

Congrès « visionScience »

Vergiftete Schweiz. Eine andere Geschichte der Industrialisierung

Quand les horloges internes se dérèglent : Gènes, comportement et importance de la synchronisation

Swisseduc Chemie: Neue Struktur, frisches Design

Johann Jakob Balmer dans l'enseignement de la chimie aujourd'hui

**Nach dem Gymnasium an der Fachhochschule studieren?
 Weshalb dies eine attraktive Möglichkeit ist**

**Chemical Landmark 2024/5 : L'Université de Zurich (UZH), pionnière
 dans l'accueil des premières doctorantes en chimie.**



Page de couverture : Étudier à la HES : Life Sciences à la ZHAW à Wädenswil

Cette page : Lydia Sesemann, première femme docteure en chimie, a travaillé sur sa thèse dans la cave de l'ancienne école cantonale.

Titelseite: Studieren an der FH: Life Sciences an der ZHAW in Wädenswil

Diese Seite: Lydia Sesemann, die erste Doktorin der Chemie, arbeitete im Keller der alten Kantonschule an ihrer Dissertation

Quellen: ZHAW, ETH Bibliothek Zürich, unbekannt

	Inhalt	Contenu
VEREIN SOCIÉTÉ	4 Mitteilungen aus dem VSN	Communications de la SSPSN
WEITERBILDUNG FORMATION CONTINUE	6 Kongress «visionScience»	Congrès « visionScience » Congresso “visionScience”
PUBLIKATIONEN PUBLICATIONS	11 Vergiftete Schweiz. Eine andere Geschichte der Industrialisierung	Une Suisse empoisonnée. Une autre histoire de l'industrialisation
UNTERRICHT ENSEIGNEMENT	19 Wenn die inneren Uhren aus dem 23 Takt geraten: Gene, Verhalten und die Bedeutung der Synchronität	Quand les horloges internes se dérèglent : Gènes, comportement et importance de la synchronisation
	26 Swisseduc Chemie: Neue Struktur, 27 frisches Design	Swisseduc Chimie : nouvelle structure, design frais
	34 Johann Jakob Balmer im Chemieunterricht heute	Johann Jakob Balmer dans l'enseignement de la chimie aujourd'hui
HOCHSCHULEN ÉCOLES SUPÉRIEURES	45 Nach dem Gymnasium an der Fachhochschule studieren? Weshalb dies eine attraktive Möglichkeit ist	Faire des études supérieures dans une haute école spécialisée après le gymnase ?
VERANSTALTUNGEN / ÉVÉNEMENTS	51 Chemical Landmark 2024/5: Die Universität Zürich als Wegbereiterin für die ersten Chemie-Doktorandinnen.	Chemical Landmark 2024/5 : L'Université de Zurich (UZH), pionnière dans l'accueil des premières doctorantes en chimie.
ADRESSEN ADRESSES	54 Verein, Vorstand, Impressum	Société, comité, impressum

Mitteilungen aus dem VSN

Liebe Kolleginnen und Kollegen, hier aktuelle Mitteilungen aus dem VSN:

Kantonale Lehrpläne

In vielen Kantonen entstehen Lehrpläne für Biologie, Chemie und damit verbundene Schwerpunkt- und Ergänzungsfächer. Bitte teilt Eure Erfahrungen in Euren Netzwerken und mit uns (vgl. Artikel in c+b 1/25 und 3/2).

Weiterbildungen

Auf www.vsn.ch werden Weiterbildungen angeboten, die von Hansruedi Dütsch von der Deutschschweizer Chemiekommission (DCK) initiiert wurden. Die Commission romande de biologie (CRB) bietet auf ihrer Website <https://www.crbiol.ch/cours/cours-a-venir> Kurse an. Besuchen Sie auch www.magyc.ch, wo die Demonstrationstage an der EPFL angekündigt werden.

Kongress visionScience vom 22.-24. Januar 2026 an der ETH Zürich, Hönggerberg

Etwa alle fünf Jahre organisieren die MINT-Fachverbände einen gemeinsamen Kongress, zu Beginn des kommenden Jahres ist es wieder so weit und wir wollen uns den Visionen für Wissenschaft und Bildung widmen. In diesem Heft finden Sie den Stand der Planung Mitte Oktober, auf www.visionsscience26.ch den aktuellen Stand und die Anmeldung.

Save the date: Zentralkurs Chemie 2026 am Gymnasium Lerbermatt, Köniz (BE)

Der Zentralkurs Chemie 2026 ist in Vorbereitung und wird von Mi 7.10. bis Fr. 9.10.2026 am Gymnasium und FMS Lerbermatt, Köniz BE stattfinden. Reserviert Euch das Datum! Weitere Informationen werden fortlaufend unter www.zentralkurs.ch aufgeschaltet.

Habt Ihr einen spannenden Beitrag aus Eurem Chemieunterricht? Wir freuen uns, wenn Ihr diesen im Rahmen eines Workshops vorstellen könntet. Luca Dick (luca.dick@lerbermatt.ch) nimmt gerne Workshop-Angebote entgegen.

Für den Zentralkurs 2026 ist auch ein Biologietag in Planung. Meldet Euch mit Euren Interessen und Ideen bei der Präsidentin der Deutschschweizer Biologiekommission DBK, Silvia Reist (silvia.reist@sluz.ch).

Communications de la SSPSN

Chères collègues, chers collègues, voici quelques informations de la part de la SSPSN :

Plans d'études cantonaux

De nombreux cantons élaborent actuellement des plans d'études pour la biologie, la chimie et les options spécifiques et complémentaires associées. N'hésitez pas à partager vos informations à ce sujet sur vos réseaux et avec nous. (cf. articles dans c+b 1/25 et 3/2)

Formations continues

Sur www.vsn.ch il y a à nouveau des formations continues initiées par Hansruedi Dütsch de la Deutschschweizer Chemiekommission (DCK). La Commission romande de biologie (CRB) propose des cours sur son site Internet <https://www.crbiol.ch/cours/cours-a-venir>. Consultez également www.magyc.ch, où sont annoncées les Journées de démonstrations à l'EPFL.

Congrès « visionScience » du 22 au 24 janvier 2026 à l'ETH Zurich, Hönggerberg

Tous les cinq ans environ les associations professionnelles MINT organisent un congrès. Le prochain aura lieu au début de l'année prochaine et nous souhaitons y aborder, dans toutes les langues officielles, les perspectives d'avenir pour la science et l'éducation. Vous trouverez dans ce bulletin l'état de la planification à la mi-octobre, et sur www.visionsscience26.ch l'état actuel et le formulaire d'inscription.

Save the date: Cours central de chimie 2026 au Gymnase Lerbermatt, Köniz (BE)

Le cours central de chimie 2026 est actuellement en préparation et se déroulera du mercredi 7 au vendredi 9 octobre 2026 au Gymnase et ECG Lerbermatt à Köniz (BE). Notez la date bien dans votre agenda ! De plus amples informations suivront sur www.zentralkurs.ch.

Avez-vous une contribution intéressante de votre cours de chimie ? Nous serions ravis que vous la présentiez dans le cadre d'un atelier. Luca Dick (luca.dick@lerbermatt.ch) se fera un plaisir d'accepter des propositions d'atelier.

Une journée de biologie est également prévue pour le cours central de chimie 2026. Veuillez contacter la présidente de

Kostenloses Fortbildungsangebot für Biologie- und Chemielehrpersonen

zum Thema «Mechanismen der Genexpression: Epigenetik und Spleiss-Modulation», Freitag, 28. November, 9 – 12 Uhr. Informationen zum Kursinhalt sowie das Anmeldeformular finden Sie auf: https://educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum/weiterbildungsangebote/fortbildungsangebote-im-fach-biologie/mechanismen_der_genexpression.html

Bulletin c+b

Das Bulletin c+b 1/25 wurde bereits neu von Stefan Mundwiler, Kantonsschule Sursee, als Redaktor betreut. Vielen Dank für die schöne Ausgabe.

Website

Auch die Website wird neu aufgesetzt und in neue Hände kommen. Der Vorstand hat erste Ideen diskutiert und wird an der GV die gesammelten Bedürfnisse an Funktionalitäten und an der Generalversammlung priorisieren und dann die Umsetzung angehen. Ideen von Euch sind willkommen.

Ich wünsche allen eine gute Zeit, mit herzlichem Gruss.
Klemens Koch, Präsident VSN, klemens.koch@gbsl.ch

Les nouveaux membres. Bienvenue à la SSPSN ! Neue Mitglieder. Herzlich willkommen im VSN!

(nach Anmeldung auf www.vsn.ch):

Baumann y Carmona Alvaro,	Kantonsschule Hottingen ZH
Baumgartner-Bosshart Isabelle,	Neue Kantonsschule Aarau
Egli Pit,	Kantonsschule Obwalden
Grossenbacher Philipp,	Gymnasium Interlaken BE
Hansen Raino,	Kantonsschule Menzingen ZG
Henggeler-Sager Yvonne,	Kantonsschule Musegg LU
Hönerlage Kathrin,	Feusi Bildungszentrum
Kintscher Michael,	Kantonsschule Rotkreuz ZG
Lehner Eva,	Gymnasium Oberaargau Langenthal BE
Müller Adrian,	Kantonsschule Alpenquai LU
Schnidrig Nicolas,	Gymnasium Interlaken BE
Stutz Felizia,	Kantonsschule Zimmerberg ZH

la Commission alémanique de biologie (DBK), Silvia Reist (silvia.reist@sluz.ch), pour lui faire part de vos centres d'intérêt et de vos idées.

Offre de formation continue gratuite pour les enseignants en biologie et en chimie

sur le thème « Mécanismes de l'expression génétique : épigénétique et modulation de l'épissage », vendredi 28 novembre, de 9 h à 12 h. Vous trouverez des informations sur le contenu du cours ainsi que le formulaire d'inscription sur : https://educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum/weiterbildungsangebote/fortbildungsangebote-im-fach-biologie/mechanismen_der_genexpression.html

Bulletin c+b

Le bulletin c+b 1/25 a déjà été révisé par Stefan Mundwiler, de l'école cantonale de Sursee, en tant que rédacteur. Merci beaucoup pour cette belle édition.

Site web

Le site web sera également remanié et confié à de nouvelles mains. Le comité a discuté des premières idées et établira lors de l'AG les priorités en matière de fonctionnalités, puis se chargera de la mise en œuvre. Vos idées sont les bienvenues.

Je vous souhaite à tous une bonne continuation, avec mes sincères salutations.

Klemens Koch, président de la VSN, klemens.koch@gbsl.ch



Le monde évolue rapidement, tout comme nos sciences et notre éducation.

Il mondo sta cambiando rapidamente, così come la scienza e l'istruzione.

Die Welt ändert sich rasant und damit unsere Wissenschaften und die Bildung.

Chères collègues, chers collègues

Care colleghe e cari colleghi,

Liebe Kolleginnen und Kollegen

6

Les associations professionnelles SSPMP, SSPSN, ASEg et SSIE ont l'honneur de vous convier au congrès « visionScience », qui se tiendra du 22 au 24 janvier 2026 à l'ETH Zurich (Hönggerberg).

C'est un programme de haut vol, pensé en cohérence avec la réforme de la maturité gymnasiale, que nous vous proposons : six conférences plénières et une cinquantaine d'ateliers, tous orientés vers une éducation citoyenne, durable et scientifiquement actuelle.

Dans le prolongement de nos événements précédents, « Science-Cuisine » (2013) et « Scientiæ&Robotica » (2018), « visionScience » sera un lieu privilégié de rencontre et d'échange au-delà des disciplines et des frontières linguistiques.

Ensemble, initions l'éducation de demain. Découvrez le programme et inscrivez-vous.

<https://visionsscience26.ch/>.

Le comité d'organisation du congrès « visionScience »

Le associazioni di categoria SSIMF (matematica e fisica), ASISN (biologia e chimica), ASIG (geografia) e SSII (informatica) hanno il piacere d'invitarvi al congresso "visionScience" che si terrà dal 22 al 24 gennaio 2026 presso il Politecnico federale di Zurigo (Hönggerberg). Vi si propone un programma di alto livello, concepito in linea con gli intendimenti della riforma della maturità liceale: sei conferenze plenarie e una cinquantina di workshop, tutti orientati a all'educazione allo sviluppo sostenibile, su basi scientificamente aggiornate.

In linea con i nostri precedenti congressi, «Science-Cuisine» (2013) e «Scientiæ&Robotica» (2018), "visionScience" sarà un luogo privilegiato di incontro e scambio al di là delle discipline e delle barriere linguistiche.

Insieme vogliamo dare il via a una formazione al passo coi tempi. Scoprirete il programma e iscrivetevi. <https://visionsscience26.ch/>.

Il comitato organizzativo del congresso "visionScience"

Wir freuen uns, Euch zum Kongress «visionScience» vom 22. bis 24. Januar 2026 an der ETH Zürich (Hönggerberg) einzuladen. Der Kongress greift aktuelle Entwicklungen auf und stellt Visionen der Wissenschaften und der Bildung dazu vor. Die Lehrpersonen der MINT-Fächer und der Fachverbände VSMP, VSN, VSGg und SVIA haben diesbezüglich eine besondere und gemeinsame Verantwortung.

Der Kongress steht in einer Reihe von Anlässen, die etwa alle 5 Jahre stattfinden. Gerne erinnern wir an «Science-Cuisine» (2013) oder «Scientiæ&Robotica (2018). Diese Kongresse sind stets auch Orte und Momente der Gemeinschaft sowie des Austauschs über die Fachschaften und die Sprachgrenzen hinweg.

Das hochkarätige Programm mit sechs Plenarvorträgen und etwa 50 Ateliers folgt auf den nächsten Seiten und ist aktuell auf <https://visionsscience26.ch/> zu finden, wo Ihr Euch auch anmelden könnt.

Das Organisationskomitee des Kongresses «visionScience»



VISION SCIENCE

Kongress für Mittelschullehrpersonen der MINT-Fächer
Congrès des enseignant-e-s de gymnases des matières MINT
Congresso per docenti delle scuole medie superiori delle materie MINT

22.-24. Januar 2026 ETH Zürich (Hönggerberg)

Plenarvorträge / Conférences plénières / Conferenze plenari



Prof. Dr. Reto Knutti

Ordentlicher Professor im Departement Umweltsystemwissenschaften am Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich

Herausforderung Klimawandel

Bildquelle: ETH Zürich



Dr. Michael Hermann

Geograph und Politikwissenschaftler
Akademischer Mitarbeiter am Departement für Geografie der Universität Zürich
Geschäftsführer des Forschungsinstituts Sotomo

Wenn das Klimathema nervt – Ansätze gegen die Klimamüdigkeit

Bildquelle: M. Hermann



Prof. Dr. Antonietta Mira

Founder and director of the Data Science Lab at Università della Svizzera italiana

Data Science for Sustainability and the Sustainability of Data Science

Bildquelle: A. Mira



Prof. Dr. Christophe Ballif

Director EPFL Photovoltaics and Thin Film Electronics Laboratory. Director CSEM sustainable Energy Center, Neuchâtel

Energiewende leicht gemacht: Eine Reise zwischen Mythen und Realität, zwischen der Schweiz und China, mit einem genaueren Blick auf die Photovoltaik

Bildquelle: EPF Lausanne



Prof. Dr. Alessio Figalli

Directeur du FIM (Forschungsinstitut für Mathematik) et Professeur titulaire à l'ETH Zürich
Récipiendaire de la médaille Fields 2018

Transport optimal: de A à B ... et au-delà

Bildquelle: ETH Zürich / Giulia Marthaler



Dr. Simon Christian Stähler

Dozent am Departement Erd- und Planetenwissenschaften der ETH Zürich

Planeten verstehen, Zukunft gestalten: Die Rolle der Physik

Bildquelle: ETH Zürich



Programm Kongress visionScience

ETHZ Hönggerberg (Stand 25.09.2025, Änderungen vorbehalten)

Donnerstag, 22. Januar 2026

08:00-09:00 Empfang
09:00-09:30 Begrüssungen

09:30 – 10:30 Plenarvortrag 1
Reto Knutti (ETH Zürich)
Herausforderung Klimawandel

Pause*

11:00 – 11:45 Ateliers
12:00 – 12:45 Ateliers

Mittagspause

14.00 – 15.00 Plenarvortrag 2
Michael Hermann (Sotomo)
Wenn das Klimathema nervt – Ansätze gegen die Klimamüdigkeit

15:15 – 16:00 Ateliers

Pause*

16:30 – 17:15 Ateliers

Abend: Sternwarte oder Kunsthaus

Freitag, 23. Januar 2026

08:00-09:00 Empfang
09:00-09:30 Begrüssungen

08:30 – 09:30 Plenarvortrag 3
Antonietta Mira (Università d. Svizzera italiana)
Data Science for Sustainability and the Sustainability of Data Science

Pause*

10:00 – 10:45 Ateliers
11:00 – 11:45 Ateliers

Mittagspause

13:00 – 14:00 Plenarvortrag 4
Christophe Ballif (EPF Lausanne)
Energiewende leicht gemacht: Reise zwischen Mythen und Realität, zwischen Schweiz und China, mit genauerem Blick auf die Photovoltaik

14:15 – 15:00 Ateliers

Pause*

15:30 – 16:15 Ateliers

Abend: Kongressdinner

Samstag, 24. Januar 2026

08:00-09:00 Empfang
09:00-09:30 Begrüssungen

09:00 – 10:00 Plenarvortrag 5
Alessio Figalli (ETH Zürich)
Transport optimal : de A à B... et au-delà

Pause

10:45 – 11:45 Plenarvortrag 6
Simon Stähler (ETH Zürich)
Planeten verstehen, Zukunft gestalten: Die Rolle der Physik

Kongressabschluss

* Bei 90-minütigen und auswärtigen Ateliers werden die Pausen integriert.



Ateliers Donnerstag, 22. Januar 2026

Ateliers **A** für Alle Fachrichtungen. Wenn sie einen besonderen Fachbezug haben, ist es mit einem Zusatz angegeben, z. B. **A1/B** zu **Biologie**. Bei einem fachlichen Schwerpunkt beginnt das Kürzel mit dem entsprechenden Buchstaben: **Biologie**, **Chemie**, **Geografie**, **Informatik**, **Mathematik** oder **Physik**. Beschreibung zu den Ateliers folgen unten. **d, f, i** und **e**: Angaben zur Sprache im Atelier.

Donnerstagvormittag

Do. 11:00 - 11:45	B1 f Chantal Wicky (Université de Fribourg et Association AutreSens) C. elegans, le couteau suisse des laboratoires de biologie	A3/I d Marc Eyer (PHBern) Epistemische KI-Tutoren im Unterricht	A9/G d Seline Frei (Baukaderschule SG) Hochwasserschutzprojekte und Tools für den Unterricht	A1/B f Sofia Martin Caba (Uni FR) Le pouvoir caché du bois : science, structure et durabilité	A13/C d Amadeus Bärtsch (ETHZ) Innovationen im Unterricht thematisieren	G4 d Tanja Jäger (ETHZ) Geologie- Hydrologie – Wetter & Klima: Unterrichtsunterlagen	I1 d Juraj Hromkovic (ETHZ) Gewinnstrategien von Spielen als Zugang zur KI	M4 di Guido Lob (Liceo Cantonale di Locarno) Grundlagen der Simulation mit Python
Do. 12:00 - 12:45		A3/I d Marc Eyer (PHBern) Epistemische KI - Tutoren im Unterricht	I5 di Giovanni Serafini (ETHZ) Über Alltag, Algorithmen und Abstraktion: Eine ungewöhnliche Informatikstunde	A8/C d Hansruedi Dütsch (ehem. KS Zürich Nord, VSN-Shop) Chemische Hintergründe von Klimaerwärmung und Energiewende	P1 d Hans Peter Dreyer Nachhaltigkeit als Ausgangspunkt und Bildungsziel bei der Erarbeitung von Grundlagen der Physik	M1 f Ilaria Rossinelli (EPFL) Former à penser et à agir : enseigner la durabilité à travers les mathématiques	A7 d Sarah Eberz (Universität Zürich) BNE als transversaler Unterrichtsbereich	B3 d Cyrill Götz , Sacha Gardon (Gymnasium Bäumlhof BS) Nachweis von Wolbachia mittels PCR

Donnerstagnachmittag

Do. 15:15 - 16:00	A2 d Ivana Oberhänsli , Ilaria Brunetti , Morana Mihaljević (Science Lab Universität Zürich) Say SDGs, do what? - Ermügender Unterricht für eine lebenswerte Zukunft	A10/M d fi Arno Gropengieser (Liceo cantonale di Locarno, VSMP) Von Daten zum Modell Für Nicht-Mathematiker Des données au modèle Dai dati al modello	C2 d Frank Gfeller (PH-St. Gallen) Mit Hightech durch die Tiefen des Verborgenen	A6/G d Leandro De Angelis (WWF Schweiz) Energiestrategie 2050	A15/C d Patrick Aschwanden (Kantonsschule Zürich Nord) Simulationen und Lernbots mit KI entwickeln	G5 f Cristian Scapozza (SUPS) La "glace cachée" des Alpes. Réparation et impact du réchauffement climatique sur le pergélisol	M1 i Ilaria Rossinelli (EPFL) Educare a pensare e ad agire : insegnare la sostenibilità attraverso la matematica	I4 f Pascal Burkhard (Lycée Denis-de-Rougemont NE) Des données à la carte : enseigner la data science avec Python
Do. 16:30 - 17:15	Uni Irchel			A12/C d Klemens Koch (PHBern, Gymnasium Biel-Seeland, VSN) Batterien selber bauen - Elektrochemische Energiespeicherung verstehen	G5 i Cristian Scapozza (SUPS) Il «ghiaccio nascosto» delle Alpi. Ripartizione e impatto del riscaldamento climatico sul permafrost	P2 fd Peter Kreuzer (UNIGE) Physique et Climat - un cours au gymnase/Physik und Klima im gymnasialen Unterricht	I3 d Bernadette Spieler (PHZH) Was leuchtet, klingt und blinkt: Digitale Muster & Smart Wearables	

Bei 90-minütigen und auswärtigen Ateliers werden die Pausen integriert.



Ateliers Freitag, 23. Januar 2026

Ateliers **A** für **Alle** Fachrichtungen. Wenn sie einen besonderen Fachbezug haben, ist es mit einem Zusatz angegeben, z. B. **A1/B** zu **Biologie**. Bei einem fachlichen Schwerpunkt beginnt das Kürzel mit dem entsprechenden Buchstaben: **B**iologie, **C**hemie, **G**eografie, **I**nformatik, **M**athematik oder **P**hysik. Beschreibung zu den Ateliers folgen unten. **d**, **f**, **i** und **e**: Angaben zur Sprache im Atelier.

