. Diskussion zur Neuausrichtung der Website:

Michael zeigt eine Möglichkeit, wie ein CMS für die Website aussehen könnte. Auch die Neugestaltung der Zentralkursseite muss bedacht werden. Zeitplan: Bis Januar 21 soll eine Rohfassung ohne zusätzliche Module erstellt sein.

5. Anlässe 2020/21:

Im September 21 soll wieder ein Journée de démonstrations der MAGYC an der EPFL stattfinden. www.epfl.ch/schools/sb/fr/enseignement/scgc/ressources-pour-gymnases/chemistry-demonstration-day/, Zugriff 4.1.21). Der Zentralkurs der DCK wird auf 2022 verschoben.

Weitere Anlässe werden von den Fachkommissionen durchgeführt

6. Revision der Jahresrechnungen 2018/19, 2019/20:

CRC: Gewinn 18'100.-, Kontostand 31. Juli. 2020: Fr 41'182.66. Décharge unter Vorbehalt der noch zu erfolgenden Revision.

Die Vereinsrechnung 18/19/20 des VSN wartet noch auf die Fertigstellung/Revision und soll bis Ende Januar 2021 verabschiedet werden können.

7. Mitteilungen und Varia :

2020 erfolgte der Versand eines Flyer an alle Chemielehrpersonen in der Deutschschweiz. Gibt es Interesse in der Romandie und der Biologie? Es wird nach Bedarf allenfalls noch ein Versand organisiert.

Für das Protokoll,

Klemens Koch, 28. Nov. 2020

Procès-verbal de l'assemblée générale 2020

Texte: Klemens Koch

Vendredi, 27 novembre 2020, dès 16h 15, via Zoom, après l'Assemblée des Délégués de la SSPES

Présidence et procès verbal: Klemens Koch

1. Ordre du jour de l'assemblée générale 2020 et procès-verbal de l'assemblée générale 2019:

Sont acceptés.

2. Rapport annuel du président 2018/19, Rapport d'activité des commissions et délégations:

Les rapports sont lus et approuvés. Ils sont annexés au présent procès-verbal.

3. Composition du comité et vérificateurs des comptes:

Le comité a été élu en 2017 pour 2017 à 2020. René Gfeller et Maurice Cosandey démissionnent après une longue période de service au sein du comité. Les autres membres sont candidats à la réélection de 2020 à 2023: R. Turin (caisse), S. Reist (DBK), A. Bartlome (DCK), A.-L. Rauber (CRB), M. Fragnière (CRC), E. Marion-Veyron, R. Deuber, Ch. Guesdon-Lüthi, M. Bleichenbacher (c+b), K. Koch (Présidence). Reviseurs: Christoph Schlicht, Sion, und Martin Jufer, KS Seetal.

Tous les candidats sont élus pour trois ans.

4. Discussion sur le futur du site web:

Michael montre les possibilités avec un système de gestion de contenu. Il ne faut pas oublier la refonte du site web du Cours Central. Version provisoire jusqu'en janvier '21.

5. Evénements 2020/21:

Une journée de démonstrations de la MAGYC à l'EPFL aura lieu en septembre 2021 www.epfl.ch/schools/sb/fr/enseignement/scgc/ressources-pour-gymnases/chemistry-demonstration-day/, visite 4.1.21). Le Cours Central a dû être reporté à 2022. D'autres événements sont organisés par les commissions.

6. Comptes et vérifications des comptes 2018/19, 2019/20: CRC: Bénéfice 18'100.-, solde bancaire au 31 juillet 2020: Fr 41'182.66. Décharge sous réserve de la révision à effectuer. La facture d'association 18/19/20 du VSN est toujours en attente d'achèvement / révision et devrait être approuvée à fin du janvier 2021.

7. Communications et divers

En 2020, un dépliant a été envoyé à tous les professeurs de chimie de Suisse alémanique. Y a-t-il un intérêt pour la Suisse romande et la biologie? Si nécessaire, un envoi sera organisé.

Pour le procès-verbal,

Klemens Koch, 28 novembre 2020

Aktivitäten des VSN im Vereinsjahr 2020

Text: Klemens Koch

Mitglieder und Vorstand

8 Der VSN ist für die Mitglieder aktiv bei der Vertretung der Interessen, Vernetzung, Information und Weiterbildung. Die Mitgliederzahl ist seit November 2019 um 5 Mitglieder auf 495 angestiegen. Der Vorstand hat im Mai auf Zoom getagt und die hier in diesem Bericht erwähnten Aktivitäten diskutiert und verfolgt, sowie die Generalversammlung vorbereitet. Der Vorstand im Vereinsjahr war zusammengesetzt aus Régis Turin, Silvia Reist, Andreas Bartlome, Anne-Laure Rauber, René Gfeller, Manuel Fragnière, Emmanuel Marion-Veyron, Roger Deuber, Christine Guesdon Lüthi, Maurice Cosandey, Michael Bleichenbacher und Klemens Koch.

Vernetzung und Kommunikation

Der VSN ist in der Akademie der Naturwissenschaften im Präsidium der Plattform Chemie und der Nachwuchskommission (neu auch mit Christine Guesdon Lüthi) vertreten und mit Markus Müller in der Division of Chemical Education der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft.

Unter den besonderen Umständen der Covid-19-Pandemie konnten verschiedene Tagungen und Kongresse in den Nachbarländern nicht durchgeführt und so die Kontakte nur auf Distanz gepflegt werden.

Der Verein Schweizerischer Gymnasiallehrerinnen und -lehrer VSG ist unsere Mutterorganisation: Wir arbeiten mit ihm zusammen in Bezug auf Bildungspolitik und Standesvertretung. Manuel Fragnière ist Mitglied des Zentralvorstandes. Unsere Adressdaten verbessern sich, aber die E-Mailadressen und die Unterrichtsfächer könnten immer noch besser aufgenommen werden, um das Anschreiben zu verbessern und gezielter zu werben.

Wir sind im VSG insbesondere mit dem Verein Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrkräfte VSMP verbunden und arbeiten in vielen Fragen zusammen, nach Gelegenheit auch mit anderen Fachverbänden.

Das c+b erscheint im neuen, sehr attraktiven, Layout. Für die Website wird über eine Weiterentwicklung nachgedacht.

Projekte

Das Projekt «**Experimente zum Periodensystem**» zum Internationalen Jahres des Periodensystems IYPT 2019 konnte unter Beteiligung von etwa 200 Klassen der Primar- und Sekundarschule mit einer Prämierung der Projektergebnisse abgeschlossen werden. Die 4. bis 6. Klasse von Frau Monika Sommerhalder aus Unterengstringen hat mit einem Film zur Geschichte, Funktion und Herstellung von Streichhölzern den ersten Preis gewonnen. Die grosse Zahl der Anmeldungen motiviert uns, eine Fortsetzung des Projektes anzudenken!

Ein **Erasmus-Projekt zu sprachsensiblen Unterricht** in den Naturwissenschaften über alle deutschsprachigen Länder und Regionen wurde dieses Jahr erfolgreich in Österreich eingereicht und wird jetzt auch von Movetia in der Schweiz unterstützt. Einige Biologie- und Chemielehrpersonen aus dem Raum Bern sind daran beteiligt.

Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität: Im September 2018 haben die EDK und das WBF eine Arbeitsgruppe beauftragt, im Rahmen einer Auslegeordnung den Bedarf nach einer Aktualisierung des EDK-Rahmenlehrplans für die Maturitätsschulen von 1994 und des Maturitätsanerkennungsreglementes (MAR) / der Maturitätsanerkennungsverordnung (MAV) von 1995 zu klären (www.edk.ch/dyn/11661.php, Zugriff 27.11. 20). Im Oktober 2020 wurden erste Entwürfe der Rahmenlehrpläne mit Beteiligung von VSN-Mitgliedern erstellt, sie sollen ab 15. März 2021 vernehmlicht werden. Der VSN wird sich für gute Rahmenlehrpläne weiter einsetzen.

Mitglieder des VSN aus beiden Fächern, Biologie und Chemie, nehmen an der Konferenz Übergang Gymnasium-Universität IV am 25. und 26. Januar 2021 an der Universität Bern teil. Es geht um die Bedeutung der gymnasialen Unterrichtsfächer Biologie und Chemie für andere Studienfächer und die «vertiefte Gesellschaftsreife» (www.math.ch/kugu4/index.php?la=de, Zugriff 27.11. 20).

CRC Rapport du président 2020

Text: Manuel Fragnière

Weiterbildung

Die Fachkommissionen und die weiteren Organe waren gemäss ihren nachfolgenden Berichten sehr aktiv.

Der Zentralkurs 2021 in Liestal wurde um ein Jahr verschoben, stattdessen soll es verteilt über das Jahr verschiedene kleine, lokale Weiterbildungsangebote für den Chemieunterricht geben.

Einen herzlichen Dank allen, welche die Ziele des Vereins durch ihre Mitgliedschaft und Mitarbeit unterstützen.

Klemens Koch, Präsident, anlässlich der GV am 27. November 2020.

Actuellement, la Commission romande de chimie est formée de Manuel Fragnière (président), Emmanuel Marion-Veyron (vice-président et caissier), Simon Verdan (secrétaire) et en moyenne deux délégués par canton romand.

La CRC s'est réunie 4 fois sur la période 2019-2020 :

- 5 fév 2020, Restaurant de l'aéroport de la Blécherette, Lausanne.
- 30 juin 2020, par Zoom.
- 1 sept 2020, par Zoom.
- 12 nov 2020, par Zoom.

Formations continues de la CRC

En 2019, la CRC a proposé les cours suivants :

- Le 5 fév 2020 : Cours sur le dopage en deux parties. Le matin, visite du laboratoire antidopage de Lausanne (à Epalinges) et l'après-midi, conférence de «psychopharmacologie» au CHUV.
 - o Thème du matin : «où se trouvent les limites pour certaines substances, médicaments ; quels sont les dangers potentiels? Sont-ils là pour améliorer la santé et/ou nos performances?»
 - o Thème de l'après-midi : «Les forces et les limites de la psychopharmacologie, le point de vue d'un clinicien».
- Le 1 sept 2020 : la CRC a invité les enseignants de chimie à participer à la traditionnelle journée de démonstrations de chimie à l'EPFL organisée par la MAGYC. Malheureusement, ce cours a été annulé à cause de la COVID-19.

Depuis 2017, la CRC place les invitations à ses cours de formation sur le site WebPalette. Il avait été décidé de le faire jusqu'en 2020, pour avoir suffisamment de recul pour savoir si cette option est une bonne ou mauvaise solution. Nous avons décidé de continuer jusqu'à la fermeture annoncée de WebPalette et la proposition d'une autre forme de plate-forme de publicité pour les formations continues. L'abonnement à WebPalette est offert par notre société faîtière, la SSPES. En plus, nous continuons d'envoyer nos invitations par e-mail aux enseignant-e-s dont nous disposons les adresses et nous continuerons de publier la publicité pour nos cours dans le journal c+b.

CRC Rapport du Président 2020

(Suite)

Ventes des tableaux périodiques de la CRC en format A4 et en format mondial

10 Nous sommes encore et toujours victime de notre succès. Cette année, nous avons vendu 2'500 exemplaires de notre tableau périodique sur les 10'000 commandés.

Pour les grands formats, nous disposons d'un fichier vectorisé. Mais ce dernier n'est pas disponible : il n'est pas possible de proposer de l'acheter ni de l'obtenir gracieusement. La CRC le garde pour ses impressions papier, copy-right oblige.

La version en allemand qui devait être préparée pour 2020 par MFR avec l'aide de Malte Jelinski a été repoussée à une date indéterminée car les deux intéressés n'ont pas pu se revoir ces 8 derniers mois pour des raisons de confinement dû à la COVID-19.

Corrections du Formulaire CRMPC

Suite aux communications de nos collègues romand-e-s, diverses petites corrections ont été apportées pour la réimpression de 2020 par rapport à la dernière version qui date de 2017.

Bien sûr, nous continuerons de récolter les remarques des collègues qui détectent les erreurs. Ces renseignements sont centralisés chez notre secrétaire, Simon Verdan.

Pour la prochaine version proposée périodiquement par la CRM (propriétaire du Formulaire), Emmanuel Marion-Veyron propose d'ajouter un page sur les sucres de la série D. Pas de contre-indication sur le nombre de pages dans le Formulaire : proposition adoptée. Emmanuel fera une proposition de mise en page en temps utile.

Le nombre d'Avogadro a changé !

La valeur du nombre d'Avogadro a changé ! (Si, si...). N_A vaut maintenant exactement six cent deux mille deux cent quatorze trillions sept cent soixante mille billions ($602'214'760'000'000'000'000$ ou $6,0221476 \cdot 10^{23}$). Les 24 chiffres significatifs (jusqu'à l'unité) ont été définis par le bureau des

Poids et Mesures et la IUPAC suite à la nouvelle définition du kilogramme adoptée à partir des 7 constantes fondamentales de la physique (la masse n'est plus 1 kg de platine déposé à Paris, mais est maintenant définie à partir de la constante de Planck). Cela a eu quelques conséquences sur la définition de la mole, donc sur la valeur du nombre d'Avogadro.

Dans notre Formulaire $N_A = 6,02214129 \cdot 10^{23}$, mais c'est officiellement $N_A = 6,0221476 \cdot 10^{23}$ depuis le 20 mai 2019. Comme cette valeur est imprimée dans la partie appartenant aux physiciens, la CRC ne peut pas proposer directement ce changement à la CRM. Simon Verdan contactera Stéphane Davet pour lui demander d'apporter cette modification pour la prochaine édition du Formulaire.

Nomenclature inorganique dans nos gymnases

La CRC a fait un petit sondage auprès des enseignants des universités / EPFL pour savoir quelle nomenclature inorganique est enseignée aujourd'hui dans nos universités et si elle correspond aux nouvelles règles de l'IUPAC. Nos collègues chimistes des universités et de l'EPFL nous ont répondu ceci: «Pour notre part, nous espérons recevoir des bacheliers pour qui la notion de nomenclature soit secondaire par rapport à la compréhension des effets moléculaires».

Nous avons décidé de mandater MF pour relire le livre rouge de l'IUPAC pour savoir comment écrire par exemple FeCl_3 : «chlorure de fer-(III)», «chlorure de ferIII» «chlorure de fer(III)» ou «chlorure de fer (III)» (le diable se niche dans les petits détails) et de faire une petite synthèse qu'on pourrait envoyer par e-mail à nos collègues chimistes. Projet en cours.

D'autre part, on imagine publier un article de MF dans un prochain c+b au sujet de cette nomenclature inorganique.

Diminution des heures de chimie à Genève

Le professeur Didier Perret de l'Université de Genève a contacté le président de la CRC pour signaler une nouvelle « genferei ». Une députée du Grand Conseil genevois a posé une question urgente écrite à la Conseillère d'Etat, Mme Anne Emery-Torracinta, pour augmenter la dotation de la physique de 2 périodes. La conséquence serait de prendre 1 période à la chimie, déjà parent pauvre dans les gymnases genevois, et 1 heure à la nouvelle discipline obligatoire informatique. La situation actuelle de la chimie à Genève est présentée dans le tableau ci-dessous:

Année	1	2	3	4
DF	2	2		
CH/OS		2	3	3
BI/OS		3	3	4
OS total		5	6	7
OC			4	

La réponse du Conseil d'Etat genevois du 18 novembre 2020 est nuancée et apporte une lueur d'espoir pour les chimistes: il ne serait pas question de redimensionner la physique au détriment des autres branches MINT avant la fin des travaux de la CDIP sur la révision de la RRM/ORM. «Ajouter des heures en physique imposerait une refonte complète de l'ensemble des grilles horaires, ce qui, en termes d'équilibre autant que d'équité, n'est pas réaliste» (dixit Mme Torracinta dans sa réponse).

Le prof. Didier Perret reste prudent et continuera de suivre ce dossier attentivement et, si nécessaire, pourrait demander de l'aide à la CRC ou aussi à la SSPES.

Évolution de la maturité gymnasiale (EMG)

- Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität (WEGM)

4 groupes de travail sont à pied d'œuvre pour la réforme de la maturité gymnasiale promise depuis déjà quelques années.

1. Sous-projet 1 : actualisation des PEC de 1994.
2. Sous-projet 2 : harmonisation de la durée minimale de la maturité gymnasiale sur quatre ans.
3. Sous-projet 3 : élaboration de proposition de modification de certains articles de la RRM/ORM.
4. Sous-projet 4 : vérification des dispositions concernant les responsabilités et les compétences des différents acteurs dans le domaine de la qualité (gouvernance).

Dans le sous-projet 1, rédaction des PEC de chimie pour la DF, l'OS et l'OC par 4 membres de la SSPSN : Martine Rebs-tein, Roger Deuber, Manuel Fragnière, Klemens Koch. Ces spécialistes se sont réunis sur mandat de la CDIP une semaine à Morat, du 12 au 16 octobre.

Les membres de la CRC (comme ceux de la DCK) ont reçu une copie confidentielle pour une première lecture de ces PEC en chimie, mais avec la consigne de ne la transmettre à personne. Ils ont le statut d'experts pour donner leurs avis sur les nouveaux PEC en cours de rédaction.

