

CHEMIE
BIOCHEMIE



Teamwork und Neugier

Für alle, die wissen möchten,
wie die Welt aufgebaut ist:

Chemie oder Biochemie an der Universität Freiburg

- ▶ Lernen und forschen in kleinen Gruppen
- ▶ Mehrsprachige, praxisorientierte Ausbildung
- ▶ Interdisziplinäre Forschung auf einem hochinnovativen Campus
- ▶ Ausgezeichnete Berufsperspektiven

Weitere Informationen:

www.unifr.ch/go/studysciences





Barbara Kunz

Berufs-, Studien- und
Laufbahnberaterin, Nidau
Verantwortliche Fachredaktorin dieser
«Perspektiven»-Ausgabe

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Chemie, Biochemie sind Schlüsselwissenschaften, um die Welt zu verstehen. So viel haben Sie im Chemieunterricht sicher bereits gelernt. Hier in diesem Heft erhalten Sie einen erweiterten Blick auf Forschungsthemen in Chemie, Biochemie und Chemieingenieurwissenschaft. Zum Beispiel erfahren Sie,

- dass Mikroorganismen mit Wettkampfpferden etwas gemeinsam haben (S. 15);
- wie die künstliche Fotosynthese effizienter gemacht wird (S. 17);
- wie komplex die industrielle Grossproduktion von Bioplastik ist (S. 20);
- was *green chemistry* bedeutet (S. 22).

Im Kapitel «Studium» lesen Sie, was ein Studium im Bereich von Chemie oder Biochemie beinhaltet, wie viel der Studienzeite man im Labor verbringt und was Chemieingenieurwissenschaft oder Wirtschaftschemie sind.

Porträts von Studierenden und von Berufsleuten ergänzen die Überblickstexte in den beiden Kapiteln «Studium» und «Beruf». In diesen Porträts werden die Studien- und die Berufsrealität greifbar.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre – Sie soll Ihnen eine gute Grundlage für Ihren Studienwahlentscheid bieten.

Barbara Kunz

Titelbild

Chemische Reaktion von Ammoniumdichromat, wenn man es auf einer Folie anzündet. Ammoniumdichromat ist ein starkes Oxidationsmittel, das mit starken Reduktionsmitteln wie zum Beispiel fein verteilten Metallpulvern, Schwefel oder Phosphor sehr heftig (explosiv) reagiert.

Dieses Heft enthält sowohl von der Fachredaktion selbst erstellte Texte als auch Fremdtexte aus Fachzeitschriften, Informationsmedien, dem Internet und weiteren Quellen. Wir danken allen Personen und Organisationen, die sich für Porträts und Interviews zur Verfügung gestellt oder die Verwendung bestehender Beiträge ermöglicht haben.

ALLE INFORMATIONEN IN ZWEI HEFTREIHEN

Die Heftreihe «**Perspektiven: Studienrichtungen und Tätigkeitsfelder**» informiert umfassend über alle Studiengänge, die an Schweizer Hochschulen (Universitäten, ETH, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen) studiert werden können.

Die Reihe existiert seit 2012 und besteht aus insgesamt 48 Titeln, welche im Vier-Jahres-Rhythmus aktualisiert werden.

Wenn Sie sich für ein Hochschulstudium interessieren, finden Sie also Informationen zu jeder Studienrichtung in einem Perspektivenheft.

> Editionsprogramm Seiten 72/73

In einer zweiten Heftreihe, «**Chancen: Weiterbildung und Laufbahn**», werden Angebote der höheren Berufsbildung vorgestellt. Hier finden sich Informationen über Kurse, Lehrgänge, Berufsprüfungen, höhere Fachprüfungen und höhere Fachschulen, die in der Regel nach einer beruflichen Grundbildung und anschliessender Berufspraxis in Angriff genommen werden können. Auch die Angebote der Fachhochschulen werden kurz vorgestellt. Diese bereits seit vielen Jahren bestehende Heftreihe wird ebenfalls im Vier-Jahres-Rhythmus aktualisiert.



Alle diese Medien liegen in den Berufsinformationszentren BIZ der Kantone auf und können in der Regel ausgeliehen werden. Sie sind ebenfalls unter www.shop.sdbb.ch erhältlich.

Weitere Informationen zu den Heftreihen finden sich auf:

www.chancen.sdbb.ch

www.perspektiven.sdbb.ch

INHALT

CHEMIE, BIOCHEMIE

6 FACHGEBIET

- 7 Wissenschaft und Handwerk
- 11 Wenn jedes Atom zählt
- 12 Platinkatalyse in atomarer Auflösung beobachtet
- 14 Blutgefässe einfacher und präziser sichtbar machen
- 15 «Ein Enzym ist wie eine Sinfonie»
- 17 Besser als die Natur
- 19 Textilien färben mit Avocado-schalen oder Rotkohlblättern
- 20 Bioplastik – vom Labor in den Supermarkt
- 22 Beispiele aus der Forschung

20

Bioplastik – vom Labor in den Supermarkt:

Innovative Techniken, um biologisch abbaubare Kunststoffe aus natürlichen Rohstoffen herzustellen, gibt es einige. Doch erst jetzt ist nach vielen Jahren Forschung und Entwicklung ein paar Pionieren die industrielle Grossproduktion gelungen.



24 STUDIUM

25 Chemie und Biochemie studieren

- 27 Studienmöglichkeiten in Chemie und Biochemie
- 33 Verwandte Studienfächer und Alternativen zur Hochschule
- 34 Kleines ABC des Studierens

38 Porträts von Studierenden:

- 38 Astrid Kammerer, Chemie
- 40 Fabian Schürch, Chemie
- 42 Nina Kläy, Biochemie
- 44 Tejas Deshpande, Chemieingenieurwissenschaften
- 46 Lilia Rüegg, Wirtschaftschemie

25

Studium: Die Studiengänge Chemie, Biochemie und Chemieingenieurwissenschaften haben vieles gemeinsam: Sie starten mit einer grundlegenden wissenschaftlichen Ausbildung und der praktischen Umsetzung des Gelernten. Die Vertiefung in die einzelnen Teilgebiete erfolgt im zweiten Teil des Bachelorstudiums und im Master.



ERGÄNZENDE INFOS AUF WWW.BERUFSBERATUNG.CH

Dieses Heft wurde in enger Zusammenarbeit mit der Online-Redaktion des SDBB erstellt; auf dem Berufsberatungsportal www.berufsberatung.ch sind zahlreiche ergänzende und stets aktuell gehaltene Informationen abrufbar.



Zu allen Studienfächern finden Sie im Internet speziell aufbereitete Kurzfassungen, die Sie mit Links zu weiteren Informationen über die Hochschulen, zu allgemeinen Informationen zur Studienwahl und zu Zusatzinformationen über Studienfächer und Studienkombinationen führen.

berufsberatung.ch/biochemie

berufsberatung.ch/chemie

Weiterbildung

Die grösste Schweizer Aus- und Weiterbildungsdatenbank enthält über 30000 redaktionell betreute Weiterbildungsangebote.

Laufbahnfragen

Welches ist die geeignete Weiterbildung für mich? Wie bereite ich mich darauf vor? Kann ich sie finanzieren? Wie suche ich effizient eine Stelle? Tipps zu Bewerbung und Vorstellungsgespräch, Arbeiten im Ausland, Um- und Quereinstieg u. v. m.

Adressen und Anlaufstellen

Links zu Berufs-, Studien- und Laufbahnberatungsstellen, Stipendienstellen, zu Instituten, Ausbildungsstätten, Weiterbildungsinstitutionen, Schulen und Hochschulen.

48 WEITERBILDUNG

50 BERUF

51 Berufsfelder und Arbeitsmarkt

53 Berufsporträts:

- 54 Yvonne Alice Nagel, Lab head and research project leader in Molecular Targeted Therapies (MTT), Discovery Oncology, Pharma Research and Early Development (pRED), F. Hoffmann-La Roche Ltd, Basel
- 57 Derya Kanber-Odabas, Associate Director Clinical Supplies Quality, MSD Schachen
- 60 Maximilian Brackmann, Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie, Labor Spiez
- 63 Luca Scherrer, Manager im Analytics & Cognitive Team, Consulting | Deloitte Consulting AG
- 65 Nicole Ulmer, Prozessingenieurin, DSM Nutritional Products AG Werk Lalden

70 SERVICE

- 70 Adressen, Tipps und weitere Informationen
- 71 Links zum Fachgebiet
- 72 Editionsprogramm
- 73 Impressum, Bestellinformationen

38

Studierendenporträts: Nach der Sekundarschule hat sich Astrid Kammerer für eine berufliche Grundbildung als Chemielaborantin mit technischer Berufsmaturität entschieden. Danach wollte sie noch tiefer in die Chemie eintauchen, ohne den praktischen Bezug zu verlieren, und begann ein Chemiestudium an der ZHAW..



60

Berufsporträts: Ob Milzbrand, Pocken, Ebola, Hanta- oder Coronaviren – für Max Brackmann ist nichts davon exotisch. Nach einem Masterabschluss in Biochemie arbeitet er nun als Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie im Labor Spiez, das im ABC-Schutz tätig ist, an der Abwehr von atomaren, biologischen und chemischen Gefahren.



FACHGEBIET

- 7 WISSENSCHAFT UND HANDWERK
- 10 TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET



WISSENSCHAFT UND HANDWERK

Chemie und Biochemie sind grundlegende Naturwissenschaften. Während sich Chemie hauptsächlich mit unbelebter Materie beschäftigt, konzentriert sich Biochemie auf lebende Materie.

Die Chemie untersucht, wie Atome in Molekülen, Werkstoffen und lebenden Organismen angeordnet sind und wie sich diese neu sortieren und so fast alle Prozesse des Alltags beeinflussen. Biochemie befasst sich mit der Frage, wie Vorgänge in der belebten Natur auf chemischer und physikalisch-chemischer Stufe erklärt werden können. Biochemie stammt hinsichtlich ihrer molekularen Grundlagen direkt von der Chemie ab, gehört aber wegen ihrer Forschungsgebiete zu den Biowissenschaften.

CHEMIE: ENTWICKLUNG NEUER SUBSTANZEN UND PROZESSE

Wenn wir Geschirr abwaschen oder Salatsauce herstellen, laufen chemische Prozesse ab, die sich in Formeln darstellen lassen, und vieles, was uns selbstverständlich erscheint, ist erst durch chemische Forschung und Entwicklung in den letzten Jahrzehnten möglich geworden. Dies trifft zum Beispiel für moderne Werkstoffe zu, die in Computertechnik und Mikroelektronik oder im Maschinenbau bedeutende Fortschritte ermöglichten. Aber auch Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien wären ohne die Resultate chemischer Forschung undenkbar.

Überhaupt ist Chemie Grundlagenfach für andere Disziplinen. So kommen zum Beispiel Biochemie, Biologie, Medizin, Pharmazie, Erdwissenschaften und Agronomie ohne die Erkenntnisse der Chemie nicht aus.

Forschung

Die Entwicklung neuer Substanzen und Synthesewege, deren Analyse und Evaluation sind für Chemikerinnen und Chemiker in der Forschung zentral.

Viele Entdeckungen und Entwicklungen finden heute fachübergreifend auf der molekularen, chemischen Ebene statt. Die chemische Industrie ist sehr innovativ. Chemie wird auch als naturwissenschaftliche Schlüsseldisziplin bezeichnet. Sie liefert Beiträge für viele grundlegende Zukunftsfragen, zum Beispiel für Energietechnik, Gesundheit, Umweltschutz und Mobilität. Es geht also zum Beispiel darum, die Photosynthese zu imitieren bzw. zu verbessern, um damit Energie zu gewinnen (vgl. S. 17), oder um ein Röntgenkontrastmittel, das Blutgefäße präziser darstellen kann (vgl. S. 14) und um die Produktion von biologisch abbaubarem Plastik aus nachwachsenden Rohstoffen (S. 20).

Arbeitsmethoden

In der Chemie werden, wie in den anderen Naturwissenschaften, Hypothesen gebildet und systematische Experimente durchgeführt, um die Hypothesen zu überprüfen. Zentral ist die praktische Arbeit im Labor. Hier werden Stoffe produziert (Synthese), untersucht (Analyse) und Prozesse überwacht. Stoffgemische werden getrennt (durch Destillation, Filtration und ähnliche Verfahren), Stoffe nachgewiesen, chemische Reaktionen und Messungen durchgeführt. Dabei ist es wichtig, sicher mit Chemikalien umzugehen und die Gefahren zu kennen, die von ihnen ausgehen. Die apparativen Methoden müssen beherrscht und sorgfältig angewendet werden.

Teilbereiche der Chemie

Die klassischen Bereiche der Chemie sind anorganische, organische Chemie und physikalische Chemie.

Anorganische Chemie umfasst alle Elemente und Verbindungen, die nicht ausschliesslich Kohlenwasserstoffverbindungen enthalten. Im Zentrum stehen «tote» Stoffe, aus denen neue Materialien entwickelt und deren Aufbau und Eigenschaften beeinflusst werden.

Organische Chemie umfasst Verbindungen, die auf Kohlenstoff basieren. Pflanzliche Farbstoffe, Zucker, Fette, Proteine, Nucleinsäuren und letztlich Lebewesen gründen auf der Bindungsfähigkeit des Kohlenstoffatoms. Der chemische Aufbau von Verbindungen wird untersucht; es wird festgestellt, wie verschiedene Stoffe darauf wirken; Naturstoffe, aber auch in der Natur unbekanntes Stoffe wie Arzneistoffe werden synthetisiert.

Physikalische Chemie forscht im Grenzbereich zwischen Physik und Chemie. Sie beschäftigt sich mit den Reaktionsabläufen unter unterschiedlichen Bedingungen, z.B. unter Druck oder UV-Bestrahlung. Ziel ist es, die Vorgänge mittels mathematischer Formeln zu beschreiben.

Weitere Teilgebiete sind:

- *Analytische Chemie* fragt nach dem «Was?» und «Wie viel?» von Stoffen und Gemischen. In der Analytischen Chemie werden Proben entnommen, aufgearbeitet, getrennt, charakterisiert und bestimmt.
- *Elektrochemie* ist ein Teilgebiet der Physikalischen Chemie und behandelt chemische Reaktionen, die mit elektrischen Vorgängen verbunden sind.

- *Festkörperchemie* beschäftigt sich mit den Strukturen und Anwendungen von Stoffen im festen Aggregatzustand. Meistens handelt es sich um anorganische Verbindungen. Verwandte Bereiche sind: Festkörperphysik, Mineralogie, Metallurgie, Kristallografie.
- *Komplexchemie* ist ein Teilbereich der Anorganischen Chemie. Sie befasst sich mit Komplexverbindungen. In einem Komplex wird ein Zentralatom von einem oder mehreren Molekülen oder Ionen umgeben.
- *Makromolekulare Chemie* oder *Polymerchemie* beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer Materialien. Sie ist in die Materialwissenschaften integriert.

Die folgenden Teilgebiete werden als eigene Studiengänge angeboten. Chemie

ist die Schlüsseldisziplin für die Entwicklung neuer Werk- und Wirkstoffe. Zur erfolgreichen Vermarktung dieser Stoffe sowie von neuartigen Verfahren ist neben chemischem Know-how Betriebswirtschaftswissen nötig. *Wirtschaftschemie* verbindet diese beiden Disziplinen.

In der *Rechnergestützten Chemie* (computational chemistry) verbindet sich das naturwissenschaftliche Wissen mit Kenntnissen von Mathematik und Informatik. Es geht darum, einerseits das naturwissenschaftlich-technische Problem zu verstehen und andererseits das rechnergestützte Analysieren des Problems zu beherrschen. Weitere Informationen dazu sind im «Perspektiven»-Heft «Mathematik und Rechnergestützte Wissenschaften» zu finden.

Die Hauptherausforderung der *Chemie-*

ingenieurwissenschaften ist es, eine im Labor entwickelte Reaktion in den industriellen Massstab zu überführen. Dabei müssen ökologische Auswirkungen, Energieaufwand und Kosten minimiert sowie Qualität und Sicherheit maximiert werden. Das grundlegende Arbeitsmittel im Chemieingenieurwesen ist die Bilanzierung von Stoffmen- und Energieströmen. Durch die Anwendung der Gesetze der Massen- und Energieerhaltung auf ganze Anlagen oder Anlagenteile können die zum Bau und Betrieb dieser Teile notwendigen Daten berechnet werden. Zusätzlich finden Gesetze und Erkenntnisse der Thermodynamik, des Wärme- und Stofftransports und der Reaktionskinetik Anwendung. Aktuelle Forschungsthemen sind zum Beispiel alternative Lösungsmittel, Bioraffinerien, CO₂-Nutzung, Sicherheitsaspekte der chemischen Nanotechnologie oder Abwassertechnologie.

Disziplinen des Chemieingenieurwesens sind zum Beispiel Anlagensteuertechnik, Chemieapparatebau, Technische Elektrochemie, Lebensmitteltechnik, Sicherheitstechnik, Strömungsmechanik, Technische Biochemie, Umwelttechnik, Verbrennungstechnik oder Werkstoffkunde. Chemieingenieurwesen bildet ein Bindeglied zwischen Naturwissenschaften und Maschinenbau. Diese Kenntnisse sind überall dort gefragt, wo Stoffe erzeugt, verarbeitet und veredelt werden, wo verbesserte Produkte herzustellen oder effizientere und ökologischere Prozesse zu gestalten sind, vor allem in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, aber auch in Unternehmen der Metall- und Maschinen-, Elektronik-, Lebensmittel-, Textil- und Kunststoffindustrie.

Abgrenzungen

Neben der Biochemie grenzen eine Reihe weiterer Gebiete an Chemie. Die Übergänge sind fließend.

- *Biotechnologie*: Hier geht es um die Planung, Entwicklung und Optimierung industrieller biotechnologischer Verfahren. Basis für die Erfüllung solcher Aufgaben ist umfangreiches experimentelles und theoretisches Wissen in Chemie. Mehr über dieses Studium ist im «Perspektiven»-Heft



Eine Chemieingenieurin bei der Entwicklung von sauberen Energiespeicherlösungen.



Biomedizinische Ingenieure und Ingenieurinnen führen Experimente zur Blutfilterung durch.

- «Life Sciences/Interdisziplinäre Naturwissenschaften» zu erfahren.
- *Molekularbiologie* befasst sich mit der Struktur, Biosynthese und Funktion von DNA und RNA (Träger der Erbinformation) auf molekularer Ebene und damit, wie Moleküle untereinander und mit Proteinen interagieren. Mehr über dieses Gebiet ist im «Perspektiven»-Heft «Biologie» zu entdecken.
- *Life Sciences* ist eine Gruppe naturwissenschaftlicher Forschungsrichtungen mit stark interdisziplinärer Ausrichtung. Die Life Sciences umfassen Bereiche der Biologie, Chemie, Physik, Mathematik, Informatik, Medizin, Gentechnologie und Pharmakologie. Deutsch wird auch der Begriff Biowissenschaften verwendet. Mehr über dieses Studium steht im «Perspektiven»-Heft «Life Sciences/Interdisziplinäre Naturwissenschaften».
- *Materialwissenschaft* beschäftigt sich mit der Erforschung, Charakterisierung, Herstellung und Verarbeitung von Materialien. Mehr über dieses Studium erfahren Sie im «Perspektiven»-Heft «Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik».

- In den *Nanowissenschaften* wird die Welt der Atome und Moleküle und deren Handhabung erforscht. Dabei werden Gebiete der Chemie, Medizin, Biologie und Physik berührt. Die Grenzen der verschiedenen Disziplinen verschwimmen. Mehr über dieses Studium ist im «Perspektiven»-Heft «Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik» zu erfahren.

BIOCHEMIE: MOLEKULARE GRUNDLAGEN DES LEBENS

Biochemie untersucht die den Lebensvorgängen zugrunde liegenden chemischen und physikalischen Prozesse auf der Ebene der Moleküle. Studiert werden die Stoffwechselwege, über die mannigfaltige kleine Grundbausteine und Energieträger hergestellt werden, so dann, wie diese molekularen Bausteine zu den Makromolekülen und supramolekularen Strukturen der komplizierten Zellarchitektur zusammengesetzt werden. Die Regulation und Harmonisierung des Auf- und Abbaus solcher Strukturen sowie die Reaktion der Zellen auf ändernde Bedingungen wie Temperatur oder Nahrungszufuhr sind weitere wichtige Themen. Weil die biologischen Prozesse in der

Zelle in zeitlichen und räumlichen Dimensionen ablaufen, die einer direkten Beobachtung nicht zugänglich sind, ist Biochemie für ihre Messungen auf Methoden aus der Chemie und Physik angewiesen, für die Auswertung der Messdaten oft auch auf die Informatik. Fragestellungen und Anwendungen der Biochemie sind bedeutsam für die Medizin, die Biologie, die Umweltwissenschaften und für Industrie und Technik (Biotechnologie). Die biotechnologische Produktion von Antibiotika, von Hormonen und von Grundstoffen für die chemische Synthese gewinnt an Bedeutung. Die grossen Fortschritte in der Pharmakologie, der medizinischen Diagnostik, der Prävention von viralen und bakteriellen Infektionskrankheiten, der Agrochemie und der Lebensmittel- und Umwelttechnologie sind unter anderem auf Erkenntnisse der biochemischen Grundlagenforschung zurückzuführen.

Forschung

Biochemiker und Biochemikerinnen erforschen im Grenzgebiet zwischen Chemie, Medizin und Biologie die molekularen Grundlagen der Lebenserscheinungen. Aktuelle Fragestellungen an der Universität Bern beschäftigen sich



DNA-Genotypisierung und -Sequenzierung in der Krebsforschung.

z.B. mit der Struktur und Funktion von Proteinen und Proteinkomplexen, RNA und anderen Biomolekülen. Das Ziel dabei ist es, die Mechanismen und die Regulation von biologischen Prozessen auf molekularer Ebene zu verstehen. Um dies zu erreichen, werden eine Vielzahl von unterschiedlichen methodischen Ansätzen und Modellsystemen genutzt. Zudem beschäftigen sich Biochemie und Molekularbiologie auch mit den molekularen Grundlagen von Krankheiten und tragen so zu deren Prävention, Diagnostik und Behandlung bei.

An der Universität Zürich konzentriert sich die Forschung am Biochemischen Institut auf die Untersuchung von Proteinen, wobei ein spezielles Augenmerk auf strukturell-funktionelle Aspekte gerichtet wird: auf die Strukturbestimmung und die Funktionsanalyse von Membranproteinen, die Erforschung der Proteinfaltung bis auf die Stufe einzelner Moleküle, die gerichtete Evolution neuer Proteine durch Protein Engineering, die strukturelle und funktionelle Beschreibung makromolekularer Proteinkomplexe sowie auf die theoretische und praktische Untersuchung von Proteinaggregationen.

Teilbereiche der Biochemie

Je nach Forschungsschwerpunkt lässt sich Biochemie in folgende Untergebiete gliedern: Medizinische Biochemie, Ökologische Biochemie, Pflanzenbiochemie, Proteinchemie, Immunbiochemie, Neurobiochemie, Enzymologie, Naturstoffbiochemie, Physikalische Biochemie.

Abgrenzung

Biochemie ist eng mit Genetik und Zellbiologie verknüpft. Diese Wissenschaften arbeiten Hand in Hand und ihre Übergänge sind fließend. Die Bereiche Biochemie, Zellbiologie und Genetik werden oft unter dem Titel Molekularbiologie zusammengefasst. Zellbiologie und Genetik sind Teilgebiete der Biologie. Weitere Angaben dazu siehe «Perspektiven»-Heft «Biologie».

Quellen

Fachbeschreibungen der Universitäten und Fachhochschulen
Websites der Fachverbände

TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET

Die folgenden Texte geben Einblicke in Forschungsthemen von Chemie, Biochemie, Wirtschaftschemie und Chemieingenieurwissenschaften.

Sauerstoffisotope sind selten und teuer. Professor Christophe Copéret erklärt in **Wenn jedes Atom zählt**, wie diese erschwinglich werden. (S. 11)

Um einen Katalysator zu optimieren, wurde **Platinkatalyse in atomarer Auflösung beobachtet**. (12)

Ein neues Röntgenkontrastmittel kann **Blutgefäße einfacher und präziser sichtbar machen**. (14)

«**Ein Enzym ist wie eine Sinfonie**.» Über Methoden, um Mikroorganismen in kleine Biowerkzeuge umzuwandeln. (S. 15)

Besser als die Natur soll die vom Menschen imitierte Fotosynthese funktionieren. (S. 17)

Auf der Suche nach nachhaltigen Farbstoffen: **Textilien färben mit Avocadoschalen oder Rotkohlblättern**. (S. 19)

Chemieingenieure und Chemieingenieurinnen bringen **Bioplastik – vom Labor in den Supermarkt**. (20)

Von grüner Chemie bis zu den Funktionen verschiedener RNA: **Beispiele aus der Forschung**. (S. 22)

WENN JEDES ATOM ZÄHLT



Doktorand Christopher Gordon im Labor von Professor Christophe Copéret, wo neue Katalysatoren entwickelt und die Isotopenmarkierung genutzt werden, um die zugrunde liegenden katalytischen Prozesse zu studieren.

Sauerstoffisotope sind bei der Aufklärung von molekularen Prozessen extrem nützlich, aber die Isotope sind auch selten und teuer. Christophe Copéret, Professor im Labor für Anorganische Chemie der ETH Zürich, erklärt, wie seine Gruppe Chemie mit Sauerstoffisotopen erschwinglich macht. Der Schlüssel liegt in der Synthese eines kleinen, energiegeladenen Moleküls: Wasserstoffperoxid.

Warum interessieren sich Wissenschaftler für Sauerstoffisotope?