Freitagvormittag

Fr. 10:00 - 10:45	A4 d Martina Rau (ETHZ) Visualisierungen lernwirksam einsetzen	A11/fi Simon Verdan (Collège Rousseau GE) Physical computing: mesures physico- chimiques à l'aide d'une carte micro:bit	A10/M ifd Arno Gropengieser (Liceo cantonale di Locarno, VSM) Dati dati al modello Des données au modèle Von Daten zum Modell Für Nicht- Mathematiker	i6 fi Francesco Mondada (EPFL) Durabilité et IA	G1 d Eveline Braun (Tekonikarena Sar- dona) Entdeckungs- reise entlang der magischen Linie - Einblick in ein modulares Lehrmittel	M3 fe Mathieu Jacquemet (HES-SO VS /Uni FR) Thématiser les émotions en sciences – l'exemple d'un escape game	P3 f Alice Gasparini (Uni GE) Cosmologie et relativité générale au niveau gymnasial	C1 d Jan Cvangros (ETHZ) Ausbildung für Chemikerinnen und Chemiker der Zukunft
Fr. 11:00 - 11:45				G2 dfi Felix Glauser (Nagra) Entsorgung von Atommult: Forschung erleben	B2 f Manuela Varini (Liceo de Lugano 1) Requalification de la rivière Cassarate: projet participatif	A17/G fd Philippe Hertig, Matthias Probst (HEP Vaud/PH Bern) Matériel didactique sur l'assainissement des sites contaminés en Suisse	A14/C d Samuel Heiniger (ETHZ) Saisonale Energiespeicherung mit dem Eisen- Dampf-Verfahren	M5 d Thomas Wihler (Uni Bern) Iterieren und Dis- kretisieren – Mathe- matische Schlussset- konzepte für die quantitative Welt

Freitagnachmittag

Fr. 14.15 - 15.00	A5/B d Bernhard Koch (Grün Stadt Zürich) Mosaiklandwirtschaft Adlisberghof	M2 d Christof Weber (Arbeitsgruppe EDK) Basale mathematische Kompetenzen für die allgemeine Studierfähigkeit: Was ist das? Wie lassen sie sich fördern, wie prüfen?	G3 d Kerstin Bircher & Gioanna Michel (ETHZ) focus terra Sonderausstellung "KEEP IT CO ₂ OL - Rettet uns High- Tech?" ETH Zentrum	P4 f Murièle Jacquier (Uni GE) Eduquer pour un avenir durable dans la formation des enseignants de sciences : Enjeux et pratiques au degré gymnasial	B2 i Manuela Varini (Liceo de Lugano 1) Riquadri del fiume Cassarate: progetto partecipativo	A17/G df Matthias Probst, Philippe Hertig (PH Bern/HEP Vaud) Lernmaterialien zu Atlasansammlungen in der Schweiz für die Sekundarstufe II	P5 d Martin Lieberherr: (MNG Rämibühl ZH) Computational Physics	12 f Cédric Donner (Collège du Sud) Activités interdisciplinaires en informatique
Fr. 15.30 - 16.15				A12/C df Klemens Koch (PH Bern, VSN) Batterien selber bauen - Elektrochemische Energiespeicherung verstehen	M4 id Guido Lob (Liceo Cantonale di Locarno) Basi di simulazione con python	A16/C d Benita Heiz (VSN, Chemielehrerin) Selbstlernarchitek- tur: mit Fehlen als Feature	P6 d Michael Oetti, Wolfgang Pätzgraf (KS Rychenberg/ BMS Winterthur, ZH) Grundkenntnisse zum Klimawandel im Physikunterricht	

Bei 90-minütigen und auswärtigen Ateliers werden die Pausen integriert.

Vergiftete Schweiz. Eine andere Geschichte der Industrialisierung

Text: Claudia Aufdermauer,

Fragen: Stefan Mundwiler

Die Industrialisierung brachte nicht nur Komfort und Wohlstand. Giftige Stoffe in der Produktion und toxisches Abwasser belasteten Arbeiterinnen und Arbeiter, die Anwohner der Fabriken und die Umwelt. Die Historikerin Claudia Aufdermauer beschreibt im Buch „Vergiftete Schweiz“ diese Schattenseiten der Industrialisierung an einigen konkreten Beispielen.

c+b: Frau Aufdermauer, wieso ist diese „andere Geschichte“ wichtig für uns?

Lange Zeit wurde die Geschichte der Industrialisierung als Geschichte von Pionieren, Produkten und Unternehmen erzählt. Dabei geriet in Vergessenheit, dass es auch Schattenseiten gab. Der damalige Umgang mit giftigen Stoffen hat in der Schweiz bis heute Nachwirkungen – man denke etwa an die laufenden Altlastensanierungen. Bereits im 19. Jahrhundert

stellte sich überdies die Frage, wie mit giftigen Abfällen umzugehen sei – eine Frage, die bis heute nicht abschliessend geklärt ist. Da es in der Schweiz heute keine aufnahmebereiten Sondermülldeponien mehr gibt, werden die giftigsten Abfälle – auch bei Altlastensanierungen – legal in die Niederlande und vor allem nach Deutschland exportiert. Ein grosser Teil der Abfälle wird dort in ausgedienten Salz- oder Kaliwerken endgelagert – ohne Garantien für die Zukunft.

c+b: Die Themen Ihres Buchs eignen sich ideal für Unterrichtseinheiten zur „Bildung für Nachhaltige Entwicklung BNE“ in Biologie und Chemie. Ich möchte gerne drei Themen herauspicken und anhand der fünf Dimensionen der BNE (Ökologie, Ökonomie, Soziales, Kultur, Politik) Ideen für den Einsatz des Buchs im Unterricht skizzieren.

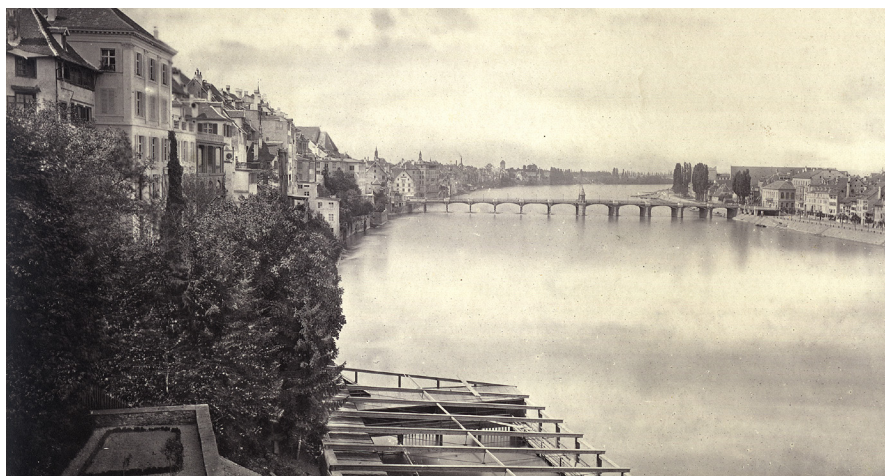


Abb. 1: Der Rhein in Basel. Fotografie, um 1862

Fig. 1 : Le Rhin à Bâle. Photographie, aux alentours de 1862

(ETH Bibliothek Zürich, Bildarchiv, Fotograf Francis Frith, Ans_05093-022-FL).

Une Suisse empoisonnée. Une autre histoire de l'industrialisation

Texte : Claudia Aufdermauer,

questions : Stefan Mundwiler

L'industrialisation n'a pas seulement apporté confort et prospérité. Les substances toxiques utilisées dans la production et les eaux usées polluées ont nui aux travailleurs, aux riverains des usines et à l'environnement. Dans son livre « Vergiftete Schweiz » (Suisse empoisonnée), l'historienne Claudia Aufdermauer décrit ces aspects négatifs de l'industrialisation à l'aide d'exemples concrets.

c+b : Madame Aufdermauer, pourquoi cette « autre histoire » est-elle importante pour nous ?

Pendant longtemps, l'histoire de l'industrialisation a été racontée comme celle des pionniers, des produits et des entreprises. On a ainsi oublié qu'elle avait aussi ses côtés sombres. La manière dont les substances toxiques étaient traitées à l'époque a encore des répercussions aujourd'hui en Suisse – il suffit de penser aux assainissements en cours des sites contaminés. Dès le XIXe siècle, la question de la gestion des déchets toxiques se posait déjà – une question qui n'a toujours pas trouvé de solution définitive. Comme il n'existe plus aujourd'hui en Suisse de décharges spéciales capables d'accueillir ces déchets, les déchets les plus toxiques – y compris ceux issus de l'assainissement des sites contaminés – sont légalement exportés vers les Pays-Bas et surtout vers l'Allemagne. Une grande partie de ces déchets y est stockée dans d'anciennes

mines de sel ou de potasse, sans aucune garantie pour l'avenir.

12

c+b : Les thèmes abordés dans votre livre se prêtent parfaitement à des cours sur l'« éducation au développement durable » en biologie et en chimie. J'aimerais choisir trois thèmes et esquisser des idées pour utiliser le livre en classe à partir des cinq dimensions de l'EDD (écologie, économie, social, culture, politique).

Arsenic

Dans le chapitre « Miasme et arsenic », vous décrivez comment les usines de Bâle produisaient des colorants à base d'arsenic et comment ce mode de production nuisait aux travailleurs et à l'environnement immédiat.

Comment l'effet toxique s'est-il manifesté ?

Le poison a été découvert après que huit membres d'une même famille ont été victimes de violents vomissements, en particulier après avoir bu du thé. Au départ, les soupçons se portèrent sur la saucisse qu'ils avaient consommée. Cependant, le chimiste cantonal appelé à la rescousse arriva à une autre conclusion : grâce au test de Marsh, il détecta une forte teneur en arsenic dans le puits de soude de la famille. Selon lui, cet arsenic ne pouvait provenir que de l'usine de peinture voisine, par ruissellement d'une fosse ou d'un étang. Lors du procès qui

Arsen

Im Kapitel „Miasma und Arsenik“ beschreiben Sie, wie die Fabriken in Basel auf der Basis von Arsen Farben produzierten und wie diese Produktionsweise die Arbeiterinnen und Arbeiter und die unmittelbare Umgebung belastete.

Wie zeigte sich die Giftwirkung?

Das Gift wurde entdeckt, nachdem acht Mitglieder einer Familie stark erbrechen mussten – insbesondere nach dem Genuss von Tee. Zunächst fiel der Verdacht auf die konsumierte Wurst. Der hinzugezogene Kantonschemiker kam jedoch zu einem anderen Ergebnis: Mit der Marshen Probe wies er im Sodbrunnen der Familie einen hohen Arsengehalt nach. Seiner Ansicht nach konnte dieses Arsen nur aus der benachbarten Farbenfabrik stammen – und zwar durch das Rinnen einer Grube oder vom Teich her. Im darauffolgenden Gerichtsprozess berichteten die Nachbarn, dass der Fabrikant die Abwässer seiner Fabrik jeweils nachts in den Teich leite. Im Teich gebe es schon lange keine Fische mehr und Enten, die darin geschwommen seien, hätten ihn rot verlassen und seien daraufhin gestorben. Weitere chemische Untersuchungen ergaben, dass fünf Brunnen und das städtische Pumpwerk dieser Farbenfabrik mit Arsenik vergiftet waren.

Reagierte die Politik?

Nach der Verurteilung des Farbenfabrikanten stand für die Basler Behörden die Frage im Vordergrund, wie sich ähnliche Fälle in Zukunft verhindern liessen. Sie ordneten an, dass die Farbenfabriken ihre arsenhaltigen Abfälle eindampfen und die festen Rückstände sofort ausser Landes schaffen sollten. Die Farbenfabrikanten taten jedoch nur so, als würden sie dies tun. Wie sich zeigen sollte, fand eine Verlagerung der Probleme vom Boden (dem Grundwasser) zur Luft und zum Wasser statt. Als sich Nachbarn darüber beschwerten, dass sie ihre Häuser wegen des Gestanks verbarrikadieren mussten, mehrere Fischer von Fischsterben berichteten und auch noch zwei Arbeiter einer Farbenfabrik starben, weil sie Alkohol aus einem Behälter getrunken hatten, in dem zuvor Arsenik gelagert worden war, hatten die Basler Behörden genug. 13 Jahre nach Aufnahme der Produktion verboten sie die arsenhaltige Farbenproduktion auf Stadtbasler Gebiet.

Später leiteten die Farbenfabriken ihr Schmutzwasser direkt in den Rhein. Die kommerzielle Fischerei war dadurch in ihrer Existenz bedroht.

Ja, die Fischer waren stets die Ersten, die Gewässerverschmutzungen bemerkten. Zudem waren Fischversuche bzw. Fische, die in Fischtrögen in ein zu untersuchendes Gewässer gesetzt wurden, lange die einzige zuverlässige

Messmethode: Starben die Fische, wurden sie aufgeschnitten und chemisch untersucht. Wurde ein chemischer Stoff gefunden, der in gesunden Fischen nicht natürlich vorkommt, galt dieser als Todesursache.

Der wiederholte Tod ihrer Jungfische war auch der Grund, weshalb sich die Basler Fischer im Jahr 1904 an die chemische Fabrik CIBA wandten. Sie drohten, das Unternehmen wegen seiner schädlichen Abwässer vor Gericht zu

ziehen. So weit kam es aber nicht. Die Fischer schlossen mit der CIBA, und später noch mit weiteren Unternehmen, einen Geheimvertrag ab. Sie willigten ein, gegen die Industrie «wegen Störung und Beeinträchtigung der Fischerei durch Abwässer» nichts zu unternehmen und erhielten dafür Geld. Diese Entschädigungszahlungen entsprachen den damaligen Vorstellungen. Eine schützenswerte Umwelt im heutigen Sinne gab es noch nicht. Der

s'ensuivit, les voisins rapportèrent que le fabricant déversait les eaux usées de son usine dans l'étang pendant la nuit. Il n'y avait plus de poissons dans l'étang depuis longtemps et les canards qui y nageaient en ressortaient rouges et mouraient peu après. D'autres analyses chimiques révélèrent que cinq puits et la station de pompage municipale de cette usine de peinture étaient contaminés par de l'arsenic.

13

Les responsables politiques ont-ils réagi ?

Après la condamnation du fabricant de peinture, la question de savoir comment éviter des cas similaires à l'avenir se posa pour les autorités bâloises. Celles-ci ordonnèrent aux usines de peinture d'évaporer leurs déchets contenant de l'arsenic et d'expédier immédiatement les résidus solides hors du pays. Cependant, les fabricants de peinture ne firent que semblant de s'y conformer. Il s'avéra que les problèmes avaient simplement été déplacés du sol (les eaux souterraines) vers l'air et l'eau. Lorsque les voisins se plaignirent de devoir barricader leurs maisons à cause des odeurs nauséabondes, que plusieurs pêcheurs signalèrent la mort de poissons et que deux ouvriers d'une usine de peinture décédèrent après avoir bu de l'alcool provenant d'un récipient dans lequel de l'arsenic avait été stocké, les autorités bâloises en eurent assez : 13 ans après le début de la production, elles

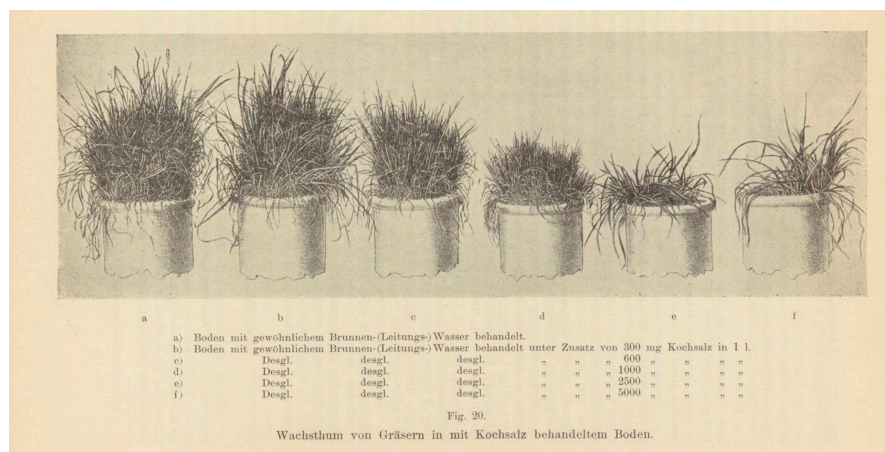


Abb. 2: Neben Fischversuchen setzten die Experten – lange alles Chemiker – auch auf agrarchemische Methoden. Auf kleinen Testflächen und an einzelnen Pflanzen versuchten sie herauszufinden, ab welcher Menge beziehungsweise ab welchem Zeitpunkt verschiedene Abwässer schädlich wirkten. Im Bild ist die Wirkung von Kochsalz gemäss den in den 1890er-Jahren durchgeführten agrarchemischen Versuchen des deutschen Chemikers Joseph König dargestellt.

Fig. 2 : Outre les expériences sur les poissons, les experts – tous chimistes pendant longtemps – misèrent également sur des méthodes agrochimiques. Sur de petites surfaces d'essai et sur des plantes individuelles, ils tentèrent de déterminer à partir de quelle quantité ou à partir de quel moment les différentes eaux usées avaient un effet nocif. La photo montre l'effet du sel de cuisine selon les essais agrochimiques réalisés dans les années 1890 par le chimiste allemand Joseph König. Photographie, aux alentours de 1862

Abgedruckt in: König, Josef: Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser. Berlin 1899.

interdirent la production de peintures contenant de l'arsenic sur le territoire de la ville de Bâle.

Plus tard, les usines de peinture rejetèrent leurs eaux usées directement dans le Rhin, mettant ainsi en péril la pêche commerciale.

14

En effet, les pêcheurs ont toujours été les premiers à remarquer la pollution des eaux. De plus, les tests sur les poissons, c'est-à-dire le placement de poissons dans des bassins dans les eaux à analyser, furent pendant longtemps la seule méthode de mesure fiable : si les poissons mouraient, ils étaient disséqués et analysés chimiquement. Si une substance chimique qui n'est pas naturellement présente chez les poissons sains était détectée, elle était considérée comme la cause du décès.

La mort répétée de leurs alevins fut également la raison pour laquelle les pêcheurs bâlois se tournèrent vers l'usine chimique CIBA en 1904. Ils menacèrent de poursuivre l'entreprise en justice pour ses eaux usées nocives. Mais cela n'alla pas aussi loin. Les pêcheurs conclurent un accord secret avec CIBA, puis avec d'autres entreprises. Ils acceptèrent de ne rien entreprendre contre l'industrie « pour cause de perturbation et de nuisance à la pêche par les eaux usées » et reçurent de l'argent en contrepartie. Ces indemnités correspondaient aux attentes de l'époque. Il n'existait pas encore de notion d'environnement digne de protection au sens actuel du terme. Le conflit était considéré comme un simple conflit d'utilisation et résolu en conséquence : comme la valeur ajoutée de l'industrie ou de la chimie était

supérieure à celle de la pêche, le Rhin était considéré, selon la vision et la rhétorique de l'époque, comme un « tronçon sacrifié ». Le cours du fleuve pouvait être libéré pour l'industrie, moyennant une indemnisation des anciens droits d'utilisation légitimes. Avec l'accord des pêcheurs indemnisés, l'industrie bâloise a déversé ses eaux usées dans le Rhin, ce qui a entraîné un déclin rapide des moyens de subsistance des pêcheurs, largement ignoré par le grand public.

Konflikt wurde als reiner Nutzungskonflikt angesehen und entsprechend gelöst: Da die Wertschöpfung der Industrie bzw. der Chemie grösser als die der Fischerei war, handelte es sich beim Rhein gemäss damaliger Ansicht und Rhetorik um eine «Opferstrecke». Der Flusslauf durfte der Industrie freigegeben werden – unter Entschädigung älterer, berechtigter Nutzungsansprüche. Mit dem Einverständnis der dafür kompensierten Fischer leitete die Basler Industrie ihre Abwässer in den Rhein, worauf die Existenzgrundlage der Fischer zusehends und von der Öffentlichkeit weitgehend unbemerkt schrumpfte.



Abb. 3: Margareth Trachsel, 43 Jahre alt. Totalnekrose und Entfernung des Unterkiefers in ganzer Ausdehnung. Der Berner Chirurg Theodor Kocher untersuchte 1893 im Auftrag des Bundesrats die Phosphornekrose. In diesem Zusammenhang fotografierte er neun erkrankte Arbeiterinnen und Arbeiter.

Fig. 3 : Margareth Trachsel, 43 ans. Nécrose totale et ablation complète de la mâchoire inférieure. En 1893, le chirurgien bernois Theodor Kocher étudia la nécrose phosphorique à la demande du Conseil fédéral. Dans ce contexte, il photographia neuf ouvriers et ouvrières malades.

Abgedruckt in: Kocher, Theodor: Zur Kenntnis der Phosphornekrose. Biel 1893 (SozArch KS 331/105).

Phosphor

Am erschütterndsten finde ich das Kapitel über die Zündholzherstellung im Berner Oberland. Die Arbeiterinnen und Arbeiter in Zündholzfabriken, darunter viele Kinder, waren gelbem Phosphor ausgesetzt. Das führte zur Phosphornekrose, die schätzungsweise jede vierte Arbeiterin, jeden vierten Arbeiter befiel: die Kieferknochen entzündeten sich und mussten entfernt werden. Oft endete die Krankheit tödlich.

Wieso nahmen die Leute dieses Arbeitsrisiko auf sich?

Zum einen war die Kinderarbeit bis 1877 noch erlaubt und weit verbreitet, und zum anderen gab es damals noch keine sozialen Absicherungen wie die AHV oder Arbeitslosenversicherungen. In der Region Frutigen verdienten zahlreiche heimarbeitende Familien ihren Lebensunterhalt mit der manuellen Produktion von Zündhölzern und Zündholzschachteln. Fiel diese Arbeit aus, drohte die wirtschaftliche Not. Zwar wurden mit der Globalisierung und dem dichter werdenden Eisenbahnnetz die Versorgungsmöglichkeiten immer besser und traten Hungersnöte immer seltener auf, doch starben noch um die Jahrhundertmitte zahlreiche Familien in armen Tälern an Hunger. Dies ist für das Aargauer Ruedertal gesichert, als von November 1854 bis April 1855 53 Personen verhungerten. Die Unterschiede konnten regional beträchtlich sein, was sich auch in den wiederholten Auswanderungswellen zeigte, die je nach Region unterschiedlich stark ausfielen.

Wie reagierten die Behörden?

Für die Fabrikinspektoren und den Bundesrat war die Phosphornekrose eine Berufskrankheit, die durch ein Verbot des gelben Phosphors beseitigt werden konnte und folglich beseitigt werden musste. Der Berner Regierungsrat war hingegen gegen ein Verbot des gelben Phosphors, da er eine wirtschaftliche Not in den ohnehin schon armen Tälern befürchtete. Die Kantons- und die Bundesbehörden bewerteten und gewichteten die unmittelbaren wirtschaftlichen Interessen und die gesundheitlichen Langzeitfolgen unterschiedlich. Überspitzt gesagt, konnte man sich im 19. Jahrhundert aus «humanitären Bestrebungen» für oder gegen die Produktion von Zündhölzchen mit gelbem Phosphor aussprechen.

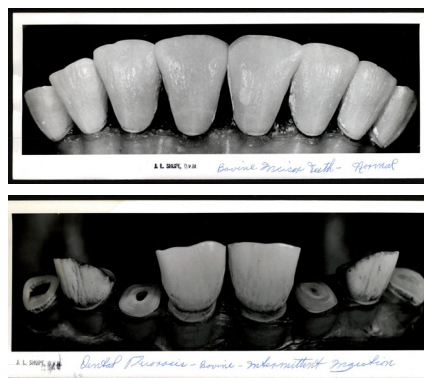


Abb. 4.1, 4.2: Normale und von Dentalfluorose befallene Zähne von Kühen.

Fig. 4.1, 4.2 : Dents normales et dents atteintes de fluorose dentaire chez les vaches.

Photographies de l'expert américain J. Shupe, vers 1958 (BAR E7279C-1977/113-40).

Phosphore

Le chapitre sur la fabrication des allumettes dans l'Oberland bernois m'a particulièrement bouleversé. Les ouvriers et ouvrières des usines d'allumettes, dont beaucoup d'enfants, étaient exposés au phosphore jaune. Cela provoquait une nécrose phosphorique qui touchait environ un ouvrier ou une ouvrière sur quatre : les os de la mâchoire s'enflammaient et devaient être retirés. La maladie était souvent mortelle.