Finances de la CRC

Les finances de la CRC sont au beau fixe. Nous disposons d'un capital de CHF 43'343.46 (état au 25 nov 2020). Pour plus de détail, voir le rapport de notre caissier, Emmanuel Marion-Veyron.

Manuel Fragnière, Président de la CRC

Jahresbericht der DBK 2020

Text: Silvia Reist

12

Die Mitglieder der DBK (Deutschscheizer Biologie-Kommission) trafen sich 2020, bedingt durch die Corona-Pandemie, lediglich zu zwei Sitzungen (07.März/ 24.Okt.), wobei die zweite im Zoom stattfand. Verschiedene Aktivitäten und Anlässe wurden abgesagt, so auch das Life Science Symposium in Wettingen, welches sich für die DBK wiederum als Austauschort und -plattform angeboten hätte. Auch das Treffen mit der CRB (Westschweizer Biologielehrer*innen) im Herbst im Rahmen einer Weiterbildungsveranstaltung musste aufgeschoben werden. Ebenso blieben gewisse Pendenzen offen, beispielsweise die Suche nach einer Vertretung aus dem Kanton Zürich, sowie einer aus dem Kanton Tessin.

2020 fand Corona-bedingt keine Präsenzsitzung statt. Die Frühjahrssitzung wurde auf dem Korrespondenzweg durchgeführt, die Herbstsitzung auf Zoom abgehalten.

c+b-Beiträge

In den beiden erschienenen c+b- Heften im 2020 wurden keine speziellen Beiträge publiziert. Geplant ist im nächsten c+b ein Beitrag zu «Chancen und Problemen zu BYOD im Biologieunterricht».

Optimierung der Internetplattform

Die DBK hat eine Offerte zur Modernisierung und Umstellung der Internetplattform des VSN eingeholt. Die Stellungnahme des VSN dazu steht noch aus.

Rahmenlehrplan

Es besteht von Seiten der DBK Interesse und Bereitschaft zur Mitarbeit an der Vernehmlassung des neuen Rahmenlehrplans für Biologie im 2021.

Verwaltung der Adresskartei im VSG/ VSN für Biologen

Die DBK noch stärker bekannt zu machen und eine eigene Mitgliederliste aufzustellen, bleiben weiterhin Ziele fürs nächste Jahr. Vorgesehen ist das Zusammenstellen einer umfassenden Adressliste der Lehrpersonen, welche Biologie unterrichten, so wie sie auch für die Chemieunterrichtenden bereits existiert.

Die vielen Beiträge und angeregten Diskussionen waren eine echte Bereicherung in diesem coronageprägten Jahr. Ein herzlicher Dank an alle Beteiligten!

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

Sursee, den 20. Nov. 2020

Silvia Reist, Präsidentin der DBK

Jahresbericht der DCK 2020

Text: Andreas Bartlome

Die DCK besteht aus folgenden **16 Mitgliedern**: Amadeus Bärtsch (Fachdidaktik ETH, ZH), Michael Bleichenbacher (Redaktor c+b, ZH), Stefan Bosshart (PH Thurgau, TG), Maurice Cosandey (Vertretung Romandie), Roger Deuber (Webmaster, AG), Hansrudolf Dütsch (Weiterbildung, VSN-Shop, ZH), Christophe Eckard (Vizepräsident, ZH), Johannes Hoffner (Zentralkurs 2022, BL), Vesna Klingel (TG), Klemens Koch (Präsident VSN, BE), Lorenz Marti (Weiterbildung, ZH), Markus Müller (SCG, TG), Pascal Pfister (SO), Martin Schwarz (Zentralkurs, SH), Marcel Somnavilla (SG) und Andreas Bartlome (Präsident, LU).

2020 fand Corona-bedingt keine Präsenzsitzung statt. Die Frühjahrssitzung wurde auf dem Korrespondenzweg durchgeführt, die Herbstsitzung auf Zoom abgehalten.

Der **Zentralkurs in Liestal BL** wurde wegen der unsicheren Planung um ein Jahr auf 2022 verschoben. Der übernächste Zentralkurs ist bereits für 2024 geplant. Eventuell soll dann vom bisherigen 3-Jahres-Rhythmus auf eine Durchführung alle zwei Jahre gewechselt werden.

Hansrudolf Dütsch hat den Kurs zu Flüssigkristallen angeboten und im September durchgeführt. Als Ersatz für den verschobenen Zentralkurs sollen den Mitgliedern im kommenden Jahr 2021 kürzere **Weiterbildungskurse mit flexiblen Terminen** angeboten werden. Die ersten Ausschreibungen erfolgen anfangs 2021.

Die «vollständige» **Liste aller Chemielehrpersonen** der Gymnasien der Deutschen Schweiz, welche die DCK erstellt hat, wird von den Mitgliedern à jour gehalten. Es ist geplant mit Hilfe der DBK auch die Biologielehrpersonen vollständig zu erfassen. Mit dem Versand eines c+b-Hefts und eines Flyers an Nicht-Mitglieder konnten für den Verein einige **neue Mitglieder** angeworben werden.

Die Revision des Rahmenlehrplans (RLP) wurde auf nationaler Ebene in Angriff genommen. In der Arbeitsgruppe Chemie sind mit Roger Deuber und Klemens Koch zwei Mitglieder der DCK vertreten. So konnte die DCK einen ersten

Entwurf zum neuen Rahmenlehrplan des Fachs Chemie diskutieren. Auf Anfang 2021 ist eine breitere Vernehmlassung vorgesehen. Danach wird auch das **Maturitätsanerkennungsreglement (MAR)** einem «Lifting» unterzogen. Die DCK bleibt am Ball!

Das von Klemens Koch und Hansruedi Dütsch entwickelte **Experimentierset für die Sekundarstufe I** findet weiterhin grossen Anklang. Die DCK möchte interessierte Lehrpersonen der Volksschulen weiterhin mit Material beliefern. Allerdings stellen sich Fragen zu Versand und Haftung, die noch geklärt werden müssen.

Breiten Raum nahm auch der **interkantonale Austausch** zu den unterschiedlichen Massnahmen und Rahmenbedingungen im **Fernunterricht** und zu den (nicht) durchgeführten Maturaprüfungen 2020 ein.

Ich möchte an dieser Stelle allen Mitgliedern der DCK für die engagierte Mitarbeit - insbesondere in einer anspruchsvollen Zeit an den einzelnen Schulen - ganz herzlich danken!

Herlisberg, den 15. November 2020
Andreas Bartlome, Präsident der DCK

Weiterbildung: Dezentrale Kurse

Text: Hansrudolf Dütsch

Bekanntlich muss der Zentralkurs in Liestal wegen der Pandemie auf Herbst 2022 verschoben werden.

14 Die Deutschschweizer Chemiekommission (DCK) des VSN hat sich deshalb überlegt, wie diese Lücke im Weiterbildungsangebot im laufenden Jahr wenigstens teilweise geschlossen werden könnte. So ist die Idee entstanden, über das Jahr verteilt an verschiedenen Schulen dezentrale Kurse zu ganz verschiedenen Themen anzubieten. Bereits sind mehrere Kurse zusammengekommen, die wir in diesem Heft präsentieren wollen.

Die meisten Weiterbildungen sind nicht jetzt schon an ein Durchführungsdatum gebunden, sondern man kann sich anmelden und sobald genügend Interessenten beisammen sind, wird ein passendes Datum festgelegt und der Kurs kann stattfinden. Die Kurse finden meist an einem Samstag statt, mit dem Vorteil, dass kein Unterricht ausfallen muss und dann genügend Zeit zur Verfügung steht, damit man in die Details gehen und auch praktisch arbeiten kann.

Die Kurse finden meist an der Schule des Anbieters statt, damit aufwändige Materialtransporte und Probleme mit der Infrastruktur entfallen. Einige Kurse kann man aber auch an die eigene Schule holen und so zum Beispiel eine Weiterbildung für die ganze Fachschaft durchführen. Im Angebot ist auch ein Kurs, der online durchgeführt wird.

Die Kursgebühr ist im Vergleich zu anderen Angeboten tief angesetzt und soll niemanden von der Teilnahme abhalten. Für Mitglieder des VSN ist die Gebühr reduziert, um darauf hinzuweisen, dass dieses und andere Angebote des VSN für Chemielehrkräfte nur dank eines starken Vereins mit vielen Mitgliedern realisiert werden können. Wer sich mit der Anmeldung zum Kurs gleich auch als Mitglied des VSN anmeldet, profitiert von der reduzierten Gebühr.

Wir freuen uns, wenn das Angebot auf Interesse stösst und stark genutzt wird. Es kann auch jederzeit erweitert werden. Wer selber einen kleineren oder grösseren Kurs durchführen möchte, kann gerne mit mir Kontakt aufnehmen. Die Ausschreibung wird dann auf der Webseite des VSN publiziert und in einem Newsletter bekannt gemacht.

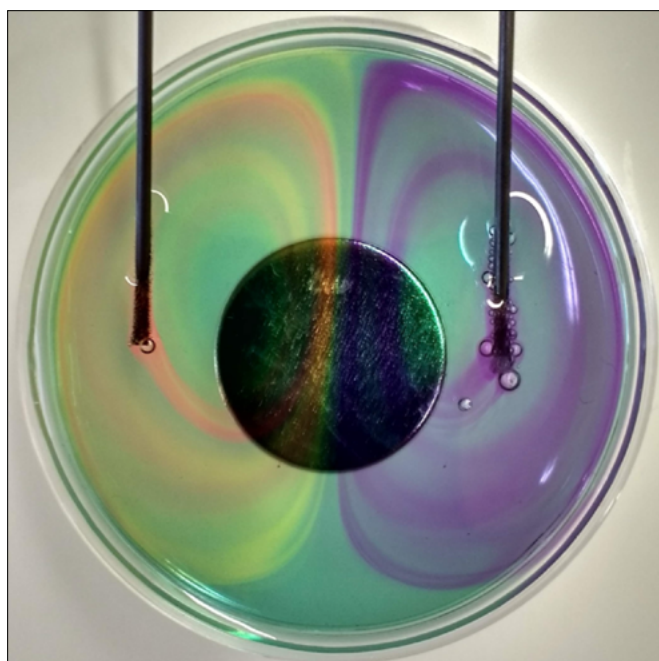
Kontakt: h.duetsch@bluewin.ch

Experimente mit viel Lernpotential!

Text und Foto: Klemens Koch

Experimente schaffen Wissen, gehören zum Chemieunterricht und lassen sich in gedruckter Literatur und im Internet leicht in grosser Zahl finden. Doch wie werden sie lernwirksam und wie sehen die Schülerinnen und Schüler darin die wichtigen Aspekte? Und wo finden wir die guten, potenziell lernwirksamen Experimente und wie setzen wir sie gewinnbringend ein?

Jede und jeder von uns hat gut funktionierende Beispiele im Unterricht: Setzen wir uns zusammen, tauschen die Erfahrungen aus und gehen mit neuen Möglichkeiten zurück in unsere Klassen!



Inhalt:

- Lernwirksamkeit von Experimenten und Einsatz im Unterricht?
- Etwa ein Dutzend Experimente werden vorgestellt, durchgeführt und diskutiert zu den Themen: Anfangsunterricht, Atombau, Säuren/Basen, Energie, Elektrochemie, Thermodynamik und Quantenchemie.
- Erwünscht ist, dass die Teilnehmenden ein oder mehrere eigene Beispiele vorstellen.

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10.00 bis ca. 15.30).

Wo:

- Gymnasium Biel-Seeland, Gebäude G, Chemieräume

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 8, max. 12

Kosten

- Fr. 80.- für VSN-Mitglieder, Fr. 100.- für Nichtmitglieder, (inkl. Material, Unterlagen und Mittagslunch).
- Bezahlung mit Rechnung per E-Mail nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.

Kursleitung und Auskünfte:

- Klemens Koch, klemens.koch@gbsl.ch, 076 476 38 68

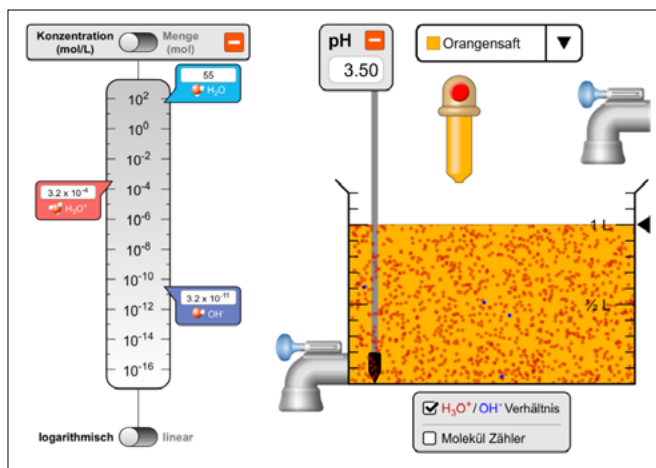
Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/experimente

Simulationen erkunden

Text: Amadeus Bärtsch

16 phet.colorado.edu ist eine wahre Goldgrube für Simulationen. Einfach ist es, gute Simulationen im Unterricht zu zeigen, schwieriger dagegen, dass Schülerinnen und Schüler selbständig mit den Simulationen arbeiten. In diesem Kurs werden Aufträge vorgestellt, die eine angeleitete Erkundung ermöglichen. Anhand konkreter Beispiele wird der Einsatz im Präsenz- und Fernunterricht gezeigt und diskutiert.



Inhalt:

- Ein Beispiel: Die pH-Skala
Die Arbeitsaufträge zur Simulation und die didaktische Umsetzung im Präsenzunterricht und Diskussion
- Didaktische Hinweise auf der Webseite
- Die Sammlung von Arbeitsaufträgen:
Aggregatzustände, Coulomb, Baue ein Atom, Isotope, Partialladungen, Reaktionsgleichungen, Reaktanten, Produkte und Überreste.

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart.

Wo:

- Zoom-Meeting

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen

Kosten

- keine

Kursleitung und Auskünfte:

- Amadeus Bärtsch, amadeus.baertsch@kfr.ch,
079 600 82 49



Anmeldung:

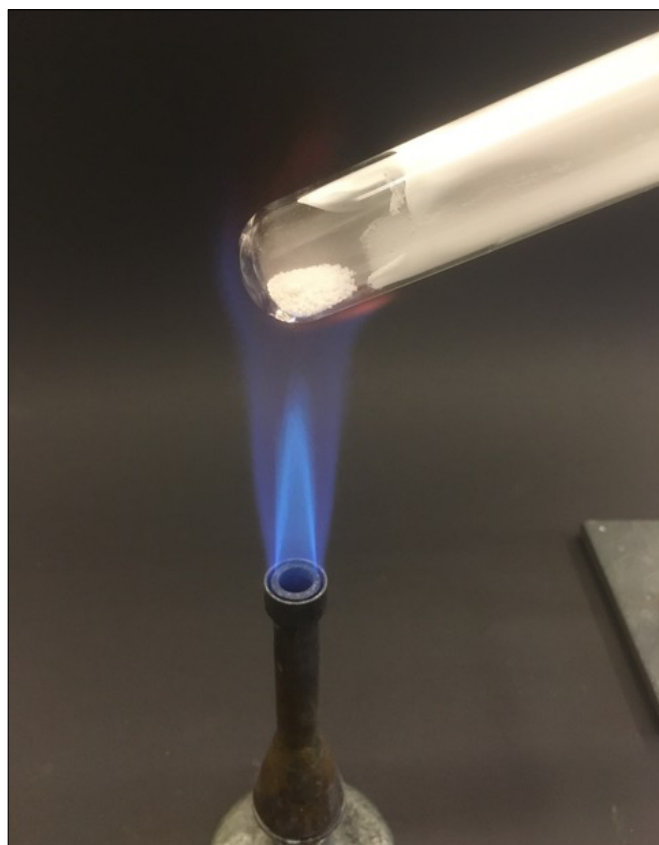
- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/simulationen

Wird es reagieren?

Text und Foto: Hansrudolf Dütsch

Thermodynamik ist mehr als nur die Wissenschaft der Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren. Der zweite Hauptsatz ist einer der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Lehrsätze und die Grundlage für das Verständnis, warum es überhaupt Veränderungen gibt. Er prägt unser gesamtes Verständnis der Welt wie kaum ein anderes Naturgesetz. Besonders interessant und wichtig sind die Anwendungen auf chemische Fragestellungen.

Eine fundierte Behandlung der Thematik darf deshalb in keinem gymnasialen Chemieunterricht fehlen.



Inhalt:

- Es wird eine Unterrichtseinheit vorgestellt, in welcher der erste und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik eine zentrale Rolle spielen.
- Thermodynamische Betrachtung des chemischen Gleichgewichts.
- Anwendungen auf weitere Themenbereiche.
- Interdisziplinäre Ansätze.
- Diskussion verschiedener Möglichkeiten, wie das Thema im Unterricht gestaltet werden kann.

17

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10 Uhr bis 13 Uhr, ev. gemeinsames Mittagessen).
- Der Kurs kann auch extern an der eigenen Schule für eine ganze Fachschaft durchgeführt werden und dauert ca. 3 Stunden.