Sauerstoffisotope, vornehmlich O-17 und O-18, werden als sogenannte Tracer eingesetzt. Einige Beispiele: Durch den Austausch eines spezifischen Sauerstoffatoms durch sein Isotop kann der Pharmazeut beobachten, wie aktiv ein medizinischer Wirkstoff in einer Zelle ist. Ein Synthesechemiker sucht nach einem besseren Verständnis der Reaktionsmechanismen, um seine Produktionslinie zu optimieren. Meine eigene Gruppe setzt Isotope zur Untersuchung von katalytischen Reaktionen ein.

Wie tauscht man ein Sauerstoffatom gegen sein Isotop aus?

Es gibt verschiedene Möglichkeiten. Sehr erfolgreich ist der Sauerstofftransfer durch Peroxide. Das sind sehr reaktive Stoffe. Wir kennen sie als Bleichmittel für Textilien, zur Zahnaufhellung oder zur Sterilisation von Oberflächen. Ein isotopenmarkiertes Peroxid kann sein Sauerstoffisotop sehr effizient an ein Zielmolekül abgeben. Wir haben einen eleganten Weg

gefunden, diese isotopenmarkierten Peroxide herzustellen.

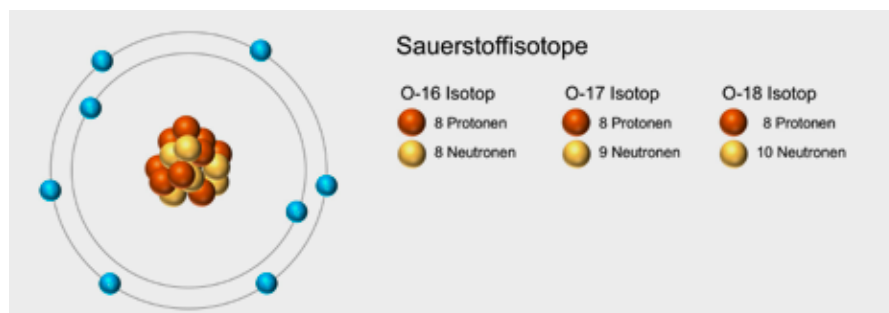
Es gibt bereits etablierte, industrielle Verfahren zur Wasserstoffperoxidproduktion. Was ist speziell an Ihrem Syntheseweg?

Isotope sind eine seltene und teure Ressource. Wir können es uns bei der Herstellung von Peroxiden quasi nicht erlauben, auch nur ein einziges Sauerstoffisotop zu verschwenden. Daher ist unser Syntheseweg im Hinblick auf den Verbrauch der Isotope optimiert.

Was macht Ihren Syntheseweg so effizient? Ist ein geheimer Katalysator involviert?

Das ist der verrückte Teil der Geschichte. Obschon sich meine Forschungsgruppe auf Katalyse spezialisiert, ist hier absolut kein Katalysator beteiligt. Die Erfindung gehört zu den unvorhergesehenen Wendungen in der Forschung. Wenn wir einen Katalysator für ein Experiment vorbereiten, reinigen wir ihn zuerst. Wir entfernen sämtlichen ungewünschten Sauerstoff von seiner Oberfläche durch Einsatz eines Organosilizium-Reagenzes.

Mein Mitarbeiter, Keishi Yamamoto, hat das Potenzial unseres Reinigungsmittels erkannt, um damit effizient Peroxide herzustellen, da es eine sehr grosse Affinität zu Sauerstoff besitzt. Seitdem setzen wir das Organosilizium-Reagenz als Ausgangsstoff für die Herstellung unserer eigenen isotopenmarkierten Stoffe ein. Wir haben den Syntheseweg zum Patent angemeldet und hoffen, dass sich die Anwendung



Isotope unterscheiden sich in der Anzahl Neutronen im Atomkern. O-16 ist das häufigste Isotop, O-17 und O-18 sind eher selten. Damit man sich die Chemie mit den seltenen Isotopen leisten kann, muss deren Umwandlung in Zielmoleküle optimiert werden.

sowohl in den akademischen als auch in industriellen Forschungslaboratorien etabliert.

Wie gross schätzen Sie die Nachfrage nach Ihrer neuen Peroxidsynthese ein?

Peroxide sind oft instabil oder sogar explosiv. Wissenschaftler stellen sie in situ her, d.h. zum Zeitpunkt, vor Ort und in der Menge, wie sie gebraucht werden. Wir glauben, dass einige Labors auf die Markierung mit Sauerstoffisotopen verzichten, da der gesamte Prozess von der Beschaffung der Isotope und der Synthese der Peroxide zu aufwändig und teuer ist. Unser Ansatz macht die Anwendung einfach und die Kosten überschaubar. Auf diese Weise kann sich jedes Labor das Tracing mit Sauerstoffisotopen leisten.

Wie sieht Ihre Erfindung als kommerzielles Produkt aus?

Ich stelle mir einen Bausatz vor: isotonmarkierter Sauerstoff in einem Gaszylinder, Organosilizium-Reagenz in einer Glasampulle. Der Kunde mischt beides bei Raumtemperatur und Umgebungsdruck zusammen, lässt über Nacht rühren, fertig. Wir suchen einen Industriepartner, der unsere Erfindung auf den Markt bringt.



Professor Christophe Copéret, ETH Zürich, D-CHAB, Copéret Group.

PLATINKATALYSE IN ATOMARER AUFLÖSUNG BEOBACHTET

Katalysatoren bestehen meist aus wertvollen Metallen, die nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Es ist deshalb wichtig, den Katalysator für die jeweilige Reaktion zu optimieren. Der Gruppe von Professor Jeroen van Bokhoven ist es nun gelungen, einen Katalysator in atomarer Auflösung und in Echtzeit zu studieren und dadurch wesentliche neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Heterogene Katalyse ist ein Schlüsselverfahren in der chemischen Industrie, denn mehr als 80 Prozent aller produzierten Chemikalien werden mittels katalytischer Prozesse hergestellt. Deshalb sind Katalysatoren Wegbereiter für den Übergang in eine nachhaltige, energieeffiziente und umweltfreundliche Gesellschaft.

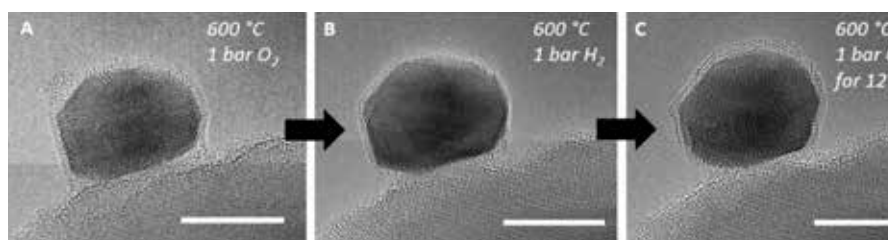
Das Edelmetall Platin – welches nur begrenzt verfügbar ist – ist ein wichtiger und häufiger Bestandteil von Katalysatoren. Um Katalysatoren zu verbessern, ist Voraussetzung, dass der Mechanismus des Prozesses bekannt ist – ansonsten «gilt für die Verbesserung von Katalysatoren einfach weiter Trial and Error», wie es Arik Beck, der Erstautor der kürzlich in Nature Communications publizierten Studie, beschreibt.

Genau dies ist nun der Gruppe von Jeroen van Bokhoven gelungen – in Zusammenarbeit mit Xing Huang und Marc-Georg Willinger von ScopeM, dem Scientific Center for Optical and

Electron Microscopy an der ETH Zürich. Mithilfe hochauflösender Elektronenmikroskopie gelang es ihnen, den Prozess live, also in situ, zu beobachten und wesentliche neue Erkenntnisse über den Ablauf der Reaktion zu gewinnen. Videoaufnahmen in atomarer Auflösung erlauben es, die verschiedenen Prozessschritte in Echtzeit zu beobachten und zu verstehen. Dabei sind sogar einzelne Platinatome sichtbar.

Wie in der Darstellung unten zu sehen ist, sitzt das Platin-Nanopartikel (dunkle Fläche im Zentrum der Bilder) auf einem Titandioxid-Träger. Mit dem Wechsel der Gasatmosphäre von Wasserstoff zu Sauerstoff verändert sich die Oberflächenbeschaffenheit des Platins. Der weisse Balken entspricht einer Länge von 5 nm, zum Vergleich: Der Durchmesser eines Haares ist ungefähr 50 000 nm. Diese Aufnahmen wurden in Zusammenarbeit mit ScopeM, dem Scientific Center for Optical and Electron Microscopy an der ETH Zürich, gemacht.

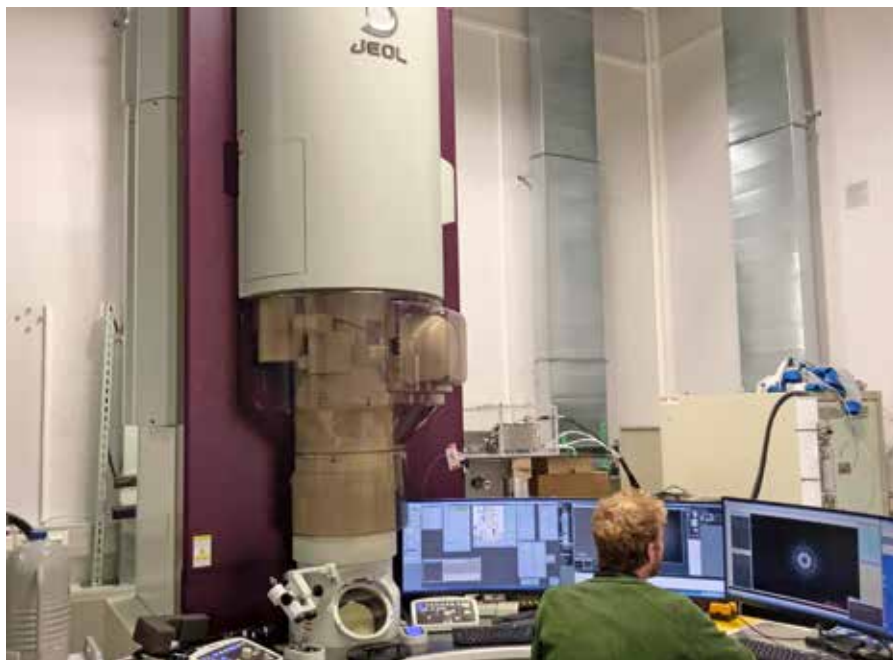
Für katalytische Prozesse wird Platin meistens als Nanopartikel (1 bis 10 nm) auf eine Trägeroberfläche gebracht, die aus einem Metalloxid besteht. In den Anfangszeiten der Katalyse nahm man an, dass diese Metalloxide als inerte Trägermaterialien fungieren würden. Bereits vor 40 Jahren konnte gezeigt werden, dass die Trägersysteme alles andere als inert sind, und dieses Phänomen der starken Wechselwirkung mit dem Trägermaterial wur-



Neustrukturierung von Platin-Nanopartikeln.

Quelle

News Kanal ETH News for Industry 2019



Ein Weltklasse-Elektronenmikroskop: Das JEOL Grand ARM Elektronenmikroskop im ScopeM ist eines von ungefähr zehn Mikroskopen auf der Welt mit einer solchen Hightech-Ausstattung.

de als Strong Metal-Support Interaction (SMSI) bezeichnet. Dieser Effekt spielt eine wichtige Rolle bei der Katalyse, denn er hat grossen Einfluss auf die Selektivität und Effizienz des Prozesses.

Metalloxydträger, die leicht zu reduzieren sind – wie z.B. Titanoxid –, können durch eine reduktive Behandlung mit Wasserstoff modifiziert und so effizienter für bestimmte katalytische Reaktionen gemacht werden. Diese Veränderungsprozesse beinhalten die Bildung dünner Schichten des Trägermaterials auf der Oberfläche der Platin-Nanopartikel, eine sogenannte Einkapselung. Dieser Effekt wurde aber nie genau verstanden, da die Reaktion nie in Echtzeit beobachtet werden konnte und entnommene Proben sich bereits vor der weiteren Untersuchung verändern.

Dank der State-of-the-Art-Transmissions-elektronenmikroskopie von ScopeM konnte dieser Prozess der Bildung der Überlagerungsschichten nun in situ beobachtet und analysiert werden – eben in atomarer Auflösung und in Echtzeit. Beobachtet werden konnte erstmals, wie bei hohen Temperaturen die Platinatome von Titanoxid eingekapselt werden und wie diese Oberflächenstruktur sich verändert, wenn das systemumgebende Gas ausgetauscht wird.

Transformation in Echtzeit: Bei der Umstellung der Gasatmosphäre von Wasserstoff auf Sauerstoff verändert sich die Oberflächenstruktur in einer Weise, die bisher noch nicht bekannt war.

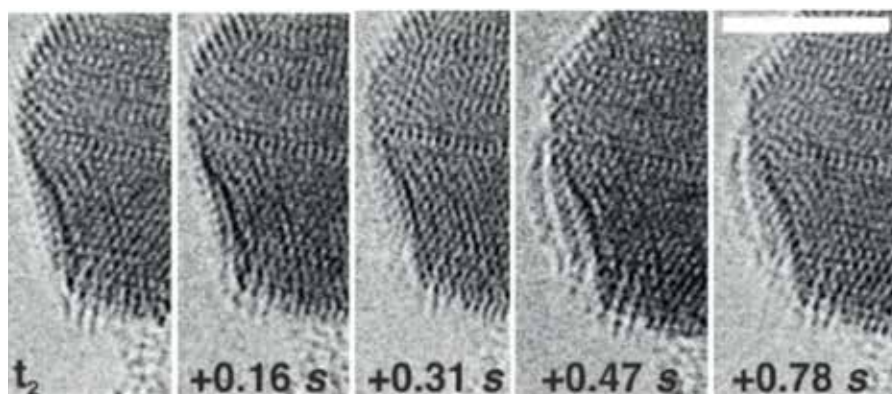
Wie in der Darstellung unten zu sehen ist, entsteht in weniger als einer Sekunde plötzlich eine Titanoxidschicht auf dem Platinpartikel. Hier sieht man, wie sich an der Seite eines Partikels zunächst das Atomgitter neu strukturiert und dann zwischen 0.31 s und 0.47 s schlagartig eine helle Struktur an der Seite entsteht. In der Elektronenmikroskopie bedeuten helle Strukturen, dass die Atome eine geringe Masse haben. So kann man zwischen Platin (schwer und daher dunkel) und Titanoxid (leicht und daher hell) unterscheiden. Die rasterartige

Struktur, die auf den Bildern zu erkennen ist, ist die Atomgitterstruktur. Jeder Punkt entspricht einer Atomposition im Kristallgitter.

Diese Videos der Prozessschritte ermöglichen bisher nie dagewesene Einblicke in diesen Prozess und zeigen, dass in einem konkurrierenden Prozess auch eine Platin-Titan-Oberflächenlegierung gebildet wird. Überraschenderweise stellte sich heraus, dass die gebildete Einkapselung auch bei Anwesenheit von Sauerstoff und bei hohen Temperaturen stabil ist – was bisher nicht bekannt war. Dies lässt hoffen, dass diese Reaktion nun auch für katalytische Oxidationen genutzt werden kann und eröffnet damit ganz neue Möglichkeiten für Katalyse und Materialwissenschaft.

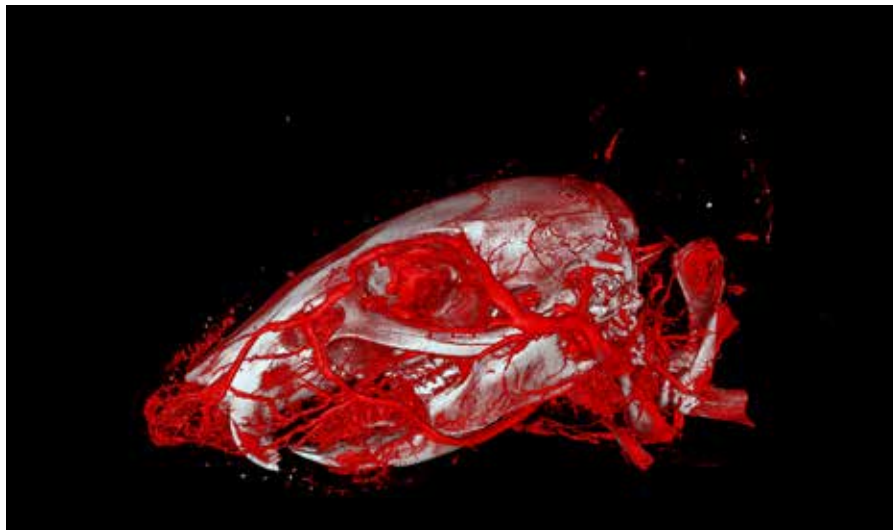
Jeroen van Bokhoven und sein Team freuen sich, dass durch diese Kombination von neuesten In-situ-Techniken ein wichtiger industrieller Reaktionsmechanismus aufgeklärt und so eine ganzheitliche und sich ergänzende Sicht auf katalytische Reaktionen erhalten wurde.

Quelle
ethz.ch/news



Einkapselung des Platinpartikels durch Titanoxid.

BLUTGEFÄSSE EINFACHER UND PRÄZISER SICHTBAR MACHEN



Mäusekopf: 3D-Darstellung der Blutgefässe eines Mäusekopfes mithilfe von Röntgencomputertomografie und des neuen Kontrastmittels «XlinCA».

Forschende der Universität Zürich haben ein neues Röntgenkontrastmittel entwickelt, das sich einfacher als bisherige anwenden lässt. Das Kontrastmittel gelangt zuverlässiger in alle Blutgefässe und ermöglicht so die präzise Bildgebung. Das hilft, die Anzahl der Versuchstiere zu reduzieren.

Verschiedene Krankheiten bei Mensch und Tier – etwa Tumore, Schlaganfälle oder chronische Niereninsuffizienz – schädigen die Blutgefässe. Betroffen sind insbesondere die Kapillaren, die kleinsten Blutgefässe, die überall im Körper feine Netzwerke bilden. Sie ermöglichen dank ihrer grossen Oberfläche den Sauerstoffaustausch zwischen dem Blut und umliegendem Gewebe, zum Beispiel in den Muskeln beim Sport oder im Hirn beim Denken.

RÄUMLICHE ANORDNUNG VON BLUTGEFÄSSEN SICHTBAR MACHEN

Für die Diagnose und Therapie von Herz-Kreislauf- und anderen Erkrankungen ist es wichtig, den dreidimensionalen Verlauf der Blutgefässe genau

zu kennen. Auch in der Grundlagenwissenschaft ist die Kenntnis der exakten Anatomie der Kapillaren in Organen von Mensch und Tier entscheidend, um blutgefässschädigende Krankheiten zu erforschen und neue Therapien zu prüfen. Forschende der Universität Zürich (UZH), des Nationalen Forschungsschwerpunkts Kidney.CH und des Biomaterials Science Centers der Universität Basel haben nun ein neuartiges Röntgenkontrastmittel namens «XlinCA» entwickelt, mit dem die kleinsten Blutgefässe mit einem Computertomografen viel präziser als bisher sichtbar gemacht werden können.

BISHERIGE VERFAHREN FUNKTIONIEREN OFT NICHT

Die bislang verwendeten Kontrastmittel werden jeweils härtenden Plastikharzen beigemischt, bevor sie in die Blutgefässe von euthanasierten Tieren injiziert werden. Allerdings ist es ausgesprochen schwierig, die feinen Kapillaren in diversen Organen vollständig mit den zähflüssigen Harzen zu füllen. «Ohne jahrelange Erfahrung

mit der richtigen Injektionstechnik sind die Kapillaren oft nicht oder nur teilweise gefüllt. Bis zu einem Viertel der resultierenden Bilder sind deswegen unbrauchbar», sagt Willy Kuo, Postdoktorand am Physiologischen Institut der Universität Zürich. Gegenüber bisherigen Kontrastmitteln könnten mit «XlinCA» bis zu 25 Prozent der Versuchstiere eingespart werden, so Kuo.

Das Grundproblem konventioneller Verfahren ist, dass sich Plastik und Wasser nicht mischen lassen. Dadurch entstehen stets Wassereinschlüsse, in denen das Kontrastmittel fehlt, was die räumliche Darstellung der Blutgefässe auf dem Röntgenbild unterbricht. Wasserlösliche Röntgenkontrastmittel, die in der Medizin verwendet werden, haben dieses Problem zwar nicht. Allerdings lassen sich diese nicht aushärten und treten innert Minuten durch die Blutgefässwände in das umliegende Gewebe aus.

MASSGESCHNEIDERTES KONTRAST- MITTEL FÜR OPTIMALE RESULTATE

Kontrastmittel für den medizinischen Einsatz im Menschen bestehen aus kleinen Molekülen und sind relativ einfach herzustellen. «Ein massgeschneidertes Kontrastmittel für den Einsatz in toten Organismen war wesentlich schwieriger zu synthetisieren, da es aus Polymeren – verketteten Molekülen – aufgebaut ist», sagt Bernhard Spingler, Professor am Institut für Chemie der UZH. «XlinCA» hat im Vergleich zu bisher verwendeten Röntgenkontrastmitteln mehrere Vorteile: Es lässt sich einfach anwenden und ermöglicht, die Blutgefässe vollständig und ohne Unterbrüche abzubilden. Zudem können mehrere Organe oder gar ganze Tiere wie Mäuse gleichzeitig untersucht werden.

Quelle
www.media.uzh.ch

«EIN ENZYM IST WIE EINE SINFONIE»

Die amerikanische Biochemikerin Frances Arnold erhielt 2018 den Chemienobelpreis. Sie erklärt, wie sie Mikroorganismen dazu bringt, nützliche Dinge für die Menschheit zu tun: Man muss sie wie Wettkampfpferde züchten und trainieren.

Für die Erfindung der «gerichteten Evolution» – das heisst, der biologischen Optimierung von Proteinen – wurde Frances Arnold vom California Institute of Technology 2018 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Zwei Jahre zuvor hatte sie den mit über einer Million Franken dotierten Millennium Technology Prize erhalten. Forscher weltweit setzen auf die von Arnold seit 1993 entwickelten Methoden, um Mikroorganismen in kleine Biowerkzeuge umzuwandeln.

Frances Arnold, Sie haben Maschinenbau und Luftfahrttechnik studiert und in Chemie promoviert, arbeiten aber mit biologischen Molekülen. Was reizt eine Ingenieurin an der Biologie?

Ich wollte vor etwa 25 Jahren eine effektivere, umweltfreundlichere Chemie entwickeln und habe schnell festgestellt, dass die Natur in dieser Beziehung unübertroffen ist. Nehmen Sie die Katalysatoren, die in jeder biologischen Zelle aktiv sind, die Enzyme. Sie stellen selektiv genau die Produkte her, welche die Zelle braucht, mit hoher Ausbeute und minimalem Abfall. Kaum ein Verfahren, das Menschen erfunden haben, ist annähernd so leistungsfähig. Es tut mir leid für die Chemiker, aber so ist es nun einmal. Diese molekularen Supermaschinen, die Enzyme, wollte ich nutzbar machen.

Wie sind Sie vorgegangen?

Ich setzte auf die Prinzipien der Evo-



Die amerikanische Forscherin Frances Arnold bringt Bakterien dazu, Enzyme zu produzieren, die es noch gar nicht gibt.

lution, der besten Designerin aller Zeiten. Sie hat in Milliarden von Jahren die Enzyme optimiert. Und sie tut es immer noch. So hielt man jahrzehntelang das Unkrautbekämpfungsmittel Atrazin für biologisch nicht abbaubar. So lange, bis es die ersten Mikroben schafften, das Chloratom aus dem Herbizid zu entfernen und den Rest als wertvolle Stickstoffquelle zu nutzen.

Es gibt unzählige verschiedene Enzyme. Wie finden Sie heraus, mit welchem Sie das Training beginnen sollen?

Das geht nur mit viel Erfahrung. Wenn man ein Rennpferd züchten will, startet man ja auch nicht mit einem Esel. Ich sehe die Fähigkeiten, die in einem Enzym stecken, auch wenn es noch ein paar Mutationen dauert, bis sie zutage treten.

Haben Sie Lieblingpferde?

Ja, die Cytochrome.

Das sind Proteine, die in der Atmungskette tierischer Zellen vorkommen, aber auch in der Fotosynthese.

Es sind wahre Alleskönner. Dank ihrer Häm-Gruppe mit einem Eisenatom in der Mitte können sie Elektronen übertragen, Sauerstoffatome verschieben und chemische Reaktionen beschleunigen. Wir haben am California Institute of Technology Tausende verschiedener Cytochrome digital in unseren Datenbanken und physisch in unseren Gefrierschränken.

Wie trainiert man Cytochrome?

Ein Beispiel: Wir wollten diese Enzyme dazu bringen, chemische Verbindungen aus Silizium und Kohlenstoff herzustellen. Das sind Stoffe, die es in keinem Lebewesen gibt, aber in unserem Alltag nutzen wir sie ständig, etwa als Silikondichtungen, Kleber oder in Zahnpasta. Um sie zu produzieren, brauchen Chemiker hohe Temperaturen und teure Katalysatoren – mit Enzymen war es bisher unmöglich. In unseren Datenbanken fanden wir ein vielversprechendes Cytochrom aus einem Bakterium, das in heissen, salzigen Tümpeln Islands lebt.

Und Sie taten was?

Wir identifizierten die Aminosäuren, die an Stellen sassen, die für die gewünschte Reaktion wichtig sein konnten, und ersetzten sie durch andere. Dann überprüften wir ihre chemische

«Kaum ein Verfahren, das Menschen erfunden haben, ist annähernd so leistungsfähig.»

Aktivität und machten mit denjenigen weiter, welche die besten Ergebnisse lieferten. Wie in Darwins Evolutionstheorie nutzten wir also Mutation und Selektion, nur eben ganz gezielt. Das nennen wir gerichtete Evolution. Im konkreten Fall brauchten wir nur drei Mutationen, um ein Cytochrom zu entwickeln, das die gewünschten Verbindungen herstellt.