Pourquoi les gens prenaient-ils ce risque professionnel ?

D'une part, le travail des enfants était encore autorisé et très répandu jusqu'en 1877. D'autre part, il n'existait à l'époque aucune protection sociale telle que l'AVS ou l'assurance chômage. Dans la région de Frutigen, de nombreuses familles travaillant à domicile gagnaient leur vie grâce à la production manuelle d'allumettes et de boîtes d'allumettes. Si ce travail venait à disparaître, elles risquaient de se retrouver dans une situation économique difficile. Avec la mondialisation et la densification du réseau ferroviaire, les possibilités d'approvisionnement s'amélioraient et les famines devenaient de plus en plus rares, mais au milieu du siècle, de nombreuses familles mouraient encore de faim dans les vallées pauvres. C'est un fait avéré pour la vallée argovienne de la Rueder, où 53 personnes moururent de faim entre novembre 1854 et avril 1855. Les différences pouvaient être considérables d'une région à l'autre, comme en témoignent les vagues d'émigration répétées, dont l'ampleur variait selon les régions.

Comment les autorités ont-elles réagi ?

Pour les inspecteurs des usines et le Conseil fédéral, la nécrose phosphorique était une maladie professionnelle qui pouvait être éradiquée par l'interdiction du phosphore jaune et devait donc être éliminée. Le Conseil d'État bernois s'opposa toutefois à cette interdiction, craignant une crise économique dans des vallées déjà pauvres. Les autorités cantonales et fédérales évaluèrent et pondérèrent différemment les intérêts économiques immédiats et les conséquences à long terme sur la santé. Pour caricaturer, on pouvait au XIXe siècle se prononcer pour ou contre la produc-

tion d'allumettes au phosphore jaune en invoquant des « considérations humanitaires ».

Fluor

Dans deux autres chapitres, vous décrivez la pollution de l'environnement causée par les composés fluorés. Celle-ci a commencé avec les usines d'aluminium qui utilisaient la cryolithe comme sel de graisse.

La pollution au fluor se manifesta dans les conifères des forêts, les plantes utiles à l'homme ainsi que dans les dents et les os des vaches. Des cas isolés de mortalité des abeilles furent égale-

Fluor

In zwei weiteren Kapiteln beschreiben Sie die Umweltbelastung durch Fluor-Verbindungen. Diese begann mit den Aluminiumwerken, die Kryolith als Schmelzsalz einsetzten.

Die Fluorbelastung machte sich bei Nadelbäumen in den Wäldern, bei Nutzpflanzen sowie bei den Zähnen und Knochen von Kühen bemerkbar. Vereinzelt wurde auch über Bienensterben berichtet. In der Folge gab es weniger Ertrag und Einbussen beim Verkauf von Milch, Holz, Honig, Aprikosen, Kirschen und Äpfeln. Gleichzeitig wurde Profit durch die Aluminiumproduktion erzielt. Was zunächst wie ein klassischer Nutzungskonflikt zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen aussah und auch so behandelt wurde – es gab Entschädigungszahlungen –, nahm mit der Zeit neue Dimensionen an. Im Unterschied zum Basler Geheimabkommen zwischen den Fischern und der Industrie fand dieser Nutzungskonflikt bzw. die Diskussion um die Fluorbelastung in aller Öffentlichkeit statt. Die Zeitungen berichteten von den sogenannten «Fluorkriegen», die die Geschädigten im Aargau und im Wallis führten. Im Aargau wurden die Fluorgeschiedigten bereits in den 1950er-Jahren von der Kantonsregierung unterstützt, da sich die verantwortliche Fabrik auf der anderen Rheinseite in Badisch-Rheinfelden befand. Im Wallis, wo die Aluminiumindustrie eine bedeutende Arbeitgeberin, Steuerzahlerin und



Fig. 5 : La vache Mäusi, atteinte par le fluor, avec son propriétaire Alois Frickler à Möhlin, devant les experts chargés de l'inspection du bétail.

Foto, August 1958 (BAR E7279C-1977/113-40).

Abb. 5: Die fluorgeschiedigte Kuh Mäusi mit ihrem Besitzer Alois Frickler in Möhlin vor den Experten der Viehabnahme.

Stromabnehmerin war, dauerte es 20 Jahre länger. Erst als Umweltthemen in der Öffentlichkeit in den 1970er-Jahren breit thematisiert wurden, setzte sich die Walliser Regierung für eine bedeutende Reduktion der Fluoremissionen ein.

Die Fluorbelastung bleibt mit den PFAS ein aktuelles Problem. Vergiften wir die Schweiz immer noch?

Ja, diese Frage stellt sich tatsächlich. Die per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS), die in den unterschiedlichsten hitzebeständigen, wasser- und fettabweisenden Produkten vorkommen, sind äusserst stabil, wes-

ment signalés. Il en résulta une baisse des rendements et des pertes dans la vente de lait, de bois, de miel, d'abricots, de cerises et de pommes. Parallèlement, la production d'aluminium générait des profits. Ce qui semblait au départ être un conflit classique d'usage entre différents secteurs économiques et était traité comme tel – avec le versement d'indemnités – prit au fil du temps une nouvelle dimension. Contrairement à l'accord secret conclu à Bâle entre les pêcheurs et l'industrie, ce conflit d'utilisation et le débat sur la pollution au fluor se déroulèrent au grand jour. Les journaux relatèrent les « guerres du fluor » menées par les victimes

dans l'Argovie et le Valais. En Argovie, les victimes du fluor furent soutenues dès les années 1950 par le gouvernement cantonal, car l'usine responsable était située de l'autre côté du Rhin, à Badisch-Rheinfelden. En Valais, où l'industrie de l'aluminium était un employeur, un contribuable et un consommateur d'électricité important, il fallut attendre 20 ans de plus. Ce n'est que lorsque les questions environnementales furent largement débattues dans l'opinion publique dans les années 1970 que le gouvernement valaisan s'engagea en faveur d'une réduction significative des émissions de fluor.

La pollution au fluor reste un problème d'actualité avec les PFAS. Continuons-nous à empoisonner la Suisse ?

Oui, cette question se pose effectivement. Les substances perfluoralkylées et polyfluoroalkylées (PFAS), présentes dans divers produits résistants à la chaleur, hydrofuges et oléofuges, sont extrêmement stables, raison pour laquelle on les surnomme « forever chemicals » (produits chimiques éternels). Comme d'autres polluants environnementaux, les PFAS peuvent s'accumuler dans le sol, dans les eaux et dans la chaîne alimentaire. Comme on craint que la bioaccumulation des PFAS chez l'homme puisse provoquer des cancers et d'autres maladies, l'interdiction de ces produits chimiques industriels fait actuellement l'objet de discussions. Une interdiction des PFAS, c'est-à-dire d'un groupe



Abb. 6: Fluorkrieg im Fricktal, Demonstration mit Kühen gegen Fluorschäden, vor dem Verwaltungsgebäude der Alusuisse Zürich. (ETH Bibliothek Zürich, Bildarchiv, Comet Photo AG Zürich, 1963, Com_L12-0378-0001-0002).

Fig. 6 : Guerre du fluor dans le Fricktal, manifestation avec des vaches contre les dommages causés par le fluor, devant le bâtiment administratif d'Alusuisse Zurich.

de substances, ne serait pas une nouveauté d'un point de vue historique. La Confédération a déjà interdit à plusieurs reprises des substances toxiques, notamment les PCB, un produit chimique industriel, le DDT, un insecticide, et le phosphore jaune.

18

L'un des problèmes actuels est que, tout comme l'élimination, la production qui implique la manipulation ou la création de substances toxiques s'est de plus en plus délocalisée à l'étranger. L'industrie textile peut encore aujourd'hui nuire à la santé et à l'environnement. La situation dans les mines reste difficile, tant pour les personnes que pour l'environnement. La question se pose donc de savoir si la « Suisse empoisonnée » est devenue une « Suisse empoisonneuse ».



Dr. Claudia Aufdermauer ist freiberufliche Historikerin

<https://www.geschichteschreiben.ch>

Vergiftete Schweiz. Eine andere Geschichte der Industrialisierung. Claudia Aufdermauer, Verlag Hier und Jetzt, 2024

halb sie auch als «forever chemicals» bezeichnet werden. Wie andere Umweltgifte können sich PFAS im Boden, in Gewässern und in der Nahrungskette anreichern. Da befürchtet wird, dass die Bioakkumulation von PFAS beim Menschen Krebs auslösen und weitere Erkrankungen verursachen kann, wird aktuell über ein Verbot dieser Industriechemikalie diskutiert. Ein Verbot von PFAS, also einer Stoffgruppe, wäre historisch gesehen keine Neuheit. Der Bund hat bereits mehrfach giftige Stoffe – darunter die Industriechemikalie PCB, das Insektizid DDT, gelber Phosphor – verboten.

Zu den aktuellen Problemen zählt auch, dass sich wie die Entsorgung auch die Produktion, bei der mit giftigen Stoffen hantiert wird oder giftige Stoffe entstehen, zunehmend ins Ausland verlagert hat. Die Textilindustrie kann auch heute noch zu Gesundheits- und Umweltschäden führen. Die Situation in den Bergwerken und Minen bleibt schwierig für Mensch und Umwelt. Es stellt sich folglich die Frage, ob die «vergiftete Schweiz» zu einer «vergiftenden Schweiz» geworden ist.



Wenn die inneren Uhren aus dem Takt geraten: Gene, Verhalten und die Bedeutung der Synchronität

Text und Abbildungen: Andrea Kütke Albrecht

Die Frage, warum wir morgens oft müde sind, obwohl wir ausreichend geschlafen haben, beschäftigt viele Jugendliche – und ist ein idealer Einstieg in die faszinierende Welt der Chronobiologie. Die Wissenschaft der inneren Uhren zeigt eindrucksvoll, wie molekulare Prozesse im Körper unser Verhalten, unsere Gesundheit und sogar unseren Alltag steuern. Mäuse dienen dabei als Modellorganismen, um die Kette von der Ebene der Gene bis hin zu komplexen Verhaltensweisen zu entschlüsseln. Neue Forschungsergebnisse belegen, dass diese Zusammenhänge vielschichtiger sind als lange angenommen – und dass sie für Jugendliche und den Unterricht hochaktuell sind.

Molekulare Uhrwerke: Die Gene als Taktgeber

Im Zentrum der Chronobiologie stehen die sogenannten Clock-Gene wie *Clock*, *Bmal1*, *Per* und *Cry*. Diese Gene erzeugen im suprachiasmatischen Nucleus (SCN) des Gehirns molekulare Schwingungen, die im 24-Stunden-Rhythmus ablaufen und wie ein Taktgeber für den gesamten Organismus wirken¹. Die Clock-Gene produzieren Proteine, die sich im Tagesverlauf ansammeln und dann wiederum ihre eigene Produktion hemmen – ein autoregulatorischer Kreislauf, der den circadianen Rhythmus stabilisiert³. Diese molekularen Prozesse steuern, wann Nervenzellen im SCN aktiv sind und Signale an andere Hirnregionen

senden, die etwa Schlaf, Hormonproduktion oder Nahrungsaufnahme regeln³.

Die molekulare Rückkopplungsschleife der inneren Uhr

Die molekulare Basis der inneren Uhr ist in Abbildung 1 dargestellt²: Im Zellkern bilden die Proteine *BMAL1* und *CLOCK* einen Komplex, der als Transkriptionsfaktor wirkt und die Expression der Uhrgene *Per* und *Cry* anstößt. Die so gebildeten *PER*- und *CRY*-Proteine sammeln sich zunächst im Zytosol an. Sobald eine bestimmte Konzentration erreicht ist, wandern sie zurück in den Zellkern. Dort hemmen sie den *BMAL1/CLOCK*-Komplex und unterdrücken so ihre eigene weitere Produktion – ein klassischer negativer Rückkopplungsmechanismus.

Im Laufe des Tages werden die *PER*- und *CRY*-Proteine im Zytosol abgebaut, wodurch die Hemmung nachlässt und der Zyklus von vorn beginnen kann. Zusätzlich regulieren weitere Faktoren wie *REV-ERB* die Aktivität von *BMAL1* und sorgen für zusätzliche Feinanpassung des Rhythmus. Über sogenannte „clock-controlled genes“ (CCG) beeinflusst diese molekulare Uhr zahlreiche Zellfunktionen im gesamten Organismus.

Die Bedeutung dieses Systems wird deutlich, wenn man sich klinische Beispiele anschaut: Eine Mutation im *PER2*-Gen beim Menschen führt dazu,

dass die negative Rückkopplung schneller abläuft und der circadiane Rhythmus verkürzt wird. Betroffene des familiären Advanced Sleep Phase Syndrome werden abends sehr früh müde und wachen entsprechend früh auf – ein direkter Beleg dafür, wie eng die molekulare Uhr mit unserem Schlaf-Wach-Verhalten verknüpft ist.

Die Abbildung 1 macht deutlich, wie aus dem Zusammenspiel weniger Gene und ihrer Produkte ein stabiler, selbstregulierender Rhythmus entsteht, der die Zellfunktionen und damit auch unser tägliches Leben bestimmt.

Vom Gen zum Verhalten: Mäuse im Rhythmus

Wird dieser molekulare Rhythmus gestört, zum Beispiel durch eine Mutation im *Per*- oder *Bmal1*-Gen, gerät die innere Uhr aus dem Takt. Mäuse mit solchen Veränderungen verlieren ihren regelmässigen Schlaf-Wach-Rhythmus, zeigen veränderte Aktivitätsmuster und entwickeln Stoffwechselprobleme⁴. So lässt sich beobachten, wie eine molekulare Veränderung auf der Ebene der Gene über die Aktivität von Nervenzellen bis hin zu sichtbaren Verhaltensänderungen führt – eine Kette, die das Zusammenspiel von Molekularbiologie und Verhalten anschaulich macht⁴.

19

20

Doch nicht nur das: Auch Lern- und Gedächtnisleistungen, das Empfinden von Belohnung und sogar die Anfälligkeit für Suchtverhalten stehen unter dem Einfluss der inneren Uhr¹. Neue Studien zeigen, dass die Uhrzellen im SCN tagsüber zwar elektrisch aktiv sind, aber Signale vor allem in der Dämmerung aussenden – ein bislang unbekanntes Muster, das erklären könnte, warum viele Tiere (und auch wir Menschen) zu bestimmten Tageszeiten besonders lern- oder leistungsfähig sind¹.

Synchronisationsproblem zwischen Gewebeuhren

Ein entscheidender Aspekt der Chronobiologie ist, dass nicht nur der SCN als zentrale Uhr fungiert, sondern auch nahezu alle Organe und Gewebe im Körper eigene „periphere Uhren“ besitzen (Abb. 2). Diese Gewebeuhren sind normalerweise fein aufeinander abgestimmt und arbeiten im Gleichklang, sodass Stoffwechsel, Hormonproduktion und viele andere Prozesse optimal koordiniert ablaufen⁴. Dieses Zusammenspiel ist jedoch störanfällig:

Auch wenn die molekularen Uhren-gene völlig intakt sind, kann unser Verhalten – etwa durch unregelmässige Schlafenszeiten – dazu führen, dass die inneren Uhren der Organe auseinanderlaufen und ihre Rhythmen nicht mehr aufeinander abgestimmt sind⁴ (Abb. 2). Kommt es zu einer solchen Entkopplung, spricht man von „innerer Desynchronisation“: Die verschiedenen Gewebe arbeiten dann nicht mehr im richtigen Phasenverhältnis zueinander. Die Folge ist ein „Chaos im Körper“, das zu ähnlichen Gesundheitsproblemen führen kann wie genetische Defekte – etwa Stoffwechselstörungen, Übergewicht, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Schlafprobleme^{3,4} (Abb. 2). Besonders moderne Lebensgewohnheiten, wie sie viele Jugendliche und junge Erwachsene erleben, fördern diese Entkopplung: Unregelmässige Tagesabläufe, spätes Essen, intensive Mediennutzung am Abend und sozialer Jetlag am Wochenende sind typische Auslöser.

Wissenschaftliche Studien zeigen, dass diese Desynchronisation der Gewebeuhren ein zentraler Mechanismus für viele chronische Gesundheitsprobleme ist, auch wenn das molekulare Uhrwerk selbst völlig normal funktioniert^{3,4}.

Gesundheit im Takt: Was wir von Mäusen für den Menschen lernen

Die Erkenntnisse aus der Mausforschung lassen sich auf den Menschen übertragen. Chronische Störungen der circadianen Uhr – etwa durch Schichtarbeit, Jetlag oder ständigen

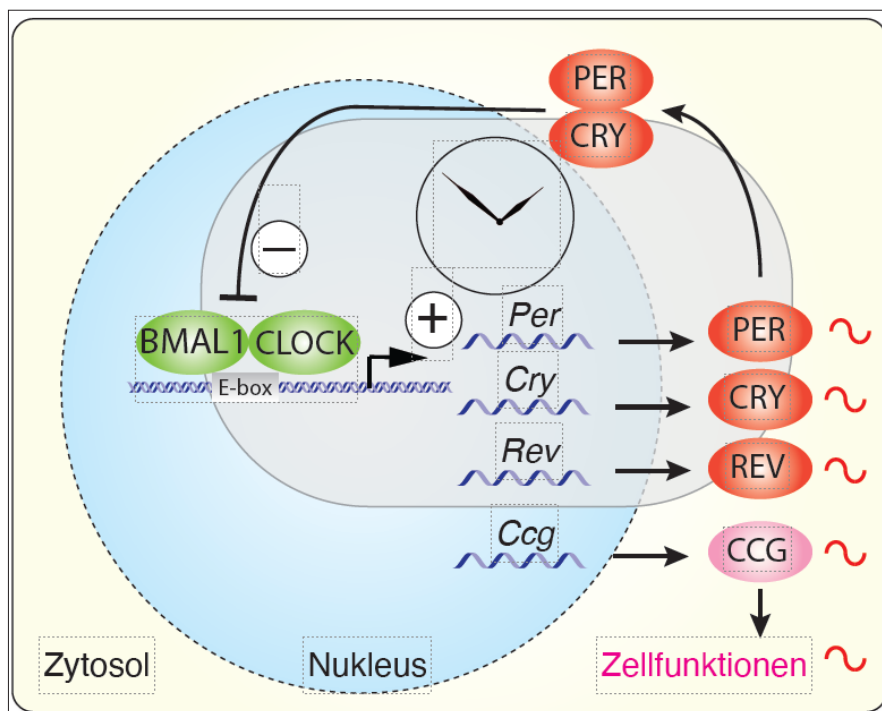


Fig. 1 : Mécanismes moléculaires de l'horloge interne. Les facteurs BMAL1 et CLOCK (en vert) activent (+) l'expression de Per, Cry et Rev (en rouge), qui inhibent leur propre activité (-). Ce mécanisme de rétroaction autorégulateur (gris) constitue la base du mécanisme de l'horloge cellulaire. Tiré de Ripperger & Albrecht, *BIOspektrum* 30(1), 2024².

Abb. 1: Molekulare Mechanismen der inneren Uhr. Die Faktoren BMAL1 und CLOCK (grün) aktivieren (+) die Expression von Per, Cry und Rev (rot), welche ihre eigene Aktivität inhibieren (-). Dieser autoregulatorische Rückkopplungsmechanismus (grau) bildet die Grundlage des zellulären Uhrmechanismus. Übernommen aus Ripperger & Albrecht, *BIOspektrum* 30(1), 2024².

Medienkonsum bis spät in die Nacht – erhöhen das Risiko für zahlreiche Erkrankungen: Schlafstörungen, Übergewicht, Diabetes, Depressionen und sogar bestimmte Krebsarten⁴. Die innere Uhr beeinflusst nicht nur, wann wir müde sind, sondern auch, wie unser Stoffwechsel funktioniert, wann Hormone ausgeschüttet werden und wie gut unser Immunsystem arbeitet⁴. Ein besonders aktuelles Thema für Jugendliche ist der Einfluss von Bildschirmzeiten am Abend: Das blaue Licht von Smartphones und Tablets kann die innere Uhr „verstellen“ und dazu führen, dass das Einschlafen schwerfällt und die Schlafqualität leidet³. Wer dauerhaft gegen seine innere Uhr lebt, riskiert langfristig gesundheitliche Probleme – ein Befund, der durch zahlreiche Studien an Mäusen und Menschen gestützt wird⁴.

Von der Forschung in die Schule: Molekularbiologie trifft Lebenswelt

Das Thema Chronobiologie eignet sich hervorragend, um molekulare Mechanismen im Biologieunterricht der Sekundarstufe II mit alltagsrelevanten Fragestellungen zu verbinden. Am Beispiel der Mäuse lässt sich der Weg von der Genmutation über die Veränderung molekularer Signalwege bis hin zu beobachtbaren Verhaltensänderungen nachvollziehen – eine ideale Gelegenheit, die „Zentraldogmen“ der Molekularbiologie mit echten Lebensbezügen zu verknüpfen¹.

Lehrpersonen können das Thema nutzen, um mit Lernenden über den eigenen Schlafrhythmus, Medienkonsum oder die Diskussion um spätere Schul-

anfangszeiten ins Gespräch zu kommen. Experimente mit Aktivitätsprotokollen, die Analyse von Schlafgewohnheiten oder die Diskussion aktueller Forschungsergebnisse machen die molekulare Biologie anschaulich und praxisnah. Besonders im Bereich Molekularbiologie lässt sich so der Zusammenhang zwischen Genetik, Zellbiologie und Verhalten lebendig und schülernah vermitteln¹.

Schwerpunkt: Warum Schlaf und Rhythmus für Jugendliche besonders wichtig sind

Was wir eingangs als alltägliche Frage vieler Jugendlicher kennengelernt haben, erweist sich nun als komplexes Zusammenspiel von Genetik und Verhalten. Jugendliche erleben in der Pubertät eine natürliche Verschiebung ihres Schlafrhythmus – sie werden abends später müde und morgens später wach⁴. Wenn Schule, Freizeit und Medienkonsum diesen Rhythmus zusätzlich aus dem Takt bringen, kann das zu chronischem Schlafmangel führen³. Die Forschung zeigt: Wer regelmässig zu wenig oder zur „falschen“ Zeit schläft, hat nicht nur Konzentrationsprobleme, sondern riskiert auch langfristige Gesundheitsprobleme⁴.

Hier schliesst sich der Kreis von der molekularen Ebene bis zur Verhaltenzebene: Störungen in den Clock-Genen beeinflussen die Signalwege im Gehirn, verändern das Verhalten der Mäuse – und liefern Erklärungen für viele Phänomene im Alltag von Jugendlichen^{1,3}. Das Wissen um die innere Uhr kann Jugendlichen helfen, ihren Alltag bewusster zu gestalten – und zu verstehen, warum ein regelmässiger Rhythmus für Gesundheit, Stim-

mung und Leistungsfähigkeit so entscheidend ist⁴.

Quellen

¹ Albrecht, U. (2012). Timing to perfection: The biology of central and peripheral circadian clocks. *Neuron*, 74, 246-260.

² Ripperger, J.A. & Albrecht, U. (2024). Chronobiologie: Die zirkadiane Uhr und das Verhalten. *BIOspektrum*, 30(1), 58–60.

³ Zhang, Y., et al. (2022). Impacts of circadian disruptions on behavioral rhythms in mice. *The FASEB Journal*, 36(3), e22234.