Wo:

- Kantonsschule Zürich Nord,
Birchstrasse 107, 8050 Zürich, Zimmer 31 (Chemie)

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 8, max. 16

Kosten:

- Fr. 40.- für VSN-Mitglieder, Fr. 60.- für Nichtmitglieder
Bezahlung mit Rechnung per Email nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.
- Als externer Kurs pauschal Fr. 300.-

Kursleitung und Auskünfte:

- Hansruedi Dütsch, h.duetsch@bluewin.ch,
077 401 43 08

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/thermodynamik



Chemie zum Essen: Lebensmittel im Chemieunterricht

Text: Christophe Eckard

18

Warum braucht man, um perfekt knusprige Pommes-Frites aus frischen Kartoffeln zu frittieren, Calciumchlorid? Warum schmeckt lactosefreie Milch süsser als normale Milch und wie wird sie eigentlich hergestellt? Warum schmeckt ein Ei am besten, wenn man es ca. eine Stunde möglichst genau bei 67 °C gart? Was passiert auf Teilchenebene, wenn man Rahm schlägt, bis er zu Butter wird?

Zu verschiedensten Themen des Chemieunterrichts gibt es Experimente mit Lebensmitteln, welche gut zur Theorie passen. Vom kleinen Demonstrationsexperiment bis zu einem grösseren Projekt für eine Spezialwoche ist aus diesem Themenkreis alles denkbar.

Im Kurs werden Sie selbst Experimente zu Lebensmitteln durchführen und verschiedene Prozesse zur Herstellung von Lebensmitteln kennen lernen. Dabei soll auch thematisiert werden, wo und wie diese Experimente in den Theorieunterricht eingebaut werden können.



Inhalt:

- Lactosenachweis in Milchprodukten und Joghurtherstellung
- Emulsionstest und Butterherstellung
- Schokolade ist lipophil: Gerüche einfangen
- Met herstellen und den Zuckergehalt mit dem Refraktometer bestimmen
- Gingerbeer (fermentierte Limonade) herstellen, mit Druckmessung
- Perfekte Pommes-Frites: Calciumchlorid macht den Unterschied
- Denaturierung von Proteinen: Das Onsen-Ei und Paneer herstellen
- Didaktische Hinweise: Zu welchen Unterrichtsthemen passen Experimente aus dem Lebensmittelbereich?

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10.00 bis ca. 15.30).

Wo:

- Kantonsschule Zürich Nord, Birchstrasse 107, 8050 Zürich, Labor 18 (Chemie)

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 6, max. 10

Kosten

- Fr. 80.- für VSN-Mitglieder, Fr. 100.- für Nichtmitglieder. (inkl. Material, Unterlagen und Mittagslunch):
- Bezahlung mit Rechnung per E-Mail nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.

Kursleitung und Auskünfte:

- Christophe Eckard, christophe.eckard@kzn.ch, 079 680 74 82

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/lebensmittel



Flüssige Kristalle? Flüssigkristalle!

Text und Foto: Hansrudolf Dütsch

Flüssigkristalle galten zur Zeit der Entdeckung 1888 durch Friedrich Reinitzer und während vieler Jahrzehnte danach als chemisches Kuriosum ohne praktische Anwendung.

Heute sind Flüssigkristalle jedoch allgegenwärtig und aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Die Entwicklung von Flachbildschirmen mit Hilfe von Flüssigkristallen hat die digitale Revolution erst möglich gemacht.

Umso überraschender ist es, dass Flüssigkristalle in Lehrbüchern oder im Unterricht kaum je thematisiert werden. Die Funktion von Liquid Crystal Displays (LCD) ist wenig bekannt, obwohl diese auf ganz erstaunlichen, einfachen Prinzipien beruht.

Im Kurs werden verschiedenste Aspekte von Flüssigkristallen und Flüssigkristallanzeigen theoretisch und experimentell thematisiert und es wird gezeigt, wie zu diesem Thema eine umfassende Unterrichtseinheit gestaltet werden kann.



Inhalt:

- Geschichtliche Entwicklung
- Theoretische Hintergründe
- Demonstrationsexperimente zu den Eigenschaften von Flüssigkristallen
- Synthese eines Flüssigkristalls
- Bau einer funktionierenden 1-Pixel-Flüssigkristallanzeige
- Didaktische Hinweise
- Alle Experimente können 1:1 durchgeführt werden.

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10.00 bis ca. 15.30)
- Der Kurs kann auch extern an der eigenen Schule für eine Fachschaft (ev. zusammen mit der Physik) durchgeführt werden. Das Programm wird leicht reduziert (ohne Synthese eines Flüssigkristalls) und dauert ca. 3.5 bis 4 Stunden (Halbtag).

Wo:

- Kantonsschule Zürich Nord,
Birchstrasse 107, 8050 Zürich, Zimmer 31 (Chemie)

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 8, max. 12

Kosten:

- Fr. 80.- für VSN-Mitglieder, Fr. 100.- für Nichtmitglieder (inkl. Material, Unterlagen und Mittagslunch):
Bezahlung mit Rechnung per Email nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.
- Als externer Kurs pauschal Fr. 400.-

Kursleitung und Auskünfte:

- Hansruedi Dütsch, h.duetsch@bluewin.ch,
077 401 43 08

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/lc



Go Python!

Text und Bild: Urs Leisinger

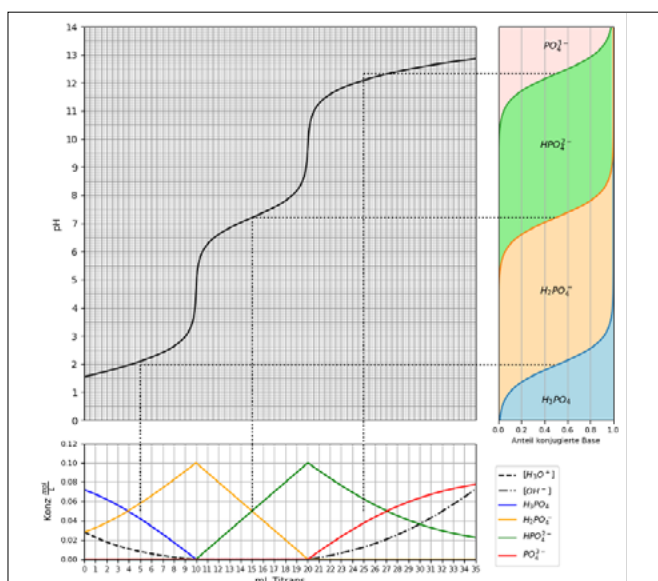
20

Python ist eine einfache und flexible Programmiersprache. Dank vielfältiger Module können kurze Python-Programme sehr viel leisten. Mit Python kann man Dinge berechnen, Grafiken und Animationen erstellen, Filme herunterladen, Dateien verarbeiten, Benutzeroberflächen gestalten, einen einfachen Server betreiben, das Internet durchsuchen, Systeme hacken, Data Science betreiben,... Und nicht zuletzt: Python-Code läuft auf allen wichtigen Betriebssystemen.

Für mich wurde Python aktuell, als sich der Kanton Zug die Schullizenzen für das Mathematikprogramm Maple einsparte und ich schnell eine Alternative brauchte. Mittlerweile habe ich Python als vielseitiges Instrument schätzen gelernt und benutze es zur Unterrichtsvorbereitung, für Schülerprojekte und Maturaarbeiten. Möglich, dass die Lernenden in Zukunft dank dem neuen Fach Informatik das Rüstzeug mitbringen für interessante Pythonprojekte.

Dieser Kurs möchte Chemielehrpersonen dazu animieren, mit Python zu experimentieren. Es wird keine umfassende systematische Einführung in die Python-Programmierung sein, sondern ein beispielbasierter Zugang.

Die Teilnehmenden können sich wahlweise für einen oder mehrere Blöcke anmelden.



Inhalt:

Block 1: Einstieg

- Installation von Python (Anaconda/Spyder) und Modulen
- Einfache Befehle und Programme in Python
- Erstellen einfacher Grafiken mit Matplotlib und Numpy

Block 2: Anwendungen

- Vorstellen von Beispielprogrammen. Diese werden abgegeben, damit die Teilnehmenden selber damit experimentieren und sie weiterentwickeln können, z.B. für:
 - Grafiken, 3D-Grafiken
 - Gleichungssysteme, Fourier-Analyse
 - Arbeiten mit Text-, Excel- oder Bild-Dateien
 - Youtube-Filme herunterladen und umformatieren
 - Animationen

Block 3: Support

- Im Nachgang zum Kurs werden die Teilnehmenden bei Fragen zu Python unterstützt (so gut es geht...).

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10.00 bis ca. 15.30).

Wo:

- Kantonsschule Zug, Lüssiweg 24, 6300 Zug

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt

Kosten

- Pro Block: Fr. 20.- für VSN-Mitglieder, Fr. 25.- für Nichtmitglieder:
- Bezahlung mit Rechnung per E-Mail nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.

Kursleitung und Auskünfte:

- Urs Leisinger, urs.leisinger@bluewin.ch, 043 466 55 30

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/python

Fluoreszenz, Phosphoreszenz und Chemilumineszenz – Ein Workshop

Text: Martin Zysset, Thomas Loosli

Foto: Hansrudolf Dütsch

In unserem Workshop lernen Sie Experimente zu den genannten Themen kennen und führen sie selber durch. Es handelt sich dabei grösstenteils um Versuche, die auch von Schüler*innen durchgeführt werden können. Der Workshop wendet sich an Kolleg*innen, die noch wenig oder keine Erfahrung auf dem Gebiet haben.



Inhalt:

- Kurze theoretische Einführung
- fluoreszierende Stoffe aus dem Alltag und Minerale
- Synthese von Fluorescein
- fluoreszierender Springbrunnen
- Herstellung phosphoreszierender Verbindungen
- Chemolumineszenz (Singulett-Sauerstoff, oszillierende Reaktionen, Teebeutel)

21

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den Teilnehmer*innen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 14.00 bis ca. 17.00)

Wo:

- Gymnasium Lerbermatt, Kirchstrasse 64, 3098 Köniz, Zimmer W-111 (Chemie)

Teilnehmer*innen:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 6, max. 12

Kosten:

- Fr. 40.- für VSN-Mitglieder, Fr. 60.- für Nichtmitglieder
Bezahlung mit Rechnung per Email nach Bestätigung der Kursanmeldung/-durchführung.

Kursleitung und Auskünfte:

- Martin Zysset, martin.zysset@lerbermatt.ch
- Thomas Loosli, thomas.loosli@lerbermatt.ch

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn.ch/kurse/fluoreszenz



Neuigkeiten aus Biologie, Chemie und anderen Wissenschaften

Texte: Klemens Koch

Raps-Transkriptom in Aufklärung

22

Ein Forscherteam der Chinese Academy of Agricultural Science in Wuhan, China, hat etwa ein Drittel der über 100'000 Raps Gene einem der beiden Subgenome zugeordnet. Raps, *Brassica napus*, ist allopolyploid mit zwei Chromosomensätzen, von je einem der beiden Hybridisierungs-«Eltern» *Brassica rapa* und *Brassica oleracea*. Mit einer **RNA-Sequenzierung der Transkripte** konnten auch gewebespezifische Expressionsmuster kartiert werden. Damit kann das Genom auch leichter gezielt verändert werden.

Nachrichten aus der Chemie, Oktober 2020, p 67.

Plant Journal 2020, 103(2), 843,

<https://doi.org/10.1111/tpj.14754>.

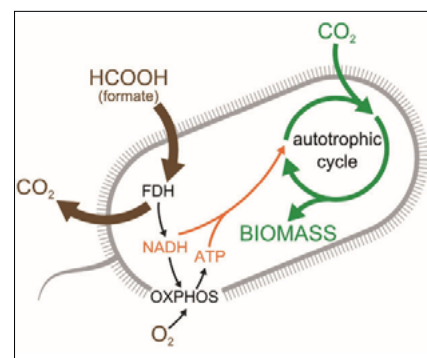


Heterotrophe *E. coli* werden durch Engineering und Laborevolution autotroph

E. coli sind als heterotrophe Lebensform auf Kohlenhydrate als Energie- und Kohlenstoffquelle angewiesen. Durch metabolisches Engineering und Laborevolution wurde er nun in einen autotrophen Organismus verwandelt, der seine Biomasse aus CO_2 bezieht und Formiat als Quelle für Reduktionsäquivalente nutzt. Formiatdehydrogenase stellt NADH für die ATP-Synthese in der Atmungskette bereit, und ein metabolischer Zyklus basierend auf Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase (RuBisCO) verwendet NADH und ATP, um CO_2 zu fixieren. Nach 200 Tagen Evolution mit abnehmender Kohlenhydrat-Zufuhr baute *E. coli* die gesamte Biomasse aus CO_2 auf. Damit könnten komplexe Chemikalien CO_2 -neutral produziert werden.

HK Cell 2019, 179 (6), 1255.

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.11.009>



Cyanobakterien produzieren Öl

Bislang wurde die Fähigkeit, Öl zu produzieren, Pflanzen zugeschrieben. Nachdem nun die Synthese auch bei Cyanobakterien («Blualgen») entdeckt und ein Gen für eine Acyltransferase gefunden wurde, das dem in Pflanzen wie Raps ähnelt, wird angenommen, dass ein Teil der Ölsyntheseapparates in den Chloroplasten der Pflanzen entwicklungsgeschichtlich aus Cyanobakterien stammen könnte. Cyanobakterien sind aber sonst näher mit *E. coli* verwandt als mit einem Olivenbaum!

Nachrichten aus der Chemie, Oktober 2020, p 67.

Proc. Nat. Acad. Sci. March 17, 2020 117 (11) 6216.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1915930117>



Trendberichte Chemie und Chemiedidaktik

Die Zeitschrift «Nachrichten aus der Chemie» der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) veröffentlicht jedes Jahr Trendberichte mit aktuellen Entwicklungen in Anorganischer, Organischer, Physikalischer, Technischer, Theoretischer, Makromolekularer, Festkörper- und Biochemie. Im Trendbericht Chemiedidaktik wird über Digitalisierung oder Science-Outreach-Projekte sowie deren Möglichkeiten für die experimentell-konzeptionell und die empirisch arbeitende Didaktik und ihre Zusammenarbeit berichtet.

Nachrichten aus der Chemie, Dezember 2020, p 37

Trendberichte 2020: Nachrichten aus der Chemie (wiley.com)

(Zugriff 28.12.20)



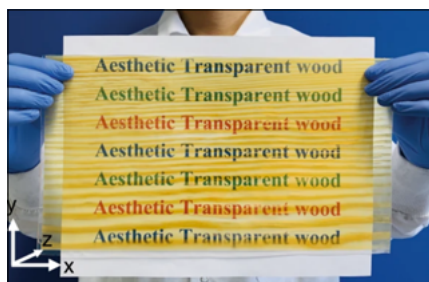
Überkritisches Wasser macht keine H-Brücken, sondern vdW-Interaktionen

Wasser über dem kritischen Punkt ($T > 374,12^{\circ}\text{C}$ und $p > 22,1 \text{ MPa}$) ist weder flüssig noch gasförmig bzw. sowohl flüssig wie gasförmig und besitzt völlig andere Eigenschaften als unter Normalbedingungen. Ab initio-Rechnungen und experimentelle Belege zeigen, dass die Reorientierung der Moleküle im Vergleich zur H-Brückenschwingung so schnell ist, dass die H-Brücken sich nicht ausbilden können. Dagegen werden isotrope van der Waals-Kräfte wichtig. So hat überkritisches Wasser andere Löseeigenschaften als Wasser bei Normalbedingungen. Das ist wichtig in der Technik aber auch in der Natur bei hydrothermalen geologischen Vorgängen, z. B. schwarzen Rauchern und hydrothermalen Gängen, wo Mineralien wie Quarz abgeschieden werden.

Nachrichten aus der Chemie, November 2020, p 48.

Angew. Chem. 42/2020.

<https://doi.org/10.1002/ange.202011869>



Transparentes Holz

Durch selektives Lösen von Lignin und Infiltration mit Epoxidharz konnte durchsichtiges Holz hergestellt werden. Das preisgünstige, robuste und leichte Material wird als Baustoff geprüft. Er ist wärmeisolierend und hält UV-Strahlen auf.

Nachrichten aus der Chemie, Oktober 2020, p 44.

Nat Commun 11, 3836 (2020)

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-17513-w>



24

Weisser Farbanstrich gegen Hitze und Klimaerwärmung

Vor allem in heißen Ländern sind Häuser weiss gestrichen, das sorgt für starke Reflektion der Strahlung und Kühle. Eine neuer Farbanstrich aus Nano-Kalkpartikeln eingebettet in Polyacryl schafft eine Kühlleistung von ca. 37 W/m², so dass eine Oberfläche sogar in der Mittagshitze bis 1.7°C unter der Umgebungstemperatur bleibt. Die Kalkpartikel haben eine Größenverteilung im Bereich 250 bis 2500 nm und reflektieren deshalb auch diese Wellenlängen im Sonnenlichtspektrum besonders gut. Gesamthaft wird 95.5% der eingestrahnten Strahlung reflektiert. Dazu kommt die Abstrahlung: Polyacryl ist im Bereich der Wärmestrahlung von 8 bis 14 Mikrometern transparent. Im selben Bereich ist auch die Atmosphäre durchlässig, so geht die Wärmestrahlung ungehindert ins Weltall.