Wenn man es dann in Mikroben einbaut, fertigt das Enzym Chemikalien für die Industrie?

Ja, und zwar um ein Vielfaches leis-

tungsfähiger als bisherige chemische Katalysatoren, bei Raumtemperatur, in Wasser, ohne Lösungsmittelabfälle und mit simplem Eisen statt teuren Edelmetallen – alles, was wir dafür tun müssen, ist, die Bakterien mit ein wenig Zucker zu füttern.

Wird das technisch eingesetzt?

Zur Optimierung von Enzymen ist die gerichtete Evolution heute das Mittel der Wahl. So wird ein wichtiges Arzneimittel für Typ-2-Diabetes inzwischen mit Enzymen hergestellt: Gegenüber dem vorherigen, rein chemischen Verfahren braucht man dafür keine giftigen Schwermetalle, und der Abfall von Lösungsmitteln konnte um 60 Prozent reduziert werden. Auch Enzyme in Waschmitteln sind heute genetisch modifiziert.

Stellen Sie selbst auch solche Produkte her?

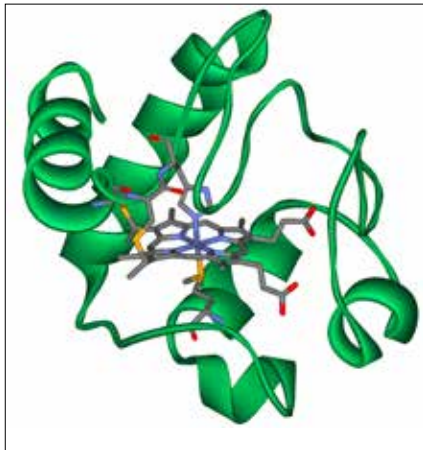
An der Universität betreiben wir Grundlagenforschung, aber wir haben aus unserem Team heraus Start-up-Unternehmen gegründet, etwa die Firma Gevo, die mithilfe von Enzymen Isobutanol aus Biomasse produziert. Das ist ein Ausgangsstoff für Kunststoffe und für Flugbenzin. Besonders aufregend finde ich unser neues Unternehmen Provivi. Hier werden mithilfe von Enzymen natürliche Pheromone von Insekten hergestellt – erheblich kostengünstiger, als es bisher möglich war.

Wozu braucht man diese Duftstoffe?

Wenn man sie über Maisfeldern versprüht, finden die Maiszünsler nicht mehr zueinander. Die Falter können sich nicht fortpflanzen, und es gibt keine gefräßigen Raupen mehr. Das ist Pflanzenschutz ganz ohne Insektizide.

Sie bringen Bakterien dazu, Dinge herzustellen, die es in keiner biologischen Zelle gibt?

Richtig, und das machen wir keineswegs nur aus akademischer Neugier. Unser heiliger Gral derzeit sind Kohlenstoff-Fluor-Moleküle. Diese sind für die Pharmaindustrie sehr wichtig – vom Antibiotikum über den Choleste-



Proteine, die in der Atmungskette tierischer Zellen vorkommen, aber auch in der Photosynthese: Cytochrome, die «Lieblingssperde» der Forscherin Frances Arnold.

rinsenger bis zum Schlafmittel. Allerdings sind sie schwierig und nur mit hoher Umweltbelastung herzustellen. Wir denken, dass wir auch das mit optimierten Enzymen schaffen können.

Werden wir denn in Zukunft das Leben völlig neu designen?

Genau genommen tun wir das seit Jahrtausenden. So haben Menschen in nur 500 Hundegenerationen eine Vielfalt von Rassen geschaffen – vom Pudel bis zum Bernhardiner –, die ohne uns nicht existieren würden. Von heutigen Getreide- und Obstsorten ganz zu schweigen. Aber natürlich greifen wir mittlerweile noch viel gezielter ins Erbgut ein: Wir können am Computer jede beliebige Kombination aus DNA-Buchstaben erfinden, sie per Mail an spezialisierte Firmen verschicken, und wenige Tage später haben wir die DNA-Moleküle im Briefkasten. Die können wir dann wieder in biologische Zellen einschleusen und schauen, was das Bakterium, die Alge oder der Hefepilz damit anfangen.

Und vorher wurde alles am Computer simuliert?

Das ist der Haken an der Sache, denn das funktioniert nicht. Nehmen Sie ein Cytochrom, mein Lieblingsenzym, mit 500 Aminosäuren. Wenn Sie an jeder Stelle alle 20 existierenden Aminosäuren durchprobieren wollten, ergäbe das 20 hoch 500 mögliche Mutationen, eine unvorstellbare Zahl mit 650 Nullen. Hinzu kommt: Wie sich eine Mu-

tation auf die räumliche Faltung des Proteins auswirkt, wissen wir nicht wirklich – und erst recht nicht, wie sich dadurch seine Funktion ändert. Aber das Schöne an der gerichteten Evolution ist: Wir müssen das alles gar nicht verstehen, wir müssen nur Mutation und Selektion intelligent einsetzen. Wie falsch wir liegen können, haben wir gerade beim Bakterium aus den Island-Tümpeln gesehen.

Inwiefern?

Mit einer Computersimulation hätten wir entdeckt, dass das Cytochrom aus diesem Bakterium gar kein freies aktives Zentrum besitzt und das Molekül wohl verworfen. Doch mit nur drei Mutationen hatten wir Erfolg. Und mehr noch: Oft finden die besten Mutationen an Stellen im Enzym statt, die räumlich weit von denen entfernt sind, wo wir Mutationen erwartet hätten.

Das heisst, Forscher werden auch auf absehbare Zeit nicht einfach am Computer völlig neue Enzyme designen?

Für mich ist ein Enzym wie eine Sinfonie von Beethoven. Seine Aminosäuren und die Buchstaben der DNA, die die jeweilige Aminosäure festlegen, entsprechen den Musiknoten. Wir können die Noten lesen und verändern, wir können einzelne Akkorde heraus-schneiden und anderswo wieder einfügen, aber wir sind noch lange nicht in der Lage, eine gelungene Sinfonie zu komponieren, sprich ein funktionierendes Enzym zu erfinden. Das kann nur die Evolution.

Quelle

Ulrich Eberl, «Süddeutsche Zeitung», 6.10.2018

BESSER ALS DIE NATUR

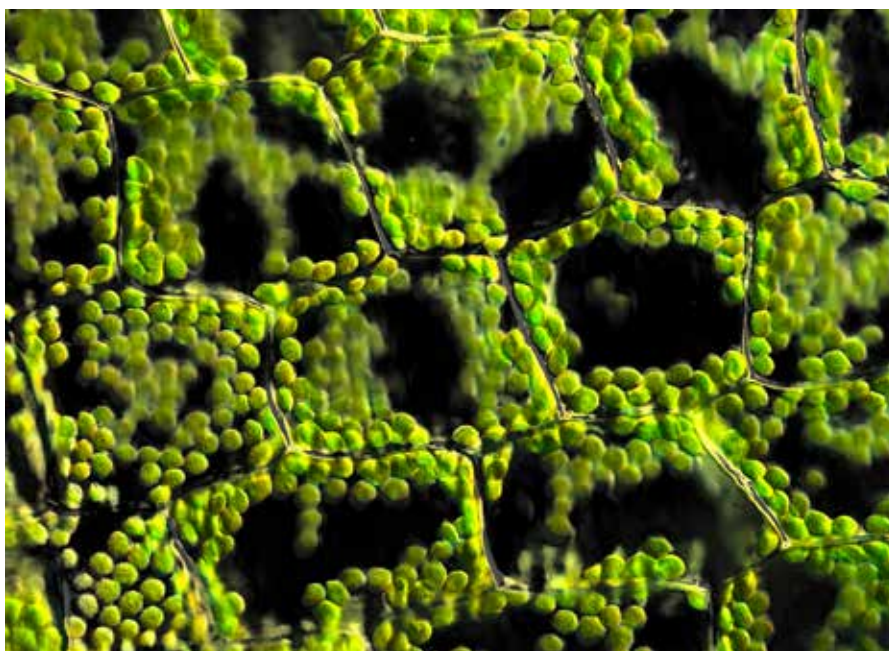
Biochemie-Forscher und -Forscherinnen unterschiedlicher Disziplinen arbeiten fieberhaft daran, die Fotosynthese zu imitieren – und sie mit technischen Lösungen sogar zu übertreffen.

Was kann ein Wissenschaftler schon über die Welt in 100 Jahren sagen? Manchmal erstaunlich viel. Als der Chemiker Giacomo Luigi Ciamician an einem Septembertag des Jahres 1912 in New York vor seine Fachkollegen trat, berichtete er von einem Problem. «Die moderne Zivilisation ist eine Tochter der Kohle», sagte er. «Kohle bietet dem Menschen die Energie der Sonne in ihrer konzentriertesten Form.» Dampfmaschinen hatten damals die Welt erobert, gefüttert wurden die hungrigen Biester mit Steinkohle, die über Jahrmillionen aus Pflanzenresten entstanden war.

Und Steinkohle gab es scheinbar unbegrenzt. «Aber Kohle ist nicht unerschöpflich», warnte der aus Triest stammende Gelehrte, er konnte sogar auf Berechnungen verweisen. Also stellte er die entscheidende Frage: «Ist fossile Energie die einzige, die in modernen Kulturen genutzt werden kann?»

Ciamician hatte sogar eine Antwort: Nein, auch Pflanzen eignen sich. Sie gewinnen ihre Energie aus Wasser, Luft und Sonnenlicht, sie sollten das Vorbild für eine neue Form der Energiegewinnung sein. Mehr noch, der Mensch würde lernen, das Geheimnis der Pflanzen zu beherrschen und sie dazu zu bringen, «mehr Früchte zu tragen als in der Natur». Es war die Vision einer fernen Zukunft. Konnte sie jemals wahr werden?

Ein gutes Jahrhundert später sieht es tatsächlich danach aus. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen schicken sich an, einen der wichtigsten Lebens-



Das Kraftwerk der Natur unter dem Elektronenmikroskop: Die Fotosynthese macht aus Licht Energie.

prozesse auf der Erde endlich ganz eigenständig nutzen zu können: die Fotosynthese. So bezeichnen Biologen die komplexe Abfolge von biochemischen Reaktionen, mit deren Hilfe alle grünen Pflanzen das Licht der Sonne und das Kohlendioxid aus der Luft in teils hochkomplexe Stoffe verwandeln.

«Der wichtigste Rohstoff, das Sonnenlicht, steht unbegrenzt zur Verfügung.»

Forscher wollen diesen Prozess mit technischen und biotechnischen Mitteln neu erfinden; nicht nur mehr der Energie wegen, sondern auch wegen des Klimawandels. Die künstliche Fotosynthese könnte Kohlendioxidemissionen in grossem Umfang kompensieren, indem sie das Verbrennungsprodukt von organischen, also kohlenstoffhaltigen, Verbindungen wieder einfängt.

DAS FOTOSYNTHESEKONZEPT NUTZBAR MACHEN

Weltweit arbeiten Chemiker, Biologinnen und Ingenieure deshalb daran, künstliche Blätter und neuartige Fotoaktoren zu entwickeln, um den Trick der Pflanzen nach eigenen Vorstellungen zu kopieren. An der Universität Zürich tüftelt die Chemikerin Greta Patzke mit ihrem Team an der künstlichen Fotosynthese. Erst kürzlich kam die Fachwelt in Berlin zusammen, um den Stand der Forschung zu besprechen, der mittlerweile ziemlich umfangreich ist.

Auf drei verschiedenen Feldern wird versucht, das Fotosynthesekonzept nutzbar zu machen, von relativ einfach konstruierten Fotozellen zur Gewinnung von Wasserstoff über biotechnologisch umgebaute Mikroorganismen, die aus Sonnenlicht und Kohlendioxid organische Wertstoffe herstellen – bis hin zu komplexen technischen Systemen, die in kleinen Schritten Energie sammeln sowie übertragen und damit

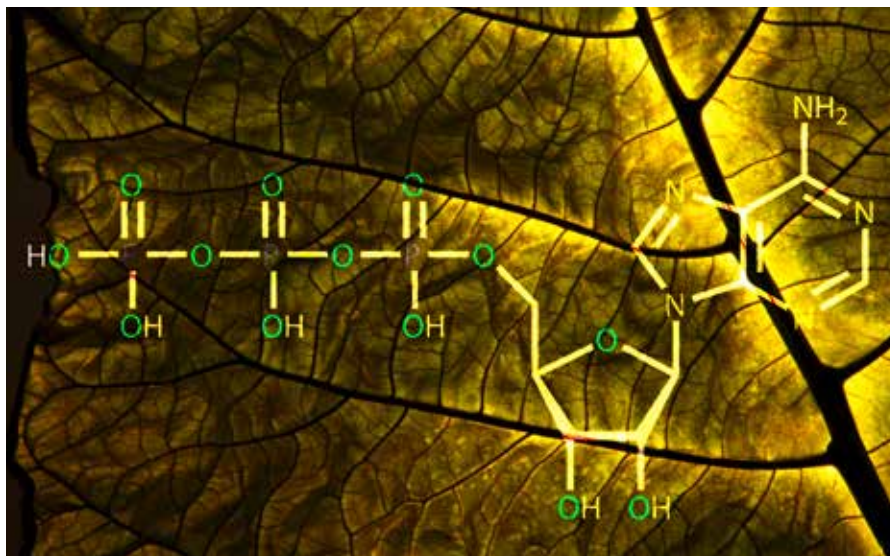
auch in der Lage sein sollen, nach Wunsch neue Substanzen auf Kohlenstoffbasis herzustellen.

Allem zugrunde liegt nicht so sehr die Fotosynthese in all ihren Details, sondern eher in ihrem Prinzip. Dieses umfasst in der Pflanze die Aufnahme von Lichtenergie durch einen konzentrierten Farbstoff, das Chlorophyll, das als eine Art Verschiebebahnhof für die aufgenommene Energie dient. Obwohl in der Pflanze nur eine Anregung verschoben wird, keine elektrische Ladung in Form von Elektronen, kann man im übertragenen Sinne auch sagen, dass das Licht im Farbstoff Strom erzeugt. Dieser Strom wird auf Wassermoleküle übertragen, die dann zerfallen. Es entstehen Sauerstoffmoleküle, die ausgeatmet werden, und geladene Wasserstoffteilchen, die Protonen. Sie geben die verbliebene Lichtenergie über zahlreiche Schritte an den universellen Energiespeicher des irdischen Lebens weiter, das Adenosin-triphosphat, kurz ATP. Diese molekulare Batterie liefert die Energie für alle nachfolgenden Prozesse, nicht zuletzt dafür, Kohlendioxid zu binden.

BIOCHEMIE DER PFLANZEN IST NICHT SEHR EFFIZIENT

Doch Pflanzen sind bei aller Ausgefeiltheit ihrer Biochemie nicht sehr effizient, was daran liegen mag, dass ihr wichtigster Rohstoff, das Sonnenlicht, unbegrenzt zur Verfügung steht. So erreicht in jeder Stunde mehr Sonnenenergie die Erde, als die Menschheit in einem Jahr verbrauchen könnte. Unterm Strich setzen die grünen Gewächse aber nur bis zu 1 Prozent der solaren Strahlung um, die auf ihre Blätter und Triebe trifft.

Der technologische Umbau des Fotosynthesepinzips soll dieses Problem auf unterschiedlichen Wegen lösen. Dazu gehören bessere Enzyme, als zum Beispiel im zentralen Schaltwerk der Fotosynthese zu finden sind. Dort fängt die sogenannte Rubisco Kohlendioxidmoleküle für den Aufbau von Zucker ein. Die Rubisco, in voller Länge Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase genannt, gehört damit sicher zu den interessantesten Biokatalysatoren in der Natur. Leider



Die Strukturformel von Adenosin-triphosphat (ATP), dem universellen Energiespeicher des irdischen Lebens. (Fotomontage)

ist Rubisco aber auch eine der langsamsten Sorten. Und Pflanzen mögen ja Zeit haben. Der Mensch aber hat es meistens eilig. «Es gibt in der Natur Kohlendioxid fixierende Enzyme ganz anderer Qualität», sagt Tobias Erb. Der Biologe vom Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg hat mit seinem CETCH-Zyklus wohl einen der bisher ausgefallensten Beiträge zur künstlichen Fotosynthese geleistet. In einer Biodatenbank suchte er aus 40000 Enzymen fast eineinhalb Dutzend heraus, die den Job der Kohlendioxid-Fixierung gemeinsam vermutlich besser erledigen können, als es eine Pflanze vermag. Die Biokatalysatoren stammen aus neun verschiedenen Organismen, darunter das Darmbakterium *E. coli*, das Purpurbakterium *Rhodobacter* und die Wiesenspinnwebpflanze *Ackerschmalwand*.

AUSGANGSSUBSTANZ FÜR DIE PRODUKTION VON ANTIBIOTIKA

Auch ein Reaktionstreiber aus der menschlichen Leber hat seinen Platz in Erbs Reaktionszyklus, der in der Lage ist, aus Kohlendioxid tatsächlich organische Stoffe aufzubauen. Etwa Glyoxalsäure, die als Ausgangssubstanz für die Produktion von Antibiotika, Vanillin und anderen Stoffen dient. «Der Zyklus kann aber so verändert werden, dass dabei zum Beispiel Rohstoffe für Biodiesel entstehen», sagt Erb. Was seinem künstlichen System noch fehlt, ist die Anbindung ans

Licht. Solarzellen oder ein Transfer des Systems in Algen sollen diese Verknüpfung leisten.

Erbs Zyklus ist nur ein biologisches Beispiel. Inzwischen gibt es auch rein technische Ansätze, Kohlendioxid mithilfe von Licht aus der Luft zu fangen oder reinen Wasserstoff als Treibstoff zu gewinnen. Die Projekte sind bloss riskant – und Fehlschläge kann sich niemand leisten. Es wird daher auch eine Frage des politischen Rückhalts für solche Forschungen sein, ob Ciamicians Vision Realität werden kann. Der Chemiker malte sich 1912 in New York eine Zukunft aus, in der die von Dürre gezeichnete Erde mit grünen Bioreaktoren überzogen sein würde. Ganz so weit muss es nicht kommen. Aber die künstliche Fotosynthese könnte einen Beitrag zu dem leisten, was Ciamician am Ende sagte: «Wenn unserer dunklen, hektischen Gesellschaft, die auf Kohle gegründet ist, in ferner Zukunft eine leisere Kultur folgt, die auf die Energie der Sonne gebaut ist – dann wird das für den Fortschritt und das Glück der Menschheit kein Schaden sein.»

Quelle

Kathrin Zinkant, «Süddeutsche Zeitung», 16.07.2018

TEXTILIEN FÄRBen MIT AVOCADO-SCHALEN ODER ROTKOHlblÄTTERN

Das Projekt Local Colours hat zum Ziel, aus Abfällen lokaler Naherzeugungsmittelproduktionsbetriebe Farbstoffe zu gewinnen, um damit nachhaltige Textilien auch nachhaltig färben zu können.

Das Projekt wurde durch Caroline Fourré mit einem Design-Projekt 2015 an der Zürcher Hochschule der Künste ZHdK initiiert. Mit einer Crowdfunding-Kampagne konnte sie 2016 erste selbst gefärbte Textilien herstellen und vertreiben. Die Rückmeldungen waren überwältigend positiv. Seit 2018 wird nun im Rahmen einer einjährigen, von Innosuisse geförderten Machbarkeitsstudie in Zusammenarbeit mit der ZHAW-Fachgruppe Industrielle Chemie von Professor Achim Ecker an einem nachhaltigen Verfahren gearbeitet, das industrialisiert werden kann.

LOKAL

Das Local-Colours-Verfahren geht von Abfällen lokaler Betriebe aus und nutzt deren Inhaltsstoffe als Beizmit-

tel oder Farbstoffe für Textilien, statt die Abfälle direkt zu entsorgen (siehe Abbildung 1). Die Inhaltsstoffe werden aus pflanzlichen Abfällen wie Rindenabfälle aus der Forstwirtschaft, Zwiebelschalen, Avocadoschalen oder äussere Rotkohlblätter aus der Lebensmittelindustrie extrahiert, bevor diese kompostiert werden.

NACHHALTIG

Das Projekt verfolgt damit in zweierlei Hinsicht die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, einerseits indem es sich durch die zusätzliche Nutzung von Abfällen in die bestehenden Kreisläufe integriert und andererseits indem es durch das Färben mit pflanzlichen Farbstoffen auch das Recycling der gefärbten Textilien in einem biologischen Kreislauf verbessern hilft.

Im Rahmen des Projektes konnten sowohl die lokalen Betriebe für die notwendigen Abfälle identifiziert als auch die Extraktions-, Beiz- und Färbeverfahren im Labormassstab erarbeitet werden.

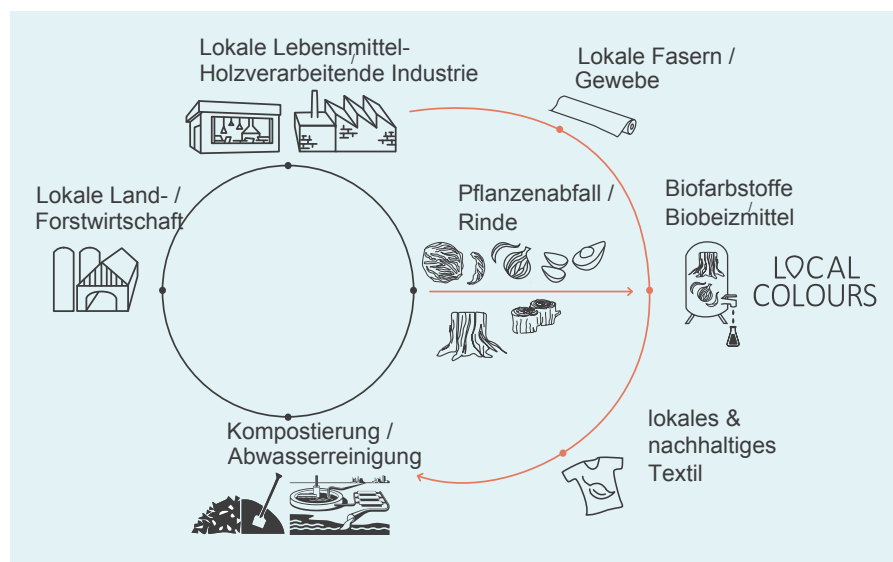


Abbildung 1: Stoffkreisläufe des Local-Colours-Verfahrens.

BUNT

Mit den bisher untersuchten Zwiebel-, Avocado- und Rotkohlabfällen lassen sich gelbe, hellblaue und rötlich-lachsfarbene Töne der Textilmuster erzielen (siehe Abbildung 2). Neben Baumwolle wurde auch Seide und vor allem das nachhaltige F-ABRIC, ein biologisch abbaubares Mischtextil aus Leinen-, Hanf- und Modalfasern des Zürcher



Abbildung 2: Mit dem Local-Colours-Verfahren werden aus pflanzlichen Abfällen wie Avocado- oder Zwiebelschalen Farbstoffe für Textilien hergestellt.

Unternehmens Freitag lab.ag, gefärbt. Die gefärbten Textilmuster wurden auch bereits durch Testex, ein professionelles Zürcher Testinstitut, geprüft. Nicht alle resultierenden Echtheiten erwiesen sich als völlig befriedigend. Doch die Prüfungen und die im Rahmen des Local-Colours-Projektes erarbeiteten Ergebnisse ermöglichen es nun, das Local-Colours-Verfahren in einem weiteren Schritt zu optimieren und aufzuskalieren. Die Ziele der Machbarkeitsstudie wurden erreicht, und an einem Folgeprojekt wird bereits gearbeitet.

Quellen

www.zhaw.ch/lisfm

BIOPLASTIK

VOM LABOR IN DEN SUPERMARKT



Bei der Novamont-Tochter Mater-Biotech wird Butandiol aus Zuckern von Mais und Sonnenblumen hergestellt. Die Verbindung ist ein Zwischenprodukt der Bioplastik-Produktion.

Innovative Techniken, um biologisch abbaubare Kunststoffe aus natürlichen Rohstoffen herzustellen, gibt es einige. Doch erst jetzt ist ein paar Pionieren die industrielle Grossproduktion gelungen.

Derzeit beträgt die weltweite Jahresproduktion von Plastik rund 350 Millionen Tonnen, Tendenz steigend. Geht die Entwicklung weiter wie bisher, erwarten Umweltforscher bis 2050 eine Verdoppelung der angehäuften Gesamtmenge an Plastikmüll auf 12 Milliarden Tonnen. Im Prinzip lassen sich alle Arten von Plastik recyceln. Doch es genügt nicht, den Kunststoff sortenrein zu trennen, ausschlaggebend ist vielmehr die genaue Struktur der Polymer-Moleküle. Und die variiert zum einen von Hersteller zu Hersteller und zum anderen je nach den beigemischten Zusätzen, die etwa für Eigenschaften wie Biegsamkeit, Härte, Säurebeständigkeit sorgen. Mehr als 1000 verschiedene Materialien müssten separat recycelt werden, wollte man jedes Plastikteil nach dem Benutzen in einen Stoffkreislauf zurückführen – und das wäre zu wirtschaftlich vertretbaren

Kosten nicht zu bewältigen. Ein Ausweg könnte biologisch abbaubares Plastik sein, hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen. Doch die Forschung bringt biologisch abbaubare Kunststoffe noch nicht zu den Verbrauchern. Dazu müssen die im Labor hergestellten winzigen Proben in hoher Qualität auch in grösseren Mengen herstellbar sein. Hinzu kommt: Nach der Herstellung des Rohmaterials gilt es, daraus ein sogenanntes Halbprodukt zu entwickeln – meist in Form eines Granulats –, das dem Produkt die je nach Anwendung erforderlichen Eigenschaften wie Steifigkeit oder Elastizität verleiht. Um das zu erreichen, müssen Forscher und Forscherinnen mit Unternehmen wie Kunststoffgiesereien und Folienherstellern eng zusammenarbeiten.