⁴ Roenneberg, T., & Merrow, M. (2025). Circadian rhythmicity and human health. *Current Research in Physiology*, 8, 100123.



Dr. Andrea Kütke Albrecht hat ein Lehrdiplom für Maturitätsschulen und ist auf Heilpflanzen spezialisiert. Sie unterrichtet Biologie, hält Vorträge und leitet Exkursionen und Kurse zu Botanik sowie zur Anwendung von Heilpflanzen im biologischen und gesundheitlichen Kontext.

Kontakt:

freya-heilpflanzenschule.ch

info@freya-heilpflanzenschule.ch

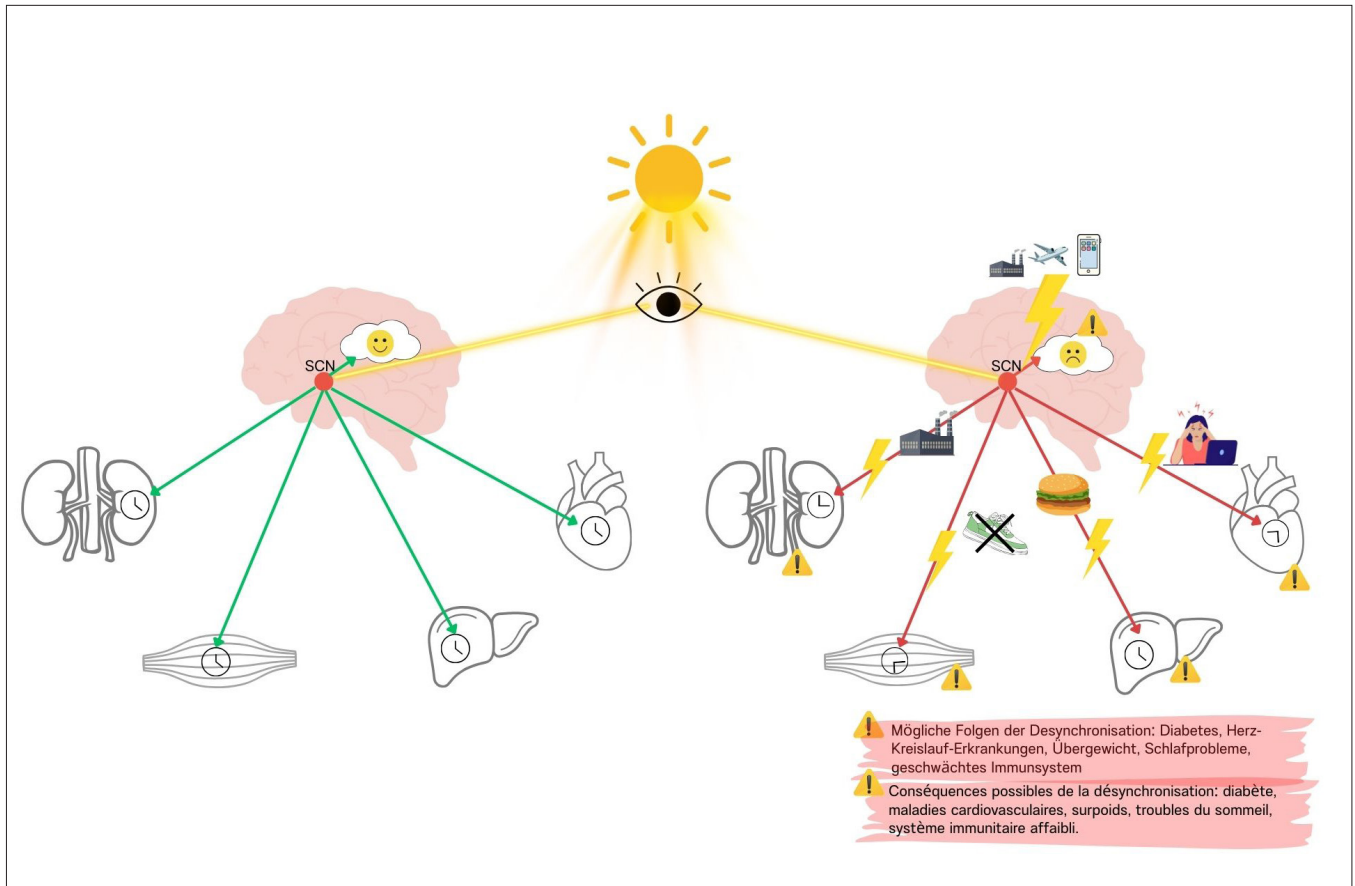


Abb. 2: Synchronisation und Desynchronisation der inneren Uhren: Der Suprachiasmatische Nucleus (SCN) steuert im Normalfall (links) die Organ-Uhren und hält sie im Takt. Verschiedene Störfaktoren (rechts) wie Schichtarbeit, Bewegungsmangel, spätes Essen oder zu viel Stress können die Synchronisation unterbrechen und zu gesundheitlichen Problemen führen. Die Smileys symbolisieren Wohlbefinden bzw. Depression: Ist die innere Uhr synchron, wirkt sich das positiv auf die Stimmung aus (fröhliches Smiley, links). Bei gestörter Synchronisation können depressive Verstimmungen bis hin zu ernsthaften Depressionen entstehen (trauriges Smiley, rechts). Typische Störfaktoren wie spätes Essen, Bildschirmlicht oder unregelmässige Schlafzeiten – häufig bei Jugendlichen – können zu einer Desynchronisation führen.

Fig. 2 : Synchronisation et désynchronisation des horloges internes : Le noyau suprachiasmatique (NSC) contrôle normalement (à gauche) les horloges des organes et les maintient en phase. Divers facteurs perturbateurs (à droite), tels que le travail posté, le manque d'exercice, les repas tardifs ou un stress excessif, peuvent interrompre la synchronisation et entraîner des problèmes de santé. Les smileys symbolisent le bien-être ou la dépression : Lorsque l'horloge interne est synchronisée, cela a un effet positif sur l'humeur (smiley joyeux, à gauche). En cas de désynchronisation, des humeurs dépressives pouvant aller jusqu'à des dépressions graves peuvent apparaître (smiley triste, à droite). Des facteurs perturbateurs typiques tels que les repas tardifs, la lumière des écrans ou des horaires de sommeil irréguliers – fréquents chez les adolescents – peuvent entraîner une désynchronisation.

Quand les horloges internes se dérèglent : Gènes, comportement et importance de la synchronisation

Par Andrea Kütke Albrecht

La question de savoir pourquoi nous sommes souvent fatigués le matin, même après avoir suffisamment dormi, préoccupe de nombreux adolescents – et constitue une introduction idéale au monde fascinant de la chronobiologie. La science des horloges internes montre de manière impressionnante comment les processus moléculaires dans le corps contrôlent notre comportement, notre santé et même notre vie quotidienne. Les souris servent d'organismes modèles pour déchiffrer la chaîne qui va du niveau des gènes aux comportements complexes. De nouveaux résultats de recherche prouvent que ces relations sont plus complexes qu'on ne le pensait depuis longtemps et qu'elles sont particulièrement d'actualité pour les adolescents et l'enseignement.

Mécanismes moléculaires : les gènes comme horloges

Au cœur de la chronobiologie se trouvent les gènes dits « horloges », tels que *Clock*, *Bmal1*, *Per* et *Cry*. Ces gènes génèrent des oscillations moléculaires dans le noyau suprachiasmatique (NSC) du cerveau, qui se déroulent selon un rythme de 24 heures et agissent comme une horloge pour l'ensemble de l'organisme¹. Les gènes horlogers produisent des protéines qui s'accumulent au cours de la journée, puis inhibent leur propre production – un cycle autorégulateur qui stabilise le rythme circadien³. Ces processus moléculaires contrôlent le moment où

les cellules nerveuses du NSC sont actives et envoient des signaux à d'autres régions du cerveau qui régulent notamment le sommeil, la production d'hormones ou l'apport alimentaire³.

La boucle de rétroaction moléculaire de l'horloge interne

La base moléculaire de l'horloge interne est illustrée à la figure 1² (page 20): dans le noyau cellulaire, les protéines *BMAL1* et *CLOCK* forment un complexe qui agit comme un facteur de transcription et déclenche l'expression des gènes *Per* et *Cry* de l'horloge. Les protéines *PER* et *CRY* ainsi formées s'accumulent d'abord dans le cytosol. Dès qu'une certaine concentration est atteinte, elles retournent dans le noyau cellulaire. Là, elles inhibent le complexe *BMAL1/CLOCK* et suppriment ainsi leur propre production, un mécanisme classique de rétroaction négative.

Au cours de la journée, les protéines *PER* et *CRY* sont dégradées dans le cytosol, ce qui atténue l'inhibition et permet au cycle de recommencer. D'autres facteurs, tels que *REV-ERB*, régulent également l'activité de *BMAL1* et assurent un ajustement supplémentaire du rythme. Grâce à ce que l'on appelle les « gènes contrôlés par l'horloge » (CCG), cette horloge moléculaire influence de nombreuses fonctions cellulaires dans tout l'organisme. L'importance de ce système apparaît clairement lorsque l'on examine des

exemples cliniques : une mutation du gène *PER2* chez l'être humain accélère la rétroaction négative et raccourcit le rythme circadien. Les personnes atteintes du syndrome familial de phase avancée du sommeil se fatiguent très tôt le soir et se réveillent donc tôt le matin, ce qui prouve directement à quel point l'horloge moléculaire est étroitement liée à notre comportement veille-sommeil.

L'illustration montre clairement comment l'interaction entre quelques gènes et leurs produits donne naissance à un rythme stable et autorégulé qui détermine les fonctions cellulaires et donc notre vie quotidienne.

Du gène au comportement : des souris en rythme

Si ce rythme moléculaire est perturbé, par exemple par une mutation du gène *Per* ou *Bmal1*, l'horloge interne se dérègle. Les souris présentant de telles modifications perdent leur rythme veille-sommeil régulier, montrent des schémas d'activité modifiés et développent des troubles métaboliques⁴. On peut ainsi observer comment une modification moléculaire au niveau des gènes entraîne des changements visibles dans le comportement via l'activité des cellules nerveuses – une chaîne qui illustre clairement l'interaction entre la biologie moléculaire et le comportement⁴.

23

Mais ce n'est pas tout : les performances d'apprentissage et de mémoire, la perception de la récompense et même la vulnérabilité aux comportements addictifs sont également influencées par l'horloge interne¹. De nouvelles études montrent que les cellules horlogères du NSC sont certes actives électriquement pendant la journée, mais qu'elles émettent des signaux principalement au crépuscule – un schéma jusqu'alors inconnu qui pourrait expliquer pourquoi de nombreux animaux (et nous, les humains) sommes particulièrement aptes à apprendre ou à être performants à certains moments de la journée¹.

Problème de synchronisation entre les horloges tissulaires

Un aspect décisif de la chronobiologie est que non seulement le NSC fait office d'horloge centrale, mais que presque tous les organes et tissus du corps possèdent également leurs propres « horloges périphériques » (fig. 2, page 22). Ces horloges tissulaires sont normalement finement synchronisées et fonctionnent à l'unisson, de sorte que le métabolisme, la production d'hormones et de nombreux autres processus se déroulent de manière coordonnée et optimale⁴. Cette interaction est toutefois susceptible d'être perturbée : même si les gènes moléculaires de l'horloge sont parfaitement intacts, notre comportement – par exemple des heures de sommeil irréguli-

ères – peut entraîner un décalage des horloges internes des organes et une désynchronisation de leurs rythmes⁴ (fig. 2). Lorsqu'un tel décalage se produit, on parle de « désynchronisation interne ».

Les modes de vie modernes, tels que ceux adoptés par de nombreux adolescents et jeunes adultes, favorisent particulièrement ce décalage : des horaires irréguliers, des repas tardifs, une utilisation intensive des médias le soir et un décalage horaire social le week-end en sont les causes les plus fréquentes.

Des études scientifiques montrent que cette désynchronisation des horloges tissulaires est un mécanisme central à l'origine de nombreux problèmes de santé chroniques, même si l'horloge moléculaire elle-même fonctionne tout à fait normalement^{3,4}.

La santé au rythme : ce que les souris nous apprennent sur les humains

Les résultats de la recherche sur les souris peuvent être transposés à l'être humain. Les perturbations chroniques de l'horloge circadienne, causées par exemple par le travail posté, le décalage horaire ou une utilisation constante des écrans jusque tard dans la nuit, augmentent le risque de nombreuses maladies : troubles du sommeil, surpoids, diabète, dépression et

même certains types de cancer⁴. L'horloge interne influence non seulement le moment où nous sommes fatigués, mais aussi le fonctionnement de notre métabolisme, le moment où les hormones sont sécrétées et l'efficacité de notre système immunitaire⁴.

L'influence du temps passé devant les écrans le soir est un sujet particulièrement d'actualité pour les adolescents : la lumière bleue des smartphones et des tablettes peut « dérégler » l'horloge interne et entraîner des difficultés à s'endormir et une baisse de la qualité du sommeil³. Vivre en permanence à contre-courant de son horloge interne expose à des risques de problèmes de santé à long terme, un constat confirmé par de nombreuses études menées sur des souris et des humains⁴.

De la recherche à l'école : la biologie moléculaire rencontre le monde réel

Le thème de la chronobiologie est idéal pour associer les mécanismes moléculaires à des questions pertinentes pour la vie quotidienne dans les cours de biologie du secondaire II. L'exemple des souris permet de comprendre le cheminement qui mène de la mutation génétique à des changements observables dans le comportement, en passant par la modification des voies de signalisation moléculaires – une occasion idéale de relier les « dogmes centraux » de la biologie moléculaire à des situations réelles¹.

Les enseignants peuvent utiliser ce thème pour discuter avec leurs élèves de leur propre rythme de sommeil, de leur utilisation des écrans ou du débat sur le report de l'heure de début des cours. Les expériences avec des protocoles d'activité, l'analyse des habitudes de sommeil ou la discussion des résultats de recherches actuelles rendent la biologie moléculaire concrète et pratique. Dans le domaine de la biologie moléculaire en particulier, cela permet de transmettre de manière vivante et accessible aux élèves le lien entre la génétique, la biologie cellulaire et le comportement¹.

Point fort : pourquoi le sommeil et le rythme sont particulièrement importants pour les adolescents

Ce que nous avons présenté au début comme une question quotidienne pour de nombreux adolescents s'avère être une interaction complexe entre la génétique et le comportement. À la puberté, les adolescents connaissent un décalage naturel de leur rythme de sommeil : ils se fatiguent plus tard le soir et se réveillent plus tard le matin⁴. Lorsque l'école, les loisirs et l'utilisation des écrans perturbent davantage ce rythme, cela peut entraîner un manque de sommeil chronique³. Les recherches montrent que les personnes qui dorment régulièrement

trop peu ou au « mauvais » moment ont non seulement des problèmes de concentration, mais risquent également de développer des problèmes de santé à long terme⁴.

La boucle est ainsi bouclée, du niveau moléculaire au niveau comportemental : les perturbations des gènes de l'horloge influencent les voies de signalisation dans le cerveau, modifient le comportement des souris et fournissent des explications à de nombreux phénomènes observés dans la vie quotidienne des adolescents^{1,3}. La connaissance de l'horloge interne peut aider les adolescents à organiser leur quotidien de manière plus consciente et à comprendre pourquoi un rythme régulier est si important pour la santé, l'humeur et les performances⁴.

Sources

¹ Albrecht, U. (2012). Timing to perfection: The biology of central and peripheral circadian clocks. *Neuron*, 74, 246-260.

² Ripperger, J.A. & Albrecht, U. (2024). Chronobiologie : l'horloge circadienne et le comportement. *BIOspektrum*, 30(1), 58-60.

³ Zhang, Y., et al. (2022). Impacts of circadian disruptions on behavioral rhythms in mice. *The FASEB Journal*, 36(3), e22234.

⁴ Roenneberg, T., & Merrow, M. (2025). Rythmicité circadienne et santé humaine. *Current Research in Physiology*, 8, 100123.

Dr Andrea Kütke Albrecht est titulaire d'un diplôme d'enseignement pour les écoles de maturité et est spécialisée dans les plantes médicinales. Elle enseigne la biologie, donne des conférences et anime des excursions et des cours sur la botanique et l'utilisation des plantes médicinales dans un contexte biologique et sanitaire.

Contact :
freya-heilpflanzenschule.ch
info@freya-heilpflanzenschule.ch

Swisseduc Chemie: Neue Struktur, frisches Design

von Roger Deuber und Juraj Lipscher

«Klar stelle ich mein Leitprogramm für SwissEduc zur Verfügung. So wie ich haben vermutlich fast alle Chemielehrkräfte schon mal profitiert, etwas heruntergeladen und im Unterricht verwendet» sagte beim letzten Zentralkurs eine Chemielehrerkollegin, als ich sie anfragte, ob sie ihr innovatives Leitprogramm auf Swisseduc/Chemie zur Verfügung stellt.

Wir können deshalb wohl davon ausgehen, dass die meisten von Euch wissen, worum es geht.

Geschichte

Swisseduc entstand 1995 als Diplomarbeit von Silvia Ackermann am Departement Informatik der ETH unter der Leitung von Werner Hartmann – damals noch unter dem Namen EducETH. Dank engagierten Lehrpersonen gab es nach wenigen Jahren bereits 10 Fachbereiche – unter anderem auch Chemie mit mir und Juraj Lipscher als Fachmaster. 2005 wurde er unter dem neuen Namen SwissEduc flügge, indem er sich als gemeinnütziger Verein von der ETH löste und so das Konzept «Von Lehrkräften für Lehrkräfte» und damit auch die Unabhängigkeit bewahren konnte.

Wie alle anderen Fachbereiche lebt auch der Bereich Chemie vom Wissen, den Erfahrungen und der Kreativität der Chemielehrkräfte. Dass dies auch nach 30 Jahren noch so ist, zeigen mir die spannenden Vorträge und Work-

shops bei jedem Zentralkurs aufs Neue.

Da ist es auch nicht erstaunlich, dass die Zugriffszahlen auf SwissEduc/Chemie entsprechend hoch sind. Nach dem letzten Zentralkurs haben wir für den Oktober die Zugriffszahlen erhoben: Pro Tag waren dies für den Chemiebereich über 1000 Besuche/Tag. Auch wenn ein Teil davon Zugriffe von Suchrobotern sein dürften, zeigt dies doch, dass weltweit ein grosses Interesse an unseren inzwischen fast 200 verschiedenen Unterrichtsmaterialien besteht.

Gegenwart

Die Idee, SwissEduc sowohl inhaltlich als auch ästhetisch neu zu gestalten, und so sowohl die bestehenden wie auch zukünftigen Materialien neu zu präsentieren, ist schon vor längerer Zeit entstanden und wurde immer dringlicher: Die wichtigsten Gründe waren einerseits die nicht mehr zeitgemässe primäre Ordnung nach «erweiterten Lernformen», andererseits wuchernde neue Bereiche und schliesslich auch der angestaubte ästhetische Eindruck.

In vielen Gesprächen – vor allem mit Junglehrer/innen – wurde auch immer klarer, dass wir dafür sorgen müssen, dass die Materialien möglichst einfach und schnell gefunden werden können. Das hier vorgestellte Konzept, wirkt auf uns im Nachhinein eher selbstver-

ständlich als originell. Chemie weist ja im Gegensatz zu vielen anderen Fachgebieten eine weitgehend selbstverständliche didaktische Struktur vom Einfachen/Kleinen zum Komplexen/Grossen auf: Vom Atom zu den Atomverbänden und weiter zu den Interaktionen zwischen Atomen und Atomverbänden. Dies kommt ja auch in den meist sehr vergleichbaren Curriculae im gymnasialen Chemieunterricht zum Ausdruck – aktuell gerade auch im neuen Rahmenlehrplan der WEGM für das Grundlagenfach.

Neue Struktur

Es lag somit auf der Hand, die gesamten Unterrichtsmaterialien von SwissEduc/Chemie neu nach curriculären Kriterien zu ordnen:

In der Realisierung unserer Vision, unsere Benutzer möglichst schnell das Richtige finden zu lassen, haben wir neben der curriculären Anordnung noch die beiden Kriterien «Theorie oder Labor/Demonstration» sowie «Art der Lernform» berücksichtigt: So findet man die Materialien zur Theorie mit den Lernformen Leitprogramm, Lernaufgabe, Vortrag, Puzzle etc. am Anfang der Galeriseiten, die Materialien zur Praxis mit den Lernformen Praktikum, Demonstrationsexperiment am Schluss. Die Lernform ist jeweils beim Eyecatcher genannt.

Swisseduc Chimie : une nouvelle structure et un design «frais»

par Roger Deuber et Juraj Lipscher

« Bien sûr que je mets mon programme d'auto-apprentissage à la disposition de Swisseduc. Comme moi, presque tous les professeurs de chimie ont probablement déjà profité de ce service en téléchargeant quelque chose pour l'utiliser en cours », m'a répondu une collègue professeure de chimie lors du dernier cours central, lorsque je lui ai demandé si elle mettait son programme d'auto-apprentissage innovant à la disposition de Swisseduc Chimie.

Nous pouvons donc supposer que la plupart d'entre vous savent de quoi il s'agit.

Histoire

Swisseduc a vu le jour en 1995 sous la forme d'un mémoire de Silvia Ackermann au département d'informatique de l'ETH sous la direction de Werner Hartmann – à l'époque encore sous le nom d'EduETH. – Grâce à des enseignants engagés, et après quelques années déjà, il existait déjà 10 domaines spécialisés dont la chimie avec moi-même et Juraj Lipscher comme maîtres de conférence. En 2005, le département a pris son envol sous le nouveau nom de SwissEduc en se séparant de l'ETH pour devenir une association à but non lucratif, ce qui lui a permis de conserver le concept « par des enseignants pour des enseignants » et donc son indépendance.

Comme tous les autres départements, celui de chimie vit des connaissances, de l'expérience et de la créativité des professeurs de chimie. Les conférences et ateliers passionnants proposés à chaque cours central me montrent que c'est toujours le cas, même après 30 ans.

Il n'est donc pas surprenant que le nombre de visites sur SwissEduc/Chimie soit particulièrement élevé. Après le dernier cours centralisé, nous avons recensé le nombre de visites pour le mois d'octobre. Plus de 1 000 visites par jour ont été enregistrées pour la section Chimie. Même si une partie de ces visites provient probablement de robots de recherche, cela montre qu'il existe un grand intérêt à l'échelle mondiale pour nos quelque 200 supports pédagogiques différents.

Et maintenant

L'idée de repenser SwissEduc tant sur le plan du contenu que sur le plan esthétique, et ainsi de présenter différemment les supports existants et futurs, est née il y a longtemps déjà et est devenue de plus en plus urgente : les raisons principales étaient, d'une part, le classement primaire par formes d'apprentissage élargies, qui n'était plus d'actualité, et, d'autre part, la prolifération de nouveaux domaines et enfin le design graphique vieillot. Au cours de nombreuses discussions, notamment avec de jeunes enseignants, il est également apparu de plus en plus

clairement que nous devions veiller à ce que les supports puissent être trouvés aussi facilement et rapidement que possible.

Avec le recul, le concept présenté ici nous semble plus évident que l'original. Contrairement à de nombreux autres domaines, la chimie présente une structure didactique largement évidente, allant du simple/petit au complexe/grand : de l'atome aux associations d'atomes, puis aux interactions entre les atomes et les associations d'atomes. Cela se reflète également dans les programmes scolaires, qui sont pour la plupart très similaires.