Xiangyu Li et al, *Cell Reports Physical Science*, 1, 10, October 2020,

<https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2020.100221>

<https://www.n-tv.de/wissen/Neue-Farbe-kuhlt-sogar-bei-Mittagshitze-article22119198.html> (26.10.20)

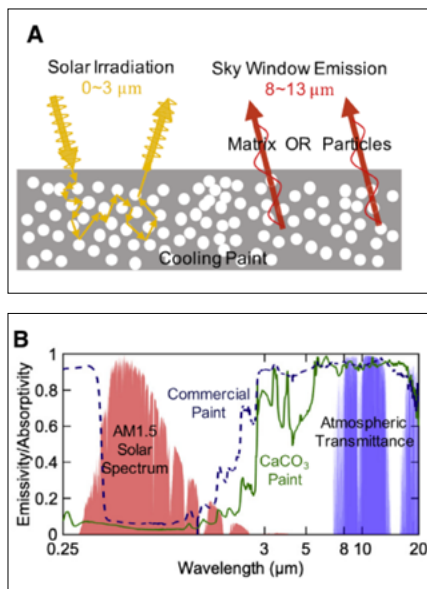


Abb. 1: A Reflektion des Lichts und Emmission der Wärmestrahlung. B Spektrenvergleich zwischen herkömmlicher und Kalkfarbe

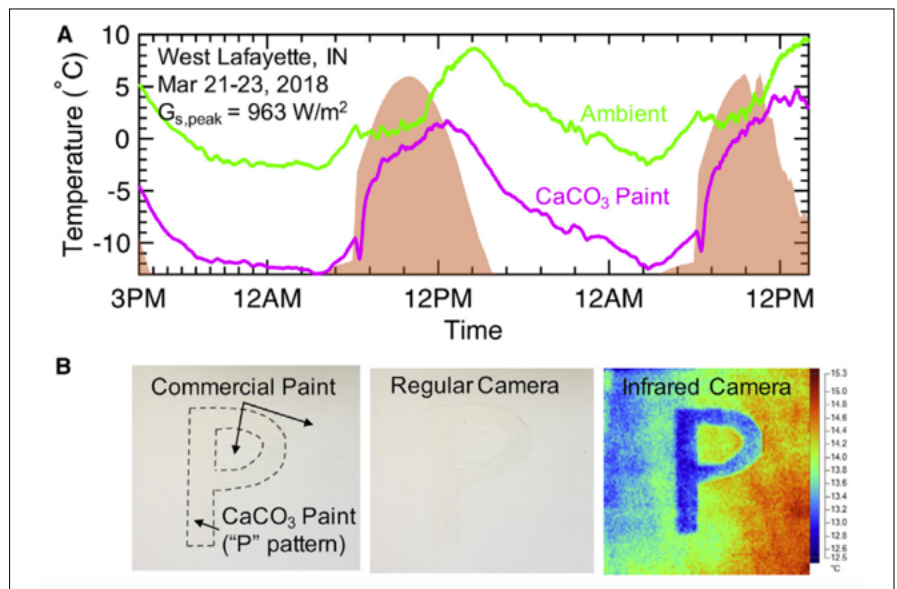
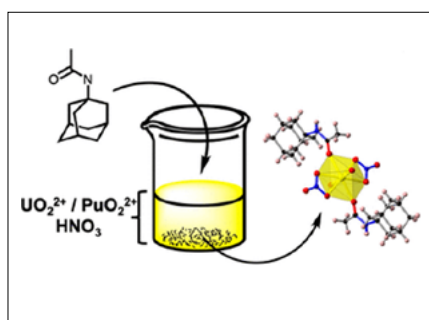


Abb. 2: Ein «P» mit dem neuen Farbanstrich (links und Mitte mit normaler Fotokamera aufgenommen) zeigt bei einer Temperaturmessung mit der Infrarotkamera eine tiefere Temperatur als die mit gewöhnlicher weisser Farbe bestrichene Umgebung.

Uran und Plutonium aus Abwasser quantitativ entfernen



Mit der Kerntechnik und zunehmend mit dem Rückbau von Kernkraftwerken rückt Radiochemie und die Behandlung von Abwässern in den Fokus. Uran- und Plutonium (VI) in Uranyl UO_2^{2+} kann in sauren salpetersäurehaltigen Abwässern selektiv durch Komplexierung mit N-(1-adamtyl)acetamid zu mindestens 99% gefällt und später durch Pyrolyse wieder freigesetzt werden. Uran (VI) wird dabei achtfach in einer hexagonal-bipyramidalen Geometrie von Sauerstoffatomen der Liganden koordiniert $(\text{UO}_2)(\text{N}-(1\text{-adamtyl})\text{acetamid})_2(\text{NO}_3)_2$.

Inorg. Chem. 2020, 59, 16, 11459

<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c01258>



Neues pyrotechnisches Polymer mit «explosivem Rückgrat»

Ein neuartiges Polymer mit vier aufeinanderfolgenden N-Atomen als trans-2-Tetrazen-Einheiten (-NR-N=N-NR-Linker-)_n, mit organischen Resten R und einem durch Polykondensation verbundenen Diamin-Diol-Linker hat Zersetzungsenergien von 1790 kJ/kg (zum Vergleich TNT 3725 kJ/kg) und kann auch wieder depolymerisiert, also recycelt, werden. Im Unterschied zu anderen polymeren Explosivstoffen ist die Energie in der Polymerkette und nicht in den Seitengruppen gespeichert. Es wird als Treibstoff für Weltraummissionen geprüft.

Nachrichten aus der Chemie, November 2020, p 47,

Angew. Chem. In. Ed. 2020,

<https://doi.org/10.1002/anie.202008562>



Alter Whisky im Isotopentest

2018 wurde eine Flasche 1926er Macallan Whisky für 848'750 £ verkauft. Kein Wunder, dass bei Auktionen zunehmend gefälschte Whiskys auftreten. Mit einer Isotopenanalyse der C-14 Gehalte im Ethanol kann nun das Alter bestimmt werden. Seit 1950 liefern die oberirdischen Kernwaffentests charakteristische C-14-Gehalte. Die Kalibrationskurve wurde mit Whiskys der Jahrgänge 1950 bis 2015 erstellt. Sie zeigt deutlich die erwartete, etwa einjährige Verschiebung vom Wachstum zum Destillationszeitpunkt gegenüber den atmosphärischen C-14 Werten. Doppeldeutigkeiten lassen sich über die C-12/C-13-Isotopie auflösen.

Nachrichten aus der Chemie, April 2020,

Radiocarbon, February 2020, p. 51.

<https://doi.org/10.1017/RDC.2019.153>



Redox am Bau

Text: Hansrudolf Dütsch

26

Beton weist eine hohe Druckfestigkeit, aber nur eine geringe Zugfestigkeit auf. Deshalb müssen Betonkonstruktionen praktisch immer durch Stahlstäbe (Armierung, Bewehrung), welche die entstehenden Zugkräfte aufnehmen können, verstärkt werden.

Armierter Beton hat jedoch viele Feinde: Sauerstoff, Wasser, Kohlendioxid und Chloridionen sind die Wichtigsten. Sie können zu gravierenden Beschädigungen des Bauwerks wie Abplatzungen oder gar zur Verminderung der Tragfestigkeit führen.

Carbonatisierung durch CO_2

Im Beton herrscht durch den Gehalt an Calciumhydroxid ein stark alkalisches Milieu, in dem das Eisen durch eine stabile Passivierungsschicht aus Eisenoxiden praktisch vollständig vor Korrosion geschützt ist.

Kohlendioxid aus der Luft dringt jedoch im Laufe der Zeit durch Diffusion zunehmend in den Beton ein. Mit vorhandener Feuchtigkeit bildet sich Kohlensäure, die mit Hydroxid-Ionen reagiert und zur Bildung von Calciumcarbonat führt. Dieser Vorgang wird als Carbonatisierung bezeichnet.

Durch die Reaktion von Hydroxid-Ionen mit Kohlensäure sinkt der pH-Wert von ca. 12.5 auf Werte deutlich unter 10. Sobald die Carbonatisierung die Bewehrung erreicht hat, löst sich die Passivierungsschicht auf und das Eisen ist nun grossflächig der Korrosion durch Sauerstoff und Wasser ausgesetzt.

Je nach Überdeckungsstärke der Bewehrung mit Beton, der Porosität und des Alkaligehalts des Betons variiert die Geschwindigkeit der Carbonatisierung stark. Unter ungünstigen Bedingungen kann die Carbonatisierung bereits nach etwa 10 Jahren die Bewehrung erreichen. An Bohrkernen kann das Ausmass der Carbonatisierung durch Besprühen mit Phenolphthalein-Lösung ($\text{pK}_s = 9.7$) einfach ermittelt werden (Abb. 1).

Chlorid-Ionen als Korrosionsursache

Chlorid-Ionen aus dem Einsatz von Streusalz sind in der Lage, die Passivschicht auf der Bewehrung lokal zu zerstören. Diese Gefahr besteht vor allem auf Brücken und in Parkhäusern, wo im Schmelzwasser gelöste Chlorid-Ionen in den Beton eindringen und bis zur Bewehrung gelangen. Dort werden Oxid-Ionen durch Chlorid-Ionen verdrängt, wodurch sich die Passivierungsschicht auflöst. Dadurch entstehen lokale Bereiche, in denen die Bewehrung nicht mehr geschützt ist. Diese Stellen bieten einen Angriffspunkt für Lochfrasskorrosion, bei der dann beträchtlicher Schaden entstehen kann (Abb. 2).

Die Messung der Chlorid-Ionenkonzentration stellt deshalb ein wichtiges Instrument zur Untersuchung von korrosionsgefährdetem Beton dar. Aus Bohrmehl aus verschiedenen Tiefen oder aus gemahlene Bohrkernen werden mit Salpetersäure die Chlorid-Ionen herausgelöst und nach einer



Abb. 1: Prüfung der Carbonatisierung mit Phenolphthalein. Die Korrosion im carbonatisierten Bereich (farblos) ist deutlich erkennbar



Abb. 2: Lochfrass an einem Armierungseisen.

Farbreaktion mit $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ und Fe^{3+} -Ionen fotometrisch als $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ nachgewiesen. In stark belastetem Beton liegt die Konzentration an Chlorid-Ionen im Bereich von mehreren Gewichtsprozenten. Die Chlorid-Bestimmung ist jedoch eine zerstörende Methode und sehr aufwändig, um grossflächige Bauwerke engmaschig zu untersuchen.

Potentialmessung

Wesentlich einfacher und schneller kommt man der Korrosion mit elektrochemischen Methoden auf die Spur.

Wenn ein Bewehrungsstahl korrodiert, entstehen Eisen(III)-Ionen. Diese bilden zusammen mit dem Eisen eine elektrochemische Halbzelle. Das Potential dieser Halbzelle ist nach der Nernst-Gleichung von der Konzentration der Eisen-Ionen, d.h. von der aktuellen Korrosionsaktivität abhängig. Mit einer Referenzelektrode mit konstantem Potential (meist Kupfer / Kupfersulfat) kann nun die befeuchtete Betonoberfläche in einem Raster abgetastet oder mit Radelektroden abgefahren und die Potentialdifferenz (Spannung) gemessen werden (s. Abb. 3 und 4). Solche Messungen erlauben eine rasche, zerstörungsfreie Lokalisierung von Bereichen, in denen Korrosion stattfindet.

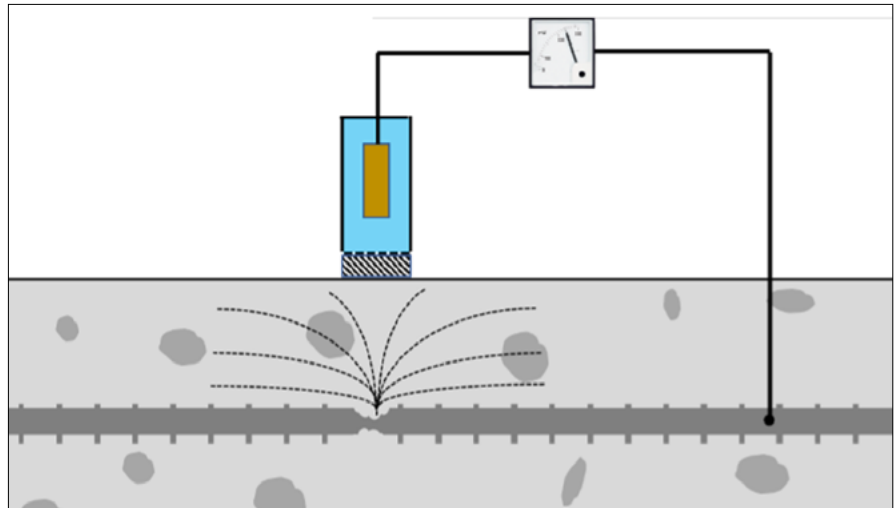


Abb. 3: Prinzip der Potentialmessung mit einer Cu/CuSO₄-Elektrode.



Abb. 4: Potentialmessung mit 4 Radelektroden.

Redox am Bau
(Fortsetzung)

28

In Abb. 5 ist die Untersuchung einer Parkfläche im Parkhaus 2 am Flughafen Zürich dargestellt. Die Potentialmessungen zeigen deutlich, dass die Korrosion im Bereich der Zufahrt, sowie im Bereich der Lifte (oben), wo die Parkflächen besonders intensiv genutzt werden, stärker ausgeprägt ist als im übrigen Bereich. Erkennbar ist zudem starke Korrosion entlang der Verbindungslinie D-D. Sie wurde verursacht durch Pfützenbildung, wo (salzhaltiges) Wasser längere Zeit liegen geblieben und in den Beton eingedrungen ist.

Im Bereich des Fussgängerwegs ist die Korrosion auffallend schwach. Das ist plausibel, weil der Weg vollflächig mit Farbe markiert ist, welche den Beton wirkungsvoll vor Korrosion schützt. Gleichzeitig wird an diesem Beispiel ersichtlich, wie gut die Methode mit hoher Auflösung funktioniert.

Die Potentialmessungen werden normalerweise durch Messungen der Chlorid-Belastung und Freilegungen der Armierungseisen an ausgewählten Stellen ergänzt. An der markierten Stelle A in Abb. 5 zum Beispiel beträgt die Chlorid-Ionen Konzentration in 40

mm Tiefe 2.1%. Die Überdeckung der Armierungseisen mit Beton ist hier mit 17 mm wesentlich dünner als die durchschnittlichen 30 bis 70 mm in der übrigen Betonplatte. Beides erklärt die ausgeprägte Korrosionsaktivität mit einem Potential zwischen 500 und 600 mVolt.

Zerstörungsfreie Potentialmessungen können mit vergleichsweise einfachem Instrumentarium auch grossflächig und schnell durchgeführt werden. Sanierungen von Betonbauten können damit gezielt optimiert werden. Die Menge an Beton, die durch aufwändiges Hochdruckwasserstrahlen abgetragen werden muss, kann wesentlich reduziert werden, was auch die Sanierungskosten drastisch senkt.

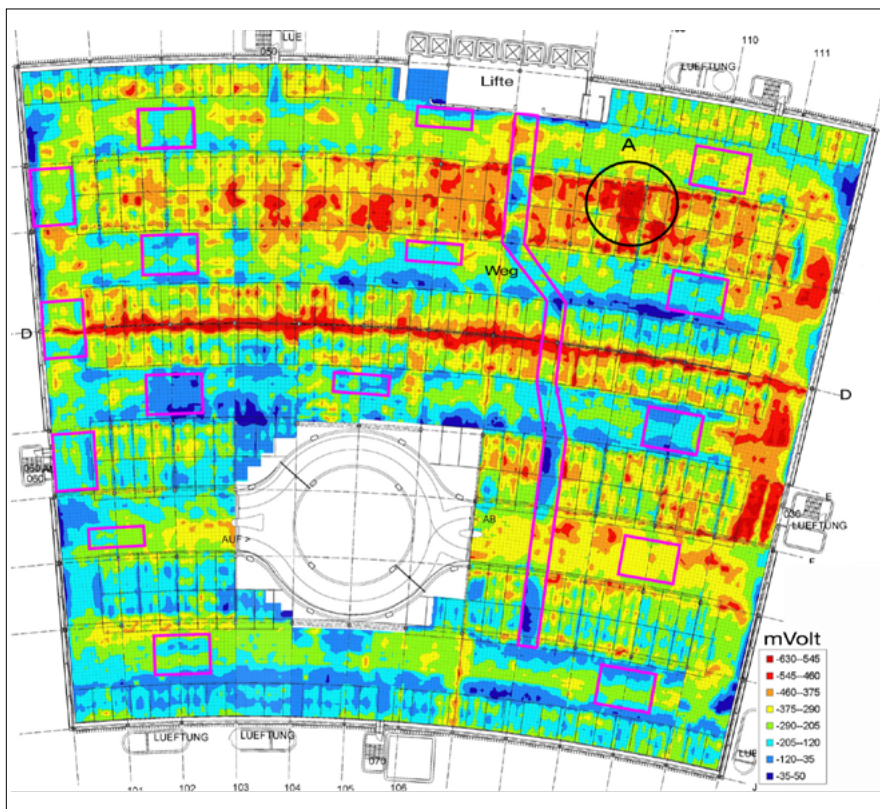


Abb. 5: Grafische Darstellung der Potentialmessung auf einem Parkdeck im Flughafen Zürich.