BIOPLASTIK AUS DEM SUDHAUS

«Rein technisch stellt Bioplastik kein Problem dar, doch es bräuchte verlässliches Know-how über die ganze Wertschöpfungskette», urteilt Rudy Koopmans, Physiker und Makromolekularchemiker, Gründer und Direktor des Instituts Plastic Innovation Com-

petence Center (PICC) in Freiburg i.Ü. «Die Herausforderung besteht darin, die industrielle Produktion so hinzukriegen, dass Bioplastik effizient und kostengünstig produziert werden kann.» Der entscheidende Fortschritt bestünde darin, vom Halbprodukt im Labor alle Prozesse bis zum Endprodukt aus einer Hand zu beherrschen. PICC ist ein Beispiel für die Suche nach markttauglichem Bioplastik. Im grossen Sudhaus der 2011 geschlossenen Brauerei Cardinal liess Institutsleiter Rudy Koopmans, Physiker und Makromolekularchemiker, grosstechnische Anlagen zum Spritzgiessen und Pressformen von Bioplastikteilen einbauen. Damit Plastik künftig nicht mehr zu Müll wird, schlägt Rudy Koopmans deshalb vor, nur noch Polymere aus Kohlenhydraten, Zuckern oder Proteinen zu verwenden. «Nutzen wir diese Materialien, enden sie als Futter für Mikroorganismen», erklärt er. Koopmans' Favorit unter den Rohstoffen sind Hühnerfedern. Sie bestehen grösstenteils aus dem wertvollen Eiweiss Keratin – landen aber bislang tonnenweise in der Müllverbrennung oder als Mehl in Tierfutter. Wie sich Federn zu Plastik verarbeiten lassen, führt PICC-Laborleiter Jean-Marc Dutoit im Sudhaus vor. In den Trichter eines sogenannten Extruders schaufelt er gereinigte Hühnerfedern und Polyethylen-Granulate. Diese Mischung schmilzt an einer beheizbaren Schnecke im Inneren der Anlage. Am Ausgang des Extruders lässt Dutoit den dort ausfliessenden, leicht abgekühlten Plastikstrom entweder zu Granulaten zerhacken oder in ein Formstück gleiten, das den Kunststoff zu einem Eiskratzer für Auto-Windschutzscheiben presst.

FEINARBEIT AN VOGELFEDERN

Loïc Habegger, Wissenschaftler am Institut für Chemische Technologie der Hochschule Freiburg und Mitarbeiter im Team von Koopmans, hat verschiedene Techniken zum Herauslösen des Keratins aus den Federn untersucht. Zunächst muss die Fettschicht auf der Oberfläche entfernt werden – ein Vorgang, für den sich das Enzym Amano Lipase als gut geeignet erwiesen hat.

Um nach dem Entfetten das Keratin zu extrahieren, favorisiert Habegger Thioglykolsäure. Das Keratin landet schliesslich als gereinigtes und getrocknetes Pulver in kleinen Fläschchen. «Allerdings ist die Extraktion noch verbesserungswürdig. Für die industrielle Produktion müssen wir mit weniger Prozessschritten auskommen», sagt Habegger.

Seine Arbeit wird dieses Jahr am PICC im Kera-Projekt weitergeführt. In zwei Masterarbeiten werden Studierende das Prozessverfahren zu vereinfachen versuchen. In dem von Kanton Freiburg finanziell unterstützten Projekt hat Institutsleiter auch Industriepartner einbezogen, die einerseits die Hühnerfedern in Form von Mehl liefern (Centravo AG) und die andererseits technische Unterstützung zusichern für die Zielprodukte von Folien und Behältern für die Lebensmittelbranche (Alma Packaging AG).

Auch Jan-Georg Rosenboom ist der industriellen Herstellung von Bioplastik auf der Spur. Der Chemie-Ingenieur an der ETH Zürich hat ein Halbprodukt für biobasierte Plastikflaschen entwickelt. Statt des bislang gebräuchlichen Polyethylenterephthalats (PET) auf Basis von Rohöl verwendet er dafür Polyethylenfuranoat (PEF) – ein Material, das PET zwar chemisch ähnlich ist, sich aber aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen lässt. Dafür in Frage kommen Forst- und Agrarabfäl-

le wie Laub und die Halme von Maispflanzen.

POLYMERE SCHNELL UND KONTROLLIERBAR

Chemieingenieur Rosenboom präsentiert im Labor die Vorteile seiner Entwicklung in Form einer durchsichtigen Folie. «Unser PEF-Prozess erlaubt eine schnellere und auch besser kontrollierbare Polymerisierung bei einem geringen Energieaufwand», sagt der Forscher, der von seinem Kollegen Francesco Distante unterstützt wird. Möglich ist das, weil Rosenboom die als Ausgangsmaterial dienende Furanedicarbonsäure (FDCA) zunächst in ringförmige Polymere umwandelt. Diese Moleküle reagieren schnell und ohne unerwünschte Nebenprodukte, wodurch zeitaufwändige mehrstufige Verfahrensschritte, etwa zur sogenannten Polykondensation, wegfällen. Gemeinsam mit dem Unternehmen Sulzer Chemtech aus Winterthur will die ETH Zürich das neue Verfahren nun industriell weiterentwickeln.

Während Rosenboom inzwischen am Massachusetts Institute of Technology (MIT) an der Verwendung von Bioplastik für die Medizin forscht, verfolgt Distante den entwickelten Ansatz bei Sulzer Chemtech weiter. Es geht vor allem darum, das Verfahren im Labor für die industrielle Anwendung zu entwickeln. Diese Hochskalierung, das heisst die Herstellung in grossen



Einer der Rohstoffe für Mater-Bi ist die Distelart Kardone.

Mengen, erfordert zum Teil andere Prozesse, weil die chemischen Reaktionen anders als im Labor ablaufen.

Doch ein wichtiger Prozess für die Herstellung von PEF aus nachwachsenden Rohstoffen erfordert noch einiges an Arbeit: die Umwandlung von pflanzlichen Stoffen in das Zwischenprodukt 5-Hydroxymethylfurfural (HMF).

Unternehmen, die Rudy Koopmans' Forderung nach verlässlichem Know-how über die ganze Wertschöpfungskette hinweg erfüllen, sind dünn gestreut. Das italienische Unternehmen Novamont ist eines davon. Seine bedeutendste Produktionslinie ist das Halbprodukt «Mater-Bi». Dessen wichtigster Ausgangsstoff Bio-Butandiol erstellt es in Bottrighe in einer neurenovierten Fermentanlage aus Maiszucker, Mineralsalzen mithilfe von gentechnisch veränderten E-Coli-Bakterien über verschiedenste Prozesse. Unter Beifügung von Azelainsäure, das aus der Distelart «Kardone» gewonnen wird, entstehen dann jährlich 110 000 Tonnen «Mater-Bi» in Form von Granulaten.

Daraus entstehen kompostierbare Produkte aus Plastik wie Trinkbecher, Säcke, Geschirr und Besteck sowie Mulchfolien für Felder oder Gemüsebeete. Wegen der grossen Nachfrage hat Novamont 2019 die Kapazität um 40 000 Tonnen erhöht. Sie baute die einst weltweit zweitgrösste Produktionslinie für PET vollständig zu einer Anlage für die Herstellung von Biopolyester um.



Masterstudent Loïc Habegger füllt Hühnerfedern ins Mahlwerk, um ihr Fett mit einem Enzym zu entfernen. Dann wird das Keratin abgetrennt, aus der Lösung gefiltert und zu Pulver verarbeitet.

15 JAHRE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Allerdings: Bis es gelungen ist, das Bioplastik-Polymer Mater-Bi weitgehend aus erneuerbarem Rohmaterial und ohne petrochemische Zusätze herzustellen, brauchte Novamont gut 15 Jahre Forschung und Entwicklung. Dies macht deutlich, warum die industrielle Herstellung von Bioplastik – trotz vieler Forschungsprojekte – bislang selten geschieht. Novamont hat mehrere Testanlagen, um die Qualität der Produkte aus Mater-Bi auf Biegsamkeit, Zug- und Bruchfestigkeit zu überprüfen. Ausserdem gibt es eine kleine Anlage für die Fertigung von Folien und Plastiktüten. Und in einem Inkubator wird getestet, wie gut der für Kunststoffgiessereien und Folienhersteller meist individuell hergestellte Plastikbrand kompostierbar ist. Einkaufstüten aus dem kompostierbaren Kunststoff gibt es europaweit, etwa in den Geschäften von Coop, Carrefour und Lidl.

Und es existieren noch weitere Anwendungen, etwa die vor einigen Jahren in Mode gekommenen Kaffeekapseln: Während Nestlé für ihre Kapseln aus Aluminium eigens einen Recycling-Betrieb hochzieht, setzen die Konkurrenten Lavazza und Coind 2015 auf biologisch abbaubare Kapseln aus Bioplastik von Novamont. In Norwegen stellt BioBag International seine Bio-Tüten nur aus Mater-Bi her.

Mater-Bi ist ausserhalb Italiens als Brand für kompostierbaren Kunststoff kaum bekannt, weil viele europäische Kunststoffgiessereien und Folienhersteller in der Hauptsache ölbierte Grundprodukte für ihre Produkte verwenden und Mater-Bi daneben als Nischenprodukt. Anfangs Jahr hat Novamont jedoch BioBag erworben. Damit hat der italienische Hersteller nun die Bioplastik-Produktion über die ganze Wertschöpfungskette in eigener Hand, eine wichtige Voraussetzung, laut PICC-Direktor Rudy Koopmans, dass Bioplastik den Durchbruch schaffen wird.

Quelle

Christian Bernhart, Bild der Wissenschaft, 5 2020, S. 34 – 41 (gekürzt und aktualisiert)

SYNTHESE, ANALYSE UND RECYCLING BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Forschende aus den hier vorgestellten Fachgebieten suchen Antworten auf eine grosse Bandbreite spannender Forschungsfragen. Hier finden Sie die Beschreibungen einer kleinen Auswahl. Die Forschungssprache vor allem in den Naturwissenschaften ist Englisch. Deshalb sind die Beschreibungen fast vollständig in englischer Sprache abgefasst.

GREEN CHEMISTRY

Large-scale industrial manufacturing of chemicals has traditionally required the use of toxic substances and/or massive amounts of energy. Recently a new trend, called «Green Chemistry», has emerged, aimed at using environmentally harmless products, and avoiding the release of toxic waste in the synthesis of the chemicals. In order to minimize the energy needed for the activation of reagents, a great deal of effort goes into the development of new catalysts, following the example of nature which uses enzymes to accomplish biochemical transformations, which would otherwise never take place under ambient conditions.

www.unifr.ch

RECYCLAGE DE PNEUS USAGÉS EN AFRIQUE

L'importation croissante de véhicules en Afrique crée un problème de gestion de pneus hors d'usage. Ce projet vise à proposer une technologie adaptée permettant de transformer avec des conditions locales les pneus usagés en matériel de revêtement de sols. L'idée est de débarrasser les villes des pneus tout en créant une opportunité économique utile et accessible.

Ce projet est une collaboration entre l'Université Ouaga II au Burkina Faso et l'Institut des technologies chimiques de la Haute école d'ingénierie et



Décharge de pneus à Ouagadougou.



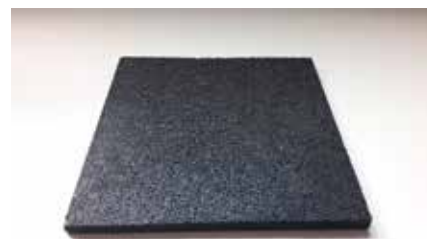
Fragments de pneus.



Granulés de caoutchouc.



Moule employé pour la formation des dalles.



Dalle de 24 x 24 cm fabriquée avec le procédé optimisé.

d'architecture Fribourg; il a été financé par la HES-SO. Les motivations de ce projet proviennent d'une problématique multiple :

- Accumulation des pneus usagés dans les grandes villes africaines
- Environnement favorable à la reproduction des moustiques: propagation du paludisme
- Grands risques d'incendie dans les décharges de pneus

Dans le but de valoriser les pneus usagés, plusieurs objectifs sont fixés:

- Développer un procédé simple et bon marché de fabrication de dalles à base de pneus broyés
- Appliquer ce procédé au Burkina Faso et stimuler l'entrepreneuriat local

Avant de pouvoir moudre le pneu, une fragmentation est nécessaire. Puis le pneu est broyé dans un moulin et un mélange de fibre, d'acier et de granulés de caoutchouc est récupéré. S'en suit une séparation afin d'obtenir des granulés de caoutchouc propres.

La technologie habituelle pour produire des dalles à base de pneus usés implique l'emploi de solutions commerciales d'oligomères de polyuréthane chères et difficiles d'accès en Afrique subsaharienne. De ce fait un procédé innovant, plus adapté aux conditions locales, a été développé. Les avantages sont les suivants: procédé simple, accessible, plus robuste et les dalles créées peuvent être recyclées.

Le procédé optimisé a été transmis au Burkina Faso sous forme d'une « recette » simple. Une production pilote a été mise en place à Ouagadougou. Plusieurs collaborations ont été mises sur pied, notamment avec la mairie de Ouagadougou et une association d'artisans sur pneus usés, de plus une étude de marché sur le produit a été menée.

La technologie est susceptible d'être valorisée dans d'autres pays en voie de développement. Une collaboration a été établie récemment avec l'Integrated Polytechnic Regional College Karongi, au Rwanda, pour la continuation du projet dans ce pays.

chemtech.heia-fr.ch
www.heia-fr.ch

OPTIMIZATION OF NATURAL PRODUCTS

Synthetic chemistry allows us to produce modified natural products for specific applications such as chemical probes or surface linkers. The synthesis of natural product analogues for structure-activity relationship (SAR) studies can provide important information about their mechanism of action and role in a biological system. This information can be used to design compounds that retain the activity of the parent compound in a simplified and thus synthetically more accessible structure.

Promoters of neurite growth offer a potential treatment method for neurodegenerative diseases such as Alzheimer's and Parkinson's disease. We have synthesised several natural products (Withanolide A, Cyrneine A, Militarinone D, Farinosone C) that show neurite outgrowth promoting activity and evaluated their biological activity. As part of this programme we discovered that Militarinone D could be modified to exclude the unsaturated side chain whilst still retaining (and in some cases improving) the neurotogenic activity. Synthesis of this much-simplified structure required twelve fewer steps than Militarinone D and we were able to rapidly produce a library of pyridone analogues for biological evaluation.

www.unibas.ch

MOLECULAR BIOLOGY OF THE VAULT RNA

In human diseases caused by viruses, host cell infection is a tightly controlled process with regulated temporal expression of viral as well as cellular genes. It has been shown recently that virus infection indeed changes the RNA expression profile also on the ncRNA level. We recently investigated the small ncRNA transcriptome of human B cells to identify ncRNAs expressed from the viral or cellular genome upon Epstein-Barr virus (EBV) infection. EBV, a DNA virus of the herpesvirida family with a linear double-stranded genome of about 172 kb, is associated with a heterogeneous group of human tumors including Burkitt's lymphoma.

In our recent genomic ncRNA screen we have identified 21 novel as well as previously reported ncRNA species to be up-regulated during virus infection. Especially intriguing was the identification of the B-cell encoded vault complex-associated RNAs (vtRNAs). vtRNAs have been reported previously to serve as integral parts of the so-called vault complex, a large hollow barrel-shaped RNP complex with a size of 13 MDa (Figure 3). This gigantic complex is by far the largest cellular RNP identified to date and its dimensions would theoretically allow the transport of cargo of the size of the ribosome. The vtRNAs were the most strongly up-regulated RNA class in EBV infected B cells. Very little is known about the function of this ncRNA class, mainly because the vault complex has been overlooked for many years.

In this project we would like to address the question whether the vtRNA up-regulation is causally linked to the virus infection and what function the vtRNAs might possess during virus establishment and propagation. Furthermore we are assessing the structure-function relationship of vtRNAs. Collectively these data will eventually reveal the, so far enigmatic, molecular biology of this interesting ncRNA species.

www.dcb.unibe.ch

Quellen

Websites der Hochschulen (Texte gekürzt)

STUDIUM

- 25 CHEMIE UND BIOCHEMIE STUDIEREN
- 27 STUDIENMÖGLICHKEITEN IN CHEMIE UND BIOCHEMIE
- 33 VERWANDTE STUDIENFÄCHER UND ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE
- 34 KLEINES ABC DES STUDIERENS
- 38 PORTRÄTS VON STUDIERENDEN



CHEMIE UND BIOCHEMIE STUDIEREN

Die Studiengänge Chemie, Biochemie und Chemieingenieurwissenschaften haben vieles gemeinsam: Sie starten mit einer grundlegenden wissenschaftlichen Ausbildung und der praktischen Umsetzung des Gelernten. Die Vertiefung in die einzelnen Teilgebiete erfolgt im zweiten Teil des Bachelorstudiums und im Master.

An den meisten Universitäten sind die Studieninhalte von Chemie und Biochemie bzw. Chemie und Chemieingenieurwissenschaften in den ersten beiden Bachelorjahren identisch. Es ist also ohne Weiteres möglich, zwischen diesen Studienfächern vor dem dritten Bachelorjahr zu wechseln.

Das Studium der *Chemie* beschäftigt sich mit Fragen, wie sich beispielsweise Atome zu Molekülen verknüpfen; es vermittelt Kenntnisse über Natur und Vielfalt chemischer Bindungen und Elemente und darüber, wie diese mit den äusseren Eigenschaften der Stoffe zusammenhängen.

Studierende der *Biochemie* beschäftigen sich mit chemischen und physikalischen Prozessen, die Lebensvorgängen zugrunde liegen. Untersucht werden die Funktionsweise der Zellen sowie die Substanzen und Mechanismen der Zellsynthese und -entwicklung.

Studierende der *Chemieingenieurwissenschaften* erwerben Kenntnisse, um industrielle Verfahren zu planen, zu entwickeln und zu optimieren, mit denen chemische Produkte ökonomisch und ökologisch hergestellt werden können.

Doch Biochemie und Chemie/Chemieingenieurwesen sind nicht nur Wissenschaften, sondern auch Handwerk: Deshalb verbringen die Studierenden viel Zeit im Labor und lernen, den Aufbau eines Stoffes zu ermitteln, einen neuen Stoff zu synthetisieren, die Eigenschaften der Stoffe zu messen oder mithilfe theoretischer Methoden zu verstehen und vorauszusagen. Die Analyse von DNA und genetischen Informationen gehört zum Handwerk von Biochemikerinnen und Biochemikern.

Chemie/Chemieingenieurwissenschaft und Biochemie sind keine isolierten Wissenschaften: Sie bedienen sich mathematischer Werkzeuge, weisen immer enger werdende Synergien mit Biologie, Physik und Informatik auf. Deshalb finden in den ersten Studienjahren auch Lehrveranstaltungen in diesen Fächern statt.

ABSCHLUSS MIT BACHELOR ODER MASTER?

In den Chemie-/Biochemie-Studiengängen der Universitäten/ETH ist es unüblich, nach dem Bachelor in die Berufswelt einzusteigen. Erst der Master, in vielen Fällen das Doktorat, wird als Regelabschluss verstanden. Ziel des Bachelorstudiengangs an universitären Hochschulen ist es, die grundlegende wissenschaftliche Bildung im Studienfach zu vermitteln. Daran schliesst der konsekutive Master an zur Verbreiterung und

Vertiefung von Inhalten der Grundausbildung.

Im Unterschied dazu ist der Fachhochschulbachelor berufsqualifizierend und als Regelabschluss des Studiums gedacht. Wie ein Fachhochschulbachelor zur erfolgreichen Berufsausübung führen kann, illustriert das Porträt von Derya Kanber-Odabas auf Seite 57. Immer öfter entscheiden sich aber auch Fachhochschulstudierende der Chemie, einen Masterabschluss zu machen. Die Zulassung zu einem Fachhochschulmaster ist allerdings an Bedingungen geknüpft.

VORAUSSETZUNGEN

Im Bachelorstudium gibt es – zumindest am Anfang – Vorlesungen auf Deutsch (in der Westschweiz Französisch). Veranstaltungen auf Masterstufe werden zum grössten Teil in Englisch gehalten. Wer Forschungsergebnisse publiziert, tut dies üblicherweise in Englisch. Wer in das Studium einsteigen will, sollte sich also von Vorlesungen in Englisch und der Lektüre englischsprachiger Fachliteratur nicht abschrecken lassen. Ideal ist sodann Interesse an Mathematik, Physik, Biologie und Informatik. Im Weiteren sind Sinn fürs Praktische und Freude am genauen experimentellen Arbeiten notwendig.

FÄCHERKOMBINATION

Fachhochschulstudiengänge und die meisten Uni-/ETH-Studiengänge im Bereich Chemie sind Monofächer; d.h. es sind keine Minors (Nebenfächer) wählbar. Häufig gibt es aber Wahlpflichtmodule oder Schwerpunktfächer, sodass fachliche Schwerpunkte gesetzt werden können. An den Universitäten Freiburg und Zürich ist es möglich, im Bachelor einen Minor im Rahmen von 30 ECTS-Punkten (Freiburg: Chemie) oder sogar 60 ECTS-Punkten zu wählen (Freiburg: Biochemie; Zürich: Chemie).

An der Universität Basel kann Chemie auch als «ausserfakul-

KLEINES ABC DES STUDIERENS

Was sind ECTS-Punkte? Wie sind die Studiengänge an den Hochschulen strukturiert? Was muss ich bezüglich Zulassung und Anmeldung beachten? Was kostet ein Studium? Im Kapitel «Kleines ABC des Studierens», ab Seite 34, haben wir die wichtigsten Grundinformationen zu einem Studium zusammengestellt.

täres Studienfach» mit einem gleichwertigen Fach der Philosophisch-Historischen Fakultät studiert werden. Das Studium mit Minor oder «ausserfakultärem Studienfach» ist besonders für jene interessant, die an einer Mittelschule unterrichten wollen.

Chemie kann an den meisten Universitäten auch als Minor zu einem anderen Major gewählt werden.

CHEMIE

Der erste Teil des Bachelorstudiums besteht aus Grundkursen in Chemie, Mathematik, Physik, Biochemie, Biologie und fachspezifischer Informatik. Im dritten Jahr folgen Vertiefungen in Anorganischer, Organischer und Physikalischer Chemie. Neben den Pflichtfächern steht meist ein Angebot an Wahlpflichtfächern (Auswahl aus einer definierten Liste) zur Verfügung. Oft kann zusätzlich eine bestimmte Anzahl an Stunden aus dem weiteren Angebot der Hochschule gewählt werden (Wahlmodule). Häufig ist die Bachelorarbeit der Abschluss dieses Studienabschnitts. Der Masterstudiengang erlaubt eine Spezialisierung in einem bestimmten Teilgebiet. Er ist die Grundlage für wissenschaftliches Arbeiten und die Ausbildung zum Doktorat. (Ein Doktorat kann aktuell nur an einer Universität/ETH erlangt werden, nicht aber an einer Fachhochschule.) Ein Schwerpunkt des Masters ist die Masterarbeit, eine wissenschaftliche Forschungsarbeit, welche die Studierenden integriert in einer Forschungsgruppe verfassen. Sie lernen so die Forschungsarbeit schon auf dieser Stufe aus nächster Nähe kennen.

BIOCHEMIE

Nach einem gemeinsamen Teil mit den Chemiestudierenden stehen im Biochemiestudium die molekularen Biowissenschaften und die Organische Chemie im Mittelpunkt. Dazu kommen Zellbiologie, Bioinformatik und Genetik. Laborpraktika in Biochemie, Molekularbiologie, Organischer Chemie und Physikalischer Chemie sowie an manchen Universitäten die Bachelorarbeit sind die praktischen Teile des Bachelorprogramms. Oft können mit Wahlpflichtmodulen Schwerpunkte im eigenen Studienplan gesetzt werden. Das Masterstudium

dient auch hier der fachlichen Vertiefung und fördert das forschungsorientierte Lernen.

CHEMIEINGENIEURWISSENSCHAFTEN

Die Inhalte der Bachelorstudiengänge Chemie und Chemieingenieurwissenschaften sind in den ersten beiden Jahren identisch. Im dritten Jahr stehen mit Thermodynamik, Stofftransport, Wärmetransport und Strömungslehre, Risikoanalyse chemischer Prozesse, Regelungstechnik u.a. die Kenntnisse im Zentrum, die für die Planung, Entwicklung und Optimierung industrieller chemischer Produktion notwendig sind. Das Bachelorstudium enthält nur obligatorische Vorlesungen, keine Wahlfächer.

Im Master kommen neben der Vertiefung chemieingenieurwissenschaftlicher Fächer an der EPFL Managementinhalte und ein vier- bis sechsmonatiges Praktikum hinzu, an der ETHZ kann ein Fünftel der ECTS-Punkte in Wahlfächern erworben werden.

WIRTSCHAFTSCHEMIE

Wirtschaftschemie ist die Verbindung von Chemie und Wirtschaftswissenschaften in einem integrierten Studiengang. Ziel ist es, kaufmännische Funktionen wie Marketing, Controlling oder Akquisition mit den naturwissenschaftlichen Qualifikationen aus dem Chemiestudium zu kombinieren. Die ersten zwei Jahre bilden das Grundstudium, in dem viele Vorlesungen und Praktika zusammen mit den Chemiestudierenden und mit den Wirtschaftsstudierenden besucht werden. Im dritten Jahr folgt das Fachstudium; hier können neben den Pflichtfächern auch Wahlfächer belegt werden. Ungefähr 70 Prozent der Credits in den Pflichtveranstaltungen des Bachelors werden in Chemie, der Rest in Wirtschaftswissenschaften erworben.