Une nouvelle structure

De ce fait, il était donc logique de réorganiser l'ensemble du matériel pédagogique de SwissEduc/Chimie selon les critères du programme scolaire :

Dans le cadre de la réalisation de notre vision, qui consiste à permettre à nos utilisateurs de trouver rapidement ce qu'ils cherchent, nous avons pris en compte, outre l'organisation curriculaire, les deux critères suivants : « théorie ou laboratoire/démonstration » et « type d'apprentissage ». Ainsi, les supports théoriques avec les formes d'apprentissage programme d'auto-apprentissage, tâche d'apprentissage, exposé, puzzle, etc. se trouvent au début des pages de la galerie, tandis que les supports pratiques avec les formes d'apprentissage stage, expérience de

27

SwissEduc Chemie

SUCHBEGRIFF



Chemie auf SwissEduc

Schwerpunkte

Themenschwerpunkte
Didaktik und Methodik
Computerchemie
VSN

Materialien gemäss Chemie-Curriculum

Propädeutische Chemie
Atombau
Periodensystem
Bindungslehre
Elektronenpaarbindung
Ionenbindung
Metallbindung
Reaktionslehre
Stöchiometrie
Energetik
Reaktionsgeschwindigkeit
Thermodynamik
Chemisches Gleichgewicht
Säuren und Basen
Redoxreaktionen
Organische Chemie
Biochemie
Umweltchemie
Interdisziplinäre Chemie
Chemische Analytik
Nanotechnologie

Partner

Chemie auf ZUM

Verantwortliche Redaktoren für Chemie auf SwissEduc: Roger Deuber, Juraj Lipscher, Urs Leisinger,

Chemie aktuell

» Zentralkurs Chemie 2024 Winterthur Unterrichtsmaterialien der Workshops

» Werkstatt Kriminalistik – neue Version Trennmethode im Kontext von kriminalistischen Fragestellungen

» Leitprogramm Atombau in neuer Form Erweiterte Unterrichtseinheit mit kurzen Texten, kleinen Experimenten, Aufgaben, Videos, Simulationen und Erklärvideos.

» Chemie und Kunst Fächerübergreifende Unterrichtseinheit zur Untersuchung von Gemälden mit modernen chemischen und physikalischen Methoden.

Übersicht

DIDAKTIK UND METHODIK [weiter]	COMPUTERCHEMIE [weiter]	THEMENSCHWERPUNKTE [weiter]	VSN - SSPSN - SSISN Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrkräfte NEU: TABELLENWERK DER DCK Veranstaltungen, Zeitschrift c+b, Pages Francophones [weiter]
PROPÄDEUTISCHE CHEMIE [weiter]	ATOMBAU [weiter]	PERIODENSYSTEM [weiter]	BINDUNGSLEHRE [weiter]
REAKTIONSLEHRE [weiter]	SAUREN UND BASEN [weiter]	REDOXREAKTIONEN [weiter]	ORGANISCHE CHEMIE [weiter]
BIOCHEMIE [weiter]	ANORGANISCHE CHEMIE [weiter]	UMWELTCHEMIE [weiter]	INTERDISZIPLINÄRE CHEMIE [weiter]
CHEMISCHE ANALYTIK [weiter]	NANOTECHNOLOGIE [weiter]		

Die neue Portalseite des Chemiebereichs von Swisseduc: In der ersten Zeile sind drei Eyecatcher der Bereiche Didaktik/Methodik, Computerchemie und Themenschwerpunkte, sowie ein Link zur Homepage des VSN platziert. Die übrigen Eyecatcher führen zu den curriculär geordneten Unterrichtsmaterialien.

La nouvelle page d'accueil du domaine Chimie de Swisseduc : la première ligne comporte trois onglets qui sont les domaines Didactique/Méthodologie, Chimie informatique et Thèmes principaux, ainsi qu'un lien vers la page d'accueil de la VSN. Les autres accroches renvoient vers les supports pédagogiques classés par programme scolaire.

démonstration se trouvent à la fin. La forme d'apprentissage est indiquée à chaque fois dans l'accroche visuelle.

- Un enseignant débutant qui réfléchit à la manière d'enseigner, par exemple, la chimie organique, peut s'inspirer de huit programmes guides dans le domaine correspondant, trouver deux exposés, des cours collectifs, des dossiers avec des exercices, neuf stages pour élèves et une expérience de démonstration. Les deux stages « Synthèse d'un ester » et « Synthèse de l'acide acétylsalicylique » sont même disponibles en deux versions différentes..
- Les enseignants expérimentés qui recherchent, par exemple, un nouveau stage sur les acides/bases trouveront leur bonheur dans la rubrique correspondante, qui propose sept stages différents.
- Chaque page dispose bien sûr d'une fonction de recherche permettant d'effectuer des recherches dans Swisseduc.

Certains supports existent bien sûr depuis plusieurs années déjà. Le fait que la plupart d'entre eux aient très bien vieilli au fil des ans prouve qu'il n'est pas nécessaire de courir après toutes les dernières tendances en matière de didactique générale...

À ce stade, nous tenons à lancer un appel : Nous avons été surpris de constater que le nombre de ressources disponibles varie considérablement d'un chapitre à l'autre : c'est en chimie organique et en biochimie que l'on trouve le plus grand nombre de ressources. Le nombre de ressources disponibles sur les deux thèmes didactiques importants que sont la théorie des liaisons et la théorie des réactions était plutôt faible. Alors, que diriez-vous de mettre à disposition vos perles pédagogiques ? La communauté des professeurs de chimie vous en sera reconnaissante...

Dans les trois sections spécialisées en haut de la page d'accueil du portail, vous trouverez les pépites suivantes :

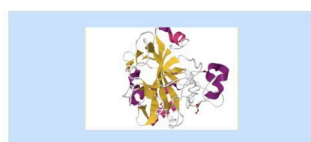
- Dans « Didactique et méthodologie », vous trouverez des ressources telles que des réflexions didactiques sur la chimie, des expériences sur la transformation des matières et de l'énergie, un exemple d'architecture d'auto-apprentissage, des idées pour aborder les innovations en classe ou des exercices de révision.
- Dans la rubrique « Chimie informatique », vous trouverez le Molekularium d'Urs Leisinger, des idées pour utiliser ChatGPT, des exemples d'application des programmes Odyssey et Spartan, ainsi que des tutoriels éprouvés de modélisation moléculaire, tels que la structure et la fonction des anticorps.
- Dans les « thèmes principaux », on trouve entre autres la section « Chimie et art » avec des projets pédagogiques de Juraj Lipscher, une collection de travaux pratiques du lycée cantonal de Baden et les supports pédagogiques SPF primés « Lumière et matière » et « Sulfonamides ». On y trouve égale-

Übersicht



DIDAKTIK UND METHODIK

[weiter]



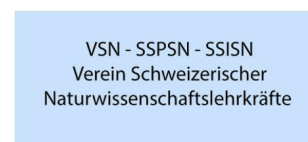
COMPUTERCHEMIE

[weiter]



THEMENSCHWERPUNKTE

[weiter]



NEU: TABELLENWERK DER DCK

Veranstaltungen, Zeitschrift c+b, Pages Francophones [weiter]

La ligne supérieure de la page d'accueil du portail contient les trois rubriques spécialisées « Didactique et méthodologie », « Chimie informatique » et « Thèmes principaux », ainsi qu'un lien vers la page d'accueil du SSPSN.

30

- Eine Junglehrkraft, die sich überlegt, wie sie z. B. organische Chemie unterrichten soll, kann sich im entsprechenden Bereich durch acht Leitprogramme inspirieren lassen, findet zwei Vorträge, Gruppenunterricht, Dossiers mit Aufgaben, neun Schülerpraktika, ein Demonstrationsexperiment und diverses Material für das Schwerpunktfach. Die beiden Praktika «Synthese eines Esters» und «Synthese von Acetylsalicylsäure» liegen sogar in zwei verschiedenen Versionen vor.
- Erfahrene Lehrkräfte, die z.B. ein neues Praktikum zu Säuren/Basen suchen, werden im entsprechenden Bereich mit sieben verschiedenen Praktika fündig.
- Es gibt natürlich auf jeder Seite auch eine Suchfunktion, mit der man Swisseduc durchsuchen kann.

Einige Materialien gibt es natürlich schon mehrere Jahre lang. Dass die

meisten davon sehr gut gealtert sind, belegt, dass es nicht nötig ist, jedem neusten Schrei der Allgemeindidaktik nachzujagen ...

An dieser Stelle ein Aufruf: Wir waren überrascht, dass die Anzahl Materialien in den verschiedenen Kapiteln sehr unterschiedlich ist: Die grösste Anzahl Materialien gibt es in der organischen Chemie und Biochemie. Eher gering war die Anzahl in den zwei didaktisch wichtigen Themen der Bindungs- und Reaktionslehre. Also: Wie wäre es, wenn ihr Eure Unterrichtspersonen zur Verfügung stellen würdet? Die Chemielehrercommunity wird es Euch danken...

In den drei Spezialbereichen im oberen Teil der Portalseite finden sich folgende Leckerbissen:

- In «Didaktik und Methodik» findet man Materialien wie Didaktische Überlegungen zur Chemie, Experimente zur Umwandlung von Stoffen und Energie, ein Beispiel zur Selbstlernarchitektur, Ideen

zur Thematisierung von Innovationen im Unterricht oder Repetitionsaufgaben.

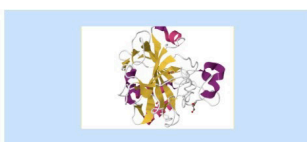
- Im Bereich «Computerchemie» ist das Molekularium von Urs Leisinger zu finden, Inspirationen zur Nutzung von ChatGPT, Beispiele der Anwendung der Programme Odyssey und Spartan sowie bewährte Tutorials von Molecular Modelling wie z. B: Struktur und Funktion von Antikörpern.
- In den «Themenschwerpunkten» gibt es unter anderem den Bereich «Chemie und Kunst» mit Unterrichtsprojekten von Juraj Lipscher, eine Praktikumssammlung der Kanti Baden und die prämierten SPF-Unterrichtsmaterialien «Licht und Materie» sowie «Sulfonamide». Zudem sind hier auch die Unterrichtsmaterialien des letzten und früherer Zentralkurse zu finden.

Übersicht



DIDAKTIK UND METHODIK

[weiter]



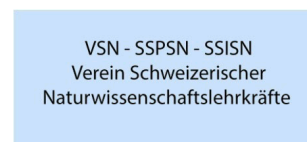
COMPUTERCHEMIE

[weiter]



THEMENSCHWERPUNKTE

[weiter]



NEU: TABELLENWERK DER DCK

Veranstaltungen, Zeitschrift c+b, Pages Francophones [weiter]

Die oberste Zeile der Portalseite enthält die drei Spezialbereiche „Didaktik und Methodik“, „Computerchemie“, und „Themenschwerpunkte“, sowie einen Link zur Homepage des VSN.

Ästhetischer Eindruck

Im Zuge der Modernisierung der Struktur von SwissEduc haben wir uns auch dem ästhetischen Gesamteindruck zugewandt. Dabei beabsichtigten wir nicht den dernier cri der Webgestaltung zu huldigen, sondern einerseits die Einheitlichkeit des Erscheinungsbildes zu verbessern und andererseits die neue Struktur mit gestalterischen Elementen zu unterstützen. Nach dem Entscheid über die Gestaltung des Eyecatchers bestand die Hauptarbeit in der Suche nach geeigneten Bildern, welche den jeweiligen Bereich treffend repräsentieren. Die Möglichkeit, einzelne Bilder nach unseren Wünschen generieren zu lassen, hat uns geholfen, die Heterogenität des Bildmaterials zu reduzieren und das Erscheinungsbild der einzelnen Seiten zu vereinheitlichen.

Organische Chemie als Beispiel einer Galerieseite: Zuerst findet man alle Materialien zur Theorie wie Leitprogramme oder Vorträge, anschliessend Praktika und Demonstrationsexperimente

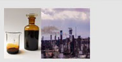
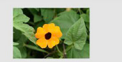
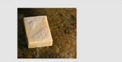
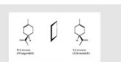
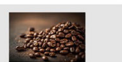
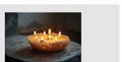
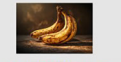
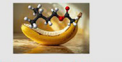
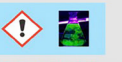
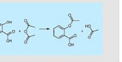
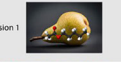
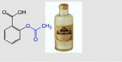
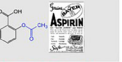
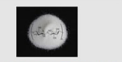
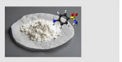
Exemple d'une page de la galerie avec le « Matériel d'enseignement pour le thème de la chimie organique » : on trouve d'abord tous les supports théoriques tels que les programmes guides ou les exposés, puis les stages pratiques et les expériences de démonstration.

Schwerpunkte
Themenschwerpunkte
Didaktik und Methodik
Computerchemie
VSN

Materialien gemäss
Chemie-Curriculum
Propädeutische Chemie
Atombau
Periodensystem
Bindungslehre
Elektronenpaarbindung
Ionenbindung
Metallbindung
Reaktionslehre
Stöchiometrie
Energetik
Reaktionsgeschwindigkeit
Thermodynamik
Chemisches Gleichgewicht
Säuren und Basen
Redoxreaktionen
Organische Chemie
Biochemie
Umweltchemie
Interdisziplinäre Chemie
Chemische Analytik
Nanotechnologie

Partner
Chemie auf ZUM

Unterrichtsmaterial zum Thema Organische Chemie

 KUNSTSTOFFE LEITPROGRAMM mit Experimenten und Aufgaben [more]	 ORGANISCHE CHEMIE LEITPROGRAMM zur Einführung in die OC [more]	 KOHLENHYDRATE LEITPROGRAMM zur Chemie der Kohlenhydrate [more]	 WASCHMITTEL LEITPROGRAMM [more]
 SEIFE UND WASCHMITTEL LEITPROGRAMM [more]	 BENZOL: STRUKTURAUFKLÄRUNG UND MESOMERIE LEITPROGRAMM mit Theorie und Aufgaben [more]	 ERDÖL LEITPROGRAMM [more]	 NOMENKLATUR DER KOHLENWASSERSTOFFE LEITPROGRAMM [more]
 BIOMOLEKÜLE VORLAGEN: Strukturformeln [more]	 CHIRALITÄT – DAS SEELOS-MODELL DOSSIER: Erklärung des Drehsinns von Pflanzen [more]	 SEIFE VORTRAG mit Lehrerexperimenten [more]	 DDT VORTRAG: Toxizität von DDT [more]
 STEREOISOMERIE GRUPPENUNTERRICHT mit Anleitung [more]	 ETHANOL DOSSIER mit Aufgaben [more]	 COFFEIN DOSSIER: Erklärungen rund um Coffein [more]	 EINE KERZE BRENNT DOSSIER zur Chemie der Kerze [more]
 SOMMERBRÄUNE DOSSIER: Biochemie des Bräunungsvorgang mit Experiment [more]	 SYNTHESE VON BANANENESTER DEMONSTRATIONSVERSUCH [more]	 ARBEIT IM LABOR – SYNTHESE VON FLUORESCIN PRAKTIKUM: Einführung ins Labor, Organische Synthese [more]	 SYNTHESE VON ASPIRIN/UMKRISTALLISIEREN PRAKTIKUM: Organische Synthese mit Reinigungsschritt [more]
 SYNTHESE VON INDIGO MIT FÄRBE PRAKTIKUM: Organische Synthese [more]	 HERSTELLUNG VON SEIFE IM KALTVERFAHREN PRAKTIKUM: Hydrolyse von Fetten zur Synthese von Detergentien [more]	 HERSTELLUNG VON SEIFE PRAKTIKUM: Heissverfahren [more]	 POLYSTYROL GIESSEN PRAKTIKUM mit Theorie und Anleitung [more]
 SYNTHESE EINES ESTERS 1 PRAKTIKUM: Synthese von Essigsäurepentylester Version 1 [more]	 SYNTHESE EINES ESTERS 2 PRAKTIKUM: Synthese von Essigsäurepentylester Version 2 [more]	 SYNTHESE VON ASPIRIN VERSION 1 PRAKTIKUM: Synthese von Acetylsalicylsäure [more]	 SYNTHESE VON ASPIRIN VERSION 2 PRAKTIKUM: Synthese von Acetylsalicylsäure [more]
 FETTE PRAKTIKUM mit vier Versuchen zu Fetten [more]	 HERSTELLUNG VON GYCERINSEIFE PRAKTIKUM: Herstellung und Untersuchung [more]	 HOLZVERZUCKERUNG PRAKTIKUM: Glucosegewinnung aus Holz [more]	 SULFONAMIDE LEITPROGRAMM SPF: Folsäure, Synthese Sulfanilamid, Molecular Modelling, Spektroskopie, Bakterientest [more]

Zukunft

Wie geht es weiter mit SwissEduc Chemie?

32

Es gab eine lange Pause bis zur Restrukturierung, in der sich bei Swissheduc nicht sehr viel verändert hat. Wir haben aber nicht vor, nach der Restrukturierung stehenzubleiben, sondern werden versuchen, SwissEduc weiterzuentwickeln:

- Es gibt im Bereich Computerchemie bereits Unterrichtsmaterial zum Thema KI. Man kann wohl davon ausgehen, dass KI den Unterricht stark verändern wird. Wir werden versuchen, diese Entwicklung zu verfolgen und auf Swissheduc lohnende Neuerungen vorzustellen.
- Wir könnten uns vorstellen, dass Swissheduc eine Plattform werden könnte, auf der man den Austausch zwischen Chemie-Fachdidaktikern und der Chemielehrercommunity fördern könnte – z. B. für Diskussionen zu didaktischen Themen oder im Sinne einer Best Practice von vorbildlichen Unterrichtsmaterialien oder didaktischen Konzepten.
- Wir denken auch daran, einen Bereich mit Materialien zur Umsetzung von überfachlichen Kompetenzen zu schaffen, falls sich dies

in der Umsetzung der WEGM als sinnvoll erweisen sollte.

Unsere Vision ist es, all Eure guten Ideen und Euren grossen Erfahrungsschatz der ganzen Chemielehrercommunity zur Verfügung zu stellen und so einen Beitrag dazu zu leisten, den Chemieunterricht zu verbessern und so Euer Unterrichtsleben zu bereichern und erleichtern.

Natürlich sind wir dabei darauf angewiesen, dass ihr uns Eure ausgesuchten Unterrichtsmaterialien zur Verfügung stellt. Der Aufwand für eine Veröffentlichung ist bescheiden und besteht lediglich darin, eine sog. Download-Seite auf Swissheduc zu erstellen, die das Unterrichtsmaterial kurz vorstellt und die Materialien zum Download anbietet. Möglich ist auf Wunsch auch, die Materialien nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung zu stellen.

Wir sind sicher, dass es in der Chemielehrer-Community viele gibt, die froh sind, ihren Chemieunterricht mit Euren neuen Ideen zu bereichern.

Kontakt: roger.deuber@swissheduc.ch

<https://www.swissheduc.ch/chemie/>



ment les supports pédagogiques du dernier cours central et des cours centraux précédents.

Impression esthétique

Dans le cadre de la modernisation de la structure de SwissEduc, nous nous sommes également penchés sur l'aspect esthétique général. Notre intention n'était pas de suivre les dernières tendances en matière de conception web, mais plutôt d'améliorer l'uniformité de l'apparence et de soutenir la nouvelle structure avec des éléments créatifs. Une fois la décision prise concernant la conception de l'accroche visuelle, le travail principal a consisté à rechercher des images appropriées qui représentent bien chaque domaine. La possibilité de générer des images individuelles selon nos souhaits nous a aidé à réduire l'hétérogénéité du matériel visuel et à uniformiser l'apparence des différentes pages.

Avenir

Quelle est la suite pour SwissEduc Chimie ?

Il y a eu une longue pause avant la restructuration, pendant laquelle Swisseduc n'a pas beaucoup changé. Cependant, nous n'avons pas l'intention de nous arrêter là, puisque nous souhaitons essayer de faire évoluer SwissEduc Chimie :

- Il existe déjà du matériel pédagogique sur le thème de l'IA dans le domaine de la chimie computationnelle. On peut supposer que l'IA va profondément transformer l'enseignement.
- Nous allons tenter de suivre cette évolution et de présenter les innovations intéressantes favorisant les échanges entre les spécialistes de la didactique de la chimie et la communauté des professeurs de chimie. Avec l'idée, entre autres, de discuter de thèmes didactiques ou de partager les meilleures pratiques en matière de supports pédagogiques ou de concepts didactiques.
- Nous envisageons également de créer un espace dédié aux ressources permettant de mettre en œuvre des compétences transversales, si cela s'avère utile dans le cadre de la mise en œuvre du EVMG.

Notre vision est de mettre toutes vos bonnes idées et l'expérience de chacun-e à la disposition de l'ensemble de la communauté des enseignants de chimie. Et cela, afin de contribuer à améliorer l'enseignement de la chimie, pour ainsi enrichir et faciliter votre vie professionnelle.

Bien sûr, nous avons besoin que vous nous fournissiez les supports pédagogiques sélectionnés par vos soins. La publication ne demande que peu

d'efforts et consiste simplement à créer une page de téléchargement sur Swisseduc, qui présente brièvement le support pédagogique et propose les documents à télécharger. Si vous le souhaitez, il est également possible de ne mettre les documents à disposition que pour une durée limitée.

Nous sommes convaincus que de nombreux professeurs de chimie seront ravis d'enrichir leurs cours grâce à vos nouvelles idées.

Contact : roger.deuber@swisseduc.ch

<https://www.swisseduc.ch/chemie/>



Johann Jakob Balmer im Chemieunterricht heute

von Klemens Koch

1. Zwischen den Fächern und mitten in der Welt: Johann Jakob Balmer

34

Johann Jakob Balmer war ein Mathematiker, der ein Rätsel der Physik löste und so mithalf, der Chemie ein theoretisches Fundament zu schaffen. Das ist bemerkenswert und kann uns für den (Chemie-) Unterricht inspirieren. Er hat selber als Lehrer für Rechnen, Schreiben und Zeichnen an der Unteren Töchterschule in Basel und als Dozent an der Universität Basel für spezielle Gebiete der Mathematik, z. B. für Darstellende Geometrie, gewirkt. Die Töchterschule gab als erste Schule in Basel Mädchen den Zugang zu höherer Bildung, führte allerdings erst 1899, ein Jahr nach seinem Tod, auch zur Maturität.^[1]

1.1 Die Persönlichkeit Johann Jakob Balmer

Johann Jakob Balmer wurde am 1. Mai 1825 in Lausen, Baselland, als ältester Sohn der Familie Ballmer-Rolle geboren und erhielt von seiner talentierten Mutter schon früh Zeichenunterricht, was sein Denken und ästhetisches Empfinden geprägt hat. Nach der Volksschule in Lausen, der Bezirksschule Liestal und des Pädagogiums (heute Gymnasium am Münsterplatz) in Basel studierte er Mathematik und Architektur in Basel, Karlsruhe und Berlin, wo er auch auf Schelling (Philosophie) und Diesterweg (Pädagogik)



Abb. 1. Johann Jakob Balmer (1825-1898) wurde vor 200 Jahren geboren, war Lehrer, prägte die Politik und Stadtentwicklung Basels mit, hat mit der Balmerformel einen für die Quantenmechanik grundlegenden Zusammenhang gefunden und sich noch für viel mehr interessiert.

Fig. 1. Johann Jakob Balmer (1825-1898) est né il y a maintenant 200 ans. Il était enseignant, a influencé la politique et le développement urbain de Bâle, a découvert avec la formule de Balmer un lien fondamental pour la mécanique quantique et s'intéressait à bien d'autres choses encore.