Literatur

[1] <https://www.mt-qualitest.ch>,
Potentialmessung



[2] Cementbulletin 66 (1998), Instandsetzung von Stahlbetonbauten: Potentialmessungen, <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=cem-001:1998:66::134> (2.2021)



Fernunterricht in Chemie während der Schulschliessung am Gymnasium St. Antonius Appenzell

Text und Fotos: Jonas Schönle

Zur Ausgangslage: An unserer Schule hat man sich für einen Fernunterricht nach Stundenplan entschieden. Dies bedeutete, dass jede Lehrperson die im Stundenplan vorgesehenen Lektionen zur Verfügung hatte. Es wurde uns freigestellt diese Lektionen als Liveunterricht oder mit Arbeitsaufträgen zu gestalten.

Als Onlineplattform für den Liveunterricht, die Bereitstellung von Materialien und Aufgaben sowie für die Kommunikation mit den Schüler*innen nutzten wir Microsoft Teams. Microsoft Teams war in unserem Kanton bereits vor dem Lockdown eingerichtet, wurde aber an unserer Schule nur von wenigen Lehrpersonen verwendet.

Am Wochenende nach Bekanntgabe der Schulschliessung haben wir für jede Klasse ein Teams eingerichtet und darin für jedes Fach einen Kanal. Mitglieder im jeweiligen Team waren die SuS der Klasse und alle unterrichtenden Lehrpersonen. Separate Teams wurden für die Schwerpunktfächer und die Ergänzungsfächer sowie Wahlpflichtfächer eingerichtet. Während den ersten drei Tagen des Fernunterrichts fand kein Unterricht statt, in dieser Zeit wurden alle Lehrpersonen auf Microsoft Teams und Forms ausgebildet. Weiter hatten wir Zeit, um unseren Fernunterricht zu planen und vorzubereiten. Auch die Schüler*innen bekamen eine Anleitung für Teams und am Mittwoch mussten sie ihre Infrastruktur testen.

Wie die meisten meiner Kolleg*innen entschied ich mich für eine Mi-

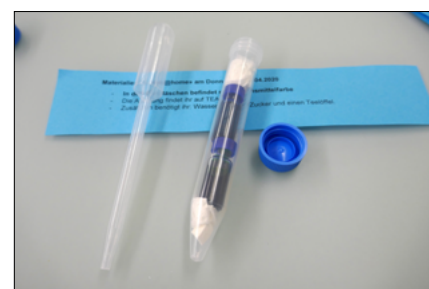
schung aus Livelektionen und Arbeitsaufträgen. Die Unterrichtssequenzen im Videochat startete ich jeweils direkt mit einem Kahoot!-Quiz, so konnte ich die Anwesenheit kontrollieren, den Lernerfolg der letzten Lektionen abschätzen und alles mussten sich aktiv beteiligen. In jeder Klasse wurde eine Gesamtrangliste geführt und nach der Wiedereröffnung der Schulen wurden kleine Preise vergeben. Der Rest der Livelektionen war in der Regel eher lehrerzentriert. Aufgaben wurden besprochen oder neuer Stoff erklärt.

Die Aufträge für die von uns als «Offline-Lektionen» bezeichneten Unterrichtsstunden waren sehr vielfältig. Ich habe auch vieles ausprobiert. Von gewöhnlichen Aufgaben oder Leseaufträgen über Videos von Experimenten welche sie interpretieren sollten, bis zu kleinen Experimenten für zuhause oder virtuellen Experimenten. Während diesen Lektionen ohne Livechat war immer ein «Fragechat» offen, d.h. die Schüler*innen konnten sich bei Bedarf einloggen und mir ihre Fragen stellen. Dies wurde rege genutzt.

Die Experimente für zuhause wurden von den Schüler*innen als willkommene Abwechslung gesehen. So mussten z.B. die pH-Werte von Lebensmitteln, Reinigungsmitteln, Pflegeprodukten u.s.w. mithilfe von zugesendeten pH-Streifen gemessen werden. Für jede Messung wurde eine PowerPoint-Folie gestaltet, mit 600 Messungen wurden 291 unterschiedliche Produkte untersucht. Ein anderer Jahrgang machte zuhause Experi-

mente zur Dichte und Löslichkeit. Neben Produkten aus der Küche benötigten sie auch ein Kunststoff Reagenzglas (also eigentlich ein FalconTube), eine Pipette und Lebensmittelfarbe. Dazu sendeten wir ihnen ein kleines Set zu. Ein Beispiel: Das Reagenzglas wird mit ca. 7 mL Wasser gefüllt und mit einigen Tropfen Lebensmittelfarbe eingefärbt. Das Wasser wurde mit 2 mL Speiseöl überschichtet und ein Stückchen einer Brausetablette dazugegeben. Die SuS hatten nun den Auftrag die Vorgänge genau zu beobachten und zu deuten.

Wegen den guten Erfahrungen welche ich während dem Fernunterricht gemacht habe, habe ich die Möglichkeit Aufgaben und Aufträge über Teams einzufordern und ab und zu eine Lektion mit einem Kahoot!-Quiz zu starten, im aktuellen Präsenzunterricht übernommen.



Atommassen

Lösung zum «Wer weiss es?» aus dem c+b 2/2020

Text: Hansrudolf Dütsch

30 Von den rund 100 Elementen sind 22 Reinelemente, die aus einem einzigen Isotop bestehen. Das sind zum Beispiel Fluor, Natrium, Aluminium, Phosphor, Iod, etc. Die Zusammensetzung dieser Elemente ist absolut konstant und entsprechend ist die Atommasse auf bis zu 10 Nachkommastellen genau bekannt, z.B. ist $m(\text{Na}) = 22,989769282 \text{ u}$.

Die meisten Elemente sind aber Mischelemente, d.h. ein Gemisch mehrerer stabiler oder radioaktiver Isotope. Zinn hält den Rekord mit 10 stabilen Isotopen. Die Atommasse eines Mischelements wird als mit der Häufigkeit gewichtetes arithmetisches Mittel der Atommassen der Isotope berechnet. Paradoxe Weise gibt es in einem Mischelement also kein einziges Atom, das eine Masse hat, die der angegebenen Atommasse entspricht.

Für etliche Elemente variiert jedoch die Bandbreite der Isotopenzusammensetzung auf der Erde mehr oder weniger, was eine sehr genaue Angabe der Atommasse unmöglich macht, obwohl die Masse der einzelnen Isotope sehr genau bekannt ist.

Besonders ausgeprägt ist dies bei Blei. Natürlich vorkommendes Blei besteht im Mittel zu etwa 52,4 % aus dem Isotop ^{208}Pb , zu etwa 22,1 % aus ^{207}Pb , zu etwa 24,1 % aus ^{206}Pb und zu etwa 1,4 % von ^{204}Pb . Die ersten drei Isotope sind stabil, ^{204}Pb ist radioaktiv, allerdings mit einer Halbwertszeit von ca. 10^{17} Jahren. Die stabilen Isotope sind Endprodukte von drei verschiedenen Zerfallsreihen:

Uran-Radium-Reihe	^{238}U	...	^{206}Pb
Uran-Actinium-Reihe	^{235}U	...	^{207}Pb
Thoriumreihe	^{232}Th	...	^{208}Pb

Durch diese Zerfallsreihen kommt es dazu, dass das Verhältnis der Bleiisotope in einer isolierten Probe zeitlich nicht konstant ist. Dies kann zur Altersbestimmung genutzt werden. Diese ist auf Grund der langen Halbwertszeiten der Uran- und Thoriumisotope im Gegensatz zur Radiokarbonmethode mit ^{14}C besonders zur Datierung von Millionen Jahre alten Proben, zum Beispiel Gesteinen, geeignet. Ausserdem führt der Effekt zu unterschiedlicher Isotopenzusammensetzung im Blei aus verschiedenen Lagerstätten. Das Verhältnis einzelner Bleiisotope kann zum Herkunfts-

nachweis von Bleigegegenständen verwendet werden. Das hat andererseits aber zur Folge, dass sich Blei unterschiedlicher Herkunft in der Atommasse unterscheidet. Eine genaue Angabe der Atommasse ist deshalb nur sinnvoll, wenn auch die Herkunft, bzw. die genaue Isotopenzusammensetzung bekannt ist.

Ein anderes Beispiel ist Schwefel. In natürlichem Schwefel findet man vier stabile und ein radioaktives Isotop:

Isotop	Anteil in %	Atommasse in u	$t_{1/2}$
^{32}S	94.41 – 95.29	31,972071174	stabil
^{33}S	0.729 – 0.797	32,971458910	stabil
^{34}S	3.96 – 4.77	33,9678670	stabil
^{35}S	Spuren	34,96903232	87.3 d
^{36}S	0.0129 – 0.0187	35,967081	stabil

Quelle: <https://www.internetchemie.info/chemische-elemente/atommassen.php>

Durch die Schwankungen der Isotopenzusammensetzung des natürlichen Schwefels variiert die Atommasse zwischen 32,059 und 32,076 u. Häufig wird in Tabellen die Atommasse mit 32,065 u angegeben, was unter Berücksichtigung der unsicheren Zusammensetzung aber bereits eine zu genaue Angabe ist.

Wer weiss es?

Unter diesem Titel soll in jedem c+b eine Frage mit interessantem chemisch-didaktischen Hintergrund aufgeworfen und beantwortet werden. Beiträge für zukünftige Hefte sind willkommen.

Eine **pH-Pufferlösung** kann man auf verschiedene Arten herstellen: Man legt zum Beispiel die Pufferbase vor und gibt bei gleichzeitiger pH-Messung solange Puffersäure zu, bis der pH den gewünschten Wert erreicht hat.

Eleganter ist allerdings die Berechnung der benötigten Stoffmengen mit Hilfe der Puffergleichung:

$$\text{pH} = \text{pK}_s + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Für die Herstellung eines Puffers mit pH = 7.00 und der Verwendung von $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ / $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (H_2PO_4^- mit $\text{pK}_s = 7.2$) ergibt die Berechnung, dass Pufferbase und Puffersäure im Molverhältnis 0.63 : 1, bzw. im Massenverhältnis 1.12 : 1.38 in Wasser gelöst werden müssen. Beispiel: 6.90 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ und 5.61 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in 100 mL Wasser lösen.

Die Überprüfung mit einem geeichten pH-Meter ergibt allerdings, dass der pH-Wert dieser Lösung nicht wie berechnet 7.00, sondern 6.51 ist.

Woher kommt diese grosse Abweichung?

Auflösung und Hintergründe zum Thema folgen im nächsten c+b.

Eine irisierende Kupferschicht

Text und Fotos: Tilmann Geldbach

32

Das folgende Experiment eignet sich als sehr schnelles Praktikum, zum Beispiel als Abschluss im Themenkreis Redox- oder Elektrochemie. Es handelt sich hierbei um eine Variation der bekannten stromlosen Reduktion von Kupfer(II)-Ionen an einer Eisenoberfläche, welche sonst typischerweise mit einem Eisennagel in einem Reagenzglas demonstriert wird.

Benötigt wird ein Plättchen aus unverzinktem Stahlblech (0.5 mm Dicke, Baumarkt), eine schwefelsaure Kupfersulfat-Lösung sowie eine geeignete Vorlage, welche auf das Plättchen aufgeklebt werden kann. Das Vorgehen lässt sich in folgende Schritte unterteilen:

- Falls nötig die Oberfläche mit 600er Nassschleifpapier oder Stahlwolle polieren; Oberfläche anschliessend mit etwas Aceton abreiben
- Motiv auswählen und idealerweise mit einem Schneideplotter aus einer selbstklebenden Folie ausschneiden (Genügend gute Schneideplotter sind für Fr. 300-500.- erhältlich, Software ist sehr einfach zu bedienen)
- Schwefelsaure Kupfersulfat-Lösung mit einem Wattestäbchen auftragen. Hierbei darauf achten, dass die Kupferschicht möglichst dünn bleibt – kurz über das Eisen wischen reicht völlig aus. Dicke Schichten neigen dazu, abzuplatzen. Bewährt hat sich eine Lösung mit folgender Zusammensetzung:
 - 25 g Kupfer(II)-sulfat Pentahydrat,
 - 10 g Schwefelsäure,
 - 10 g Ethanol und 200 mL Wasser
- Plättchen mit Wasser abspülen und die Folie entfernen

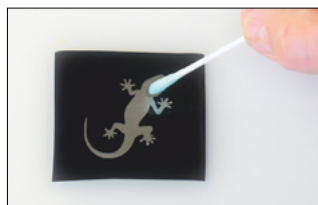
Nun liegt das Motiv als leuchtende Kupferschicht vor und man könnte den Versuch an dieser Stelle beenden.



Farblich interessanter wird es aber, wenn man nun die Schicht für kurze Zeit mit einem Heissluftföhn oder einem Bunsenbrenner (Plättchen auf eine Ceran-Platte legen) stark erhitzt. Hierbei bildet sich schwarzes Kupfer(II)-oxid und rotbraunes Kupfer(I)-oxid. Da die Schicht einerseits sehr dünn ist, andererseits aber keine gleichmässige Schichtdicke besitzt, lassen sich die verschiedensten Regenbogenfarben hervorrufen – vergleichbar einem Ölfilm auf Wasser. Allerdings darf man auf keinen Fall zu lange erhitzen, da sonst die Schicht plötzlich nahezu farblos erscheint. Sollte dies passieren, muss man das Plättchen neu polieren und wieder von vorne beginnen.

Gegebenenfalls kann man das Plättchen noch mit Klarlack versiegeln. Hierbei aber unbedingt vorher testen, ob die Inhaltsstoffe nicht das Kupferoxid wieder zum Kupfer reduzieren können, wodurch die Farbeffekte zumindest teilweise wieder verloren gehen würden.

Klebt man hinten noch einen Magneten an, so erhält man innerhalb weniger Minuten einen Halter für die Pinnwand, Kühlschrank etc. Da nur minimale Mengen an Kupfersulfat-Lösung benötigt werden, lässt sich dieses Experiment auch im normalen Klassenzimmer durchführen – nur für den letzten Schritt braucht es eventuell ein Praktikumszimmer.



Emulsionstests mit Kurkuma

Text und Fotos: Tilmann Geldbach

In der Kosmetik und in Lebensmitteln anzutreffende Emulsionen lassen sich typischerweise in zwei Gruppen einteilen: Wasser-in-Öl (W/O) Emulsionen und Öl-in-Wasser (O/W) Emulsionen.

Als innere Phase bezeichnet man jene Phase, welche die dispergierten Tröpfchen bildet, während die äussere Phase jene Flüssigkeit ist, in welcher die Tröpfchen schwimmen. Bis zu einem Phasenvolumenverhältnis von 30% innerer Phase zu 70% äusserer Phase hängen die Eigenschaften der Emulsion überwiegend von der äusseren Phase ab.

Ob es sich bei der äusseren Phase um eine hydrophile oder eine lipophile Flüssigkeit handelt, lässt sich durch das Verhalten eines Gemischs aus lipophilem und hydrophilem Farbstoff feststellen. Die Emulsion färbt sich in der Farbe, welche durch das Lösen des Farbstoffs in der äusseren Phase hervorgerufen wird.

Ein bewährtes Farbstoff-Paar hierfür ist ein Gemisch aus Sudanrot (lipophil) und Methylenblau (hydrophil). Allerdings gilt Sudanrot als möglicherweise karzinogen, was die Verwendung dieser Substanz im Schülerpraktikum stark einschränkt.

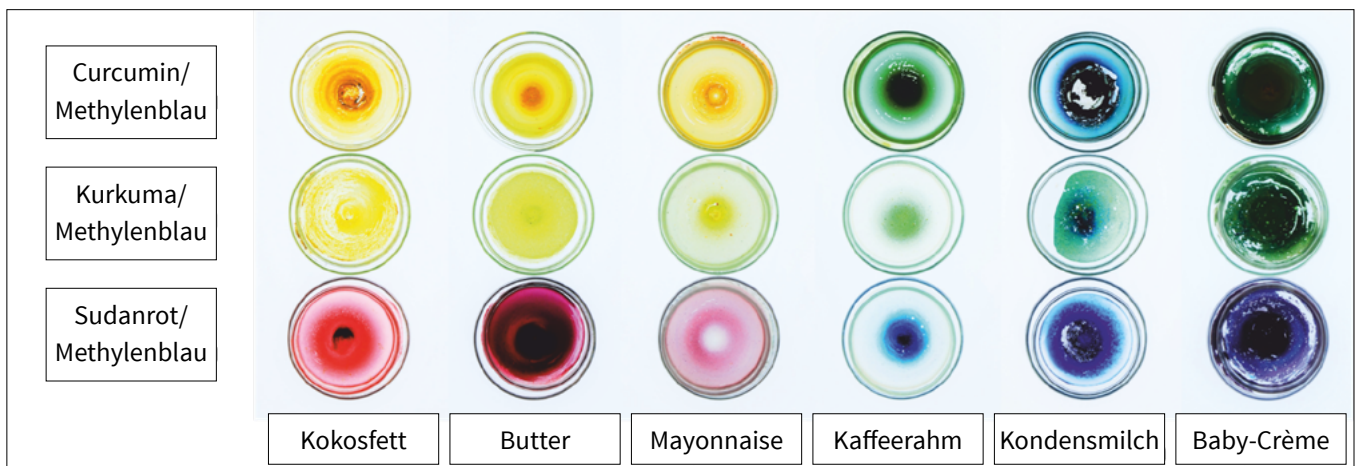
Als unbedenkliche und kostengünstige Alternative bietet sich die Verwendung des Naturstoffes Curcumin an – entweder als Reinstoff oder in Form des Gewürzpulvers. Das folgende Bild zeigt die verschiedenen Farbstoffgemische im Vergleich.