Im Masterstudium wird die Ausbildung in Chemie und den Wirtschaftswissenschaften vertieft. Die Schwerpunkte der Vertiefung können weitgehend selbst bestimmt werden. Dazu kommen ein Industriepraktikum und die Masterarbeit, die in Zusammenarbeit mit der Industrie erstellt werden kann. Mehr Informationen dazu bringt das Porträt von Lilia Rüegg auf Seite 46.

CHEMIE IN ANDEREN STUDIENGÄNGEN

Chemie ist als grundlegende Naturwissenschaft Teil von vielen anderen Studiengängen von Computational Sciences bis Veterinärmedizin. Besonders erwähnenswert sind Pharmazeutische Wissenschaften, Interdisziplinäre Naturwissenschaften und Nanowissenschaften mit einem grösseren Anteil Chemie im Studium. In der Biologie gilt Biochemie als Schlüsseldisziplin. In den ersten beiden Studienjahren sind bis 50 Prozent der Studieninhalte Chemie, zum Beispiel wenn man an der ETHZ Biologie mit Schwerpunkt Chemische Biologie wählt.

UNIVERSITÄT/ETH ODER FACHHOCHSCHULE?

Wenn Sie sich für ein Studium an der Universität oder der ETH entscheiden, dann wählen Sie eine forschungsorientierte Ausbildung. Denn an den universitären Hochschulen steht die Grundlagenforschung an erster Stelle, während an den Fachhochschulen die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung im Zentrum stehen, oft in direkter Zusammenarbeit mit der Industrie. Generell und besonders für Chemie/Biochemie gilt, dass eine berufliche Karriere in der Forschung ohne Doktorat (meist mit anschliessender Forschungserfahrung als Postdoc) eher die Ausnahme ist.

Wenn jemand nach dem Bachelor für den Master an einen anderen Hochschultyp wechseln will (Universitäre Hochschule <-> Fachhochschule), werden die bisherigen Studienleistungen mit den Anforderungen der aufnehmenden Hochschule verglichen. Allenfalls müssen Zusatzleistungen erbracht werden. Konkret verlangt zum Beispiel der Fachbereich Chemie der Universität Zürich von Fachhochschulabsolventinnen und -absolventen einen Bachelorabschluss in Chemie ab Note 5 und eine individuell festgelegte Anzahl von Modulen, die während des Masterstudiums zusätzlich erworben werden müssen.

STUDIENMÖGLICHKEITEN IN CHEMIE UND BIOCHEMIE

Die folgenden Tabellen zeigen auf, wo in der Schweiz Chemie, Biochemie oder Chemieingenieurwissenschaften studiert werden können. Es werden zuerst die Studiengänge an den universitären Hochschulen, anschliessend die interdisziplinären Studienprogramme und schliesslich diejenigen der Fachhochschulen vorgestellt. Ebenfalls wird auf die Besonderheiten der einzelnen Studienorte, auf die Nebenfach-Studienmöglichkeiten und die Alternativen zur Hochschule eingegangen.

Zu Beginn des Studiums sind die Inhalte recht ähnlich. Forschungsschwerpunkte, mögliche Spezialisierungen und Masterstudiengänge unterscheiden sich hingegen. Es lohnt sich deshalb, die einzelnen Hochschulen und ihre Studiengänge genauer anzuschauen. Ebenso ist es empfehlenswert, den Übergang vom Bachelor- ins Masterstudium frühzeitig zu planen – allenfalls ist es sinnvoll, für die gewünschte Masterstudienrichtung die Hochschule zu wechseln. Je nach Hochschule ist es möglich, nach einem Bachelorabschluss auch einen eher fachfremden Master zu wählen. Aktuelle und weiterführende Informationen sind auf www.berufsberatung.ch sowie auf den Websites der Hochschulen zu finden.



berufsberatung.ch/biochemie



berufsberatung.ch/chemie

BACHELORSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN

BA = Bachelor of Arts; **BSc** = Bachelor of Science

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
CHEMIE, WIRTSCHAFTSCHEMIE UND CHEMIEINGENIEURWISSENSCHAFTEN	
EPF Lausanne: www.epfl.ch/schools/sb/scgc	
Chemistry and Chemical Engineering/Chimie et génie chimique BSc	– Chimie – Génie chimique
ETH Zürich: https://chab.ethz.ch	
Chemie BSc	
Chemieingenieurwissenschaften BSc	
Universität Basel: https://chemie.unibas.ch	
Chemie BSc	
Chemie als ausserfakultäres Bachelorfach (BA)	
Universität Bern: www.dcb.unibe.ch	
Chemie und Molekulare Wissenschaften BSc	
Universität Freiburg: www.unifr.ch/chem	
Chimie/Chemie BSc	
Universität Genf: www.unige.ch/sciences/chimie	
Chimie BSc	
Universität Zürich: www.chem.uzh.ch , www.wichem.uzh.ch	
Chemie BSc	
Wirtschaftschemie BSc	

Studiengang

Vertiefungsrichtungen

BIOCHEMIE

ETH Zürich: www.chab.ethz.ch

Biochemie – Chemische Biologie BSc

Universität Bern: www.dcb.unibe.ch

Biochemie und Molekularbiologie BSc

Universität Freiburg: www.unifr.ch/bio

Biochemie/Biochimie BSc

Universität Genf: www.unige.ch/sciences/chimie

Biochimie BSc

Universität Zürich: www.bioc.uzh.ch

Biochemie BSc

- Biomolecular Track
- Chemical Track

MASTERSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN ODER ETH

Bei einem Studium an einer universitären Hochschule geht man vom Master als Regelabschluss aus. In den Naturwissenschaften wird die Ausbildung häufig bis zum Doktorat oder Postdoc fortgesetzt. Mit dem Master wird üblicherweise auch ein Spezialgebiet gewählt, das dann im Berufsleben weiterverfolgt und mit entsprechenden Weiterbildungen vertieft werden kann.

Es gibt folgende Master:

Konsekutive Masterstudiengänge bauen auf einem Bachelorstudiengang auf und vertiefen das fachliche Wissen. Mit einem Bachelorabschluss einer schweizerischen Hochschule wird man zu einem konsekutiven Masterstudium in derselben Studienrichtung, auch an einer anderen Hochschule,

zugelassen. Es ist möglich, dass bestimmte Studienleistungen während des Masterstudiums nachgeholt werden müssen. *Spezialisierte Master* sind meist interdisziplinäre Studiengänge mit spezialisiertem Schwerpunkt. Sie sind mit Bachelorabschlüssen aus verschiedenen Studienrichtungen zugänglich. Interessierte müssen sich für einen Studienplatz bewerben; es besteht keine Garantie, einen solchen zu erhalten. *Joint Master* sind spezialisierte Master, die in Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen angeboten werden und teilweise ebenfalls nach Bachelorabschlüssen verschiedener Studienrichtungen gewählt werden können.

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele für Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem Studium von Chemie/Biochemie anbieten.

MA = Master of Arts; **MSc** = Master of Science

Studiengang

Vertiefungsrichtungen

CHEMIE, WIRTSCHAFTSCHEMIE UND CHEMIEINGENIEURWISSENSCHAFTEN

EPF Lausanne: www.epfl.ch/schools/sb/scgc

Chemical Engineering and Biotechnology/Génie chimique et biotechnologie MSc

ETH Zürich: <https://chab.ethz.ch>, <https://mavt.ethz.ch>

Chemie MSc

Chemie- und Bioingenieurwissenschaften MSc

Verfahrenstechnik MSc

Universität Basel: <https://chemie.unibas.ch>

Chemie MSc

Chemie als ausserfakultäres Masterfach (MA)

Universität Bern: www.dcb.unibe.ch

Chemie und Molekulare Wissenschaften MSc

- General Chemistry
- Sustainable Chemistry
- Advanced Synthesis
- Nuclear- and Radiochemistry
- Spectroscopy of Materials

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
Universität Freiburg: www.unifr.ch/chem	
Chimie/Chemie MSc	
Universität Genf: www.unige.ch/sciences/chimie	
Chimie MSc	
Universität Zürich: www.chem.uzh.ch , www.wichem.uzh.ch	
Chemie MSc	
Wirtschaftschemie/Chemistry and Business Studies MSc	
BIOCHEMIE	
EPF Lausanne: www.epfl.ch/schools/sb/scgc	
Molecular and Biological Chemistry/Chimie moléculaire et biologique MSc	
Universität Basel: https://bio.unibas.ch	
Molecular Biology/Molekularbiologie MSc	
Universität Bern: www.dcb.unibe.ch	
Molecular Life Sciences MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Biochemistry/Chemical Biology – Cell and Molecular Biology – Microbiology/Immunology – Neuro- and Developmental Biology – Plant Physiology
Universität Freiburg: www.unifr.ch/bio	
Biology MSc, Option Biochemistry	<ul style="list-style-type: none"> – Cell Cycle and Growth Control – Biological Rhythms – Protein Homeostasis
Universität Genf: www.unige.ch/sciences/chimie	
Biochimie MSc	
Chemical Biology/Biologie chimique MSc	
Universität Lausanne: www.unil.ch/ecoledobiologie	
Molecular Life Sciences/Sciences moléculaires du vivant MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Bioinformatique – Microbiologie – Biologie intégrative
Universität Zürich: www.bioc.uzh.ch ; www.biologie.uzh.ch	
Biochemistry MSc	
Biology MSc	– Microbiology

INTERDISZIPLINÄRE STUDIENGÄNGE UND SPEZIALMASTER

MA = Master of Arts; MSc = Master of Science

Studiengang	Inhalte
ETH Zürich: https://ethz.ch/de/studium , Universität Zürich: www.ife.uzh.ch , Pädagogische Hochschule Zürich: www.phzh.ch	
Fachdidaktik Naturwissenschaften MA	Die Teilnehmenden bearbeiten fachdidaktische Fragestellungen der Naturwissenschaften und erwerben Kompetenzen in fachdidaktischer Forschung und im fachdidaktischen Unterrichten. Schwerpunkte: Natur und Technik, Biologie, Chemie, Physik
Universität Bern: www.philnat.unibe.ch , www.climate.unibe.ch	
Bioinformatics and Computational Biology MSc	Im ersten Semester werden die unterschiedlichen Niveaus des Vorwissens individuell ausgeglichen. Die Fortsetzung konzentriert sich auf die Hauptgebiete der Bioinformatik und Rechnergestützten Biologie: Data Management, Sequenzanalyse, Modellierung von biologischen Systemen, Bildanalyse und Systembiologie. Mit einer eigenständigen Forschungsarbeit schliesst das Studium ab.
Climate Sciences MSc	Das Studienprogramm vermittelt sowohl eine allgemeine Ausbildung im Bereich der Klimawissenschaften als auch fundierte Fachkenntnisse in einem der Schwerpunkte: Climate and Earth System Science, Atmospheric Science, Climate and Environmental Economics, Ecology and Agricultural Sciences, Social Sciences, Humanities

Studiengang	Inhalte
Universität Genf: http://masters.unige.ch	
Bi-disciplinaire en sciences MSc	Ce master offre la possibilité aux étudiants de poursuivre leur cursus dans une autre branche d'étude (la mineure) que celle choisie lors du Bachelor (la majeure).
Neurosciences MSc	Les neurosciences regroupent toutes les sciences qui étudient le système nerveux. Elles font le lien entre l'esprit et la cognition d'une part et les circuits neuronaux locaux et les processus moléculaires d'autre part.
Sciences de l'environnement MSc	Ce Master s'adresse aux personnes qui désirent étudier, selon une approche interdisciplinaire, le fonctionnement de l'environnement et son interaction avec l'homme et la société.
Universität Zürich: www.ms-cms.uzh.ch , www.biologie.uzh.ch	
Chemical and Molecular Sciences MSc	Das Studium ist interdisziplinär und forschungsorientiert. Betont werden Design, Synthese und Kontrolle von Funktionen aus molekularer Perspektive.
Biology MSc, Option Molecular and Cellular Biology	Mehrere Blockkurse in Molekular- und Zellbiologie bieten Einblick in das breite Spektrum an Methoden und biologischen Fragestellungen. Sie können, je nach Ausrichtung der Masterarbeit, mit einer grossen Palette verschiedener Kurse kombiniert werden.

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

EPFL Lausanne

Im Bachelor Chimie et génie chimique entscheiden sich die Studierenden nach den ersten zwei Jahren für einen der Schwerpunkte Chimie oder Génie chimique.

Für den Master Génie chimique et biotechnologie können 30 ECTS-Punkte in einem Ingenieurpraktikum oder in einem Nebenfach erworben werden. Wird das Nebenfach gewählt, muss die Masterarbeit ausserhalb der EPFL in einer Firma erstellt werden.

ETH Zürich

Die ersten beiden Bachelorstudienjahre sind für Chemie und Chemieingenieurwissenschaften identisch. Sie beinhalten das Pflichtwahlfach Wissenschaft im Kontext (6 ECTS-Punkte). Wer im Chemiebachelor mindestens 120 ECTS-Punkte erreicht hat, kann sich gleichzeitig in den Bachelor und den Master der ETH einschreiben und gewisse Leistungskontrollen des Masters bereits vor Abschluss des Bachelors ablegen. Absolventinnen und Absolventen des Bachelors in Chemie- oder Chemieingenieurwissenschaften können sich auch für den spezialisierten Master Chemical and Molecular Sciences der Universität Zürich bewerben. Absolventinnen und Absolventen des Biochemiebachelors können sich auch für den Master

Biology z.B. mit der Vertiefung Molecular and Cellular Biology der Universität Zürich bewerben.

Universität Basel

Chemie kann im Bachelor als Monofach oder als Studienfach neben einem gleichwertigen Studienfach (je 75 ECTS-Punkte) aus der Philosophisch-Historischen Fakultät studiert werden (Chemie als ausserfakultäres Bachelorfach). Im zweiten Fall wird im Master Chemie als Minor weitergeführt. Diese Option ist vor allem für angehende Mittelschullehrer/innen interessant, die Chemie mit einem nichtnaturwissenschaftlichen Fach kombinieren wollen.

Universität Bern

Das Bachelorstudium Chemie und molekulare Wissenschaften ist eng verstrickt mit demjenigen von Biochemie und Molekularbiologie. Das erste Bachelorjahr ist für diese beiden Richtungen und für Pharmazie fast identisch. Bei Chemie und molekulare Wissenschaften und Biochemie und Molekularbiologie können 12 ECTS-Punkte frei aus dem Universitätsangebot gewählt werden. Im Master Chemie und molekulare Wissenschaften können 30 ECTS-Punkte in Chemie- und verwandten Masterprogrammen anderer Universitäten belegt werden.

Im Master Molecular Life Sciences können 10 ECTS-Punkte aus verwandten Gebieten gewählt werden. Zu diesem Master werden Bachelorabsolventen und -absolventinnen von Biologie, Biochemie oder Chemie zugelassen.

Nach einem Bachelor in Chemie und molekularen Wissenschaften oder Biochemie und Molekularbiologie sind neben den konsekutiven Mastern auch interdisziplinäre Master zugänglich, zum Teil mit Zusatzaufgaben:

- Bioinformatics and Computational Biology
- Climate Sciences

Universität Freiburg

Das Bachelorstudium findet in deutscher und französischer Sprache statt. Für die Prüfungen können die Studierenden die Sprache wählen. Zum Bachelor Chemie mit 150 ECTS-Punkten wird ein Minor mit 30 ECTS-Punkten gewählt. Der Bachelor Biochemie umfasst 120 ECTS-Punkte und wird mit einem Minor zu 60 ECTS-Punkten oder zwei Minors zu je 30 ECTS-Punkten ergänzt. Der weiterführende Master ist Biology mit der Option Biochemistry.

Universität Genf

Die ersten drei Bachelorsemester von Chemie und Biochemie sind identisch.

Ein Wechsel zwischen den beiden Fächern ist daher bis zum Beginn des Frühjahrssemesters des zweiten Studienjahres möglich. Nach einem Bachelor in Chemie oder Biochemie sind neben den konsekutiven Mastern eine Reihe interdisziplinärer Master zugänglich, zum Teil mit Auflagen:

- Bi-disciplinaire en sciences: Neben Chemie wird ein zweites naturwissenschaftliches Fach gleichwertig studiert.
- Chemical Biology
- Neurosciences (admission sur dossier)
- Sciences de l’environnement (admission sur dossier)

Universität Zürich

Chemie wird als Monofach oder als Hauptfach angeboten. Beim Hauptfachstudium kann im Bachelor ein Nebenfach à 30 oder à 60 ECTS-Punkte frei gewählt werden, im Master eines à 30 ECTS-Punkte. Biochemie kann nur als Monofach studiert werden. In den ersten beiden Bachelorjahren werden die Studierenden der Biochemie und der Chemie gemeinsam unterrichtet. In Chemie können bis zu 10 ECTS-Punkte aus Wahlmodulen der Universität und der ETH Zürich ausgewählt

werden. Im Bachelor Biochemie entscheidet man sich für den Biomolecular oder für den Chemical Track. Das Fachstudium Biochemie (3. Jahr) kann auch nach dem Grundstudium in Chemie oder Biomedizin studiert werden. Neben dem konsekutiven Master in Biochemie können sich Studierende auch für den spezialisierten Master Life Sciences (Fast Track) bewerben. *Wirtschaftschemie* wird nur von der UZH angeboten. Sie umfasst im Bachelor etwa zwei Drittel Studienleistungen in Chemie und ein Drittel in Wirtschaftswissenschaften und bietet im Master viele Wahlmöglichkeiten.

CHEMIE/BIOCHEMIE ALS NEBENFACH

Universität Basel

Chemie und Biochemie können auch als ausserfakultäres Bachelor- bzw. Masterfach zu einem Studienfach der Geisteswissenschaften oder als Zweitfach zu Sport studiert werden. Im Bachelor umfasst das ausserfakultäre oder Zweitfach 75 ECTS-Punkte, im Master 35 ECTS-Punkte.

Universität Bern

Chemie und Molekulare Wissenschaften sowie Biochemie und Molekular-

biologie werden im Bachelor als Minor im Umfang von 15, 30 oder 60 ECTS-Punkten angeboten. Im Master umfassen die Minors Chemistry and Molecular Sciences und Molecular Life Science je 30 ECTS-Punkte.

Universität Freiburg

Chemie bietet im Bachelor folgende Zusatzfächer an:

- 30 ECTS-Punkte Chemie für Biochemiker/innen.
- 30 oder 60 ECTS-Punkte Chemie für Nicht-Chemiker/innen oder Nicht-Biochemiker/innen

Das grössere Zusatzfach richtet sich in erster Linie an Studierende, die Chemie als zweites Unterrichtsfach im Rahmen eines Lehrdiploms für Maturitätsschulen (LDM) gewählt haben.

Auch im Bachelor der Biochemie können Zusatzfächer zu 30 oder 60 ECTS-Punkte belegt werden. Im Master können 30 ECTS-Punkte im Zusatzfach Chemie erworben werden.

Universität Zürich

Chemie und Biochemie können im Bachelor als Minor zu 30 oder 60 ECTS-Punkten, im Master zu 30 ECTS-Punkten, mit einem anderen Major (Hauptfach) kombiniert werden.

BACHELORSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

BSc = Bachelor of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW: www.fhnw.ch/lifesciences			
Life Sciences BSc	Muttenz BL	– Vollzeit – Teilzeit	– Bioanalytik und Zellbiologie – Chemie – Chemie- und Bioprozesstechnik – Pharmatechnologie
Fachhochschule Westschweiz HES-SO/Hochschule für Technik und Architektur Freiburg: www.heia-fr.ch/de/ausbildung/bachelor/chemie			
Chemie/Chimie BSc	Freiburg	– Zweisprachig d/f – Mehrheitlich f – Vollzeit	
Fachhochschule Westschweiz HES-SO Valais-Wallis/Hochschule für Ingenieurwissenschaften: www.hevs.ch/de/hochschule/hochschule-fur-ingenieurwissenschaften			
Life Technologies/Technologies du vivant BSc	Sitten VS	– Vollzeit	– Lebensmitteltechnologie – Biotechnologie – Analytische Chemie
ZFH/Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW: www.zhaw.ch/de/lsfm/institute-zentren/icbt			
Chemie BSc	Wädenswil ZH	– Vollzeit – Teilzeit – Praxisintegriertes Studium	– Chemie – Biologische Chemie

MASTERSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

Nach erfolgreichem Abschluss des Bachelorstudiums kann man eine Stelle suchen oder in die bisherige Tätigkeit zurückkehren. Vielleicht ist aber der Wunsch vorhanden, weiter zu studieren und einen Master zu erlangen – mit einem Master hat man bestimmt die besseren Karten auf dem Arbeitsmarkt. Nicht für jedes Studium an einer Fachhochschule (FH) gibt es geeignete Masterstudien, das Angebot nimmt aber stetig zu.

Mit dem Master vertieft man sich in einem Spezialgebiet und erwirbt spezifische Kompetenzen, die dann im Berufsleben angewendet und mit entsprechenden Weiterbildungen ergänzt werden können.

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele für Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem Studium der Chemie, Biochemie anbieten.

MSc = Master of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW: www.fhnw.ch/lifesciences			
Life Sciences MSc	Muttenz BL	– Vollzeit – Teilzeit	– Bioanalytics – Biomedical Engineering – Chemistry – Environmental Technologies – Pharmatechnology
Fachhochschule Westschweiz HES-SO: www.heia-fr.ch/de/studium/master/life-sciences			
Life Sciences MSc	Changins Freiburg Lausanne Sitten VS	– Vollzeit – Teilzeit	– Applied Biosciences (AB) – Chemical Development & Production (CDP) – Natural Resource Management (NRM)
ZFH/Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW: www.zhaw.ch/de/lifem/institute-zentren/icbt			
Life Sciences MSc	Wädenswil ZH	– Vollzeit – Teilzeit	– Pharmaceutical Biotechnology – Chemistry for the Life Science

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

Chemie ist eine Vertiefungsrichtung im Bachelor Molecular Life Sciences. Das Grundlagenstudium (1. Jahr) ist für Chemie und Molekulare Bioanalytik identisch.

Fachhochschule Westschweiz HES-SO/ Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Die Ausbildung wird auf Französisch oder zweisprachig Französisch/Deutsch angeboten. Der Studienplan ist über die drei Jahre fix vorgegeben, es gibt keine Wahlmöglichkeiten. Der weiterführende Master ist der MSc HES-SO in Life Sciences mit der Spezialisierung Chemical Development and Production.



An der FHNW kann Chemie in Muttenz als Vertiefungsrichtung des Bachelors Life Sciences studiert werden.

VERWANDTE STUDIENFÄCHER

Die nebenstehenden Studienrichtungen befassen sich teilweise mit ähnlichen Themen wie Chemie, Biochemie.

Informationen dazu unter:
www.berufsberatung.ch/studiengebiete
 > Studienrichtungen

Oder konsultieren Sie die entsprechenden «Perspektiven»-Hefte.

Informationen dazu:
www.perspektiven.sdbb.ch

«PERSPEKTIVEN»-HEFTE

Agrarwissenschaften, Lebensmittelwissenschaften, Waldwissenschaften

Biologie

Life Sciences

Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik

Medizin

Pharmazeutische Wissenschaften

Umweltwissenschaften

Veterinärmedizin

ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE

Vielleicht sind Sie nicht sicher, ob Sie überhaupt studieren wollen. Zu den meisten Fachgebieten der Hochschulen gibt es auch alternative Ausbildungswege. Zum Beispiel kann eine (verkürzte) berufliche Grundbildung mit Eidgenössischem Fähigkeitszeugnis EFZ als Einstieg in ein Berufsfeld dienen. Nach einer EFZ-Ausbildung bzw. einigen Jahren Berufspraxis stehen verschiedene Weiterbildungen in der höheren Berufsbildung offen: höhere Fachschulen HF, Berufsprüfungen (BP), höhere Fachprüfungen (HFP). Über berufliche Grundbildungen sowie Weiterbildungen in der höheren Berufsbildung informieren die Berufsinformationsfaltblätter und die Heftreihe «Chancen: Weiterbildung und Laufbahn» des SDBB Verlags. Sie sind in den Berufsinformationszentren BIZ ausleihbar oder erhältlich beim SDBB: www.shop.sdbb.ch.

Bei der Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung erhalten alle – ob mit EFZ-Abschluss, mit oder ohne Berufsmaturität, mit gymnasialer Maturität oder Fachmaturität – Informationen und Beratung zu allen Fragen möglicher Aus- und Weiterbildungswege. Die Adressen der Beratungsstellen finden Sie unter www.adressen.sdbb.ch.

Nachstehend finden Sie einige Beispiele von Ausbildungswegen ausserhalb der Hochschulen, die zu einer Berufstätigkeit im Bereich Chemie/Biochemie führen können.

Mehr zu den einzelnen Berufen und Ausbildungen erfahren Sie unter www.berufsberatung.ch.

AUSBILDUNGEN

Biomedizinische/r Analytiker/in HF

Chemie- und Pharmatechnologe/-technologin EFZ

Chemietechnologe/-technologin (HFP)

Kaufmann/Kauffrau EFZ, Branche Chemie

Laborant/in EFZ (Fachrichtungen: Biologie, Chemie, Farbe und Lack, Textil)

Naturwissenschaftliche/r Labortechniker/in (HFP)

Pharma-Spezialist/in (BP)

Techniker/in HF, Fachrichtung Systemtechnik, Vertiefung pharmazeutische und chemische Technik



Wer sich für Chemie interessiert, aber nicht studieren will, findet z.B. im Bereich Pharmazie eine ganze Reihe alternativer, nicht-akademischer Ausbildungen.

KLEINES ABC DES STUDIERENS

Die folgenden Informationen gelten grundsätzlich für alle Studienfächer an allen Hochschulen in der Schweiz. Spezielle Hinweise zu den Fachgebieten finden Sie weiter vorne im Heft bei der Beschreibung des jeweiligen Studiums.