Johann Jakob Balmer dans l'enseignement de la chimie aujourd'hui

de Klemens Koch

1. Entre les disciplines et au cœur du monde : Johann Jakob Balmer

Johann Jakob Balmer était un mathématicien qui a résolu une énigme de la physique et a ainsi contribué à créer les fondements théoriques de la chimie. C'est remarquable et cela peut nous inspirer dans l'enseignement de cette discipline. Il a lui-même enseigné le calcul, l'écriture et le dessin à l'école de filles de Bâle et a été chargé de cours à l'Université de Bâle dans des domaines spécifiques des mathématiques, tels que la géométrie descriptive. L'école de filles fut la première école de Bâle à offrir aux jeunes filles l'accès à l'enseignement supérieur. Cependant, ce n'est qu'en 1899, un an après sa mort, qu'elle a également permis d'obtenir la maturité.^[1]

1.1 La personnalité de Johann Jakob Balmer

Johann Jakob Balmer est né le 1er mai 1825 à Lausen, dans le canton de Bâle-Campagne, fils aîné de la famille Ballmer-Rolle. Dès son plus jeune âge, sa mère, qui était talentueuse, lui enseigna le dessin, ce qui influença sa pensée et son sens esthétique. Après l'école primaire de Lausen, l'école secondaire de Liestal et le Pädagogium (aujourd'hui Gymnasium am Münsterplatz) de Bâle, il étudia les mathématiques et l'architecture à Bâle, Karlsruhe et Berlin, où il s'intéressa également à Schelling (philosophie) et

à Diesterweg (pédagogie). À partir de l'âge de 20 ans, il écrivit son nom en conservant qu'un seul « l ».

Balmer s'engagea dans la politique bâloise et publia des écrits pour défendre diverses causes, notamment le logement social, le bien-être, l'éducation et les affaires ecclésiastiques. Il enseigna jusqu'à sa mort en 1898.^{[2] [3]}

1.2 Proportions dans la profession et sens esthétique

À travers le dessin, le violon, l'architecture et les mathématiques, Balmer s'intéressa toujours aux relations entre les chiffres. Sa thèse d'habilitation, au titre étrange « Des Propheten Ezechiel Gesicht vom Tempel » (La vision du prophète Ézéchiél du temple), traitait des données relatives à la représentation en perspective d'un temple, tirées d'un texte biblique, et comportait également une interprétation spirituelle.

La recherche des proportions justes se retrouva non seulement dans sa formule décrivant les raies spectrales de l'hydrogène, mais aussi dans son engagement politique. Il œuvra pour une conception esthétique du « pont supérieur sur le Rhin » à Bâle, qui s'appelle aujourd'hui Wettsteinbrücke après plusieurs modifications et agrandissements. Il s'agissait de gérer la différence de hauteur entre les deux rives. Avec l'historien de l'art Jakob

traf. Vom 20. Lebensjahr an schrieb er seinen Namen nur noch mit einem « l ».

Balmer setzte sich in der Basler Politik und mit Publikationen für die verschiedensten Anliegen ein, unter anderem für sozialen Wohnungsbau, Wohlfahrt, Bildung und Kirchliches. Im Unterricht war er bis zu seinem Todesjahr, 1898, tätig.^{[2] [3]}

1.2 Proportions im Beruf und ästhetischen Empfinden

Durch das Zeichnen, das Geigenspiel, die Architektur und die Mathematik beschäftigte sich Balmer immer wieder mit Verhältnissen zwischen Zahlen. Seine Habilitationsschrift mit dem seltsam anmutenden Titel 'Des Propheten Ezechiel Gesicht vom Tempel' beschäftigte sich mit Angaben zur perspektivischen Darstellung eines Tem

35

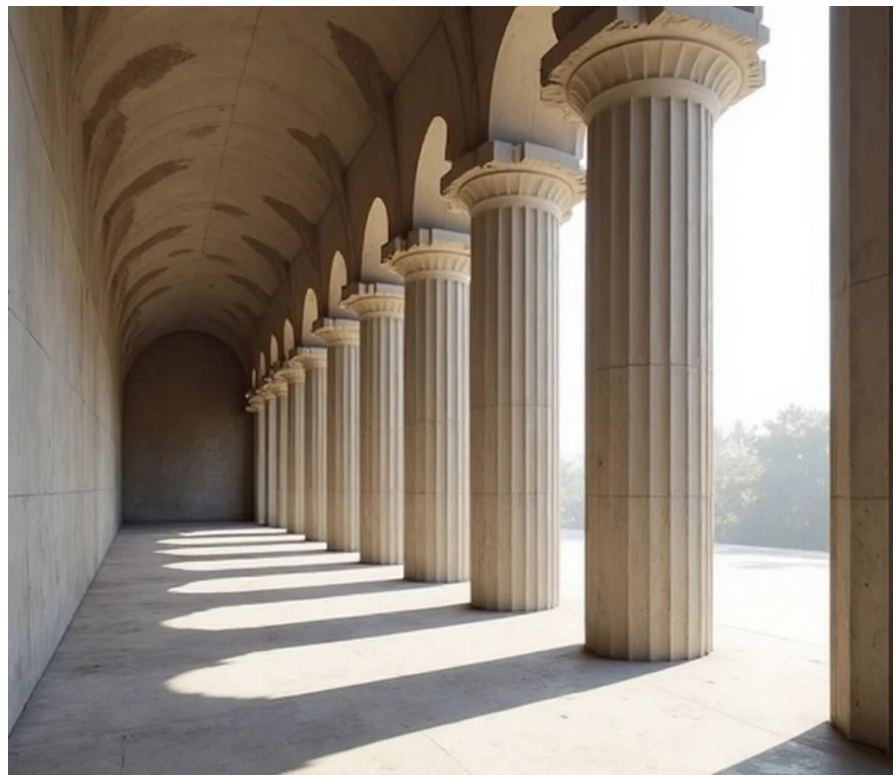


Abb. 2. Säulenreihe mit Schattenwurf (KI-generiert). Balmer hat im Rahmen seiner Vorlesungen für Darstellende Geometrie eine Anleitung für das perspektivische Zeichnen publiziert.

Fig. 2. Rangée de colonnes avec ombres portées (générée par IA). Dans le cadre de ses cours de géométrie descriptive, Balmer a publié un guide sur le dessin en perspective.

pels, welche einem Bibeltext entnommen wurden und enthielt auch eine geistliche Interpretation.

- 36 Die Suche nach den richtigen Proportionen ist nicht nur in seiner Formel, welche die Spektrallinien des Wasserstoffs beschreibt, dargelegt, sondern auch in seiner politischen Arbeit. Er setzte sich für eine ästhetische Gestaltung der 'oberen Rheinbrücke' in Basel ein, heute nach mehreren Um- und Erweiterungsbauten heisst sie Wettsteinbrücke. Es ging um den Höhenunterschied zwischen den beiden Ufern. Mit dem Kunsthistoriker Jakob Burckhardt entstand eine Auseinandersetzung über eine 'waagrechte' oder 'schiefe' Brücke, welche schliesslich zugunsten Balmers Position einer Brücke mit Gefälle entschieden wurde. Er vertrat seine Position in einer sechsteiligen Studie mit technischen Argumenten aber auch Abschnitten wie 'III. Die ästhetischen Rücksichten', 'V. Die perspektivischen Wirkungen' und 'VI. Monumentale und landschaftliche Schönheit'. Der lithographierte Brückenplan Balmers in der Universitätsbibliothek zeigt beispielsweise, wie die Bogenlängen gegen das niedrigere Kleinbasler Ufer hin aus ästhetischen Gründen um je ca. 1,80 m abnehmen.

Auch wegen ihrer Proportionen setzte sich Balmer 1882 für den vollständigen Erhalt der Barfüsserkirche ein, als der Grosse Rat ausgerechnet seiner Arbeitgeberin, der Töchterschule, nach Abriss der Kirche neue Gebäude auf dem

Jakob Burckhardt, il engagea un débat sur la position d'un pont « horizontal » ou « incliné », qui fut finalement tranché en faveur de la position de Balmer, qui préconisait un pont légèrement en pente. Il défendit sa position dans une étude en six parties avec des arguments techniques, mais aussi des sections telles que « III. Les considérations esthétiques », « V. Les effets de perspective » et « VI. Beauté monumentale et paysagère ». Le plan lithographié du pont de Balmer conservé à la bibliothèque universitaire montre par exemple comment, pour des raisons esthétiques, la longueur des arches diminue

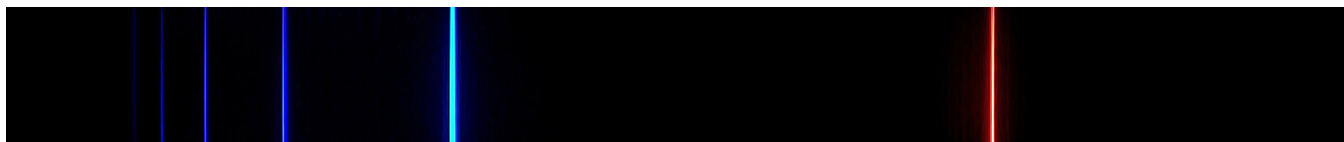
d'environ 1,80 m vers la rive inférieure de Kleinbasel.

C'est également en raison de ses proportions que Balmer s'engagea en 1882 pour la préservation intégrale de l'église Barfüsserkirche, alors que le Grand Conseil envisageait de démolir l'église pour construire de nouveaux bâtiments pour l'école de filles où Balmer enseignait. Lors du vote, la préservation de l'église l'emporta de justesse par 53 voix contre 50 ; la nouvelle école de filles put alors être construite dès 1884 sur le Kohlenberg et nous pouvons encore aujourd'hui admirer les deux bâtiments.^[2]



Abb. 3. Barfüsserplatz und Barfüsserkirche in der Kindheit von J. J. Balmer um circa 1835. Das Gemälde von Andreas Geist befindet sich im Historischen Museum Basel, welches heute die Kirche nutzt.

Fig. 3. La Barfüsserplatz et la Barfüsserkirche à l'époque de l'enfance de J. J. Balmer, vers 1835. Le tableau d'Andreas Geist se trouve au Musée historique de Bâle, qui utilise aujourd'hui l'église.



2. Les travaux sur les « raies spectrales de l'hydrogène »

Tout au long de sa vie, Balmer a maintenu des échanges avec des scientifiques de toute l'Europe. C'est ainsi qu'il apprit, vers 1862, les mesures effectuées par le physicien suédois Ångström et d'autres chercheurs sur les raies spectrales de l'hydrogène. Lorsque l'on parle ici de raies d'émission, on inclut également les raies d'absorption aux mêmes longueurs d'onde, qui apparaissent lors du processus inverse de l'émission, c'est-à-dire lors de l'absorption. Les raies de Fraunhofer dans le spectre solaire en sont l'exemple le plus important. Elles apparaissent lorsqu'une partie de la lumière solaire est absorbée dans l'atmosphère solaire.

Balmer disposait donc des quatre nombres $N_1 = 6562$, $N_2 = 4860$, $N_3 = 4340$ et $N_4 = 4101$ et avait pour objectif de trouver une régularité derrière ces derniers. Mais il ne s'arrêta pas là : il chercha une explication causale et une extrapolation vers d'autres nombres.

Il était conscient qu'il s'agissait d'un phénomène ondulatoire, mais qu'il fallait considérer davantage les fréquences que les longueurs d'onde, comme en musique avec les rapports de fréquence réguliers entre les harmoniques et les notes fondamentales. D'autres avant lui avaient déjà tenté d'utiliser les fréquences et des suites analogues aux harmoniques, mais

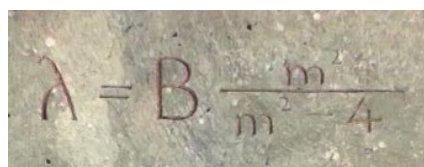
Abb. 4 Spektrallinien des Wasserstoffs von links nach rechts bei 4101, 4340, 4860 und 6562 Ångström. Die Entdeckung erfolgte von rechts nach links nach abnehmender Intensität.

Fig. 4. Lignes spectrales de l'hydrogène de gauche à droite à 4101, 4340, 4860 et 6562 angströms. La découverte s'est faite de droite à gauche par ordre décroissant d'intensité.



Abb. 5 Grabstein von Johann Jakob Balmer und seiner Familie mit 'seiner' Formel auf dem Wolfsgottesacker, Basel

Fig. 5. Pierre tombale de Johann Jakob Balmer et de sa famille avec « sa » formule au cimetière Wolfsgottesacker, Bâle.



Areal zur Verfügung stellen wollte. In der Abstimmung obsiegte der Erhalt der Kirche knapp mit 53:50; die neue Töcherschule konnten dann schon 1884 auf dem Kohlenberg errichtet werden und wir können uns jetzt noch an beiden Bauwerken erfreuen.^[2]

2. Die Arbeit über die 'Spektrallinien des Wasserstoffs'

Balmer pflegte zeitlebens Kontakt zu Wissenschaftlern in ganz Europa und erfuhr so auch um 1862 herum von den Messungen des schwedischen Physikers Ångström und von anderen an den Spektrallinien des Wasserstoffs. Wenn hier von Emissionslinien die Rede ist, sind die Absorptionslinien bei gleichen Wellenlängen mitgemeint, die bei der Umkehrung der Emission, also bei der Absorption auftreten. Das wichtigste Beispiel dafür sind die Fraunhofer-Linien im Sonnenspektrum, sie entstehen, wenn ein Teil des Sonnenlichts in der Sonnenatmosphäre absorbiert wird.

Balmer hatte also die vier Masszahlen, $N_1 = 6562$, $N_2 = 4860$, $N_3 = 4340$ und $N_4 = 4101$ und das Ziel, eine Gesetzmässigkeit dahinter zu finden. Und noch mehr: Er suchte eine ursächliche Erklärung und eine Extrapolation zu weiteren Zahlen.

Ihm war bewusst, dass es mit Wellenerscheinungen zu tun hatte, dass aber allenfalls eher Frequenzen als Wellenlängen zu betrachten wären,

wie in der Musik mit den regelmässigen Frequenzverhältnissen zwischen Ober- und Grundtönen. Andere vor ihm hatten es schon mit den Frequenzen und einer Oberton-ähnlichen Folge versucht, aber Balmer kam vom Zeichnen und dachte an die, sich mit dem Abstand verkürzenden, Längen von Gegenständen und wählte deshalb die Wellenlängen^[3], um bald darauf einige einfache Verhältnisse festzustellen^[4]:

$(N_1-1)/N_2 = 6561/4860 = 27/20$ nach kürzen mit 243 ($= 3^5$)

$(N_1-2)/(N_4-1) = 6560/4100 = 8/5$ nach kürzen mit 820 ($= 2^3$)

$(N_2+4)/(N_4+3) = 4864/4104 = 32/27$ nach kürzen mit 152 ($27=3^3, 32=2^5, 2^3$ in 152)

Mit vielen gerichteten Versuchen dieser Art entdeckte Balmer die Bedeutung von Verhältnissen der Art $m^2/(m^2-4)$ mit natürlichen Zahlen als Variablen m und damit 'seine' Formel. Die Überlegungen publizierte er 1885 in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel.^[5] Hier ist die Formel so, wie sie auch auf seinem Grabstein verewigt ist: $\lambda = B \cdot m^2/(m^2-4)$ mit der Konstante $B = 3645.6$ Ångström und der Variable m , welche mit den vier Zahlen $m = 3, 4, 5$ und 6 die gesuchten vier Wellenlängen oben ergab.

Bemerkenswert ist einerseits, wie exakt die Messresultate von Ångström und anderen waren aber andererseits

auch, wie Balmer gekonnt durch kleine Anpassungen der Zahlen einfache ganzzahlige Verhältnisse herstellen konnte und in den Verhältnissen die Bedeutung von Quadratzahlen sah.

Balmers Formel rief geradezu danach, Werte für $m = 1, 2, 7, 8 \dots$ zu berechnen, die danach auch gemessen worden sind. Auch die Idee, die 4 im Nenner durch eine laufende und zu quadrierende Variable zu ersetzen, kam ihm und er stellte bereits Tabellen auf, welche Wellenlängen bei weiteren Linien zu erwarten wären.^{[3][5]} Diese Spektrallinien wurden später von Paschen, Lyman, Brackett und Pfund entdeckt.

Aus heutiger Sicht kann die Frage gestellt werden, wie der Einsatz von künstlicher Intelligenz die Suche hätte beschleunigen können.

Folgende Aufgabe 'Finde eine Formel mit den vier Lösungen 4101, 4340, 4860 und 6562' für ChatGPT 2 führte nicht überraschend zu einer Polynomfunktion:

$f(x) = a \cdot (x-6526) \cdot (x-4860) \cdot (x-4340) \cdot (x-4101)$ oder (mit GPT-4o mini) ausmultipliziert ($a=1$):

$f(x) = x^4 - 19863 x^3 + 146122042 x^2 - 470140569600 x + 564157303296000$. Ihre Nullstellen führen zu den vier Zahlen.

Die Lösungen von Polynomfunktionen waren zu Balmers Zeiten bereits bekannt, aber sie erfüllen die gestellten Ziele nicht. Vor allem verbindet es die vier Zahlen nicht mit einer «unabhängigen» Variable, welche einen Hinweis auf ihre Herkunft geben könnte. Und die Gleichung hat sicher auch nicht die Ästhetik von Balmers Resultat.

Balmer versuchte sich, ausgehend von seiner Formel, auch an Aussagen über den Aufbau von Atomen, aber noch ohne genaue Vorstellungen von elektrischer Ladung, Elektronen und Atom-Energieniveaus konnte er nicht weit kommen. Es waren noch viele Schritte und die Leistungen von Rutherford und Bohr nötig, um damit zu einem tragfähigen Atommodell zu kommen, aber Bohr hat in einem Interview mit Leon Rosenfeld auf die direkte Verbindung zu Balmer hingewiesen: "As soon as I saw Balmer's formula, the whole thing was immediately clear to me".^[6]
^[7]

Balmer selber schrieb 1897 über seine Entdeckung:

„the final impression, which our mind involuntarily receives in contemplating these fundamental relations is that of a wonderful mechanism of nature, the functions of which are performed with never-failing certainty, though the mind can follow them only with difficulty and with a humiliating sense of the incompleteness of its perception“.^[3]

Balmer venait du dessin et pensait plutôt aux longueurs d'objets qui se raccourcissent avec la distance. Il choisit donc les longueurs d'onde [3] pour établir peu après quelques rapports simples^[4] :

$(N_1-1)/N_2 = 6561/4860 = 27/20$ après réduction par 243 ($= 3^5$)

$(N_1-2)/(N_4-1) = 6560/4100 = 8/5$ après réduction par 820 ($= 2^3$)

$(N_2+4)/(N_4+3) = 4864/4104 = 32/27$ après réduction par 152 ($27=3^3$, $32=2^5$, 2^3 dans 152)

À l'aide de nombreux essais ciblés de ce type, Balmer découvrit l'importance des rapports de type $m^2/(m^2-4)$ avec des nombres naturels comme variables m et ainsi « sa » formule. Il publia ses réflexions en 1885 dans les *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel* (Communications de la Société des sciences naturelles de Bâle).^[5] Voici la formule telle qu'elle est gravée sur sa pierre tombale :

$\lambda = B \cdot m^2/(m^2-4)$ avec la constante $B = 3645,6$ angström et la variable m , qui, avec les quatre nombres $m = 3, 4, 5$ et 6 , a donné les quatre longueurs d'onde recherchées ci-dessus.

Il est remarquable, d'une part, de constater la précision des résultats des mesures d'angström et d'autres chercheurs, et, d'autre part, de voir comment Balmer a habilement su établir des rapports entiers simples en ajustant légèrement les valeurs et en y re-

connaissant la signification des nombres carrés.

La formule de Balmer incitait naturellement à calculer les valeurs pour $m = 1, 2, 7, 8, \dots$, qui furent ensuite mesurées. Il eut également l'idée de remplacer le 4 dans le dénominateur par une variable continue à élever au carré, et il établit déjà des tableaux prévoyant les longueurs d'onde attendues pour d'autres raies.^{[3] [5]} Ces raies spectrales furent ensuite découvertes par Paschen, Lyman, Brackett et Pfund.

Avec du recul, on peut se demander comment l'utilisation de l'intelligence artificielle aurait pu accélérer la recherche.

La tâche suivante « Trouve une formule avec les quatre solutions 4101, 4340, 4860 et 6562 » pour ChatGPT-2 a conduit, sans surprise, à une fonction polynomiale :

$f(x) = a \cdot (x-6526) \cdot (x-4860) \cdot (x-4340) \cdot (x-4101)$ ou (avec GPT-4o mini) multiplié ($a=1$) :

$f(x) = x^4 - 19863 x^3 + 146122042 x^2 - 470140569600 x + 564157303296000$. Leurs zéros conduisent aux quatre nombres.

Les solutions des fonctions polynomiales étaient déjà connues à l'époque de Balmer, mais elles ne remplissaient pas les objectifs fixés. Surtout, elles ne

reliaient pas les quatre nombres à une variable « indépendante » qui pourrait donner une indication sur leur origine. De plus, cette équation n'avait certainement pas l'esthétique du résultat de Balmer.

À partir de sa formule, Balmer tenta également de formuler des hypothèses sur la structure des atomes, mais, ne disposant pas encore de notions précises sur la charge électrique, les électrons et les niveaux d'énergie atomique, il ne put aller très loin. Il fallut encore de nombreuses étapes et les travaux de Rutherford et Bohr pour aboutir à un modèle atomique viable. Toutefois, Bohr souligna le lien direct avec Balmer dans une interview avec Leon Rosenfeld : « Dès que j'ai vu la formule de Balmer, tout m'est apparu clairement ».^{[6] [7]}

Balmer lui-même écrivit en 1897 à propos de sa découverte :

« L'impression finale que notre esprit reçoit involontairement en contemplant ces relations fondamentales est celle d'un merveilleux mécanisme de la nature, dont les fonctions sont exécutées avec une certitude infaillible, bien que l'esprit ne puisse les suivre qu'avec difficulté et avec un sentiment humiliant d'incomplétude de sa perception. »^[3]

3. Spektren und das Lernen daran im Chemieunterricht

40

So faszinierend und bildungswürdig die abstrahierenden Entdeckungsschritte Balmers sind, so wichtig ist auch, im Chemieunterricht konkrete experimentelle Erfahrungen zu machen. Mit der Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität im Rahmenlehrplan 2024 wurde Wissenschaftspropädeutik als eine der sieben transversalen Kompetenzen bestimmt. Dazu gehören im Chemieunterricht selber durchgeführte Experimente und Schlussfolgerungen daraus, wie sie hier skizziert werden:

Experiment 1: Spektrallinien von Elementen.

a. Mit einer Natriumdampflampe kann ein sehr einfaches Spektrum mit einer dominanten Spektrallinie bei ca. 589 nm im gelben Bereich beobachtet werden.

b. Die Edelgase emittieren in einem Hochspannung-Hochfrequenzfeld (Gas Tube Power Supply der Firma Tech22, CA, USA: 5 kV, 31 kHz) die elementtypischen Spektren.

Experiment 2: LED-Emission und Energie des Lichtes verschiedener Farben.

LED enthalten nicht einzelne Atome wie Edelgase, sondern Atomkristalle.



Abb. 6. Spektralfarben der Edelgase Xenon, Krypton, Argon, Neon und Helium. Sie sind in Glasampullen eingeschlossen und liegen auf zwei horizontal verlaufenden Drähten, welche das Hochspannung-Hochfrequenzfeld erzeugen.