Wie man erkennen kann, gibt es keinen wesentlichen Unterschied zwischen der Verwendung von reinem Curcumin und dem deutlich billigeren Kurkuma-Gewürzpulver. Dass die Proben mit Sudanrot/Methylenblau eine deutlichere Blaufärbung zeigen, liegt daran, dass hier der Massenanteil an Methylenblau im Vergleich zu Sudanrot höher ausfällt. Da Curcumin als Farbstoff weniger intensiv als Sudanrot ist, sollte ein hoher Massenanteil an Curcumin gewählt werden (ca. 90 Massen-%).

Ein möglicher didaktischer Vorteil in der Verwendung von Curcumin/Methylenblau gegenüber Sudanrot/Methylenblau besteht darin, dass in vielen Darstellungen die Farbe gelb für den lipophilen Teil von Emulgatoren/Zellmembranen verwendet wird.

Im Praktikum bietet es sich an, die zu untersuchende Probe auf ein kleines Stück Frischhaltefolie zu geben, etwas an pulverförmigem Farbstoff-Gemisch (zum Beispiel aus einer Kunststoff-Tropfflasche) zuzugeben, die Folie umzufalten und dann das Gemisch zwischen den Fingern zu zerreiben.

33



Ein Versuch, die chemische Bindung im gymnasialen Physikunterricht zu verstehen

Text: Hans Peter Dreyer, hanspeter.dreyer@uzh.ch

34

Der Autor arbeitete als Physik- und Mathematiklehrer an der KS Wattwil und als Physikdidaktiker an der ETH. Er war Präsident des VSMP und des schweizerischen Gymnasiallehrervereins.

Als ich vor langer Zeit die eidgenössische Chemiematur ablegte, war der Examinator sehr zufrieden mit dem, was ich in der AKAD gelernt hatte. Ein Chemiestudium kam aber für mich nicht in Frage. Zu stark wirkte im Hintergrund ein Bild aus dem Chemiebuch meiner Sekundarschule: Wie konnte es sein, dass ein Elektron zugleich auf zwei Bahnen kreiste?



Das Elektron im H_2 auf 2 Bahnen?

Nein, diese merkwürdigen Modelle gefielen mir nicht. Damals wusste ich aber noch nicht, dass schon Genies an dieser Frage gescheitert waren.

Wolfgang Pauli hatte mit 21 Jahren den Artikel über die Relativitätstheorie für die *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* geschrieben, von dem ein Experte fand: «*einfach meisterhaft, zumal für einen Studenten im 5ten Semester*».

Pauli scheiterte aber in seiner Dissertation zur chemischen Bindung beim einfachsten Fall, dem H_2 -Molekülion (H_2^+). Ohne richtige Quantenmechanik und ohne Spin musste auch die Mathematik des aus der Astronomie bekannten Dreikörperproblems zu falschen Spektren und Bindungsenergien führen.

Heute, nach über 50 Jahren Unterrichtstätigkeit, stelle ich fest, dass es mir im Grundlagenfach nie gelungen ist, in der Physik dorthin zu kommen, wo die Chemie anfängt. Das war eines

der Motive für mich, mich nochmals ins Thema zu stürzen und die Lernumgebung FACETTEN DER QUANTENPHYSIK für die Lernenden im Grundlagenfach zu schreiben und mit Kollegen zu erproben. Da geht es auch um LED und Solarzellen, um Doppelspaltexperimente, das Rastertunnelmikroskop, um die Rolle des Zufalls und um Schrödingers Katze, aber im Zentrum steht das Atom. Vielleicht interessiert es das Publikum von c+b, wie von der Physik her eine Brücke geschlagen werden könnte zu Themen, die typischerweise im Chemieunterricht beackert werden.

Im Folgenden möchte ich skizzieren, welche Joche eine Brücke von der Physik zur chemischen Bindung haben könnte.



Titelblatt der FACETTEN

1) Was ist Licht? – Ein Ding, das sowohl Wellen- als auch Teilchenaspekt zeigt!

Quantenphysik ist die Physik, in der Plancks Wirkungsquantum h eine Rolle spielt. Das ist vorerst einmal beim Licht, von dem Heinrich Hertz 1889 sagte: «Die Wellentheorie des Lichtes ist, menschlich gesprochen, Gewissheit.» Plancks Theorie der thermischen Strahlung und Einsteins Erklärung des Photoeffekts führten jedoch bald zum Lichtquant, für das die Beziehungen $E = hf$ und $p = h/\lambda$ die Welleneigenschaften f und λ mit den Teilcheneigenschaften E und p verbanden.

Die Tabelle unten zeigt die Wellensicht und die Teilchensicht auf verschiedene Strahlungsarten. Hier wird deutlich, wie das «gewöhnliche» Licht im Schnittbereich beider Sprechweisen liegt.

Untersuchungen über Lernschwierigkeiten zeigen, dass die Lernenden keine Mühe mit dem Teilchenaspekt des Lichts haben. Mühe bereitet aber

der quantenphysikalische Sachverhalt des «Sowohl-als auch». Licht ist nicht einfach ein Strom von Photonen, fast wie Newton geglaubt hatte. Licht zeigt immer auch Welleneigenschaften, etwa an Seifenblasen. **Licht ist ein Quantenobjekt.**

Das wichtigste Ziel des Kapitels zum Licht ist, die Dualität kennen zu lernen, die im Mikrokosmos fundamental ist. Das geht beim Licht viel leichter als beim Elektron, denn das klare Bild des Elektrons als sehr kleines Kügelchen ist sehr tief verankert. Die Lernenden bringen vom vorangegangenen Unterricht in der Sekundarstufe I, von anderen Gymnasialfächern und aus den Medien und Museen nur diffuse Bilder mit, die weiter entwickelt werden können. Dabei ist die Sprache wichtig, wie die FACETTEN betonen.

Wir benützen bewusst den Begriff **Aspekt** (vom lat. aspectus = Anblick). Wir sagen «Licht **zeigt** Wellenaspekt», wenn wir ein Doppelspaltexperiment durchführen, oder «Licht **zeigt** Teilchenaspekt», wenn wir im Experiment Licht erzeugen oder verwandeln. Wir sagen nicht mehr, «Licht **ist** ...».

Der Fachausdruck für «Doppelnatur» ist **Dualität** (vom lat. dualitas = Zweiheit). Das Konzept findet man schon bei Platon, beim doppelköpfigen Gott Janus, der Leib-Seele- oder der hell-dunkel-Dualität. In diesen Fällen geht es um eine entweder-oder-Dualität. Die quantenphysikalische Dualität aber ist etwas Anderes, Neuartiges, nämlich eine **sowohl-als-auch-Dualität**.

1909 publizierte Albert Einstein, ausserordentlicher Professor an der Uni Zürich, einen Beweis für die Dualität des Lichts.

	WELLENASPEKT DOMINIERT			TEILCHENASPEKT DOMINIERT	
Strahlungsart/Quelle	Handy	IR/Radar	sichtbar. Licht	Röntgen	Gamma
Wellenlänge λ	500 mm	500 μm	500 nm	500 pm	500 fm
<i>Grössenvergleich</i>	Arm	Haar	Seifenhaut	Atom	Atomkern
Frequenz f	600 MHz	600 GHz	600 THz	600 PHz	600 EHz
Quanten-Energie	2 μeV	2 meV	2 eV	2 keV	2 MeV

Chemische Bindung im Physikunterricht

(Fortsetzung)

2) Wieso gibt es stabile Atome? - Das Planetenmodell des Atoms ist falsch!

36

Gymnasialphysiker beschäftigen sich meist lieber mit dem Atomkern und den Elementarteilchen, mit Neutronensternen und schwarzen Löchern, als mit Atomen. Trotzdem kennen alle Gymnasiastinnen und Gymnasiasten irgendwoher das falsche Atommodell mit den kreisenden Elektronen. Es ist das Haupthindernis zur Quantenmechanik und ihren Anwendungen in der Chemie. Das Planetenmodell stärkt den bequemen Glauben daran, Elektronen, Protonen usw. seien einfach kleine Kügelchen. In den FACETTEN wird dem Bohr-Modell direkt der Kampf angesagt:

(1) In Bohrs Modell ist das Wasserstoffatom flach, zweidimensional, 2D, **scheibenförmig**. Wirkliche Atome aber sind kugelig, dreidimensional, 3D, räumlich!

(2) Im energieärmsten Zustand mit $k=1$ muss das Elektron in Bohrs Modell **umlaufen**. Experimentell findet man jedoch, dass das Elektron **nicht kreist**: $k=0$. Dann müsste das Elektron durch den Atomkern hin und her pendeln. Im Grundzustand, wäre das H-Atom sogar nur nadelförmig, also eindimensional.

(3) Mit dem Bohr-Modell kann man die Spektrallinien nicht einmal beim zweiteinfachsten Atom, dem **Helium**, genau ausrechnen. Auch der **Magnetismus** macht Probleme.

(4) Nach Bohr kann es in der Chemie **keine Elektronenpaar-Bindung** geben. Beim H_2 müsste jedes der beiden Elektronen zugleich auf zwei Bahnen sein!

Oft wird vergessen, dass der zentrale Punkt Bohrs Postulat ist, es gebe stationäre, nicht strahlende Bahnen. Im Zeitalter von Marconi wusste Bohr, dass er damit ein Gesetz der Elektrodynamik für das Atominnere ausser Kraft setzte. Kreisende Elektronen sind beschleunigt. Sie senden ebenso Strahlung aus, wie beschleunigte Elektronen in irgendeiner Antenne. Bohrs «Lösung» irritierte schon früh. Rutherford schrieb am 20. März 1913: *«I have received your paper safely and read it with great interest, but I want to look it over again (...). Your ideas as to the origin of the spectrum of hydrogen are very ingenious, and seem to work out well; but the mixture of Planck's ideas with the old mechanics makes it very difficult to form a physical idea of what is the basis of it. There appears to me one grave difficulty in your hypothesis (...) how does an electron decide what frequency it is going to vibrate. (...) you have to assume that the electron knows beforehand where it is going to stop.»*

Für Rutherford war es klar, dass das Licht von vibrierenden Elektronen ausgesandt werden musste.

Manche Lehrpersonen verführt diese «mixture of Planck's ideas with the old mechanics» noch heute, 100 Jahre später, dazu, «the origin of the spectrum of hydrogen» zu berechnen. Mit der Gleichsetzung von Coulomb- und Zentrifugalkraft, oder, was aufs Gleiche herausläuft, mit dem Virialtheorem, erhält man die Energieniveaus, wenn man «Planck's ideas» aus dem

abstrakten Phasenraum durch die Quantisierungsbedingung ersetzt:

$rmv = k \cdot h / 2\pi$. Sie kann im Gymnasium mit de Broglies Wellen plausibel gemacht werden. – Dem Gewinn an quantitativem Einblick müsste der Verlust an qualitativem Verständnis für die Ursachen der Stabilität des Atoms gegenübergestellt werden. Da gilt, was Max Born an Einstein schrieb: *«Die Quanten sind eine Schweinerei.»*



Niels Bohr, ca. 1920, Bain Collection, Library of Congress USA

3) Was ist das Elektron? – De Broglie sagt: «Es ist ein Teilchen, begleitet von einer Welle.»

Das Programm: «[Il faut] unifier les points de vue corpusculaire et ondulatoire et approfondir un peu le sens véritable des quanta». De Broglie kommt zum genialen und revolutionären Schluss: «À toute particule matérielle de masse m et de vitesse v doit être associée une onde réelle.» Mit unseren Begriffen: Materie zeigt nicht nur den uns vertrauten Teilchenaspekt, sondern einen bis dato unbekanntes Wellenaspekt. Das ist revolutionär und stösst die grundlegende Annahme der Mechanik um: Die Masse eines Sandkorns oder einer Portion Wasser usw. kann man sich in einem Punkt konzentriert denken. Eine «wellige» Masse ist aber irgendwie verteilt, nicht lokal.

Für die elektromagnetische Strahlung γ gilt $p_\gamma = E_\gamma/c = hf_\gamma/c = h/\lambda_\gamma$. Daraus erhält man: $\lambda_\gamma = h/p_\gamma$.

Mit de Broglie **nehmen** wir nun **an**, die Beziehung fürs Licht gelte genauso für die Materie und erhalten: $\lambda_{de\ Broglie}$

Das ist natürlich keine mathematische Ableitung, sondern grundlegend neu! Heute kann man die de Broglie-Wellenlänge sogar mit ganzen Atomen und Molekülen in Doppelspaltexperimenten bestätigen. Für seine Dissertation hatte de Broglie keinerlei experimentelle Evidenz. Davisson und Germer publizierten erst Jahr später. Er besass als Argument nur die stehenden Wellen im Wasserstoffatom, die Bohrs mysteriöses Quantenpostulat rechtfertigten. Er forderte «einfach», dass auf einer stabilen Bahn eine **ganze Anzahl k Wellen** Platz haben müssen.

$k \cdot \lambda_{dB} = k \cdot h/mv = 2\pi r \Leftrightarrow r m v = k \cdot h/2\pi$
In der Figur ist $k = 6$.

Louis de Broglie 1924: Jedes Objekt mit Masse m und Geschwindigkeit v zeigt Wellenaspekt.

Die de Broglie-Wellenlänge λ_{dB} ergibt sich aus dem Impuls $p = m \cdot v$:
 $\lambda_{dB} = h / m v = h / p$

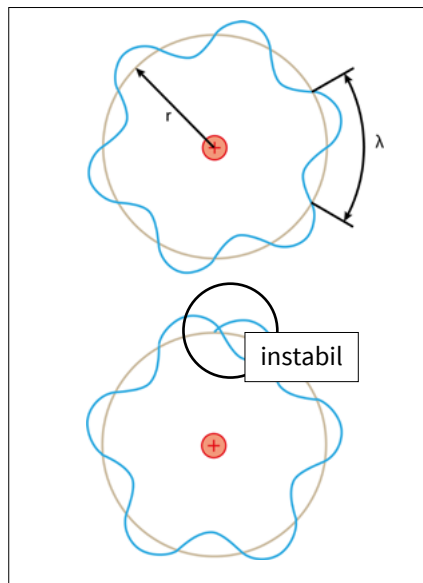
Diese Überlegung überzeugte die Experten, die seine Dissertation beurteilen mussten. Zu ihnen gehörte Albert Einstein. Der schrieb seinem Kollegen H. A. Lorentz: «Der junge de Broglie [Einstein kannte nur den älteren Bruder Maurice] hat einen sehr interessanten Versuch zur Deutung der Bohr-Sommerfeldschen Quantenregel unternommen (...) Ich habe einiges gefunden, was für seine Konstruktion spricht.»

De Broglie stützt also ein auslaufendes Atommodell, liefert aber zugleich den Ansatz für die spätere Lösung.

1924 publizierte Albert Einstein, Professor ohne Vorlesungsverpflichtung in Berlin, einen thermodynamischen Beweis für die Dualität der Materie.



Louis De Broglie, ca. 1929 © Emilio Segrè Visual Archives, Brittle Books Collection



Chemische Bindung im Physikunterricht (Fortsetzung)

4) Wieso sind Atome stabil?

38

Die zentrale Frage der Atomphysik war und ist: Weshalb stürzt das Elektron nicht in den Atomkern? Auf diese Frage gibt es Antworten von unterschiedlicher Qualität:

Klassisch-naive Erklärung:

Das Elektron stürzt nicht in den Atomkern, weil es ums Proton kreist wie der Mond um die Erde. – Das ist physikalisch falsch, denn das kreisende, beschleunigte Elektron würde elektromagnetisch strahlen, Energie verlieren und abstürzen!

Bohrs Erklärung:

Auf stationären Bahnen strahlt das Elektron nicht. – Bohrs Postulat setzt die Gesetze der Elektrizität nur für genau diesen einen Fall, ad hoc, ausser Kraft. Eine Physik, die nicht immer gilt? Das ist eine unbefriedigende Wissenschaft.

De Broglies Erklärung:

Bahnen mit geschlossenen de Broglie-Wellen sind stabil. Die Wellen liegen in einer Ebene, das Atom aber ist dreidimensional. Zudem gibt es kein physikalisches Verständnis dafür, was in de Broglies Wellen schwingt! Sie sind mysteriös.

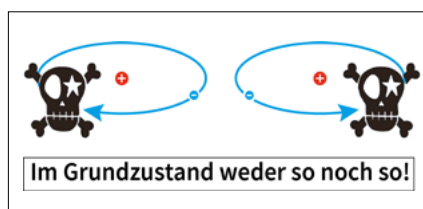
Quantenphysikalische Erklärung:

Das Elektron zeigt sich nicht nur «körnig», sondern auch «wellig». Es ist ein Quantenobjekt. Im Teilchenaspekt steckt die Ladung, die ins Proton fallen und dort keinen Raum beanspruchen

will. Im fremdartigen Wellenaspekt steckt die Tendenz, unendlich viel Raum zu beanspruchen. Die Dualität, dieses «Sowohl-als-auch», sorgt für ein Gleichgewicht.