Weitere Informationen



www.berufsberatung.ch



www.swissuniversities.ch



ANMELDUNG ZUM STUDIUM

Universitäre Hochschulen

Die Anmeldefrist endet an den universitären Hochschulen jeweils am 30. April für das Herbstsemester. An einigen Universitäten ist eine verspätete Anmeldung mit einer Zusatzgebühr möglich. Bitte informieren Sie sich direkt bei der jeweiligen Universität. Ein Studienbeginn im Frühjahrssemester ist im Bachelor nur teilweise möglich und wird nicht empfohlen, da viele Veranstaltungen und Kurse für Erstsemestrige im Herbstsemester stattfinden.

Das Portal www.swissuniversities.ch wartet mit einer Vielzahl von Informationen auf zu Anerkennung, Zulassung, Stipendien usw. Informationen zum Ablauf des Anmelde- und Immatrikulationsverfahrens sind jedoch auf der Website der jeweiligen Universität zu finden.

Fachhochschulen

Bei den Fachhochschulen sind die Anmeldefristen und -verfahren unterschiedlich, je nachdem, ob obligatorische Informationsabende, Aufnahmeprüfungen und/oder Eignungstests stattfinden. Informie-

ren Sie sich direkt bei den Fachhochschulen.

Pädagogische Hochschulen

Bei den meisten Pädagogischen Hochschulen ist eine Anmeldung bis zum 30. April für das Herbstsemester möglich. Bitte informieren Sie sich auf den jeweiligen Websites.

AUSLÄNDISCHER VORBILDUNGS-AUSWEIS > s. Zulassung zum Bachelor

AUSLANDSEMESTER > s. Mobilität

BACHELOR UND MASTER

An den Hochschulen ist das Studium aufgeteilt in ein Bachelor- und ein Masterstudium. Das Bachelorstudium dauert drei Jahre, das Masterstudium eineinhalb bis zwei Jahre. Voraussetzung für die Zulassung zu einem Masterstudium ist ein Bachelorabschluss in der Regel in derselben Studienrichtung.

An den Universitäten gilt der Master als Regelabschluss. An den Fachhochschulen ist der Bachelor der Regelabschluss. Es werden aber auch an Fachhochschulen in vielen Studienrichtungen Masterstudiengänge angeboten. Hier gelten jedoch teilweise spezielle Aufnahmekriterien.

BERUFSBEGLEITENDES STUDIUM

> s. Teilzeitstudium

DARLEHEN

> s. Finanzierung des Studiums

EUROPEAN CREDIT TRANSFER SYSTEM ECTS

> s. Studienleistungen bis zum Abschluss

FINANZIERUNG DES STUDIUMS

Die Semestergebühren der Hochschulen liegen zwischen 500 und 1000 Franken. Ausnahmen sind 2000 Franken an der Università della Svizzera italiana bzw. mehrere 1000 Franken an privaten Fachhochschulen. Für ausländische Studierende und berufsbegleitende Ausbildungsgänge gelten teilweise höhere Gebühren.

Gesamtkosten eines Studiums

Wer bei den Eltern wohnt, muss mit 800 bis 1200 Franken pro Monat rechnen (exkl. auswärtiges Essen); bei auswärtigem Wohnen können sich die Kosten fast verdoppeln.

Folgende Posten sollten in einem Budget berücksichtigt werden:

- Studienkosten (Studiengebühren, Lehrmittel)
- Feste Verpflichtungen (Krankenkasse, AHV/IV, Fahrkosten, evtl. Steuern)
- Persönliche Auslagen (Kleider/Wäsche/Schuhe, Coiffeur/Körperpflege, Taschengeld, Smartphone)

- Rückstellungen (Franchise, Zahnarzt/Optiker, Ferien, Sparen)
- Auswärtige Verpflegung (Mensa)

Zusätzlich für auswärtiges Wohnen:

- Miete/Wohnanteil
- Wohn-Nebenkosten (Elektrizität, Telefon/Radio/TV, Hausrat-/Privathaftpflichtversicherung)
- Nahrung und Getränke
- Haushalt-Nebenkosten (Wasch- und Putzmittel, allg. Toilettenartikel, Entsorgungsgebühren)

Beitrag der Eltern

Gesetzlich sind die Eltern verpflichtet, die Ausbildung ihrer Kinder (Ausbildungs- und Lebenshaltungskosten) bis zu einem ersten Berufsabschluss zu bezahlen. Für Gymnasiasten und Gymnasiastinnen bedeutet das bis zum Abschluss auf Hochschulstufe.

Stipendien und Darlehen

Das Stipendienwesen ist kantonal geregelt. Kontaktieren Sie deshalb frühzeitig die Fachstelle für Stipendien Ihres Wohnkantons. Stipendien sind einmalige oder wie-

derkehrende finanzielle Leistungen ohne Rückzahlungspflicht. Sie decken die Ausbildungskosten sowie die mit der Ausbildung verbundenen Lebenshaltungskosten in der Regel nur teilweise. Als Ersatz und/oder als Ergänzung zu Stipendien können Darlehen ausbezahlt werden. Dies sind während des Studiums zinsfreie Beträge, die nach Studienabschluss in der Regel verzinst werden und in Raten zurückzuzahlen sind. Die finanzielle Situation der Eltern ist ausschlaggebend dafür, ob man stipendien- oder darlehensberechtigt ist.

HAUPTFACH, NEBENFACH

> s. Struktur des Studiums

HOCHSCHULTYPEN

Die Schweiz kennt drei verschiedene Hochschultypen: Universitäre Hochschulen (UH) mit den kantonalen Universitäten und den Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH), Fachhochschulen (FH) und Pädagogische Hochschulen (PH). Die PH sind für die Lehrer/innenausbildungen zuständig und werden in den meisten Kantonen den FH angegliedert.

TYPISCH UNIVERSITÄT	TYPISCH FACHHOCHSCHULE
In der Regel Zugang mit der gymnasialen Maturität	In der Regel Zugang mit Berufs- oder Fachmaturität
Wissenschaftlich ausgerichtetes Studium: Grundlagenforschung und Erwerb von Fach- und Methodenkenntnissen	Angewandte Forschung und hoher Praxisbezug, enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und öffentlichen Institutionen
Meist keine spezifische Berufsausbildung, sondern Erwerb einer allgemeinen Berufsbefähigung auf akademischem Niveau	Oft Ausbildung zu konkreten Berufen inkl. Arbeitserfahrungen (Praktika) in verschiedenen Institutionen
Studium in der Regel gemäss vorgegebenen Richtlinien, individuell organisiert	Mehr oder weniger vorgegebene Studienstruktur mit wenig Wahlmöglichkeiten
Grössere Anonymität, oft grosse Gruppen	Studium im Klassenverband
Oft Möglichkeit, Neben- und Zusatzfächer zu belegen	Studiengänge als Monostudiengänge konzipiert, Wahl von Schwerpunkten möglich
Master als Regelabschluss	Bachelor als Regelabschluss (Ausnahmen: Kunst, Musik, Theater, Psychologie und Unterricht Sekundarstufe)
Lernkontrollen am Semesterende	Lernkontrollen laufend während des Semesters
Studium als Vollzeitstudium konzipiert	Studiengänge oft als Teilzeitstudium oder berufsbegleitend möglich

KREDITPUNKTE

> s. Studienleistungen bis zum Abschluss

MASTER

Übergang Bachelor–Master innerhalb desselben Hochschultyps

Mit einem Bachelorabschluss einer schweizerischen Hochschule wird man zu einem *konsekutiven Masterstudium* in derselben Studienrichtung auch an einer anderen Hochschule zugelassen. Es ist möglich, dass man bestimmte Studienleistungen während des Masterstudiums nachholen muss. Konsekutive Masterstudiengänge bauen auf einem Bachelorstudiengang auf und vertiefen das fachliche Wissen. Teilweise werden auch verschiedene konsekutive Master in Teildisziplinen einer Fachrichtung angeboten.

Spezialisierte Master sind meist interdisziplinäre Studiengänge mit spezialisiertem Schwerpunkt. Sie sind mit Bachelorabschlüssen aus verschiedenen Studienrichtungen zugänglich. Interessierte müssen sich für einen Studienplatz bewerben.

Joint Master sind spezialisierte Master, die in Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen angeboten werden und teilweise ebenfalls nach Bachelorabschlüssen verschiedener Studienrichtungen gewählt werden können.

Wechsel des Hochschultyps

Wer mit einem Fachhochschulbachelor an eine universitäre Hochschule wechseln will oder umgekehrt, kann zu fachverwandten Studienrichtungen zugelassen werden. Es müssen je nach Fachrichtung Zusatzleistungen im Umfang von 20 bis 60 ECTS erbracht werden. Erkundigen Sie sich am besten direkt bei der Hochschule, an die Sie wechseln möchten.

MASTER OF ADVANCED STUDIES (MAS)

sind nicht zu verwechseln mit konsekutiven und spezialisierten Masterstudiengängen. Es handelt sich hierbei um Weiterbildungsmaster, die sich an berufstätige Personen mit Studienabschluss richten (siehe Kapitel «Weiterbildung», Seite 48). Sie werden im Umfang von mindestens 60 ECTS angeboten.



MOBILITÄT

Je nach individuellen Interessen können Module oder Veranstaltungen an Instituten anderer Hochschulen besucht werden. Solche Module können aber nur nach vorheriger Absprache mit den Instituten an das Studium angerechnet werden.

Sehr zu empfehlen für Studierende ab dem vierten Semester des Bachelorstudiums ist ein ein- oder zweisemestriger Studienaufenthalt im Ausland. Das Erasmus-Programm (für die Schweiz SEMP) bietet dazu gute Möglichkeiten innerhalb Europas. Zusätzlich hat fast jedes Hochschulinstitut bilaterale Abkommen mit ausgewählten Hochschulen ausserhalb Europas.

Weitere Informationen zur Mobilität erhalten Sie bei der Mobilitätsstelle Ihrer Hochschule.

MAJOR, MINOR, MONOFACH

> s. Struktur des Studiums

PASSERELLE

> s. Zulassung zum Bachelor

STIPENDIEN

> s. Finanzierung des Studiums

STRUKTUR DES STUDIUMS

Das *Bachelorstudium* an einer universitären Hochschule besteht entweder aus einem *Hauptfach (Major)*, kombiniert mit einem oder mehreren *Nebenfächern (Minor)*, zwei Hauptfächern oder einem Monofach, wie es z.B. in vielen Naturwissenschaften und technischen Wissenschaften der Fall ist. Je nach Universität können diese Modelle variieren.

Auch das *Masterstudium* kann in Haupt- und Nebenfächer unterteilt sein. Ein Vergleich von Studienangeboten an unterschiedlichen Hochschulen kann sich lohnen.

Die Studiengänge an den *Fachhochschulen* sind als Monostudiengänge organisiert. Häufig stehen – vor allem in den letzten Studiensemestern – bestimmte *Vertiefungsrichtungen* zur Wahl.

Ergänzungsfächer bestehen aus weiterführenden Lehrveranstaltungen ausserhalb der gewählten Vertiefung.

Mit *Wahlfächern* kann das Ausbildungsprofil den eigenen Interessen angepasst werden; sie können in der Regel aus dem gesamten Angebot einer Hochschule ausgewählt werden.

STUDIENFINANZIERUNG

> s. Finanzierung des Studiums

STUDIENLEISTUNGEN (ECTS) BIS ZUM ABSCHLUSS

Alle Studienleistungen (Vorlesungen, Arbeiten, Prüfungen usw.) werden in Kreditpunkten (ECTS) ausgewiesen. Ein Kreditpunkt entspricht einem Arbeitsaufwand von 25 bis 30 Stunden.

Bei einem Vollzeitstudium erwirbt man 60 ECTS-Punkte pro Jahr. Die ECTS-Punkte erhält man, wenn ein Leistungsnachweis wie z.B. eine Prüfung oder ein Referat erfolgreich absolviert wurde. Für einen Bachelorabschluss braucht es 180 ECTS, für einen Masterabschluss weitere 90 bis 120 ECTS.

STUDIERN IM AUSLAND

> s. Mobilität

TEILZEITSTUDIUM

(berufsbegleitendes Studium)

Ein Bachelorabschluss (180 ECTS) dauert in der Regel drei Jahre, ein Masterabschluss (90 bis 120 ECTS) eineinhalb bis zwei Jahre. Je nach individueller Situation kann das Studium länger dauern. Wenn Sie aus finanziellen oder familiären Gründen von einer längeren Studienzzeit ausgehen, erkundigen Sie sich rechtzeitig über Möglichkeiten zur Studienzzeitverlängerung an Ihrer Hochschule.

Universitäten

An den Universitäten sind die Studienprogramme als Vollzeitstudien konzipiert. Je nach Studienrichtung ist es aber durchaus möglich, neben dem Studium zu arbeiten. Statistisch gesehen wirkt sich eine Arbeit bis 20 Stellenprozent positiv auf den Studienerfolg aus. Der Kontakt zum Arbeitsmarkt und der Erwerb von beruflichen Qualifikationen erleichtern den Berufseinstieg. Ein Studium in Teilzeit ist möglich, führt aber i.d.R. zu einer Studienzzeitverlängerung. Es gilt also, eine sinnvolle Balance von Studium und Nebenjob während des Semesters oder in den Ferien zu finden.

Fachhochschulen

Zusätzlich zu einem Vollzeitstudiengang bieten viele Fachhochschulen ihre Studiengänge als viereinhalbjähriges Teilzeitstudium (Berufstätigkeit möglich) bzw. als berufsbegleitendes Studium an (fachbezogene Berufstätigkeit wird vorausgesetzt).

Pädagogische Hochschulen

Viele Pädagogische Hochschulen bieten an, das Studium in Teilzeit bzw. berufsbegleitend zu absolvieren. Das Studium bis zum Bachelor dauert dann in der Regel viereinhalb Jahre. Fragen Sie an den Infoveranstaltungen der Hochschulen nach Angeboten.

Fernhochschulen

Eine weitere Möglichkeit, Studium und (Familien-)Arbeit zu kombinieren, ist ein Fernstudium. Dieses erfordert aber grosse Selbstständigkeit, Selbstdisziplin und Ausdauer.

ZULASSUNG ZUM BACHELOR

Universitäre Hochschulen

Bedingung für die Zulassung zum Bachelor an einer universitären Hochschule ist eine eidgenössisch anerkannte gymnasiale Maturität oder ein gleichwertiger Ausweis sowie die Beherrschung der Studien-sprache.

Für die Studiengänge in Medizin sowie Sportwissenschaften gibt es spezielle Eignungsverfahren.

Eine Berufs- oder Fachmaturität mit bestandener Passerellen-Ergänzungsprüfung gilt als gleichwertig zur gymnasialen Maturität. An den Universitäten Bern, Freiburg, Genf, Lausanne, Luzern, Neuenburg, Zürich und der italienischen Schweiz sowie an der ETHZ ist es möglich, auch ohne gymnasiales Maturitätszeugnis zu studieren. Dabei kommen besondere Aufnahmeverfahren zur Anwendung, die von Universität zu Universität, von Fakultät zu Fakultät verschieden sind. Unter anderem wird ein bestimmtes Mindestalter vorausgesetzt (30 in Bern und Freiburg, 25 in Genf, Luzern und Tessin).

Fachhochschulen

Wer sich an einer Schweizer Fachhochschule einschreiben will, benötigt eine abgeschlossene berufliche Grundbildung meist in einem mit der Studienrichtung verwandten Beruf plus Berufsmaturität oder eine entsprechende Fachmaturität.

In den meisten Studiengängen wird man mit einer gymnasialen Maturität aufgenommen, wenn man zusätzlich ein Jahr berufliche Praxis (z.B. ein Berufspraktikum) vorweisen kann.

Ebenfalls ein in der Regel einjähriges Praktikum muss absolvieren, wer eine berufliche Grundbildung in einem fachfremden Beruf absolviert hat.

In einigen Studienrichtungen werden Aufnahmeprüfungen durchgeführt. In den Fachbereichen Gesundheit, Soziale Arbeit, Kunst, Musik, Theater, Angewandte Linguistik und Angewandte Psychologie werden ergänzend Eignungsabklärungen und/oder Vorkurse verlangt.

Pädagogische Hochschulen

Die Zulassungsvoraussetzung für die Pädagogischen Hochschulen ist in der Regel die gymnasiale Maturität. Je nach Vorbildung gibt es besondere Aufnahmeverfahren bzw. -regelungen. Erkundigen Sie sich direkt bei der entsprechenden Hochschule.

Studieninteressierte mit ausländischem Vorbildungsausweis

Die Zulassungstellen der einzelnen schweizerischen Hochschulen bestimmen autonom und im Einzelfall, unter welchen Voraussetzungen Studierende mit ausländischem Vorbildungsausweis zum Studium zugelassen werden.

ZULASSUNG ZUM MASTER

> s. Master



PORTRÄTS VON STUDIERENDEN

In den folgenden Interviews und Porträts berichten Studentinnen und Studenten, wie sie ihre Ausbildung erleben.

ASTRID KAMMERER

Chemie, Bachelorstudium,
Zürcher Hochschule für
Angewandte Wissenschaften ZHAW

FABIAN SCHÜRCH

Chemie, Masterstudium,
Universität Basel

NINA KLÄY

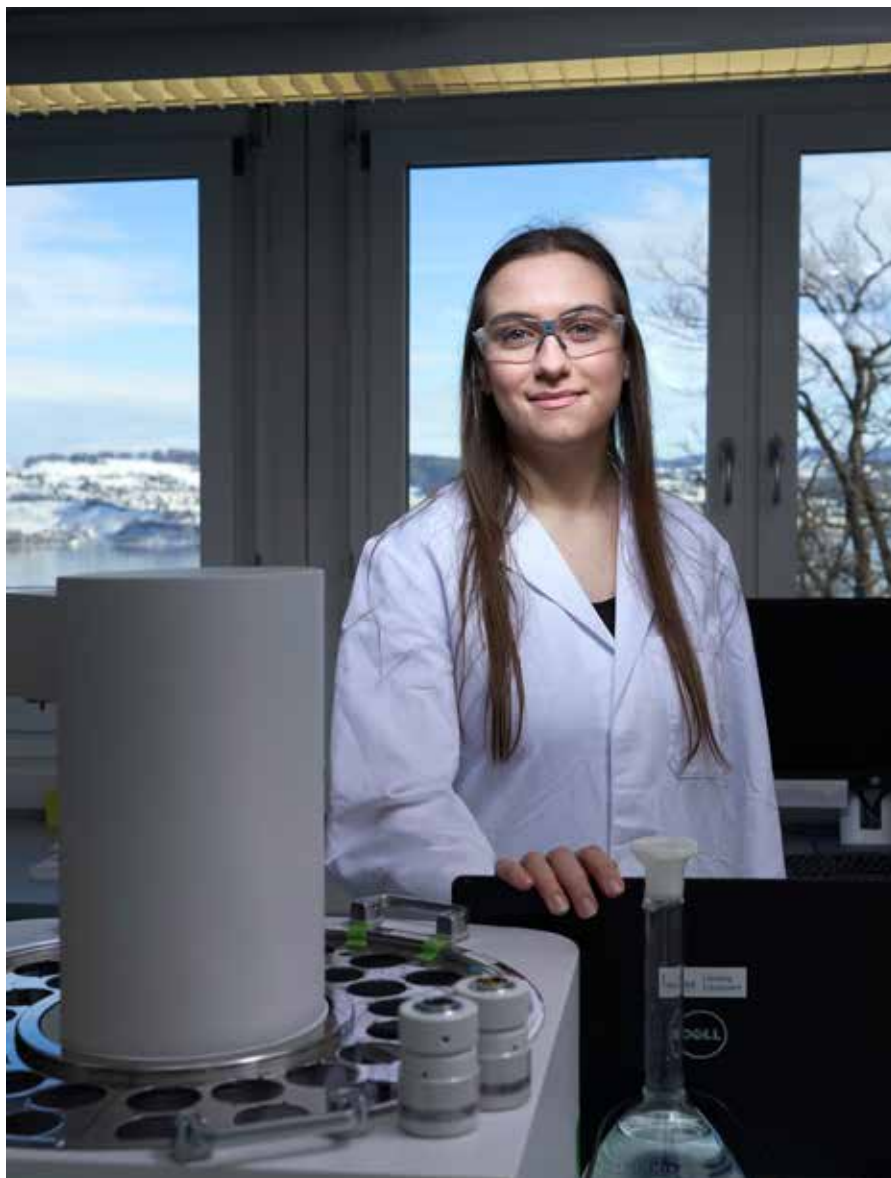
Biochemie, Masterstudium,
Universität Bern

TEJAS DESHPANDE

Chemieingenieurwissenschaften,
Bachelorstudium,
ETH Zürich

LILIA RÜEGG

Wirtschaftschemie, Masterstudium,
Universität Zürich



Astrid Kammerer, Bachelorstudium in Chemie, 5. Semester, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement Life Sciences und Facility Management

«IM PRAKTIKUM KANN ICH GELERNTES DIREKT PRAKTISCH ANWENDEN»

Nach der Sekundarschule hat sich Astrid Kammerer (22) für eine berufliche Grundbildung als Laborantin EFZ Fachrichtung Chemie entschieden, da sie sich für Chemie interessierte. Dazu absolvierte sie während der Lehre die technische Berufsmaturität. Danach wollte sie noch tiefer in die Chemie eintauchen, ohne den praktischen Bezug zu verlieren.

Ein Chemiestudium an einer Fachhochschule passte damit perfekt. Für die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW hat sich Astrid Kammerer aufgrund der geografischen Nähe zu ihrem Wohnort und weil sie der Aufbau des Studiums

überzeugte entschieden. Ausserdem kann man während des Studiums zwischen zwei Vertiefungsrichtungen wählen: Chemie oder Biologische Chemie. «Da ich auch an Biologie interessiert war, war Biologische Chemie für mich ideal. So musste ich mich nicht

zwischen Chemie und Biologie entscheiden.»

Zu Beginn musste sie sich an die neue Umgebung mit grösserer Klasse gewöhnen. Auch sei eine Lektion im Studium anders, als man es sich aus der vorherigen Schule gewöhnt sei. Hier vermittele einem der Dozent oder die Dozentin das Wissen und den Stoff. Während dem Unterricht sollte man sich Notizen machen. Zu Hause müsse man dann selbstständig Übungen lösen, den Stoff repetieren und Zusammenfassungen schreiben. «Ich musste mich zuerst daran gewöhnen, selbstständiger zu werden.» Zu Beginn sei das Unterrichtstempo noch gemächlich, es steigere sich danach aber schnell, erzählt Astrid Kammerer.

NEUE METHODEN LERNEN

Im ersten Jahr sei der Anteil an theoretischen Veranstaltungen grösser als später. Es werden darin die Grundlagen vermittelt. Astrid Kammerer hatte aber auch einen Tag Praktikum pro Woche. Im zweiten und dritten Jahr steigert sich der praktische Anteil auf zwei Tage pro Woche und man kann bereits Gelerntes direkt praktisch anwenden. Im letzten Semester besucht man ein halbes Semester lang drei Tage die Woche das Vertiefungspraktikum, das auf die Bachelorarbeit vorbereitet. Im Anschluss schreibt man seine Bachelorarbeit. Hier bekommt man ein Projekt, das praktisch im Labor durchgeführt und danach schriftlich festgehalten wird.

Am besten gefallen haben Astrid Kammerer im Studium der grosse praktische Anteil und das Lernen neuer praktischer Methoden. «Ausserdem finde ich es grossartig, dass wir kleinere Klassen sind als an einer Uni. Man kennt jeden seiner Mitschülerinnen und Mitschüler, und auch die Dozierenden kennen meist unsere Namen. So ist der Unterricht viel persönlicher.»

Durch das Schreiben von Arbeiten und Lösen von Übungen sowie durch das Repetieren von Lerninhalten bringt Astrid Kammerer einen grossen Teil ihrer Freizeit mit Lernen. Jedoch sei es wichtig, dass man zum Ausgleich neben dem Studium auch

noch ein Hobby habe. «Ich persönlich spiele Querflöte und treibe ab und zu Sport. Diese Hobbys sind für mich ein guter Ausgleich zum Stress im Studium und ich kann sie mir flexibel einteilen.» Zusätzlich einen kleineren Job an den Wochenenden zu haben, sei zwar möglich, aber stressig. Alternativ könne man Teilzeit studieren.

MATHEMATISCHE GRUNDLAGEN

Eine technische oder naturwissenschaftliche Berufsmaturität oder ein naturwissenschaftlicher Schwerpunkt bei der gymnasialen Maturität ist aus Sicht von Astrid Kammerer empfehlenswert, weil für das Studium mathematische Grundlagen wichtig sind. Englisch ist die Sprache der Naturwissenschaften. Im Chemiestudium an der ZHAW besuchte sie während der ersten vier Semester bloss eine Vorlesung in englischer Sprache. Zu Studienbeginn reichten deshalb die Englischkenntnisse der Berufsmaturität oder der gymnasialen Maturität.

«Die Prüfungsphase nach jedem Semester ist jeweils eine stressige Zeit, da man sehr viel Stoff lernen muss. Man lernt aber dabei, mit Stress umzugehen und auch, wie man sich seine Lern- und Freizeit einteilen muss.» Wichtig sei, dass man sich auch Pausen gönne und sogar noch etwas Sport

treibe oder musiziere. «Am Ende ist es aber immer wieder schön, wenn sich der ganze Arbeitsaufwand mit guten Noten auszahlt», sagt Astrid Kammerer.

OFFENE ZUKUNFT

Zum Zeitpunkt dieses Interviews habe sie noch keine konkreten Pläne für die Zeit nach dem Bachelor. «Mit einem Bachelorabschluss einer Fachhochschule bin ich nach dem Studium grundsätzlich berufsbefähigt. Ich interessiere mich aber auch für den Masterstudiengang der ZHAW.»

Porträt

Barbara Kunz



Das Institut für Chemie und Biotechnologie an der ZHAW bringt gezielt Kompetenzen von Chemie und Life Sciences zusammen und fokussiert dabei auf die Anliegen von KMU, Gewerbe und Industrie in der Pharma-, Chemie- und Umweltbranche.