Fig. 6. Couleurs spectrales des gaz rares Xénon, krypton, argon, néon et hélium. Ils sont enfermés dans des ampoules en verre et reposent sur deux fils métalliques horizontaux qui génèrent le champ haute tension haute fréquence.

3. Les spectres et leur apprentissage dans les cours de chimie

Aussi fascinantes et dignes d'intérêt que soient les étapes abstraites de la découverte de Balmer, il est tout aussi important de réaliser des expériences concrètes dans les cours de chimie. Dans le cadre du programme d'enseignement 2024 et avec le développement de la maturité gymnasiale, la propédeutique scientifique a été définie comme l'une des sept compétences transversales. Cela comprend la réalisation d'expériences au cours de chimie et les conclusions qui en découlent, comme celles décrites ici :

Expérience 1 : raies spectrales des éléments.

a. À l'aide d'une lampe à vapeur de sodium, on peut observer un spectre très simple, caractérisé par une raie spectrale dominante à environ 589 nm dans la gamme des jaunes.

b. Dans un champ haute tension et haute fréquence (alimentation électrique à tube à gaz de la société Tech22, CA, États-Unis : 5 kV, 31 kHz), les gaz rares émettent les spectres caractéristiques de leurs éléments respectifs.

Expérience 2 : émission LED et énergie de la lumière de différentes couleurs.

Les LED ne contiennent pas d'atomes individuels comme les gaz rares, mais

des cristaux atomiques. Cela conduit à des bandes d'émission larges par rapport aux raies spectrales étroites des gaz^[8]. Les LED peuvent être placées directement sur une pile lithium/dioxyde de manganèse de 3 V, la résistance interne de la pile suffit comme résistance série, qui devrait sinon être placée en amont pour faire fonctionner les LED. Il est également possible de placer plusieurs LED, mais la LED bleue, la plus gourmande en énergie et en tension, ne s'allume pas lorsqu'une LED rouge est en service et réduit la tension de fonctionnement de la pile.

La couleur de la LED peut être contrôlée par la teneur en éléments du groupe principal V, c'est-à-dire par N, P et As.

Les différentes couleurs peuvent être interprétées en fonction des énergies

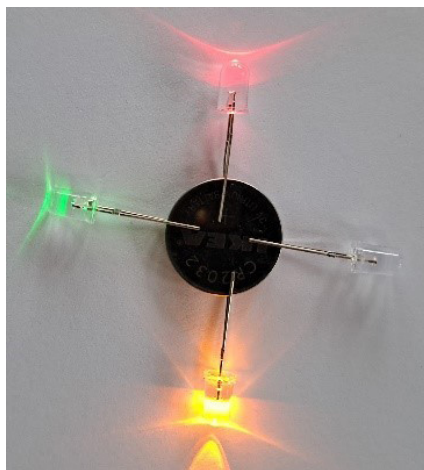


Abb. 7. Vier LED auf einer Knopfzelle, drei brennen bei der zur Verfügung stehenden Spannung, für die vierte, die blaue, reicht die Spannung nicht mehr.

Fig. 7. Quatre LED sur une pile bouton, trois s'allument avec la tension disponible, la tension n'est plus suffisante pour la quatrième, la bleue.

Das führt zu breiten Emissionsbanden im Vergleich zu den schmalen Spektrallinien in Gasen[8]. Die LED können direkt auf eine 3V-Lithium/Mangandioxid-Zelle gesetzt werden, der Innenwiderstand der Zelle genügt als Vorwiderstand, der sonst zum Betreiben von LED vorgeschaltet werden müsste. Es können auch mehrere LED aufgesetzt werden, wobei die bzgl. Energie bzw. Spannung anspruchsvollste, die blaue LED, nicht brennt, wenn z. B. eine rote in Betrieb ist und die Arbeitsspannung der Zelle senkt.

Die Farbe der LED kann mit dem Gehalt an Elementen der Hauptgruppe V gesteuert werden, d. h. mit N, P und As.

Die unterschiedlichen Farben können in Funktion der Ionisierungsenergien der Atome dieser Elemente gedeutet werden, sind dabei doch innere photoelektrische Effekte beteiligt.

Die Energieunterschiede können nicht nur bei der Erzeugung beobachtet werden, sondern auch bei der Wirkung: Die Energie des blauen Lichtes reicht, einen phosphoreszierenden Farbstoff zum Leuchten zu bringen oder andere Prozesse (Belichtung einer Cyanotypie, photochemische radikalische Bromierung von Alkanen etc.) in Gang zu bringen, das Licht der anderen Farben nicht.

Die immer höhere Spannung, welche es zum Leuchten der LED in der Reihe



Abb. 8. LED an einer variablen Spannungsquelle eingestellt auf 1.75 V: Die Spannung reicht für das unsichtbare infrarote Licht und die rote LED, beim Erhöhen der Spannung beginnen die anderen der Reihe nach zu leuchten

Fig. 8. LED sur une source de tension variable réglée sur 1,75 V: la tension est suffisante pour la lumière infrarouge invisible et la LED rouge, lorsque la tension augmente, les autres commencent à s'allumer les unes après les autres.

Infrarot-Rot-Orange-Gelb-Grün-Blau-Ultraviolett kann mit einer variablen Spannungsquelle unter Verwendung geeigneter Vorwiderstände gezeigt werden.

Die Energieunterschiede können auch verfolgt werden, wenn die LED Licht absorbieren und eine Photospannung aufbauen. Dieses Phänomen ist wenig bekannt und genutzt, die Quantenausbeute ist auch sehr gering. Werden Emitter- und Absorber-LED einander gegenübergestellt, kann der Schwellenwert für eine Photospannung bestimmt werden: Die Emission der roten LED erzeugt keine Photospannung in der blauen LED, umgekehrt funktioniert es gut. Das kann in einem einfachen

d'Ionisation des Atome von diesen Elementen, sondern auch Effekte photoelektrischer Natur sind ebenfalls impliziert.

Die Unterschiede der Energie können beobachtet werden nicht nur bei der Produktion, sondern auch bei der Wirkung: Die Energie der blauen Licht genügt, um einen fluoreszierenden Farbstoff zu leuchten oder um andere Prozesse (Exposition eines Cyanotyps, radikalische photochemische Reaktionen, etc.), was nicht der Fall ist bei dem Licht der anderen Farben.

Die wachsende Spannung, die erforderlich ist, um die LED in der Reihe infrarot-rot-orange-gelb-grün-blau-

ultraviolett gezeigt werden kann, mit Hilfe einer Spannungsquelle, die durch geeignete Vorwiderstände in Schaltung ist.

Die Unterschiede der Energie können ebenfalls beobachtet werden, wenn die LED Licht absorbieren und eine Photospannung erzeugen. Dieses Phänomen ist wenig bekannt und genutzt, der Quantenrendement ist ebenfalls sehr gering. Wenn man Emitter- und Absorber-LED einander gegenüberstellt, kann man den Schwellenwert für eine Photospannung bestimmen: Die Emission der roten LED erzeugt keine Photospannung in der blauen LED, umgekehrt funktioniert es gut. Das kann in einem einfachen

Expérience 3 : observation des spectres

Unter dem Gesichtspunkt der wissenschaftlichen Methodik, ist es nicht nur die Bildung der Spektren, die interessant ist, sondern auch ihre Beobachtung und Messung, die mit Hilfe eines einfachen Spektrometers wie das oben beschriebene oder durch direkte Beobachtung. Die meisten Schulen verfügen über einfache Spektroskope, manchmal sogar mit einer Skala von

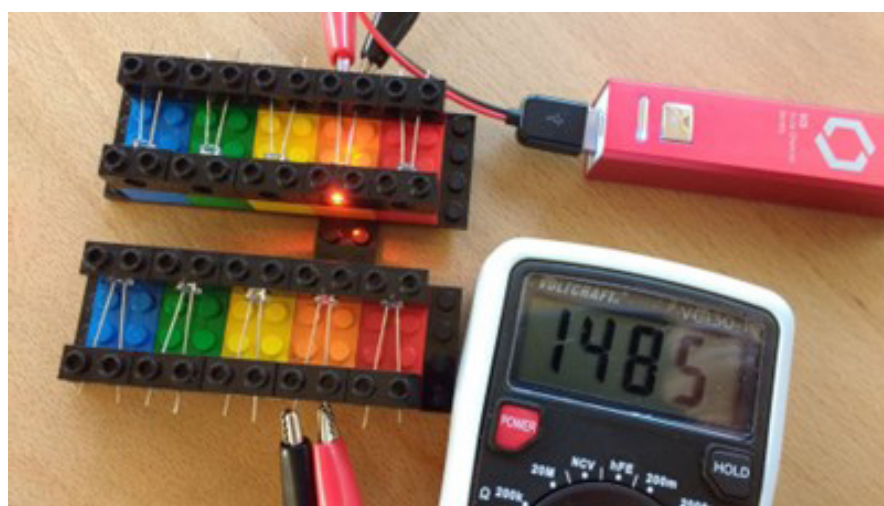


Abb. 9. Gegenübergestellte Emitter und Absorber-LED. Die orange leuchtende LED erzeugt in der gegenüberliegenden LED eine Photospannung von 1.485 V. Im Zwischenraum können Küvetten mit farbigen Lösungen analysiert werden.

Fig. 9. LED émettrice et absorbeuse placée face à face. La LED orange génère une phototension de 1,485 V dans la LED opposée. Dans l'espace intermédiaire, des cuvettes contenant des solutions colorées peuvent être analysées.

longueurs d'onde ^[12]. Le principe peut déjà être démontré à l'aide de feuilles spectrales ou de « lunettes arc-en-ciel » ou « lunettes de diffraction » équipées de celles-ci.

L'observation avec des tissus en organza est plus simple et plus facile à comprendre. Ils sont tissés très finement à partir de fils de polyester et peuvent servir de réseau de diffraction. L'image de diffraction tétragonale symétrique peut s'expliquer par le réseau orthogonal du tissu. Cela permet d'établir une analogie avec la cristallographie aux rayons X, où les éléments de symétrie de l'image de diffraction permettent de déduire des structures, en particulier des angles.

3. Conclusions

La découverte par Johann Jakob Balmer de la formule des raies spectrales de l'hydrogène illustre un cheminement de découverte scientifique intéressant dans la relation entre l'observation expérimentale, l'interprétation théorique et l'application technique, beaucoup plus riche et créatif que ne le suggèrent souvent les descriptions schématiques de la méthodologie scientifique. Balmer part de manière impressionnante et interdisciplinaire d'expériences avec les proportions dans l'enseignement du dessin, joue avec les rapports numériques et prédit finalement de nouvelles raies spectrales (et séries). Cela a facilité la décou-

verte de nombreuses nouvelles données expérimentales et, plus tard, leurs interprétations abstraites dans les théories atomiques de Rutherford et Bohr. L'IA est un bon outil pour expérimenter les rapports numériques : une occasion bienvenue pour les écoles de réfléchir à une pédagogie assistée par l'IA ^[13]. La réflexion de Balmer, avec de simples expériences sur la formation, l'observation et l'analyse de la lumière, enrichit l'enseignement de la chimie au lycée.

Cet article a été rédigé après la conférence du prix Balmer lors du cours central 2024 à la Kantonsschule de Winterthur et un article pour CHIMIA avec des idées pédagogiques.

chen Spektrometer-Modell aus LED und LEGO® ^{[8],[9],[10],[11]} verwendet werden, wo der Lichtstrahl durch Lösungen verschiedener Farben und Konzentrationen teilweise absorbiert und die Abnahme der Photospannung als Mass für die auftreffende Lichtintensität gemessen wird.

Experiment 3: Beobachtung von Spektren

Wissenschaftsmethodisch interessant sind nicht nur die Entstehung von Spektren, sondern auch die Beobachtung und Messung, modelliert mit einem einfachen Spektrometer wie oben oder durch direkte Beobachtung. An den meisten Schulen stehen einfache Handspektroskop zur Verfügung, teilweise mit Wellenlängen-Skalen ^[12]. Das Prinzip lässt sich bereits mit Spektralfolien oder damit versehenen 'Rainbow Glasses' oder 'Diffraction Glasses' zeigen.

Einfacher und besser nachvollziehbar ist die Beobachtung mit Organza-Textilien. Sie sind sehr fein aus Polyesterfäden gewoben und können als Beugungsgitter dienen. Die tetragonal symmetrische Beugungsbild kann mit dem orthogonalen Stoffgitter erklärt werden. Das erlaubt eine Analogie zur Röntgenkristallographie, wo aus den Symmetrieelementen des Beugungsbildes auf Strukturen, hier im Besonderen auf Winkel, geschlossen wird.

3. Schlussfolgerungen

Johann Jakob Balmers Entdeckung der Formel für die Spektrallinien von Wasserstoff zeigt einen interessanten Entdeckungsgang der Wissenschaft im Verhältnis zwischen experimenteller Beobachtung, theoretischer Deutung und technischer Anwendung, weit umfassender und kreativer als es schematische Charakterisierungen der Wissenschaftsmethodik oft erzählen. Balmer geht beeindruckend interdisziplinär von Erfahrungen mit Proportionen im Zeichenunterricht aus, spielt Zahlenverhältnisse durch und sagt schliesslich neue Spektrallinien (und Serien) voraus. Das hat das nachgängige Finden vieler neuer experimenteller Daten und schliesslich die abstrakten Deutungen in den Atomtheorien von Rutherford und Bohr unterstützt. Zum Durchspielen von Zahlenverhältnissen kann gut mit KI experimentiert werden: ein willkommener Anlass an den Schulen über eine KI-unterstützte Pädagogik nachzudenken^[13]. Der Gedankenweg Balmers mit einfachen Experimenten zur Lichtentstehung, Beobachtung und Analyse ist eine Bereicherung des gymnasialen Chemieunterrichtes.

Dieser Beitrag entstand nach dem Balmerpreis-Vortrag am Zentralkurs 2024 an der Kantonsschule, Winterthur und einem Artikel für chimia mit Unterrichtsideen.

Quellen / Sources

- [1] S. Bentsch, 'Anna Maria Preiswerk-Iselin (1758-1840) und die weibliche Bildung in Basel um 1800', 2022, zuletzt geändert am 31.1.2024 <https://stadtdgeschichtebasel.ch/blog/anna-maria-preiswerk-iselin-1758-1840-und-die-weibliche-bildung-in-basel-um-1800> (Zugang am 17. Mai 2025)
- [2] G. Stohler, 'Johann Jakob Balmer, Wegbereiter der Atomphysik', Basler Stadtbuch 1985, Christoph Merian Stiftung (https://www.basler-stadtbuch.ch/stadtbuch/1985/1985_1815.html).
- [3] K. Hentschel, 'Visuelle Analogien und Mustererkennung am Beispiel der Balmerformel', Kultur und Technik, Universität Stuttgart, 2008, 90-99.
- [4] A. Grieder, 'Über Balmers Spektralformel : Analyse einer wissenschaftlichen Entdeckung', Helvetica Physica Acta, Vol. 59 (1986) 303-330, <https://doi.org/10.5169/seals-115698>
- [5] J. J. Balmer, 'Notiz über die Spectrallinien des Wasserstoffs', Aus den Verhandl. d. Naturforsch. Ges. zu Basel, Bd. 7, p.548, <https://doi.org/10.3931/e-rara-134837>
- [6] J. L. Heilbron, Historical studies in the theory of atomic structure, Arno Press, 1966, p. 265
- [7] N. Bohr 'On the Constitution of Atoms and Molecules', Kopenhagen 1913, Einleitung L. Rosenfelds, p. XXXIX
- [8] K. Koch, 'Bindungen in gemischten Atomkristallen, Energieniveaus, Quantenchemie und Elektronegativität visualisiert mit Leuchtdioden (LED)', CHEMKON 2019, 26, Nr. 6, 267 – 269, DOI: 10.1002/ckon.201900004
- [9] Ł. Tymecki, R. Koncki, 'Simplified paired-emitter-detector-diodes-based photometry with improved sensitivity', Analytica Chimica Acta 639 (2009) 73–77
- [10] D. Anh Bui, P.C. Hauser, 'Absorbance measurements with light-emitting diodes as sources: Silicon photodiodes or light-emitting diodes as detectors?' Talanta 116 (2013) 1073–1078
- [11] J. Asheim, E. V. Kvittingen, L. Kvittingen, R. Verley, 'A Simple, Small-Scale Lego Colorimeter with a Light-Emitting Diode (LED) Used as Detector' J. Chem. Educ. 2014, 91, 1037–1039, [dx.doi.org/10.1021/ed400838n](https://doi.org/10.1021/ed400838n)
- [12] Erhältlich im VSN-Shop: <https://www.vsn-shop.ch/produkte/spektrometer-mit-lego/> (Zugriff 21. Mai 2025)
- [13] M. Eyer, S. W. Spahn, 'KI-sensitive Pädagogik an Maturitätsschulen', Gymnasium Helveticum, 1/202, p15-17, auf www.vsg-sspes.ch

Nach dem Gymnasium an der Fachhochschule studieren?

Weshalb dies eine attraktive Möglichkeit ist.

Prof. Dr. Christian Hinderling

Seit ihrer Gründung vor 28 Jahren haben die Fachhochschulen eine steile Entwicklung durchlaufen. Dieser zweite Hochschultyp wird oft als gleichwertig, aber andersartig beschrieben und bietet auch für InhaberInnen einer gymnasialen Matura durchaus attraktive Möglichkeiten. Momentan sind es ca. 10 % der InhaberInnen eines FH Diploms, die eine gymnasiale Matura mitbringen. Es stellt sich daher die Frage, ob die Möglichkeiten auf diesem Studienweg allenfalls noch zu wenig bekannt sind.

Im Folgenden soll daher das Studium an einer FH am Beispiel des Chemiestudiums kurz umrissen werden – sinngemäss lässt sich die Betrachtung auch auf andere Studiengänge übertragen.

Das Studium an einer Fachhochschule ist anwendungsorientiert. Was heisst das genau?

Während ein Studium an einer universitären Hochschule primär auf die Erweiterung und den Erhalt des Wissens in der Studiendisziplin und auf die Bildung des akademischen Nachwuchses abzielt, ist das Studium an einer FH auf ein konkretes Berufsfeld und eine unmittelbare Berufsbefähigung mit dem Bachelor-Diplom ausgerichtet. Die Tiefe der vermittelten wissenschaftlichen Grundlagen unterscheidet sich dabei weit weniger als deren Schwerpunkte. Diese richten sich stark nach dem Bedarf im Berufsfeld. In den Chemiestudiengängen an den FHs haben aus diesem Grund beispielsweise die analytische Chemie oder die chemische und biotechnologische Verfahrenstechnik ein deutlich höheres Gewicht als in universitären Studiengängen. Auf der anderen Seite sind es beispielsweise die statistische Thermodynamik und die Quantenmechanik, die eher am Rande behandelt werden.

Ein weiterer Unterschied liegt in den Praktika und studentischen Arbeiten während des Studiums. Diese haben weniger den Charakter einer inhaltlichen Begleitung der Vorlesungen, sondern sie verfolgen vielfach den Ansatz des 'Problem based Learnings' mit Aufgabenstellungen, die aus

Faire des études supérieures dans une haute école spécialisée après le gymnase ? Pourquoi cette option est-elle intéressante ?

Prof. Dr. Christian Hinderling

Depuis leur création il y a 28 ans, les hautes écoles spécialisées ont connu un développement fulgurant. Ce deuxième type d'établissement d'enseignement supérieur, qui offre des possibilités très intéressantes aux titulaires d'une maturité gymnasiale, est souvent décrit comme équivalent à une haute école universitaire. Il reste néanmoins différent. Actuellement, environ 10 % des titulaires d'un diplôme HES ont obtenu leur maturité gymnasiale. La question se pose donc de savoir si les possibilités offertes par cette voie d'études sont éventuellement encore trop peu connues.

Dans ce qui suit, nous allons donc présenter brièvement les études de chimie pouvant être effectuées dans une HES – cette analyse peut également s'appliquer à d'autres filières d'études.

Les études dans une haute école spécialisée sont axées sur la pratique.

Qu'est-ce que cela signifie exactement ?

Alors que les études dans une haute école universitaire visent principalement l'acquisition de connaissances dans la discipline étudiée et la formation de la relève académique, les études dans une HES sont orientées vers un domaine professionnel concret et une qualification professionnelle immédiate avec le diplôme de bachelor. La profondeur des bases scientifiques enseignées diffère beaucoup moins que leurs domaines prioritaires. Ceux-ci dépendent fortement des besoins du domaine professionnel. C'est pourquoi, dans les cursus de chimie des HES, la chimie analytique ou le génie des procédés chimiques et biotechnologiques occupent une place nettement plus importante que dans les cursus universitaires. À l'inverse, la thermodynamique statistique et la mécanique quantique, par exemple, sont plutôt abordées plus globalement.

Une autre différence réside dans les stages et les travaux étudiants. Ceux-ci ont moins le caractère d'un accompagnement thématique des cours magistraux, mais suivent souvent l'approche de « l'apprentissage par problèmes » avec

dem Berufsfeld kommen und zu deren Bearbeitung Studierende Inhalte aus zahlreichen Vorlesungen vernetzen und zur Anwendung bringen müssen. Die Praktika werden damit zum wichtigen Element der Kompetenzausbildung und setzen die theoretischen Grundlagen aus den Vorlesungen unmittelbar in Wert und machen diese relevant. Studentische Arbeiten, insbesondere die Bachelor-Arbeiten, behandeln oft unmittelbar relevante Fragestellungen aus der Praxis und finden oft auch mit Firmenpartnern gemeinsam statt.

Ein Studium an einer FH führt bereits nach 3 Jahren (für gymnasiale Maturandinnen und Maturanden nach 4 Jahren s.u.) zu einem berufsbefähigenden Hochschulabschluss. FH-BSc Absolventinnen und Absolventen sind begehrte Fachkräfte, starten ihre berufliche Laufbahn in jungen Jahren und können in Unternehmen, insbesondere in KMUs, schnell in verantwortungsvolle Positionen wachsen. Die Beschäftigungsaussichten sind gut, ungefähr 2/3 der Studierenden verlassen die Hochschule nach dem Bachelor Diplom.

Dient ein FH-Studium auch als Basis für eine akademische Entwicklung?

Ein FH-Studium führt rasch in eine hochqualifizierte berufliche Tätigkeit. Wenig bekannt oder unterschätzt ist das FH-Studium als ausgezeichnete Basis auch für eine akademische Entwicklung. Der nächste Schritt, ein Masterdiplom, kann sowohl an FHs als auch universitären Hochschulen erworben werden, wobei der Wechsel an ein universitäres Masterstudium nach dem BSc bei guten Leistungen problemlos und mit wenigen Auflagen möglich ist. Ein anschließendes Doktorat an einer universitären Hochschule ist mit einem universitären Master naturgemäss problemlos möglich, mit einem FH-Master in der Regel mit Auflagen. Im langjährigen Schnitt setzen etwas über 5% unserer BSc-Absolventinnen und Absolventen ihr Studium bis zum Doktorat fort und sind dabei sehr erfolgreich.

des tâches issues du domaine professionnel et pour lesquelles les étudiants doivent mettre en relation et appliquer les contenus de nombreux cours magistraux. Les stages deviennent ainsi un élément important de la formation en termes de compétences et valorisent directement les bases théoriques acquises lors des cours magistraux, les rendant ainsi pertinentes. Les travaux des étudiants, en particulier les mémoires de licence, traitent souvent de questions directement pertinentes issues de la pratique et sont souvent réalisés en collaboration avec des entreprises partenaires.