Das H-Atom ist stabil durch das **Gleichgewicht** zwischen **Aufbauen** (durch den Wellenaspekt) und **Abstürzen** (wegen der mit dem Teilchenaspekt verbundene Ladung) des Elektrons.

Das Gleichgewicht beim Atom kann mit dem **Gleichgewicht bei einem Gasplaneten** verglichen werden: Dort zieht die Massenanziehung nach innen während der Gasdruck nach außen wirkt. Dabei entsteht eine Kugel mit einem Gleichgewichtsradius und flauschiger Oberfläche. **Rotation ist nicht nötig!** Allerdings hat es beim H-Atom anstatt der vielen Gasteilchen nur 1 Elektron. Dieses ist im ganzen Volumen «überall und nirgends».



Im Grundzustand keine Rotation

5) Wo ist das Elektron? – Schrödinger sagt: «Es ist nicht an einem Ort, sondern in einem Zustand.»

Erwin Schrödinger, Professor an der Universität Zürich, beschäftigte sich 1926 mit de Broglies vager «*onde réelle associée*» und publizierte eine Reihe von Artikeln unter dem Titel *Quantisierung als Eigenwertproblem*. Übersetzt: «*Bestimmung des Wasserstoffspektrums mit Hilfe von Schwingungen abstrakter Psi-Wellen*». Seine neue Idee: Man muss die Stabilität des Atoms und insbesondere die Werte der Spektrallinien auf den Wellenaspekt des Elektrons zurückführen. Schrödinger bezeichnete die neuen Wellen mit Ψ und (er) fand eine Gleichung, mit der er diese Ψ -Wellen ausrechnen konnte. Dem mit v frei fliegenden Elektron ordnete Schrödinger eine (ursprünglich reelle) ebene Ψ -Welle zu, die in Ausbreitungsrichtung de Broglies Wellenlänge h/mv zeigt und quer dazu beliebig ausgedehnt ist.

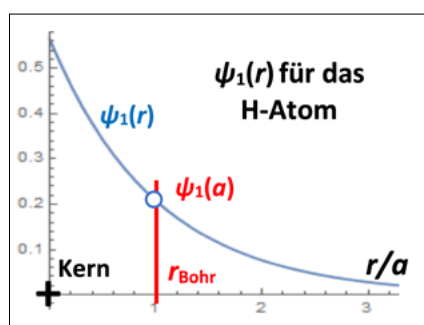


Erwin Schrödinger, ca. 1926

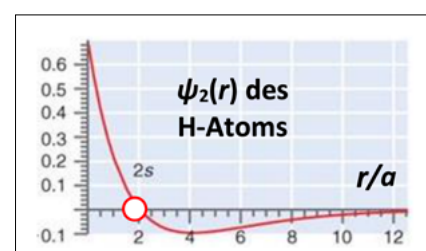
Bei dem im H-Atom **gebundenen** Elektron muss auch die Ψ -Welle am Ort bleiben, um den Kern herum schwingen. Es ist eine **stehende Welle**. Weil sich zeitlich nichts ändert, sagen wir einer solchen Welle auch **Zustand**. Bei der Berechnung der Zustandsfunktionen Ψ des H-Atoms seufzte Schrödinger: «*Wenn ich nur mehr Mathematik könnte.*» Im Gymnasium müssen bloss die Lösungen genügen.

In der Figur ist die Funktion $\Psi_1(r)$ dargestellt $\Psi_1(r) = C \cdot e^{-r/a}$. Sie entspricht dem stabilen Grundzustand des H-Atoms. Zu ihr gehört das Energieniveau E_1 . Ψ_1 hat ein Maximum im Atomkern und erstreckt sich exponentiell abnehmend bis ins Unendliche.

In der Entfernung des Bohrschen Radius $r_{Bohr} = a$ ist nichts Besonderes. Der Wert $\Psi_1(r_{Bohr})$ beträgt einfach noch $1/e \approx 37\%$ des Anfangswerts C . Der Faktor C hat den Zahlenwert 0.56... Er sorgt dafür, dass in diesem Zustand im ganzen Raum genau 1 zu diesem Kern gehörendes Elektron steckt.



Unten ist ein weiteres Ergebnis von Schrödingers anspruchsvollen Rechnungen dargestellt. $\Psi_2(r)$ repräsentiert den ersten angeregten Zustand des H-Atoms. Die Funktion besitzt bei $r = 4a$ noch einen grossen Wert: Dieser Zustand ist im Mittel weiter im Raum. Zudem fällt auf, dass $\Psi_2(2a) = 0$ ist. In dieser «Knotenentfernung» liegt eine «Knotenkugel», wo das Ψ_2 immer 0 ist. Zu Ψ_2 gehört die Energie E_2 .



Schrödinger war bei seinen Rechnungen zuerst nicht an den Ψ interessiert, sondern nur an den E .

Die **Bedeutung** dieser Ψ -Wellen war selbst ihrem Erfinder nicht klar. Auf eine Nachfrage antwortete Schrödinger im Februar 1926 nach Berlin dem «*Hochverehrten Herrn Geheimrat Planck (...)* Ich meine selbstverständlich nicht, dass nun alles wieder mit Mechanik zu erklären sei, dass etwa jene Ψ -Schwingungen Massenschwingungen im Sinne der gewöhnlichen Mechanik sind. Im Gegenteil: sie oder etwas ihnen Ähnliches scheint aller Mechanik und Elektrodynamik zugrunde zu liegen.»

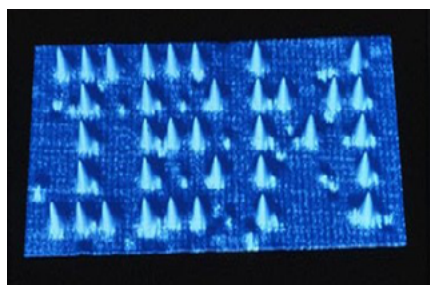
Chemische Bindung im Physikunterricht (Fortsetzung)

40

Sicher ist also nur, dass die Ψ -Schwingungen **nichts Materielles** sind; eine positive Beschreibung fehlt. Es ist daher nicht erstaunlich, dass Erich Hückel aus der ETH ein Spottgedicht über das Vorgehen der Konkurrenz an der Universität schrieb.

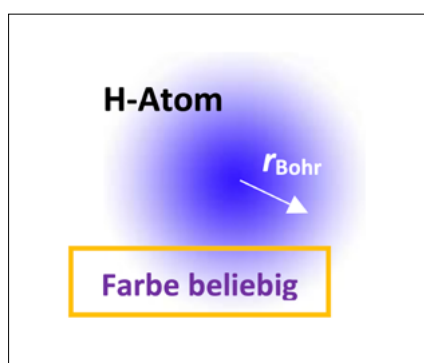
**Gar Manches rechnet Erwin schon
Mit seiner Wellenfunktion.
Nur wissen möcht' man gerne wohl
Was man sich dabei vorstell'n soll.**

Die Antwort ist: nichts. Erst unter Ψ^2 kann man sich etwas vorstellen! Dabei helfen Bilder, die das Raster-Tunnel-Mikroskop von Atomen machen kann: IBM-Forscher haben das Firmenlogo mit grossen Atomen auf eine Trägersubstanz aus kleinen Atomen geschrieben. Das vom Computer generierte Bild (Farbe willkürlich) zeigt uns, dass **die Atome «flauschig» sind**.



Quelle: IBM Vintage Views, 1990

Die Abbildung des H-Atoms ist kein experimentell gewonnenes Bild, sondern eine computergenerierte Darstellung des mathematisch bestimmten Grundzustands des Wasserstoffatoms samt Bohr-Radius als Referenzgrösse. Wichtig ist, das Bewusstsein der Lernenden dafür zu schärfen, dass die Elektronenhüllen der Atome und Moleküle nicht scharf begrenzt sind, sondern sich bis ins Unendliche erstrecken. Das ist zwar mühsam zum Zeichnen, entspricht aber der Natur. Atome und Moleküle sind farblos (viel kleiner als Lichtwellenlänge) und flauschig, nicht glatt und glänzend. Die Realität ist aufwändiger beim Zeichnen und kaum zu verwirklichen bei materiellen Modellen.



Atome sind weder farbig ...



... noch glatt

6) Wo ist das Elektron?

Max Born hat die Wahrscheinlichkeitsinterpretation von Ψ dort angetroffen, wo der Wellenaspekt experimentell in Erscheinung tritt, bei Streuexperimenten. Sein Kollege, der Experimentalphysiker Otto Stern, arbeitete mit Molekularstrahlen, schoss also ganze Moleküle auf irgend etwas, analog wie Davisson und Germer mit Elektronen. Schon im Sommer 1926, kurz nach Schrödingers Entdeckung, schrieb Born: «Die Stossvorgänge haben nicht nur die überzeugendsten experimentellen Beweise für die Grundannahmen der Quantentheorie geliefert, sondern scheinen auch geeignet, Aufklärung zu geben über die physikalische Bedeutung der sogenannten 'Quantenmechanik'.» (Beachten Sie die Anführungszeichen!) Heisenberg, Jordan und er hätten die Auffassung vertreten, dass «eine exakte Darstellung der Vorgänge in Raum und Zeit überhaupt unmöglich sei. (...) Schrödinger auf der



Max Born, ca. 1930-40, (CC) wikipedia

– Born sagt: «Überall (mit einer Wahrscheinlichkeit) und nirgends (sicher).»

anderen Seite scheint den Ψ -Wellen eine Realität von der selben Art zuzuschreiben, wie sie Lichtwellen besitzen. (...) Keine dieser beiden Auffassungen scheint mir befriedigend. Ich möchte versuchen, hier eine dritte Interpretation zu geben und ihre Brauchbarkeit an den Stossvorgängen zu erproben. Dabei knüpfe ich an eine Bemerkung Einsteins über das Verhältnis von Wellenfeld und Lichtquanten an. (...) Dieses 'Gespensterfeld' bestimmt die **Wahrscheinlichkeit** dafür, dass ein Lichtquant (...) einen bestimmten Weg einschlägt.»

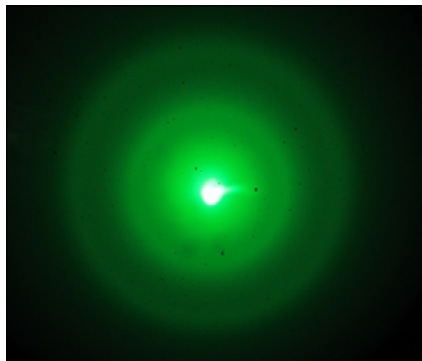
Borns Regel erfasst mathematisch genau den **Teilchenaspekt in Schrödingers Ψ -Wellen**.

Bornsche Regel: Wahrscheinlichkeitsdichte, ein Quantenobjekt bei x zu finden = $w(x) = \Psi^2(x)$

In Worten: Das Elektron mit seinem Wellenaspekt ist «überall und nirgends». Genauer ist die Aussage: Es ist überall mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, aber nirgends mit Sicherheit anzutreffen!

Es ist bemerkenswert, dass Born im Sommer 1926 Clinton Davisson an einer Konferenz in Oxford damit überraschte, dass er dessen Messwerte von 1923 als ersten experimentellen Nachweis von de Broglie-Wellen präsentierte.

Heute zeigen Schulexperimente mit keV-Elektronen, die an Graphitkristallen gebeugt wurden, Interferenzerscheinungen, die de Broglie bestätigen.



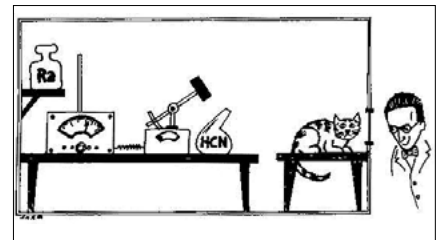
Interferenz von Elektronen am Graphit

Borns **Interpretation von Ψ** war ebenso genial wie die Verschmelzung von Raum und Zeit in die vier Dimensionen der Relativitätstheorie. Seine Interpretation der Ψ -Wellen verursachte großes Kopfzerbrechen und sogar Streit. Born berichtet über seinen Gedankenaustausch mit Schrödinger: «Sie [Borns neue Ideen, HPD] machten ihn wütend, weil er das nicht wollte. Wir hatten eine heftige Diskussion.» Der Grund war die Rolle der Wahrscheinlichkeit, respektive des Zufalls. In Borns Worten: «Die [von mir] vorgeschlagene Theorie [entspricht] **nicht der Folgerung der kausalen Bestimmtheit des Einzelereignisses**.» Kausalität (lat. causa = Ursache) ist die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung. Sie erscheint als grundlegende Annahme der Physik. Nur in der Metaphysik, in

der Religion und der Mystik usw. gilt die Kausalität nicht, und Wunder werden möglich. Trotzdem:

Die Kausalität, die Abfolge von Ursache und Wirkung, gilt im Innersten der Natur nicht.

Hier ist ein Anknüpfungspunkt zur «Quantenphilosophie», den philosophischen Fragen, die mit den Gespensterfeldern im Einstein-Rosen-Podolski-Paradoxon und mit Schrödingers Katze aufgeworfen werden.



Gedankenexperiment Schrödingers Katze, astro.uni-tuebingen.de

Chemische Bindung im Physikunterricht (Fortsetzung)

7) Mit Heitler und London die Elektronenpaarbindung qualitativ verstehen.

42

Den Zusammenhalt von Ionenkristallen wie Kochsalz (NaCl) kann man ohne Quantenphysik verstehen: Positive Na^+ und negative Cl^- halten elektrostatisch zusammen. Wie aber können zwei elektrisch neutrale Wasserstoffatome im H_2 -Molekül stabil zusammenhaften? – Viele Gymnasiastinnen und Gymnasiasten werden sich diese Frage stellen, eher im Chemie- als im Physikunterricht. Die Antwort ist keineswegs trivial und gehört zur Kür, nicht mehr zur Pflicht des Physikunterrichts.

In einem umfangreichen Physiklehrbuch für die gymnasiale Oberstufe (Grehn & Krause, METZLER, 2020) taucht das Stichwort «Chemie» ebenso wenig auf wie «Elektronenpaarbindung». «Bindungsenergie» gibt es nur im Atomkern. In meinem ETH-Studium lernte ich weder die Heitler-London- noch die Hund-Mullikan-Methode kennen. Die FACETTEN sagen dazu: Eine heute noch gültige Erklärung der Elektronenpaar-Bindung entwickelten Schrödingers Post-Docs Walter Heitler und Fritz London im Sommer 1927 in der Gartenwirtschaft, dort wo jetzt der COOP-Bahnhofbrücke steht.

Im Foto sieht man sie zusammen mit später bekannten Besuchern aus den USA, dem Ehepaar Linus und Ava Pauling, die mit einem Guggenheim-Stipendium bei Bohr, Sommerfeld und Schrödinger studierten.

Heitler und London fanden die Zustandsfunktion $\Psi_{\text{Molekül}}$, die im H_2 zu einem Energieminimum und damit zu



W. Heitler, L. & A. Pauling und F. London
1927 in Zürich

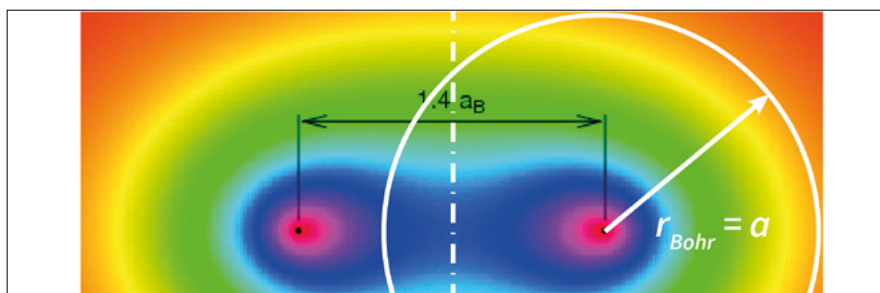
einer **stabilen Bindung** führt. Mathematischer Startpunkt sind die Ψ von zwei H-Atomen im 1s-Zustand in grossem Abstand. Wir können uns vorstellen, dass bei Annäherung die Orbitale sich verformen, Tunneleffekt möglich wird, die Elektronen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit im Orbital des anderen Atoms anzutreffen sind und etwas Neues entsteht: Ein $\Psi_{\text{Molekül}}^*$ mit 2 Elektronen. Die Rechnung von Heitler und London untersucht nur den endgültigen Zustand $\Psi_{\text{Molekül}}$ bei dem der Protonenabstand genau so ist, dass **mehrere**, für das Entstehen der Bindung wesentliche **Faktoren, optimal** sind:

(1) Das $\Psi_{\text{Molekül}}$ ist so, dass die Elektronen mit einem Teil die Protonen abschirmen und mit dem Rest derart

häufig **entlang der Symmetrieebene** (– • – • – • –) sind, dass die Anziehung dieses «Elektronenrests» auf die Protonen deren gegenseitige Abstossung ziemlich kompensiert.