Fabian Schürch, Masterstudium in Chemie, 3. Semester, Universität Basel

«ICH WERDE EIN KOMPETENTER CHEMIKER»

Nach der gymnasialen Maturität mit Schwerpunkt Biologie/Chemie schloss Fabian Schürch (22) den Bachelor Chemie an der Universität Basel ab. Für ihn war es keine Frage, dass er im Master weiterstudiert. Denn mit dem Bachelorabschluss alleine sei man auf dem Arbeitsmarkt in der Chemiebranche unterqualifiziert.

«Der Übergang in den Master war flussend: Bereits während dem Bachelor konnte ich Mastervorlesungen besuchen. Basel habe ich für das weiterführende Studium gewählt, weil ich nach drei Jahren Bachelorstudium das Departement, die Professoren, die

Doktorandinnen und die anderen Studierenden fast alle persönlich kenne. Die Universität zu wechseln, wäre nach dem Bachelorabschluss möglich gewesen, kam aber für mich nicht infrage.

Das Bachelorstudium fand ich an-

spruchsvoll, weil alles vorgegeben ist. Der Vorteil davon ist, dass man im Bachelorstudium klare Rahmenbedingungen hat und gut geführt wird. Die obligatorischen Fächer in den vier Grundrichtungen der Chemie (Anorganische, Organische, Analytische und Physikalische Chemie) ergeben eine gezielte Vorbereitung auf ein Masterstudium. Jetzt – im Master – genieße ich es, dass ich meine bevorzugten Fächer sehr frei wählen kann.

THEORIE UND PRAXIS HALB-HALB

Im Normalfall beschäftige ich mich einen halben Tag mit Vorlesungen und Übungen – somit mit dem theoretischen Teil des Studiums. Die zweite Tageshälfte verbringe ich im Labor. Im Bachelor war dies ein vorgegebener praktischer Kurs in einer der Grundrichtungen der Chemie. Im Master verfolge ich ein eigenes Forschungsprojekt, dabei werde ich von einem Doktoranden oder einer Doktorandin betreut.

Über das gesamte Studium hinweg ist dieses Verhältnis von theoretischen Veranstaltungen und praktischer Arbeit ziemlich genau halb-halb. Im Laufe des Semesters überwiegt oft sogar der praktische Teil. Für die Prüfungen fokussiert man sich dann eher auf die theoretischen Aspekte aus den Vorlesungen und festigt dieses Wissen.

Nach Feierabend gilt es, entweder Berichte zu schreiben, Vorlesungen zu behandeln oder schliesslich auch etwas den schönen Seiten des Studierendenlebens zu frönen. Es gibt viele verschiedene Vereine und Studierendenverbindungen in den Universitätsstädten, wo man sich treffen und vernetzen kann. Da an der Uni Basel die Jahrgänge im Chemiestudium übersichtlich sind, hat man tendenziell einen guten Zusammenhalt unter den Studierenden. Man hilft sich gegenseitig und man vergnügt sich zusammen.

ZEITINTENSIVES STUDIUM

Wenn man den Bachelor in Vollzeit studiert, ist man auch vollzeitbeschäftigt (acht bis neun Stunden pro Tag). Natürlich ist man relativ frei bei der Einteilung des Aufwandes, zumindest bei den theoretischen Arbeiten.

Schliesslich müssen einfach die Abgabefristen und Prüfungstermine eingehalten werden. Im Master wird man über eigene Projekte immer mehr in Forschungsgruppen eingegliedert. Da ist man ebenfalls Vollzeit beschäftigt. Der Aufwand für die theoretischen Aspekte des Masterstudiums ist eher kleiner als im Bachelor.

Ich war im Bachelor manchmal erstaunt, wie zeitintensiv das Studium sein kann. Man braucht Durchhaltewillen und muss fokussieren können. Dies geht mit der Zeit immer besser, man gewöhnt sich daran und entwickelt immer effizientere Herangehensweisen an die gestellten Aufgaben.

Im Bachelor ist es möglich, einem kleineren Nebenjob (10 bis 20 Prozent) nachzugehen. Doch füllt das Studium zeitweise den Zeitplan vollständig aus. Flexibilität im Nebenjob ist hier sehr hilfreich. Wer Teilzeit studiert und das Studium in die Länge zieht, kann natürlich gut arbeiten. Im Masterstudium ist ein Nebenverdienst kein Problem.

Freizeitbeschäftigung als Ausgleich ist immer möglich und auch nötig. Es braucht aber gesundes Zeitmanagement. Durch die fast ausschliesslich technisch-wissenschaftliche Natur des Studiums merkte ich zu Beginn, dass ich andere Qualitäten vernachlässigte, die ich mir im Gymnasium ebenfalls angeeignet hatte. Mir ist es wichtig, ausgleichende Interessen zu verfolgen und soziale Kontakte zu pflegen. Das Schönste am Studium ist, dass ich mich zu einem kompetenten Chemiker heranbilde. Dies hilft mir in allen Lebensbereichen und bei allen Fragestellungen, analytisch vorzugehen und den Fokus auf die wichtigen Dinge zu legen. Die Chemie und ihre Schnittstellen sind sehr interessant und bleiben hochaktuell, egal vor welchen konkreten Herausforderungen die wissenschaftliche und wirtschaftliche Welt gerade steht. Ebenfalls spannend sind die vielfältigen beruflichen Perspektiven. Diese gehen weit über die klassische Chemiebranche hinaus. Dies hat mich auch immer bestärkt, weiterhin Gas zu geben.

Ein zusätzlicher schöner Punkt ist die sehr internationale Community in der

Chemie und allgemein in den Naturwissenschaften. Man kommt in Kontakt mit Menschen aus der ganzen Welt, kann verschiedenste Sprachen nützen und erfährt vom Leben in anderen Umfeldern als der Schweiz.

KOMMUNIKATION IN ENGLISCH

Im Chemiestudium habe ich relativ schnell begonnen, Englisch zu schreiben und zu reden. Dies zum einen, weil die Betreuer und Professorinnen oft nicht deutschsprachig sind, zum anderen weil spätestens ab dem Masterstudium sowieso alles in Englisch ist. Die Englischgrundkenntnisse aus den vorbereitenden Schulen sind also hilfreich. Jedoch kenne ich niemanden, der aufgrund der Sprache an seine Grenzen gestossen wäre. Natürlich ist es immer praktisch, wenn man in verschiedenen Sprachen kommunizieren kann, für den Alltag ist jedoch nur Englisch notwendig und das lernt man schnell. Ausserdem spielt es keine Rolle, wie fehlerfrei man sprechen und schreiben kann – Hauptsache, die Kommunikation ist möglich!

Im Normalfall sind die Prüfungen fair und sinnvoll aufgebaut. Wer die Materie verstanden hat, besteht. In der Vorbereitungsphase empfehle ich aber allen, mit Engagement nicht zu spa-

ren. Die Prüfungsphasen sind intensiv und dauern je nachdem lange. Sie können aber fachlich und anderweitig auch sehr ergiebig sein, wenn man sich mit ein paar Mitstudierenden zusammensetzt. Ich möchte diese intensiven Phasen nicht missen: Ich lernte, mit Druck umzugehen und mich auf das Wesentliche zu fokussieren.

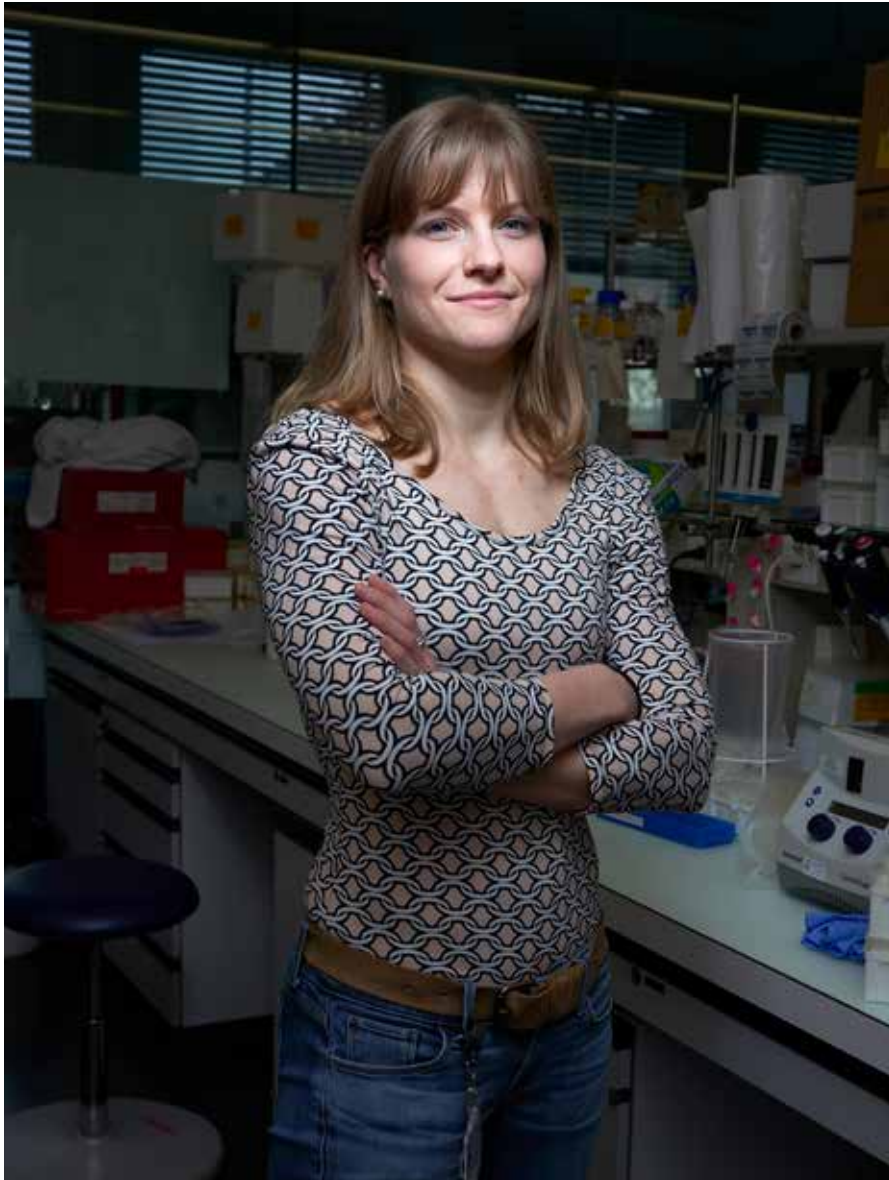
Ich sehe für mich mehrere Optionen nach dem Master. Chemikerinnen und Chemiker findet man (fast) überall in der Arbeitswelt. Ich möchte nicht in die klassische Forschung einsteigen, sondern früher oder später wirtschaftlich tätig sein. In vielen Managementpositionen findet man Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler. Ich weiss noch nicht, ob ich doktorieren will. Meines Wissens haben über die Hälfte der Chemikerinnen und Chemiker doktriert. Das Doktorat dauert ca. vier Jahre. Man spezialisiert sich dabei auf ein sehr spezifisches Forschungsgebiet. Doch auch ohne Doktorat gibt es verschiedene spannende Möglichkeiten für den Berufseinstieg.»

Porträt

Barbara Kunz



Klare Rahmenbedingungen im Bachelor, intensive Prüfungsphasen und eine sehr internationale Community: Fabian Schürch schätzt das Chemiestudium an der Universität Basel sehr.



Nina Kläy, Masterstudium in Biochemie, 3. Semester, Universität Bern

«NATURWISSENSCHAFTEN LÜGEN NICHT»

In ihrem Master in Biochemie an der Universität Bern kann Nina Kläy (31) an ihrem Bachelorprojekt weiterarbeiten: «Biochemical purification and characterization of multi-subunit complexes involved in nonsense-mediated mRNA decay (NMD)».

«Ich habe mich schon während der Bachelorarbeit sehr wohl gefühlt in der Gruppe, und das Arbeiten in diesem Team machte mir viel Spass: Es ist produktiv und resultatorientiert, ganz nach meinem Geschmack. Mein Betreuer fordert und fördert mich, was

meinem Ehrgeiz und Mindset sehr entspricht.

Seit der Bachelorarbeit habe ich eine 40-Prozent-Anstellung im Bereich der Medizintechnik-Dienstleistung Clinical Services und Regulatory Affairs bei Integrated Scientific Services, ISS

AG, was eine perfekte angewandte Praxis meiner wissenschaftlichen Ausbildung ist. Damit hatte ich die optimalen Rahmenbedingungen für den Master of Molecular Sciences mit Vertiefung Biochemistry/Chemical Biology an der Universität Bern. Erst bei Beginn des Masters erfuhren wir, dass wir Masterstudierenden in der Forschung keine regulären Semesterferien haben, sondern fünf Wochen Ferien pro Jahr wie «normale» Forschungsangestellte. Das ist der einzige Wermutstropfen.

DICHTES ARBEITSPROGRAMM

Morgens geht es ins Labor, um Experimente durchzuführen. Diese müssen sehr sorgfältig geplant werden, inklusive zeitlichem Ablauf. An manchen Tagen stehen Gruppenmeetings oder Seminare auf dem Programm. In den meisten Semestern habe ich zwei bis drei Vorlesungen pro Woche. Feierabend ist dann, wenn alles erledigt ist. Dazu gehört auch das Führen des Labjournals. In diesem notiert und dokumentiert man alle experimentellen Schritte, Resultate, mögliche Lösungsansätze, falls etwas nicht geklappt hat, und alles andere, was zum Laboralltag gehört. Anhand des Laborjournals soll ein Experiment von jemand anderem wiederholt werden können und optimalerweise zum gleichen Resultat führen. Ebenfalls ist das Labjournal die Basis für die Masterarbeit. Zu guter Letzt erledige ich noch meine Labjobs: Jedes Gruppenmitglied ist verantwortlich für diverse, meist eher kleine Aufgaben, die nicht von unserer Lab-Managerin oder von unserer Lab Technician erledigt werden, wie das Herstellen gewisser Buffer (Lösungen zum Durchführen von Experimenten). Je besser die Planung ist, desto effizienter kommt man durch und desto früher kann man nach Hause gehen. Bei mir ist das zwischen 16.30 und 17.30 Uhr.

PRAXIS ÜBERWIEGT

Unser Master besteht aus 90 ECTS, wovon 30 ECTS aus Vorlesungen, also Theorie, bestehen und 60 ECTS aus der Masterarbeit. Diese beinhaltet die tagtägliche Arbeit im Labor sowie Se-

minare oder Präsentationen. Schon im Bachelor hatten wir einen grossen Anteil an Praktika. Das ist ein grosser Pluspunkt des Biochemiestudiums. Obschon man viele Berichte in den Praktika schreiben muss, machen diese mir Spass: Man lernt die Forschungsgruppen kennen und lernt wissenschaftliches Arbeiten. Praktisches Arbeiten ist auch eine willkommene Abwechslung zu den theoretischen Vorlesungen. Was mir an den Naturwissenschaften gefällt, sind die faktenbasierten Vorlesungen. Physik lügt nicht. Zahlen lügen nicht. Das entspricht meiner Denkweise.

Ich arbeite für das Studium wie in einem 60-Prozent-Pensum eines «normalen» Jobs; eher mehr, da ich an Wochenenden manchmal auch Laborarbeit habe und/oder Vorlesungen bearbeite. Ich absolviere den Master in zwei Jahren statt in eineinhalb wegen meiner Arbeit. Die meisten Studierenden meiner Studienrichtung machen den Master jedoch ohne Berufstätigkeit (haben demnach ein 100-Prozent-Pensum, Tendenz mehr). Mein Ziel ist es aber auch, beim Projekt sowie in

den Vorlesungen effizient voranzukommen und einen Ausgleich zum Studium zu haben.

Es braucht eine hohe Konzentration und einen starken Fokus in meinem Studium! Wer fokussierter arbeitet, hat weniger Experimente, die wegen technischen Fehlern schief laufen und wiederholt werden müssen. Für die Vorlesungen heisst das auch, dass ich mit sehr wenig zeitlichem Aufwand sehr gute Noten erreiche. Diese Studienrichtung gehört aber sicher zu den zeitaufwändigsten. Zeit für Hobbys und soziale Kontakte muss ich mir nehmen, organisieren und einteilen.

INTERNATIONALES UMFELD

Forschungssprache ist Englisch, auch Präsentationen und die tägliche Kommunikation sind in Englisch. Vorlesungen sind ausschliesslich in Englisch. Das Arbeitsumfeld ist international, weshalb es ein Vorteil sein kann, weitere Sprachen zu beherrschen. Es ist aber keine Voraussetzung.

Grundsätzlich sind die Prüfungen fair – es wird das abgefragt, was Inhalt der

Vorlesung war. Oft wird auch klar kommuniziert, was erwartet wird. Eine Ausnahme war das Modul für Biologen und Biochemikerinnen. Die Biologen und Biologinnen hatten zusätzlich zur Vorlesung ein Praktikum, wir nicht. Da die Prüfung eher auf das Praktikum abgestimmt war, waren die Biochemiker und -chemikerinnen im Nachteil. Nichtsdestotrotz war die Prüfung machbar.

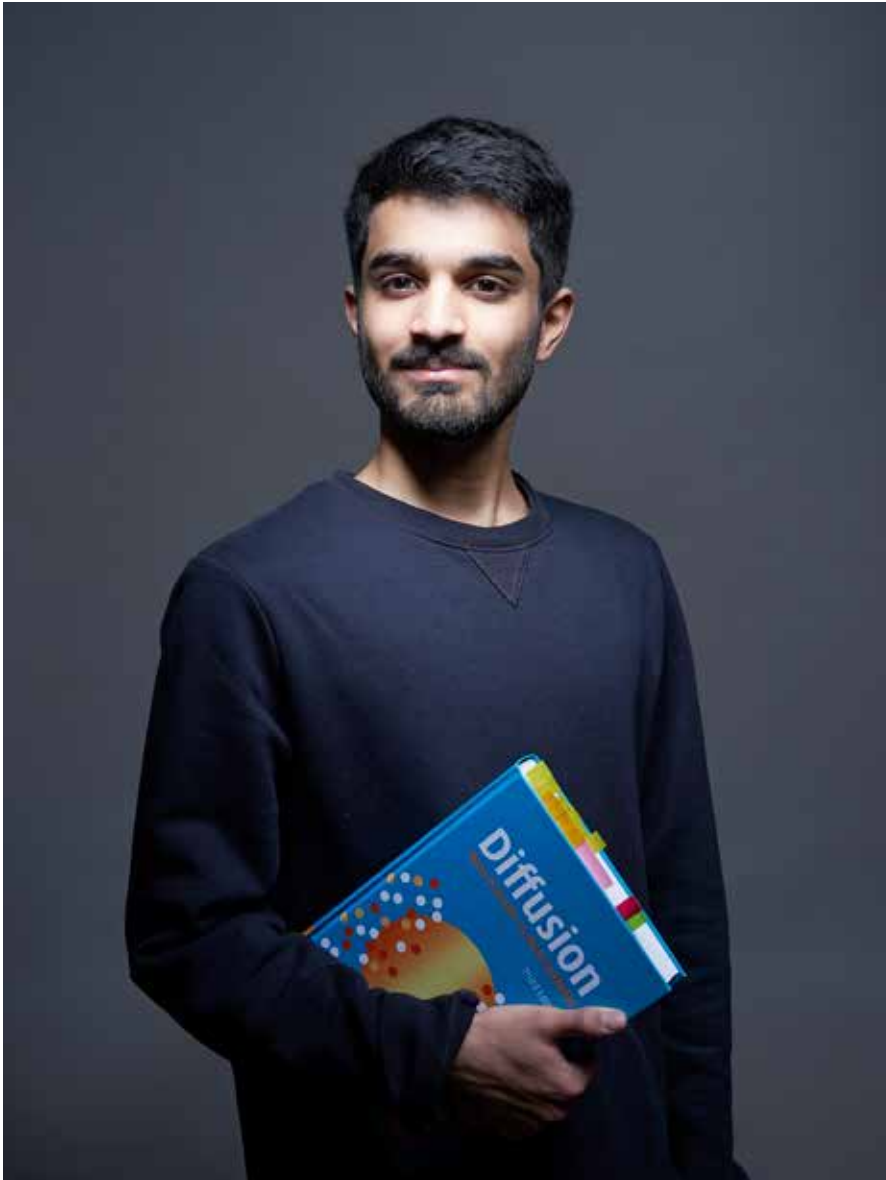
Da ich schon in meinem Fachgebiet in einer privaten Firma arbeite, kann ich mir nach dem Abschluss des Masters Zeit nehmen, um herauszufinden, was beruflich als Nächstes kommen könnte. Ich freue mich auf einen weniger hektischen Alltag und darauf, wieder mehr Zeit für mich zu haben. Ausserdem habe ich viele Orte im Kopf, die ich gerne besuchen, bereisen und erleben möchte. Hoffentlich lassen sich ein paar mit einem Volunteering-Einsatz im Bereich des Tierschutzes kombinieren: Mein Herz schlägt für Tiere.»

Porträt

Barbara Kunz



Praktisches Arbeiten im Labor spielt in allen Chemiestudienfächern an den Hochschulen eine grosse Rolle. Im Bild das Biosicherheitslabor BSL-3 des Instituts für Infektionskrankheiten der Universität Bern.



Tejas Deshpande, Bachelorstudium in Chemieingenieurwissenschaften, 5. Semester, ETH Zürich

«MAN KÖNNTE BELIEBIG LANG WEITER LERNEN»

Tejas Deshpande (20) wusste schon im Gymnasium, dass er in Richtung Ingenieurwissenschaften oder Naturwissenschaften gehen wollte. Er stiess beim Browsen der ETH-Studiengänge auf die Chemieingenieurwissenschaften und merkte, dass ihn die dazugehörigen Fächer alle interessierten.

Den eigentlichen Entscheid traf er bereits Anfang Maturitätsjahr, doch wartete er bis zum Anmeldetermin, ob sich seine Interessen noch änderten: «Meine Interessen blieben. Ich wählte Chemieingenieurwissenschaften an-

statt Chemie, weil ich zwar an allen Naturwissenschaften interessiert war, aber eigentlich lieber Mathematik als Chemie hatte. Ebenfalls fand ich erneuerbare Energien extrem spannend, daher sah ich mich eher beim Enginee-

ring. Die ETH wählte ich, weil sie eine hervorragende Ausbildung in genau den Themen bietet, die mich interessieren, und quasi vor meiner Haustür ist.»

Wie haben Sie den Einstieg ins Studium erlebt?

Der Studienanfang war ein Sprung ins kalte Wasser. Obwohl ich mich am Gymi schon mit dem Doppelabschluss Maturität/International Baccalauréat gefordert hatte, gab es eine völlig neue Menge an Arbeit. Die Übungen waren schwer, die Vorlesungen sehr dicht gepackt mit Information, die man nacharbeiten musste. Dazu kam noch das Praktikum, drei Mal die Woche nachmittags, das einem recht wenig Zeit bot, die Dinge im eigenen Tempo aufzuarbeiten. Der Grossteil des Stoffes habe ich in der zweimonatigen Winterpause gelernt, in der ich im ersten Jahr zum Glück noch keine Prüfungen hatte. Das hat sehr gut geklappt und die Zeit hat gut gereicht.

Beschreiben Sie bitte einen «normalen» Studientag.

Ich stehe meist um 6 Uhr auf, mache mich bereit, nehme den ÖV bis an den ETH Hönggerberg Campus. Die Vorlesungen beginnen um 7.45 Uhr. Nachmittags waren in den ersten zwei Jahren die Praktika. Das Verhältnis zwischen theoretischen Veranstaltungen und praktischer Arbeit war da ziemlich genau 50 zu 50. Die viele Zeit mit praktischer Labortätigkeit gehört in der Chemie einfach dazu. Im fünften Semester habe ich jetzt manchmal Vorlesungen am Nachmittag und viel weniger Labor. Dafür sind die Übungen aufwändiger und basieren auf dem Programmieren.

Man beginnt, Dinge eher im Ingenieursstil zu lösen, d.h. numerisch anstatt analytisch und am Laptop anstatt auf Papier. Oft bleibe ich noch bis zum frühen Abend (17 bis 18 Uhr) an der ETH, um Übungsserien zu lösen oder Stoff nachzuarbeiten, da ich zu Hause gerne einfach entspanne. Manchmal treibe ich am Abend Sport im Akademischen Sportverein Zürich (ASVZ) Hönggerberg oder gehe nach Hause, um Geige zu spielen. Nach dem

Abendessen mache ich eigentlich nur noch ungern Dinge fürs Studium, ich entspanne lieber mit einem Film.

Wie viel Zeit investieren Sie in Ihr Studium?

Ich investiere sehr viel Zeit, oftmals auch an Wochenenden. Dies ist in diesem Studium, bzw. allgemein an der ETH zu einem gewissen Grad nötig, um am Ball zu bleiben. Geld verdienen ist daneben nur eingeschränkt möglich. Ich gebe Tutorate, aber maximal zwei Mal die Woche etwa drei Stunden. Mehr ist machbar, aber man muss ein sehr gutes Zeitmanagement haben, um alles unter einen Hut zu bringen. Hingegen spiele ich extrem gerne und schon sehr lange Geige. Ich spiele ab und zu immer noch Konzerte. Es muss jedoch gesagt sein, dass man sich Zeit für seine Hobbys nehmen muss: Aktiv den Laptop ausschalten und die Skripte weglegen, denn man könnte beliebig lang weiter lernen!

Entspricht das Studium Ihren Erwartungen?