Les études dans une HES mènent à un diplôme universitaire professionnel après seulement 3 ans (4 ans pour les titulaires d'un baccalauréat, voir ci-dessous). Les diplômés BSc des HES sont des spécialistes très recherchés, qui commencent leur carrière professionnelle dès leur plus jeune âge et qui peuvent rapidement accéder à des postes à responsabilités dans les entreprises, en particulier dans les PME. Les perspectives d'emploi sont bonnes, environ deux tiers des étudiants quittent l'université après avoir obtenu leur diplôme de bachelor.

Les études dans une HES servent-elles également de base à un développement académique ?

Les études dans une HES mènent rapidement à une activité professionnelle hautement qualifiée. Ce qui est peu connu ou sous-estimé, c'est que les études dans une HES constituent également une excellente base pour un développement académique. La prochaine étape, un diplôme de master, peut être obtenue aussi bien dans les HES que dans les hautes écoles universitaires, le passage à un master universitaire après le BSc étant possible sans problème et avec peu de conditions, si les résultats sont bons. Un doctorat dans une haute école universitaire est naturellement possible sans problème avec un master universitaire, mais généralement soumis à certaines conditions avec un master HES. Sur une longue période, un peu plus de 5 % de nos diplômés BSc poursuivent leurs études jusqu'au doctorat et réussissent très bien.



47

Schrittweises Studium mit Ausstiegsmöglichkeiten

Auf einem rein universitären Weg ist, zumindest im Fach Chemie, der Normabschluss de facto die Dissertation. Der Weg dahin dauert in der Regel mindestens acht Jahre. Bei der Studienwahl im rein universitären System schliesst man damit eine recht langfristige 'Wette' ab. Sollten sich während des Studiums die Interessenslage oder Lebensumstände ändern, existieren auf diesem Weg wenig attraktive Ausstiegspunkte. Der FH-Weg bietet hier mit berufsbefähigenden BSc- und MSc-Abschlüssen die Möglichkeit einer akademischen Entwicklung in Schritten. Gegenüber einem rein universitären Weg verlängert sich die Gesamtstudienzeit bis zum Doktorat auf diesem Weg zwar um ein Jahr, angesichts des Gewinns an Flexibilität, Praxisbezug und Erfahrung in mehreren Hochschulsystemen ist dies möglicherweise ein kleiner Preis.

Des études par étapes avec possibilités de sortie

Dans le cadre d'un parcours universitaire, du moins en chimie, le diplôme standard est de facto la thèse. Le parcours pour y parvenir dure généralement au moins huit ans. En choisissant des études dans le système purement universitaire, on fait donc un « pari » à long terme. Si les centres d'intérêt ou les conditions de vie changent pendant les études, il existe peu de possibilités de sortie attrayantes dans cette voie. La voie des HES offre ici la possibilité d'un développement académique échelonné grâce à des diplômes BSc et MSc qualifiants. Par rapport à une voie purement universitaire, la durée totale des études jusqu'au doctorat est prolongée d'un an, mais compte tenu du gain en flexibilité, de l'orientation pratique et de l'expérience acquise dans plusieurs systèmes universitaires, cela peut être considéré comme un petit prix à payer.

Der Weg über die FH erscheint daher für gymnasiale Maturandinnen und Maturanden prüfenswert, wenn sie:

- die unmittelbare Relevanz durch den Praxisbezug schätzen und ihr Wissen in Anwendungen umsetzen möchten.
- sich Optionen offenhalten möchten und sich allenfalls bezüglich ihrer Ziele für die nächsten 8-9 Jahre noch nicht sicher sind.
- neugierig sind und den Blick über den Tellerrand wagen möchten.
- nach langen Schuljahren ein wenig schulmüde sind und praktische Erfahrung suchen.

Wege an die FH:

Für gymnasiale Maturanden existieren zwei Wege, die an die FH führen. Beide dauern 4 Jahre bis zum Bachelor-Abschluss:

a) Berufspraktikum – der klassische Weg

Für gymnasiale Maturanden wird vor dem Eintritt ins Studium eine einjährige Erfahrung im Berufsfeld verlangt – für angehende Chemiestudierende in der Regel ein Praktikum in Labors eines Unternehmens. Die FHs unterstützen gerne bei der Suche nach Praktikumsplätzen und bieten teilweise in Zusammenarbeit mit Partnern auch Laboreinführungskurse an, die den Einstieg in ein Berufspraktikum erleichtern.

b) PiBS Programm

Das PiBS Programm (Praxisintegriertes Bachelor Studium) ist ein Pilotprogramm, das 2014 im Rahmen der Fachkräfteinitiative des Bundes lanciert wurde. Es fokussiert auf Felder, die vom Fachkräftemangel betroffen sind, insbesondere auf die MINT-Studiendisziplinen, wie Chemie, Biotechnologie, Informatik, Maschinentechnik, Elektrotechnik und Aviatik.

La voie des HES pourraient être envisagée par les titulaires d'un baccalauréat gymnasial qui :

- apprécient la pertinence immédiate de l'orientation pratique et souhaitent mettre leurs connaissances en application.
- souhaitent garder toutes les options ouvertes et ne sont pas encore sûrs de leurs objectifs pour les 8 à 9 prochaines années.
- sont curieux et souhaitent élargir leur horizon.
- après de longues années d'études déjà, sont un peu lassés de l'école et recherchent une expérience pratique.

Les voies d'accès à la HES :

Pour les titulaires d'un baccalauréat, il existe deux voies menant à la HES. Ces deux voies durent 4 ans et permettent l'obtention du bachelor :

a) Stage professionnel – la voie classique

Les titulaires d'un baccalauréat doivent justifier d'une année d'expérience dans le domaine professionnel avant d'entamer leurs études – pour les futurs étudiants en chimie, il s'agit généralement d'un stage dans les laboratoires d'une entreprise. Les HES apportent volontiers leur aide dans la recherche de stages et proposent parfois, en collaboration avec des partenaires, des cours d'initiation au laboratoire qui facilitent l'accès à un stage professionnel.

b) Programme PiBS

Le programme PiBS (Praxisintegriertes Bachelor Studium, Études de bachelor intégrant la pratique) est un programme pilote lancé en 2014 dans le cadre de l'initiative fédérale pour la formation de personnel qualifié. Il se concentre sur les domaines touchés par la pénurie de main-d'œuvre qualifiée, en particulier les disciplines MINT telles que la chimie, la biotechnologie, l'informatique, la mécanique, l'électrotechnique et l'aviation.

Im Rahmen des PiBS-Programms können gymnasiale Maturandinnen und Maturanden direkt in das Studium an einer FH einsteigen. Das Studium ist dabei so gestaltet, dass ein Praxisanteil von mindestens 40 % in einem Unternehmen ins Studium integriert ist. Die Studienzeit verlängert sich dadurch um ein Jahr auf vier Jahre. Konkret bedeutet dies in den Studiengängen Chemie und Biotechnologie, dass nach dem 3. Semester ein Praktikumsjahr bei einem Partnerunternehmen absolviert wird, ehe das Studium im 4. Semester wieder regulär aufgenommen wird. Zusätzlich findet die abschliessende Bachelorarbeit beim Partnerunternehmen statt.

Die Einbettung des Praxisanteils ins Studium hat den Vorteil, dass die Praxiserfahrung zu einem Zeitpunkt erfolgt, an dem bereits auf Kompetenzen aus dem Studium abgestützt werden kann, was die Praxiserfahrung für die Studierenden und den Praktikumpartner aufwertet. Unsere eigenen Erfahrungen mit dem PiBS-Programm sind sehr positiv. Für eine definitive Verankerung von PiBS im MINT-Bereich ist eine Anpassung des HFKGs (HFKG: Hochschulförderungs- und -koordinationsgesetz) notwendig. Nach einer Vernehmlassung hat der Bundesrat die Botschaft hierzu im Mai 2025 an die Räte überwiesen. Die Gesetzesvorlage fand im Nationalrat Zustimmung und wird nun im Ständerat behandelt.

Der Autor leitet das Institut für Chemie und Biotechnologie am Departement Life Sciences und Facility Management der zhaw in Wädenswil. Nach einer Berufslehre als Laborant studierte er an der (damaligen) HTL in Muttenz Chemie, um anschliessend sein Chemiestudium an der Uni Bern fortzusetzen und an der ETH zu promovieren.

*Für Rückfragen und Auskünfte:
christian.hinderling@zhaw.ch, Tel: 058 934 55 10*

Dans le cadre du programme PiBS, les titulaires d'un baccalauréat peuvent s'inscrire directement dans une HES. Les études sont conçues de manière à intégrer une part pratique d'au moins 40 % en entreprise. La durée des études est ainsi prolongée d'un an, la formation passant alors à quatre ans. Concrètement, cela signifie que dans les filières chimie et biotechnologie, après le 3ème semestre, les étudiants effectuent une année de stage dans une entreprise partenaire avant de reprendre leurs études normalement dès le 4ème semestre. De plus, le travail de bachelor final est réalisé dans l'entreprise partenaire.

L'intégration de la partie pratique dans les études présente l'avantage d'une expérience pratique à un moment où les étudiants peuvent déjà s'appuyer sur les compétences acquises pendant leurs études. Ce qui valorise bien sûr l'expérience pratique pour les étudiants et le partenaire de stage. Nos propres expériences avec le programme PiBS sont très positives. Pour ancrer définitivement le PiBS dans le domaine MINT, une adaptation de la LEHE (loi sur le financement et la coordination des hautes écoles) est nécessaire. Après consultation, le Conseil fédéral a transmis le message à ce sujet aux Chambres fédérales en mai 2025. Le projet de loi a été approuvé par le Conseil national et est actuellement examiné par le Conseil des États.

L'auteur dirige l'Institut de chimie et de biotechnologie au sein du département Sciences de la vie et gestion des installations de la ZHW à Wädenswil. Après un apprentissage de laborantin, il a étudié la chimie à l'ancienne «HTL» de Muttenz, avant de poursuivre ses études de chimie à l'Université de Berne et d'obtenir son doctorat à l'ETHZ.

*Pour toute question ou information complémentaire :
christian.hinderling@zhaw.ch, tél. : 058 934 55 10*

Links:

PiBS-Programm:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/pibs>



Studiengang Chemie:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/chemie>



Studiengang Biotechnologie:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/biotechnologie>



Schnupperstudium:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/chemie/schnupperstudium>



Laboreinführungspraktikum:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/studium-organisieren/studium-vorbereiten>



Infotag:

<https://www.zhaw.ch/de/lsvm/studium/bachelor/informationsveranstaltungen>



Die diesjährige Bachelorarbeiten:

<https://www.zhaw.ch/storage/lsvm/studium/bachelor/chemie/ch-bachelor-booklet-2025-web.pdf>



Chemical Landmark 2024/5

Die Universität Zürich als Wegbereiterin für die ersten Chemie-Doktorandinnen.

Text: Benita Heiz

Die Universität Zürich gehörte zu den ersten Hochschulen Europas, die Frauen zum Studium zuliessen und verlieh als weltweit frühe Pionierin einer Frau den Dokortitel in Chemie. Dafür zeichnet die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) die UZH als bedeutende historische Stätte der Chemie mit einem Chemical Landmark aus.

Stellen Sie sich vor, Sie sind eine Frau im Jahre 1870 in Turicum (Zürich). Die Landvögte haben ausgedient; stattdessen werden fortschrittliche Wahlen für alle ermöglicht – selbstverständlich nicht für Frauen. Wehrpflicht und politische Ämter waren miteinander verknüpft. Weshalb sollte jemand, der nicht sein Land verteidigt, politische Verantwortung wahrnehmen dürfen?

Ohne politisches Amt braucht es auch keine Matura, so die Devise und ohne Matura auch kein Studium. Ihr Wissensdurst ist jedoch gross: Am liebsten würden Sie verstehen, woraus Stoffe bestehen und wie man neue Stoffe kreiert. Doch es schien Ihnen verwehrt – so dachten Sie zumindest.



Enthüllung der Gedenktafel Bild: Andres Jordi, SCNAT

Chemical Landmark 2024/5

L'Université de Zurich (UZH), pionnière dans l'accueil des premières doctorantes en chimie.

Texte : Benita Heiz

L'Université de Zurich a été l'une des premières universités européennes à admettre des femmes et a été l'une des premières au monde à décerner un doctorat en chimie à une femme. Pour cette raison, l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) a décerné à l'UZH le titre de site historique important pour la chimie avec un Chemical Landmark.

Imaginez-vous en 1870, à Turicum (Zurich), en tant que femme. Les baillis ont fait leur temps ; à leur place, des élections progressistes sont organisées pour tous – sauf pour les femmes, bien sûr. Le service militaire obligatoire et les fonctions politiques étaient liés. Pourquoi quelqu'un qui ne défendait pas son pays aurait-il le droit d'assumer des responsabilités politiques ?

Sans fonction politique, pas besoin de maturité, telle était la devise, et sans maturité, pas d'études. Mais votre soif de connaissances est grande : vous aimeriez comprendre de quoi sont composées les substances et comment on en crée de nouvelles. Mais cela vous semblait impossible, du moins c'est ce que vous pensiez.



Dévoilement de la plaque commémorative Photo : Andres Jordi, SCNAT

52

Als Sie dann erfuhren, dass Studentinnen an der Universität Zürich aufgenommen wurden, wurden Sie hellhörig. Eine strenge Aufnahmeprüfung konnte also doch zu einem Studium führen. Aber ohne die väterliche oder ehemännliche Einwilligung durften Sie nicht nach Zürich reisen. Am **15. Mai 1874** hörten Sie beim Belauschen eines Männergesprächs, dass **Lydia Sesemann**, eine Finnin, erfolgreich ihr Doktorat in Chemie absolvierte – die erste Doktorin der Chemie weltweit. Man hörte einmal von ihr und dann nie wieder. Es sei wohl unwahrscheinlich, dass sie eine Anstellung als Chemikerin fand, obwohl ihr Doktorvater ihre Dissertation als eine der besten des Departments betrachtete, so das Gespräch weiter. Dreizehn Jahre später kam das Ge-

Lorsque vous avez appris que des étudiantes étaient admises à l'Université de Zurich, vous avez tendu l'oreille. Un examen d'entrée rigoureux pouvait donc mener à des études. Mais sans le consentement de votre père ou de votre mari, vous ne pouviez pas vous rendre à Zurich. Le **15 mai 1874**, en écoutant une conversation entre hommes, vous avez appris que **Lydia Sesemann**, une Finlandaise, avait obtenu son doctorat en chimie – la première femme docteure en chimie au monde. On entendit parler d'elle une seule fois, puis plus jamais. Il était peu probable qu'elle trouve un emploi de chimiste, même si son directeur de thèse considérait sa dissertation comme l'une des meilleures du département, selon la conversation. Treize ans plus tard, une rumeur circula



Pionierinnen an der Universität Zürich: die weltweit ersten Doktorinnen der Chemie.

Des pionnières à l'Université de Zurich : les premières docteures en chimie au monde. Gregor Forster / Monique Borer / Leo Merz, SCNAT

rücht auf, eine Frau **Rachel Lloyd**, eine Amerikanerin, habe im Alter von 48 Jahren ihr Doktorat abgeschlossen. Anscheinend war Frau Lloyd bereits durch das Chemielabor ihres Mannes mit Chemie in Berührung gekommen; nach dessen Tod unterrichtete sie Chemie und bezog Experimente in den Unterricht ein. 1875 meldete sie sich an der Harvard Summer School an – eine echte Universitätseinschreibung war Frauen untersagt. Dort arbeitete sie an quantitativen chemischen Problemen, auch gemeinsam mit dem Direktor der Universität und publizierte. Sie wollte Professorin an einem Frauen-College werden, doch dieses lehnte ihre Bewerbung ab, da sie keinen Universitätsabschluss hatte. Daraufhin entschloss sie sich, nach Zürich zu gehen, und wurde so die erste amerikanische Chemie-Doktorandin mit Abschluss. Nach dem erfolgreichen Abschluss konnte sie in Amerika ihren Wunsch erfüllen und wurde Professorin.

Beeindruckt von diesen Beispielen fragen Sie sich, wie lange es in der Schweiz noch dauern wird, bis die Matura für Frauen ermöglicht wird. Gleichzeitig sind Sie stolz, dass Ihr Land eine Universität besitzt, an der Frauen studieren dürfen. Sie hoffen, dass diese Universität eines Tages dafür gewürdigt wird und Frauen wie Dr. Sesemann und Dr. Lloyd Anerkennung für ihre Pionierleistung finden.

Am 3. September 2025 war es soweit: Das Chemical Landmark wurde der Universität Zürich für diese Wegbereiterrolle verliehen. An der Verleihung wurden die Wege, die chemischen Errungenschaften und die Genderthematik differenziert betrachtet und mit wissenschaftlichen Vorträgen untermauert. Wenn Sie mehr dazu wissen möchten, besuchen Sie die Website und/oder sehen Sie sich die Vorträge der Celebrations-Veranstaltung an

Website:



Vorträge:



53
selon laquelle une certaine **Rachel Lloyd**, une Américaine, avait obtenu son doctorat à l'âge de 48 ans. Apparemment, Mme Lloyd avait déjà été en contact avec la chimie grâce au laboratoire de son mari ; après la mort de celui-ci, elle enseigna la chimie et intégra des expériences dans ses cours. En 1875, elle s'inscrivit à la Harvard Summer School, car les femmes n'étaient pas autorisées à s'inscrire à l'université. Elle y travailla sur des problèmes de chimie quantitative, notamment en collaboration avec le directeur de l'université, et publia des articles. Elle souhaitait devenir professeure dans un collège pour femmes, mais celui-ci rejeta sa candidature car elle n'avait pas de diplôme universitaire. Elle décida alors de partir à Zurich et devint ainsi la première doctorante américaine en chimie à obtenir son diplôme. Après avoir obtenu son diplôme, elle put réaliser son rêve en Amérique et devint professeure.

Impressionné par ces exemples, vous vous demandez combien de temps il faudra encore attendre en Suisse avant que les femmes puissent passer la maturité. En même temps, vous êtes fier que votre pays possède une université où les femmes peuvent étudier. Vous espérez que cette université sera un jour récompensée pour cela et que des femmes comme le Dr Sesemann et le Dr Lloyd seront reconnues pour leur travail de pionnières.

Le 3 septembre 2025, le moment était venu : le Chemical Landmark a été décerné à l'Université de Zurich pour son rôle de pionnière. Lors de la cérémonie, les parcours, les réalisations chimiques et la question du genre ont été examinés de manière différenciée et étayés par des exposés scientifiques. Si vous souhaitez en savoir plus, consultez le site web et/ou regardez les exposés de la cérémonie de célébration.

VSN/SSPSN/ASISN**Ständige Kommissionen / Commissions permanentes****Commission romande de la biologie CRB**

- Anne-Laure Rauber (BE), Présidente
anne-laure.rauber@gfbienne.ch
- Anne Arnoux (GE) Vice-présidente
anne.arnoux@gmail.com
- Matthias Müller (VD) Trésorier
- Byron Papadopoulos (NE) Secrétaire
byron.papadopoulos@rpn.ch
- Marie-Pierre Chevron (GYB)
- Diego Fernandez (BE)
- Alba Hendier (TI)
- Lola Hostettler (FR)
- Noémie Lamon (VS)
- Anja Stauffer (GYB)

Deutschschweizer Biologiekommision

- Silvia Reist (LU) Präsidentin
silvia.reist@sluz.ch
- David Stadler (LU) Vizepräsident
david.stadler@sluz.ch
- Dieter Burkhard (SG)
- Klemens Koch (BE) Präsident VSN
- Christian Kofmel (BL)
- Renato Nanni (BE)
- Manuela Varini (TI)

Commission romande de la chimie CRC**Composition du bureau**

- Emmanuel Marion-Veyron Président
emmanuel.marion-veyron@edufr.ch
- Nancy Geiser Vice-présidente
nancy.geiser@eduvaud.ch
- Manuel Fragnière Caissier
manuel.fragniere@bluewin.ch
- Simon Verdan Secrétaire
simon.verdan@edu.ge.ch

Deutschschweizer Chemiekommision

- Andreas Bartlome (LU) Präsident
andreas.bartlome@gmx.ch
- Dana Antoniadis (ZH)
- Patrick Aschwanden (ZH)
- Amadeus Bärtsch (ZH)
- Urs Bienz (BS)
- Michael Bleichenbacher (ZH)
- Stefan Bosshart (TG)
- Basil Denzler (ZH)
- Stefan Dolder (BE) Facilitateur ZEM/CES
- Hansrudolf Dütsch (ZH) VSN-Shop
- Jann Frey (BL)
- Benita Heiz (AG)
- Vesna Klingel (TG)
- Klemens Koch (BE) Präsident VSN
- Patrick Locher (SO)
- Markus Müller (TG) Delegierter SCG
- Martina Zürcher (ZG)

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.crc-chimie.ch
DBK	Deutschschweizer Biologiekommision	
DCK	Deutschschweizer Chemiekommision	

55

Vorstand | Comité

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

Silvia Reist silvia.reist@sluz.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@bluewin.ch
caissier CRC

Emmanuel Marion-Veyron marion-veye@edufr.ch
Président CRC Collège du Sud, Bulle, FR

Christine Guesdon Lüthi christine.guesdon@bluewin.ch
Schule Ittigen, BE

Benita Heiz benita.heiz@kanti-baden.ch
Kassierin Kantonsschule Baden, AG

Stefan Mundwiler stefan.mundwiler@sluz.ch
Kantonsschule Sursee, LU

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

Impressum c+b

Redaktor: Stefan Mundwiler

Redaktionschluss für die nächste Ausgabe:
Délai de rédaction pour le prochain numéro:

- 31.03.2026

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

Les textes sont acceptés dans tous les formats, veuillez envoyer les images séparément.

stefan.mundwiler@sluz.ch

Auflage 700 Exemplare. Druck: onlineprinters.ch

Autoren in dieser Ausgabe:

- Klemens Koch
- Claudia Audermauer
- Stefan Mundwiler
- Andrea Küthe Albrecht
- Roger Deuber
- Juraj Lipscher
- Christian Hinderling
- Benita Heiz

Übersetzungen:

- Alba Hendier, Thierry Bregnard, Julie Fischer

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



Vermitteln Sie Ihren Schüler:innen die Grundlagen der Wasserqualitätsprüfung. Die SuS messen die Wasserqualität verschiedener Quellen. Vom örtlichen Bach bis zum Aquarium im Klassenzimmer. Sie verfolgen bestimmte Muster, erstellen Prognosen und schlagen Änderungen vor, um die allgemeine Gesundheit des Ökosystems zu verbessern.

Go Direct® Optischer Sauerstoffsensor

Messen von gelöstem Sauerstoff, Temperatur, Luftdruck und Lufttemperatur



[Zum Produkt](#)

Go Direct® Trübungssensor

Messen der Trübung und Qualität von Wasser



[Zum Produkt](#)

Go Direct® pH Sensor

Für präzise pH-Werte wässriger Lösungen sowie Trübung und Qualität von Wasser



[Zum Produkt](#)

Buch «Water Quality with Vernier»

18 Wasserqualitätstests. pH-Wert, Gesamtgehalt gelöster Feststoffe, gelöster Sauerstoff, BSB, Durchflussrate etc. Unterstützt alle 9 Tests des Wasserqualitätsindex (WQI). Umfassende Einführung mit Hintergrundinfos zu jedem Test



[Zum Produkt](#)

Besuchen Sie unseren Webshop | educatec-systems.ch