(2) Das $\Psi_{\text{Molekül}}$ ist so, dass den Elektronen **im Molekül** im Vergleich zu den Einzelatomen **mehr Platz** zur Verfügung steht. Die Lokalisierungsenergie, die Energie, die nötig ist, um die Wellen eines Quantenobjekts in einem Würfel der Kantenlänge a einzuschliessen, wird dank grösserem a kleiner, und damit auch die Gesamtenergie des Moleküls. Das entspricht einer anziehenden Kraft.

(3) **Spin!** Der Elektronenspin sorgt über das Pauli-Prinzip dafür, dass in einem Atomzustand höchstens zwei Elektronen mit entgegengesetztem Spin Platz finden. Der Elektronenspin sorgt zusammen mit der **Eigenschaft, dass Quantenobjekte ununterscheidbar sind**, generell dafür, dass das $\Psi_{\text{Molekül}}$ **antisymmetrisch** sein muss: Zum Elektron #1 links und Elektron #2 rechts gibt es immer das ununterscheidbare #2 links und #1 rechts, \Leftrightarrow Elektronen sind Fermionen.



Wasserstoffmolekül im Längsschnitt, Ladungsdichte in Falschfarben

8) Etwas mehr Mathematik für die Quantenphysik

Das $\Psi_{\text{Molekül}}$ besteht nun aus zwei Faktoren, einer Ortsfunktion $\Psi_1(x)$ und einer Spinfunktion Σ , deren Details uns egal sind. Nun gibt es 2 Möglichkeiten: (I) Entweder ist die Ortsfunktion beim Vertauschen von #1 und #2 symmetrisch und die Spinfunktion antisymmetrisch oder umgekehrt (II).

Die anspruchsvollen und nur mit Näherungen möglichen Berechnungen von Heitler und London ergaben, dass die energetisch günstigste Zustandsfunktion $\Psi_{\text{Molekül}}$ im Fall (I) entsteht. Im Grundzustand des realen H_2 -Moleküls sind also die zwei Elektronen mit **entgegengesetztem Spin** (antisymmetrisch) in einer symmetrischen Ortsfunktion. Das Molekül besitzt ein Energieminimum, wenn der Abstand der beiden Kerne das 1.4-fache des Bohr-Radius beträgt.

In der Figur ist im Längsschnitt die Elektronendichte farbig dargestellt. Wie alle Moleküle, ist auch das H_2 flauschig; auf der blauen Kontur ist es «Erdnüsschen-artig», auf der gelben erscheint das gleiche Molekül «Baseball-artig». Beim Entstehen der Bindung wird die Bindungsenergie 4.5 eV frei. – Uff!

Während Pauling den Chemie-Nobelpreis erhielt, gingen die Physiker leer aus. Max Born schrieb 1960 an Erwin Schrödinger: *«Was die London-Heitlersche Theorie betrifft, so hat Linus Pauling den Chemie-Preis dafür bekommen. (...) Nun ist es wahr, dass Pauling aus der Sache etwas gemacht hat, auch ist er eine imponierende Persönlichkeit, ein tapferer Mensch, dem ich alles Gute gönne. Trotzdem habe ich in diesem Jahr vorgeschlagen, den Physik-[Nobel-]Preis Heitler zu geben (London lebt ja leider nicht mehr).»* Doch die Welt ist ungerecht. Den Nobel-Physikern war die chemische Bindung wenig wert.

Die Spektroskopiker bezeichnen einen Zustand mit zwei Elektronen dann als «Singulett-Zustand», wenn die beiden Spins antiparallel sind, ihre Vektorsumme also = 0 ist. Natürlich gibt es auch Zustände, in denen die beiden Spins parallel sind und im Magnetfeld entsprechend reagieren. Sie heissen «Triplett-Zustände». Im H_2 -Molekül ist der Triplett-Spinzustand symmetrisch, was nur möglich ist, wenn die Ortsfunktion antisymmetrisch ist. In diesem Fall ist die Energiebedingung (I) nicht erfüllt, denn auf der Symmetrieachse ist die Elektronendichte gering. Die Gesamtenergie besitzt kein Minimum. So ist keine Bindung möglich, daher der Name «Antibonding-Zustand».

Zurück zur Anfangsfrage: Was sind das für Kräfte, die zwei elektrisch neutrale Atome zusammenbinden? Ant-

wort: Es sind gewöhnliche, rein elektrische Kräfte, deren Energien man quantenmechanisch korrekt berechnen muss, mit der symmetrischen Ortsfunktion und der Born'schen Regel. Bei dieser Rechnung gibt es Integrale mit Termen der Art

$$[\Psi_{\text{Mol.}(1,2)}]^2 = [\Psi_l(1) \cdot \Psi_r(2) + \Psi_l(2) \cdot \Psi_r(1)]^2$$

Das gibt «gewöhnliche» Integrale $\int \Psi_l(1) \cdot \Psi_r(2) dx$ und «ausgetauschte Integrale» $\int \Psi_l(2) \cdot \Psi_r(1) dx$. Es existiert also **keine neue Kraft-Sorte** namens «Austauschkraft», sondern es gibt wegen des Wellenaspekts der Elektronen Energiebeiträge von Integralen mit Funktionen, in denen die Elektronenvariablen ausgetauscht sind. Für die Lernenden:

Im «Strich» der **chemischen Schreibweise H – H** steckt sehr viel komplexe Quantenmechanik!

1973 als Ordinarius an der Uni Zürich war Walter Heitler skeptisch: *«Es ist ein Vergehen an jungen Menschen, ihnen etwas beibringen zu wollen, was sie [im Gymnasium, HPD] unmöglich verstehen können, oder, um es verständlich zu machen, es falsch darzustellen.»* Sollte also die Quantenphysik mit ihren Herausforderungen bloss denjenigen vorbehalten bleiben, die besonderes Interesse für Naturwissenschaften zeigen und ihre Wahlmöglichkeiten in diese Richtung ausgeschöpft haben? – Ich finde nicht.

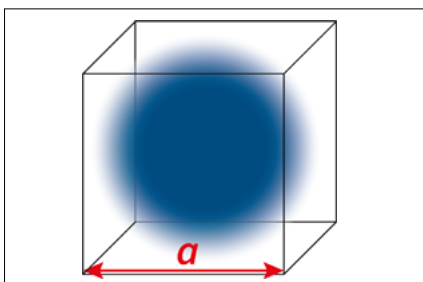
Chemische Bindung im Physikunterricht
(Fortsetzung)

44

Deshalb folgt noch eine Rechnung zur Stabilität und zur Grössenordnung des H-Atoms. Sie ist mathematisch einfach, setzt aber die **Unbestimmtheitsrelation** (UBR) von Heisenberg $\Delta x \Delta p > h/4\pi$ voraus. Die UBR liefert eine typisch quantenphysikalische Einsicht: Man muss Energie aufwenden, wenn man ein Quantenobjekt der Masse m , beispielsweise beim Abkühlen, in einem Würfel mit Kantenlänge a einzusperren will!

Wir nehmen an, dass $\Delta x \approx a/2$ sei und beim Impuls $\Delta p \approx p/2$. Diese beiden Näherungen in die UBR eingesetzt, führt zu $p > h/\pi a$. Mit der Beziehung für die kin. Energie $E = p^2/2m$ entsteht daraus $E \approx h^2/2\pi^2 m a^2$. Im Raum müssen wir in allen drei Richtungen diese Überlegung anstellen und erhalten:

Lokalisierungsenergie = Energie, die minimal aufgewendet werden muss, um ein Quantenobjekt mit m in einem Würfel der Kantenlänge a einzusperren: $E_{\text{Lokal.}} \approx 3h^2/2\pi^2 m a^2$



Atom im Kasten

Zusätzlich benötigen wir aus der Elektrizitätslehre die Grösse der elektrischen Energie zwischen Elektron und Proton im Abstand r : $E_{\text{elektrisch}} = -e^2/4\pi\epsilon r$. Das ist die Energie, die frei wird, wenn sich das Elektron aus dem Unendlichen auf die Entfernung r ans Proton nähert. Sie gilt auch in der Quantenmechanik, aber nur für eine mittlere Entfernung r^* . Klassisch gibt es keine Lokalisierungsenergie und das Elektron stürzt in den Kern. Aber quantenmechanisch muss die beim Absturz freiwerdende elektrische Energie zur Lokalisierung des Elektrons verwendet werden:

$$E_{\text{elektrisch}} = e^2/4\pi\epsilon r^* = E_{\text{Lokal.}} \approx 3h^2/2\pi^2 m a^2$$

Wir treffen nun die Annahme $a = 2r^*$, ersetzen das \approx durch ein $=$ und lösen nach r^* auf. Damit erhalten wir als Grössenordnung für das H-Atom: $r^* \approx 3\epsilon h^2/2\pi m e^2 \approx 75 \text{ pm}$. Der Zahlenwert ist zwar das 1.5-fache des Bohr-Radius. Wir wissen aber: Der Bohr-Radius ist kein geometrischer Radius, sondern nur die wichtige Konstante a in der Zustandsfunktion $\Psi_i(r) = C \cdot e^{-r/a}$.

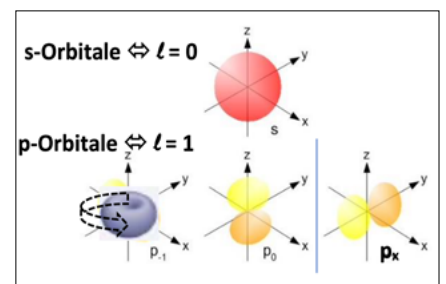
Entscheidend ist, dass damit die Stabilität des H-Atoms ohne Rotation und ohne falsche Annahmen bewiesen und seine Grössenordnung auf die Naturkonstanten h , m , e und ϵ zurückgeführt ist.

9) Wunder der Geometrie

Die Vielfalt der Natur und die grosse Aufgabe der Chemie beruhen zum Teil auf den Eigenheiten der Quantenphysik. Die Vielfalt beruht aber zum grösseren Teil auf der Geometrie, die für Schrödingers Orbitale mit verschiedener Drehimpulsquantenzahl einen grossen Spielraum öffnet: Die kugelsymmetrischen s-Orbitale 1s, 2s, 3s usw. ergeben sich wie die Obertöne beim Alphorn. Die nur noch zylindersymmetrischen p-Orbitale und alle übrigen Orbitale mit noch geringerer Symmetrie entstehen durch den Gesamtdrehimpuls $L > 0$. Sie ergeben sich analog zu den 2D-Schwingungen, die Ernst Chladni schon um 1800 Lichtenberg, Goethe und Napoleon vorgeführt hat.



2D-Schwingungsmuster



Orbitale: 3D-Schwingung

und Stolpersteine des Drehimpulses

Die Kombination von 3D-Vielfalt und Elektronenpaarbindung macht die organische Chemie aus.

Stolpersteine:

(1) Orbital $p_0 = p_z =$ «Doppelballon». Aber p_{-1} ist ein «Schlauch» wegen der Drehimpulskomponente um die z-Achse mit $m = -1$; ebenso p_{+1} .

Die für die Chemie wichtigen Orbitale p_x und p_y sind Linearkombinationen von p_{+1} und p_{-1} mit der z-Drehimpulskomponente $L_z = 0 \Leftrightarrow m = 0$, also $m \neq \pm 1$

(2) Für die d-, f- usw. Orbitale mit $m \neq 0$ gilt Analoges.

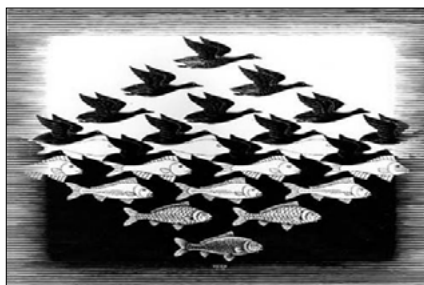
(3) Bilder von Orbitalen zeigen manchmal Aufenthaltswahrscheinlichkeiten Ψ^2 durch Farbdichte oder Farbabstufung an. Manchmal zeigen sie Konturen der Körper, die 90% der Aufenthaltswahrscheinlichkeit umschliessen.

(4) Diagramme mit radialen Wahrscheinlichkeiten (=überraufintegrierte Dichten) sind ok. 3D-Bilder, beispielsweise im METZLER auf Seite 433, verwirren, denn sie suggerieren $w(0) = 0$, obwohl das 1s-Elektron oft im Atomkern zu finden ist.

10) Fazit

Ein quantenphysikalisches Atomkonzept gehört im Grundlagenfach Physik zur Pflicht. Der Versuch, die Elektronenpaarbindung physikalisch zu verstehen gehört zur Kür. Nobelpreisträger Serge Haroche warnt: «*This concept [quantum physics' complementarity, HPD] is difficult to comprehend and explaining it to the layman does not go without danger.*» Nobelpreisträger Richard Feynman ermutigt: «*The 'paradox' is only a conflict between reality and our feeling of what reality 'ought to be'.*»

Der Autor dankt Hannes Grüninger und Klemens Koch für Anregungen. Für Fehler bleibt er selbst verantwortlich. Er gibt gerne genauere Auskunft über den ganzen Inhalt und die Einsatzmöglichkeiten der FACETTEN DER QUANTENPHYSIK für das Grundlagenfach.



11) Quellen

- 1) Bohr, N. (1913). On the Constitution of Atoms and Molecules, *Philosoph. Mag.* 26, 1. Übersetzt in ter Haar, D. (1969). *Quantentheorie - Einführungen und Originaltexte*. Berlin: Akademie Verlag.
- 2) Pauli, W. jr (1922). Über das Modell des Wasserstoffmoleküls. *Ann. d. Phys.* 68, 177-240.
- 3) de Broglie, L. (1924). *Recherches sur la théorie des Quanta*. Paris: Diss. Université.
- 4) Schrödinger, E. (1926). Quantisierung als Eigenwertproblem, Erste Mitteilung. *Ann. d. Phys.* 79, 361.
- 5) Heitler, W. & London, F. (1927). Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik. *Zeitschrift für Physik* 44, 455.
- 6) Heisenberg, W. (1927). Über den anschaulichen Inhalt der quantenmechanischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik* 43 (1927) 172.
- 7) Heitler, W. (1973). Vom Wesen der Quantenchemie. *Physikalische Blätter* 29, 6.
- 8) Hund, F. (1984). Geschichte der Quantentheorie. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- 9) Haroche, S. und Raimond, J.M. (2006): *Exploring the Quantum*. Oxford: University Press.
- 10) Grehn, J. & Krause, J. (Hrsg.) (5. Auflage 2020). *Metzler Physik*. Braunschweig: Westermann- Schrödel-Disterweg-Schöning-Winklers.
- 11) Aegerter, C. & Hengsberger, M. (2020). *Skript zu den Vorlesungen Physik III und IV*. Zürich: Universität. <https://www.physik.uzh.ch/en/groups/aegerter/teaching/Physik-III.html> > Skript

VSN/SSPSN/ASISN

VSN	Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer	www.vsn.ch
SSPSN	Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles	www.sspsn.ch
ASISN	Associazione Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali	www.asisn.ch

Kommissionen | Commissions

CRB	Commission Romande de Biologie	www.crbiol.ch
CRC	Commission Romande de Chimie	www.crchim.ch
DBK	Deutschschweizer Biologiekommision	
DCK	Deutschschweizer Chemiekommision	

46

Vorstand | Comité

Klemens Koch klemens.koch@gbsl.ch
Präsident, Mutationen Gymnasium Biel-Seeland BE

Régis Turin turin.regis@edu.vs.ch
Caissier VSN/SSPSN Lycée-collège des Creusets VS

Silvia Reist silvia.reist@edulu.ch
Präsidentin DBK Kantonsschule Beromünster LU

Andreas Bartlome andreas.bartlome@gmx.ch
Präsident DCK Kantonsschule Beromünster LU

Anne-Laure Rauber anne-laure.rauber@gfbienne.ch
Présidente CRB Gymnase français de Bienne BE

Manuel Fragnière manuel.fragniere@rpn.ch
Président CRC Lycée Denis-de-Rougemont NE

Emmanuel Marion-Veyron marion-veye@edufr.ch
Vice-président, caissier CRC Collège du Sud FR

Roger Deuber rdeuber@gmail.com
Webmaster VSN/SSPSN Kantonsschule Baden AG

Christine Guesdon Lüthi christine.guesdon@bluewin.ch

Michael Bleichenbacher michael@bleichenbacher.ch
Redaktor c+b Kantonsschule Zürich Nord ZH

Impressum c+b

Michael Bleichenbacher michael@bleichenbacher.ch
Redaktor Kantonsschule Zürich Nord ZH

Redaktionschluss für die nächsten Ausgaben:
Délais de rédaction pour les prochains numéros:

- 12.6.2021
- 20.9.2021

Texte werden in jedem Format gerne entgegengenommen, Bilder bitte separat einsenden.

Auflage 600 Exemplare. Druck: onlineprinters.ch

Autoren in dieser Ausgabe:

- Andreas Bartlomé
- Hans Peter Dreyer
- Hansrudolf Dütsch
- Manuel Fragnière
- Tilmann Geldbach
- Klemens Koch
- Kurse: Amadeus Bärtsch, Christophe Eckard, Urs Leisinger, Thomas Loosli, Martin Zysset
- Silvia Reist

Abbildungen:

- wo nicht anders vermerkt, liegen die Bildrechte bei den Autoren der Artikel oder der Redaktion

VSN- Shop
Hansrudolf Dütsch

www.vsn-shop.ch
h.duetsch@bluewin.ch