Mir ist in den ersten zwei Jahren vor allem aufgefallen, dass man extrem viel Chemie und Chemiepraktika hat und sehr wenig klassische Ingenieurfächer. Anders formuliert: Die ersten zwei Jahre sind identisch mit Chemie. Das hatte ich nicht erwartet. Was mir am Studium jedoch gefällt, ist, dass man an der ETH immer gefordert wird, aus der Komfortzone zu gehen. Man stagniert nie, ist nie gelangweilt und lernt immer etwas dazu. Man lernt, seine Zeit und den Druck zu managen. Dazu bekommt man in Chemie/Chemieingenieurwissenschaften eine sehr breite Ausbildung in den Naturwissenschaften, was ich fantastisch finde. Ich muss unbedingt noch sagen, dass ich im Studium super Leute kennengelernt habe, die nun einige meiner engsten Freunde sind. Sie waren und sind in den «tough times» immer da für mich, und ohne sie wäre die Erfahrung des Studiums eine ganz andere. Den Stress und die manchmal extrem schweren und selektiven Prüfungen nehme ich ab und zu als negativ wahr, aber das gehört halt zu einer hervorragenden Ausbildung dazu.

Wie wichtig ist der Maturitätsschwerpunkt zum Erfolg in Ihrem Studium?

Überhaupt nicht wichtig. Sogar mit Ergänzungsfach Mathematik reichte das Mathevorwissen nur gerade für die ersten fünf Wochen und zwar nur in einem Fach (Analysis I). Alles andere lernt man neu dazu.

Wie wichtig sind Sprachkenntnisse in Ihrem Studium?

Deutsch ist in den ersten zwei Jahren die häufigste Unterrichtssprache. Laborberichte werden jedoch auf Englisch verfasst, und die Laborassistentinnen und -assistenten sind oft englischsprachig. Daher hat man einen Vorteil, wenn man bereits gute Englischkenntnisse hat. Ein normales Gymiabschluss-Englisch reicht meiner Meinung nach aber aus für den Anfang.

Welche Erfahrungen haben Sie mit Prüfungen in Ihrem Studium gesammelt?

Gutes Zeitmanagement ist extrem wichtig. Ich lerne nur ohne Ablenkung.

Ich entspanne nur ohne Ablenkung (was genauso wichtig ist). Ebenfalls habe ich gelernt, meinem Lernprozess zu vertrauen und mir bei der Prüfung nicht Druck zu machen. Druck wegen Erwartungen macht nur unnötig nervös. Es ist schwer, das in der Prüfungsphase im Kopf zu behalten, aber ich bin besser geworden darin.

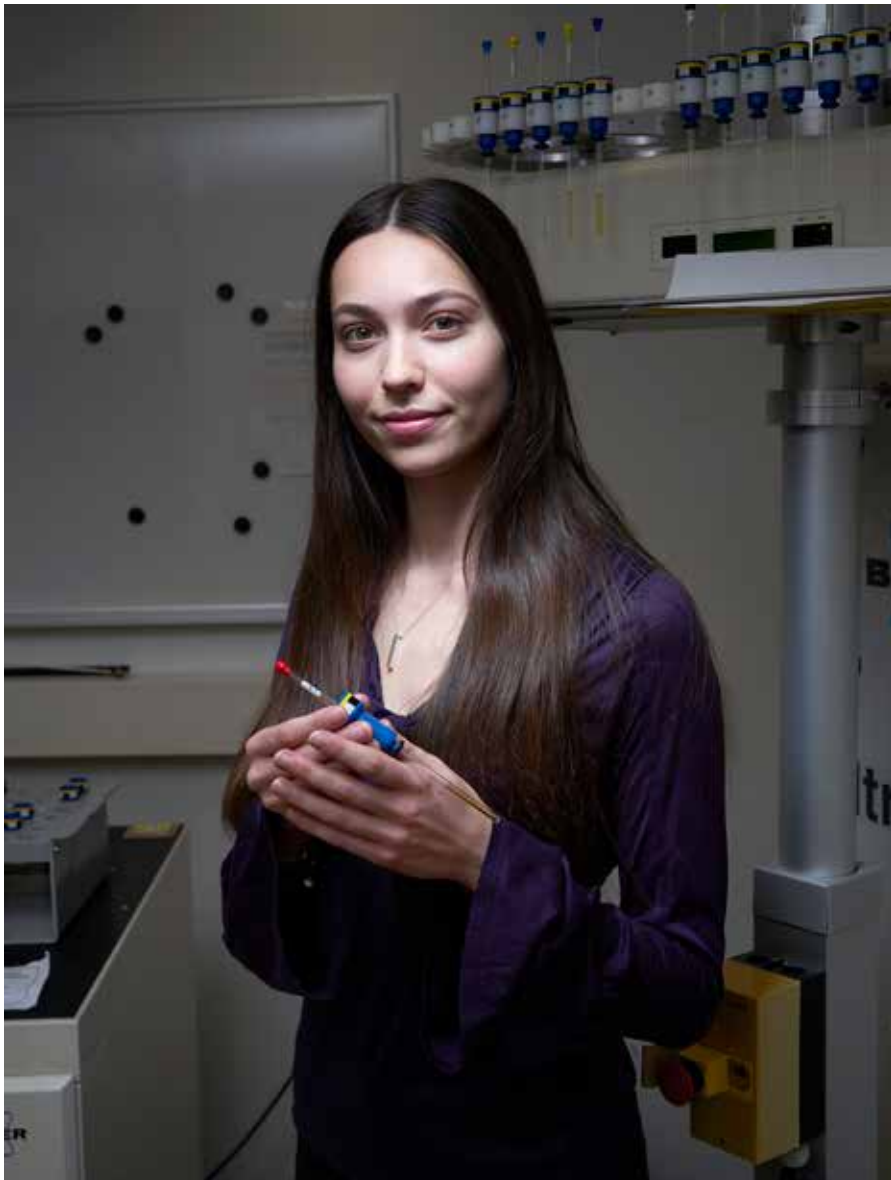
Können Sie zukünftigen Studierenden Tipps geben für die Studienwahl? Für den Studieneinstieg?

Ihr werdet sehr viel Zeit eures Lebens dem Studium widmen. Darum: Macht unbedingt etwas, das euch Spass macht und in dem ihr halbwegs gut seid. Wenn ihr mal einige Wochen «im Loch» seid, gebt nicht auf. Diese Phasen hat jede und jeder. Das Wichtigste ist, dass man sich bewusst macht, wieso man dieses Studium begonnen hat, und dass man es schafft, sich wieder zu motivieren. Viel Glück!

Interview
Barbara Kunz



Das Departement Chemie und Angewandte Biowissenschaften der ETH befindet sich auf dem Campus der ETH auf dem Höggerberg.



Lilia Rüegg, Masterstudium in Wirtschaftschemie, 1. Semester, Universität Zürich

«ICH KONNTE FRÜH KONTAKTE ZUR INDUSTRIE HERSTELLEN»

Lilia Rüegg (23) hat breit gefächerte Interessen. Die gymnasiale Maturität absolvierte sie mit dem Schwerpunkt Spanisch. Naturwissenschaften faszinieren sie, doch will sie in Zukunft nicht im Labor arbeiten, sondern eine eher wirtschaftsorientierte Tätigkeit ausüben. So studiert sie Wirtschaftschemie, zuerst im Bachelor und nun im Master.

Eingeführt wurde der junge Studiengang, weil der Bedarf an Chemikerinnen und Chemikern mit Wirtschaftskenntnissen in der Industrie die letzten Jahre enorm gestiegen ist und die klassischen Ausbildungen dem Bedürfnis

nicht gerecht werden. Die entsprechende Interdisziplinarität und Praxisorientierung des Studiengangs, der in der Schweiz ausschliesslich an der Universität Zürich angeboten wird, haben Lilia Rüegg überzeugt.

Wie haben Sie den Einstieg ins Masterstudium erlebt?

Als sehr angenehm. Ich habe den Bachelor in Wirtschaftschemie absolviert, also kannte ich bereits die meisten Professoren und Professorinnen und auch die Studierenden. Die familiäre Atmosphäre, bedingt durch den kleinen Studiengang, ermöglicht einen semesterübergreifenden Austausch und erleichtert das Studium sehr. Zudem gab es Infoveranstaltungen, die allfällige Unklarheiten klärten.

Beschreiben Sie bitte einen «normalen» Studientag.

Im Master ist man in der Gestaltung des Stundenplans relativ frei und kann sich die Schwerpunkte selber setzen. Am Morgen hat man beispielsweise Chemievorlesungen mit 20 bis 50 Personen am Campus Irchel und am Nachmittag Wirtschaftsvorlesungen mit 100 bis 1000 Personen im Hauptgebäude der Universität Zürich. Die Unterschiede sind spürbar und man muss schnell umdenken können: vom kleinsten Atomorbital bis zu den grossen Zusammenhängen in der Makroökonomie. Nach den Lehrveranstaltungen besteht ein breites Angebot, um dem Studienstress zu entkommen, sei es mit einem kühlen Bier in der Irchelbar oder durch Auspowern im ASVZ (Akademischer Sportverband Zürich).

Wie gross ist der Anteil theoretischer Veranstaltungen, wie viel ist praktische Arbeit in Ihrem Studium?

Man kann seinen Fokus selber setzen. Die einzige obligatorische praktische Arbeit ist die Masterarbeit, die 45 ECTS umfasst, also 50 Prozent des Masters.

Wie viel Zeit investieren Sie in Ihr Studium? Finden Sie Zeit fürs Geldverdienen und für Hobbys?

Je nachdem, wie man sich seine Module einteilt, kann der Studienalltag zeitaufwändiger gestaltet werden oder nicht. Im Vergleich zum Bachelor investiere ich deutlich weniger Zeit in das Studium. Neben dem Studium zu arbeiten, ist möglich und beliebt. Ich

arbeite momentan 40 Prozent bei einer Pharmafirma. Dies lässt sich ohne Probleme mit dem Studium vereinbaren. Industriepraktika werden sogar mit 5 ECTS belohnt und damit von der Universität gefördert.

Die Work-Life-Balance ist ein wichtiges Thema und kommt für mich nicht zu kurz. Man hat viele Freiheiten bei der Wahl der Module und auch der Dauer des Studiums, also kann man sich problemlos auch anderen Themen widmen.

Was gefällt Ihnen an Ihrem Studium?

Mir gefällt vor allem die Abwechslung zwischen naturwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Fächern. Nach einer theoretischen Vorlesung in Betriebswirtschaftslehre beispielsweise freue ich mich auf eine abstrakte Vorlesung in Organischer Chemie. Dies hält mich geistig fit und verlängert meine Aufmerksamkeitsspanne.

Ausserdem ist der Studiengang sehr praxisorientiert. Es werden sehr früh Bezüge zur Industrie hergestellt und Kontakte geknüpft, dies in Form von

«Eine in der Industrie durchgeführte Masterarbeit bietet oft die Möglichkeit, Geld zu verdienen und erleichtert den Berufseinstieg extrem.»

Firmenevents, die vom Studierendenverein WiChem Forum Zürich organisiert werden oder durch Industriepraktika und Masterarbeiten. Eine in der Industrie durchgeführte Masterarbeit bietet oft die Möglichkeit, Geld zu verdienen und erleichtert den Berufseinstieg extrem. Dies zeigt sich dadurch, dass über 90 Prozent der Absolvierenden nach drei Monaten bereits eine Festanstellung in der Industrie finden.

Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit eines Auslandsaufenthaltes. Viele Studenten und Studentinnen nutzen dieses Angebot, um ihren Horizont sowohl persönlich als auch akademisch zu erweitern.

Was sind die negativen Punkte an Ihrem Studium?

Das Pendeln zwischen den beiden Fakultäten und Standorten kann stressig sein. Die Vorlesungszeiten und Prüfungsdaten sind nicht aufeinander abgestimmt, was eine gründliche Semesterplanung essenziell macht.

Wie wichtig sind Sprachkenntnisse in Ihrem Studium?

Englische sowie deutsche Sprachkenntnisse sind sehr wichtig in unserem Studium, da die Module in einer dieser oder in beiden Sprachen unterrichtet werden.

Welche Erfahrungen haben Sie mit Prüfungen in Ihrem Studium gesammelt?

Es ist immer wichtig, einschätzen zu können, worauf sich der Professor oder die Professorin bei einer Prüfung fokussiert und gezielt darauf zu lernen. Mitstudierende höherer Semester teilen oft ihre Erfahrungen, was sehr hilfreich ist. Und natürlich wirkt sich eine frühe und fundierte Prüfungsvorbereitung meist positiv auf das Endergebnis aus.

Haben Sie bereits Projekte für die Zeit nach Ihrem Master?

Mit meinem Abschluss in Wirtschaftschemie werde ich bereits reichlich Erfahrung in der Pharmaindustrie gesammelt haben und denke, dass ich

direkt danach eine Festanstellung in dieser Industrie anstreben werde. Weiter hoffe ich, mit anderen Absolventen und Studentinnen über unser Alumni-Netzwerk und dem Studierendenverein in Kontakt zu bleiben.

Können Sie zukünftigen Studierenden Tipps geben für die Studienwahl und den Studieneinstieg?

Es gibt viele Möglichkeiten, um sich bereits während der Maturität Einblicke in verschiedene Studienprogramme zu verschaffen. Vielleicht kennt ihr jemanden, der ein spannendes Studienprogramm studiert, der euch in die Vorlesung begleiten kann. Oder ihr meldet euch bei einem Buddy-Programm an, bei welchem man mit einem Studierenden gemeinsam Vorlesungen besucht und Fragen zum Unileben stellen kann.

Auch ist das Assessment-Jahr gerade dafür da, um zu schauen, ob die Studienwahl die richtige war oder nicht. Lasst euch nicht entmutigen, falls der Studiengang nicht euren Erwartungen entspricht. Es ist nicht schlimm, sich nach einem Jahr neu zu orientieren, denn die Bandbreite an Möglichkeiten ist beinahe grenzenlos. Und mein letzter Tipp: Geniesst das Studierendenleben in vollen Zügen!

Interview

Barbara Kunz



Chemievorlesungen mit 20 bis 50 Personen sind an der Universität Zürich genauso Realität wie Wirtschaftsvorlesungen mit 100 bis 1000 Personen.

WEITERBILDUNG



Nach rund 15 Jahren Bildung in Volksschule, beruflicher Grundbildung oder Mittelschule und dem Abschluss eines Studiums liegt für viele Studienabgänger und Studienabgängerinnen der Gedanke an Weiterbildung fern – sie möchten nun zuerst einmal Berufspraxis erlangen oder die Berufstätigkeit intensivieren und Geld verdienen. Trotzdem lohnt sich ein Blick auf mögliche Weiterbildungen und Spezialisierungen; für gewisse Berufe und Funktionen nach einem Studium sind solche geradezu unerlässlich.

Direkt nach Studienabschluss ist es meist angezeigt, mit Berufserfahrung die eigenen Qualifikationen zu verbessern. Ausgenommen sind Studienrichtungen, die üblicherweise mit einer Dissertation abschliessen (z.B. Naturwissenschaften) oder in stark reglementierte Berufsbereiche führen (z.B. Medizin). Weiterbildungen sind dann sinnvoll, wenn sie für die Übernahme von bestimmten Aufgaben oder Funktionen qualifizieren. Wo viele Weiterbildungen zur Wahl stehen, empfiehlt es sich herauszufinden, welche Angebote im angestrebten Tätigkeitsfeld bekannt und bewährt sind.

FORSCHUNGSORIENTIERTE WEITERBILDUNG

Wer eine wissenschaftliche Laufbahn plant, muss eine *Doktorarbeit (Dissertation)* schreiben. Voraussetzung dafür ist der Abschluss eines Masterstudiums. Zurzeit (Stand 2021) kann ein Doktorat in der Schweiz nur an einer Universität erworben

werden. Viele Fachhochschulen konnten aber Kooperationen mit Universitäten eingehen, in denen Doktoratsprojekte auch für FH-Absolvent/innen möglich sind. Die Einführung von Doktoratsprogrammen an Fachhochschulen ist in Diskussion. In einer Dissertation geht es um die vertiefte Auseinandersetzung mit einem Thema bzw. einer Fragestellung; daraus entsteht eine umfangreiche, selbstständige Forschungsarbeit. Ein Doktoratsstudium dauert in der Regel zwei bis vier Jahre. Viele kombinieren das Schreiben einer Dissertation mit einer Teilzeitbeschäftigung, oft im Rahmen einer Assistenz an einer Universität, zu der auch Lehraufgaben gehören. Das Doktoratsstudium kann auch an einer anderen Hochschule als das Bachelor- oder Masterstudium – auch im Ausland – absolviert werden. Die offizielle Bezeichnung für den Dokortitel lautet PhD (philosophiae doctor).

Auf die Dissertation kann eine weitere Forschungsarbeit folgen: die Habilitation. Sie ist die Voraussetzung dafür, um an einer Universität bzw. ETH zum Professor bzw. zur Professorin gewählt zu werden.

BERUFSORIENTIERTE WEITERBILDUNG

Bei den Weiterbildungen auf Hochschulstufe sind die CAS (*Certificate of Advanced Studies*) die kürzeste Variante. Diese berufsbegleitenden Nachdiplomstudiengänge erfordern Studienleistungen im Umfang von mindestens 10 ECTS-Punkten. Oftmals können CAS kombiniert und allenfalls je nach Angebot zu einem MAS weitergeführt werden.

Mit *Diploma of Advanced Studies* DAS werden berufsbegleitende Nachdiplomstudiengänge bezeichnet, für die mindestens 30 ECTS-Punkte erreicht werden müssen.

Die längste Weiterbildungsvariante sind die *Master of Advanced Studies* MAS. Sie umfassen mindestens 60 ECTS-Punkte. Diese Nachdiplomstudiengänge richten sich an Personen mit einem Studienabschluss, welche bereits in der Berufspraxis stehen.

Nach einem fachwissenschaftlichen Studium kann eine pädagogische, didaktische und unterrichtspraktische Ausbildung (*Lehrdiplom-Ausbildung*) im Umfang von 60 ECTS absolviert werden. Mit diesem Abschluss wird das Lehrdiplom für Maturitätsschulen erworben (Titel: «dipl. Lehrerin/Lehrer für Maturitätsschulen [EDK]»). Diese rund einjährige Ausbildung zur Lehrerin, zum Lehrer kann im Anschluss an das fachwissenschaftliche

Masterstudium absolviert werden oder sie kann ganz oder teilweise in dieses integriert sein. Das gilt grundsätzlich für alle Unterrichtsfächer, unabhängig davon, ob der fachliche Studienabschluss an einer Universität oder an einer Fachhochschule (Musik, Bildnerisches Gestalten) erworben wird.

Traineeprogramme, Praktika, Stages, Volontariate u.a. sind eine besondere Form der berufsorientierten Weiterbildung. Sie ermöglichen, sich in einem bestimmten Gebiet «on the job» zu qualifizieren. Je nach Tätigkeitsfeld und Programm existieren sehr unterschiedliche Bedingungen punkto Entlohnung, Arbeitszeiten usw. Im Vordergrund steht der rasche Erwerb berufspraktischer Erfahrungen, was die Chancen auf dem Arbeitsmarkt erheblich verbessert.

Weitere Infos:

www.berufsberatung.ch/berufseinstieg

KOSTEN UND ZULASSUNG

Da die Angebote im Weiterbildungsbe- reich in der Regel nicht subventioniert werden, sind die Kosten um einiges höher als diejenigen bei einem regulären Hochschulstudium. Sie können sich pro Semester auf mehrere tausend Franken belaufen. Gewisse Arbeitgeber beteiligen sich an den Kosten einer Weiterbildung.

Auch die Zulassungsbedingungen sind unterschiedlich. Während einige Weiterbildungsangebote nach einem Hochschulabschluss frei zugänglich sind, wird bei anderen mehrjährige und einschlägige Praxiserfahrung verlangt. Die meisten Weiterbildungen werden nur berufsbegleitend angeboten.

Weitere Infos:

www.berufsberatung.ch/studienkosten

BEISPIELE VON WEITERBILDUNGEN NACH EINEM STUDIUM IN CHEMIE ODER BIOCHEMIE

In kaum einem anderen Studiengbiet entscheiden sich so viele Masterstudierende der Universitäten/ETH für eine Weiterbildung wie in Chemie und Biochemie. Dabei steht das *Doktorat* im Vordergrund. Auch *Postdocs* sind häufig. Als «Postdocs» (auch Postdoctoral students) werden wissenschaftliche Mitarbeitende bezeichnet, die nach der Doktorarbeit in Forschungsgruppen an der Universität zusätzliche Forschungserfahrung sammeln, bevor sie ihre Laufbahn im akademischen Bereich oder in der Wirtschaft fortsetzen. Für eine akademische Laufbahn ist ein Postdoc Voraussetzung. Postdocs sind häufig auf zwei Jahre befristet. Sie werden meist ausserhalb der Heimuniversität, häufig im Ausland, gesucht. Die Forschungsgruppen sind deshalb international zusammengesetzt.

Neben den Doktoratsprogrammen an Universitäten/ETH gibt es kaum Weiterbildungsprogramme im engeren Fachbereich der Chemie/Biochemie, die als MAS/DAS/CAS angeboten werden. Dafür existiert ein reiches Ange-

bot an *Spezialvorlesungen* der Institute, an Konferenzen und Symposien.

Die eidg. *Diplomprüfung Lebensmittelchemie* gemäss «Verordnung über die Ausbildung und die Prüfung der mit dem Vollzug der Lebensmittelgesetzgebung betrauten Personen» setzt den Besuch solcher Spezialvorlesungen und Praktika (in einem kantonalen Labor) voraus.

Der CAS in *Labormedizin* vermittelt Kompetenzen zur Führung eines medizinischen Labors.

Chemikerinnen und Biochemiker haben (zum Teil mit Auflagen) Zugang zu *Weiterbildungsprogrammen verwandter Gebiete* wie Lebensmittelwissenschaften (CAS in Food Sensory and Consumer Research, ZHAW), Pharmazie (MAS Quality Manager Pharma, FHNW) oder Medizin (DAS Clinical Trial Practice and Management, Universität Basel).

Da viele Chemiker und Biochemikerinnen im Verlauf ihrer Berufstätig-

keit Führungspositionen einnehmen, bilden sie sich oft in *Betriebswirtschaft* und *Management* weiter (zum Beispiel CAS Management of Biotech, Medtech & Pharma Ventures, EPFL).

Wer an einer Maturitätsschule unterrichten will, absolviert das *Lehrdiplom für Maturitätsschulen*. Das *Didaktik-Zertifikat der ETHZ* eignet sich für diejenigen, die an Fachhochschulen, höheren Fachschulen und Schulen der (höheren) Berufsbildung unterrichten.

Für Bachelorabsolventinnen/-absolventen der Fachhochschulen ist oft der Master an einer Fach- oder universitären Hochschule die erste Weiterbildung. Anschliessend stehen ihnen dieselben Möglichkeiten offen wie Universitätsabsolvent/innen.

Eine Sammlung von Weiterbildungsangeboten in verschiedenen Fachgebieten finden Sie auf: www.berufsberatung.ch/weiterbildung. Die Weiterbildungsstellen aller Schweizer Universitäten sind gelistet auf www.swissuni.ch.

BERUF

- 51 BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT
- 53 BERUFSPORTRÄTS



BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT

Chemiker und Chemikerinnen entwickeln neue Materialien und Wirkstoffe, zum Beispiel verbesserte Wärmedämmungen für den Hausbau. Biochemikerinnen und Biochemiker erforschen lebende Zellsubstanzen bei Menschen, Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen und nutzen sie, um Wirkstoffe zu produzieren.

Klassisches Arbeitsgebiet von Chemikerinnen und Chemikern ist die chemische Industrie mit einer grossen Vielfalt von Funktionen. Biochemiker und -chemikerinnen sind häufig in Forschung und Entwicklung tätig, zum Beispiel in Unternehmen der Biotechnologie, der Life Sciences und an Hochschulen. Ein grosser Teil der beruflichen Funktionen, die im Folgenden erläutert werden, steht den Absolventinnen und Absolventen beider Studienrichtungen, aber auch Molekularbiologen und Chemieingenieurinnen offen.

OFT WIRD EIN DOKTORTITEL VERLANGT

Sehr viele Chemikerinnen und Chemieingenieure der Universitäten/ETH sind nach dem Masterabschluss vorerst an Hochschulen und Forschungseinrichtungen der Hochschulen tätig. Sie erarbeiten eine Dissertation (Doktorarbeit) – bei den Chemiker/innen waren es 2019 43 Prozent, also deutlich mehr als bei den Naturwissenschaftler/innen insgesamt (30 Prozent). Chemiker und Chemieingenieurinnen benötigen für viele Tätigkeiten einen Dokortitel. Die Dissertationszeit bringt ihnen die Gelegenheit, sich intensiv mit dem von ihnen gewählten Thema wissenschaftlich auseinanderzusetzen. Eine Dissertation dauert normalerweise drei bis fünf Jahre. Nach der Promotion (Verleihung des Dokortitels) gehen viele für ein bis zwei Jahre als Postdoc ins Ausland.

Ein weiterer Schritt kann eine Assistenzprofessur, eine Stelle als Gruppenleiter oder eine Habilitandenstelle sein. In einer Habilitation beweist jemand seine Fähigkeit zu Forschung und Lehre und qualifiziert sich damit für eine Professur. Denn in der universitären Laufbahn spielt das Unterrichten der Studierenden eine grosse Rolle. Ebenso wichtig sind Forschungsprojekte, die in Publikationen veröffentlicht werden.

Die meisten *Chemikerinnen und Chemiker* arbeiten nach Abschluss ihres Studiums bzw. nach dem Doktorat in der chemischen und pharmazeutischen Industrie.

- Die *industrielle Forschung* ist vor allem von ökonomischen Prinzipien geprägt. Sie ist stärker an den Anwendungen orientiert als die universitäre Forschung. Aber auch in der industriellen Forschung ist meistens eine Dissertation erforderlich. Teilzeitarbeit ist in der Regel nicht möglich.
- Für die Produktion ist die *Chemische Analytik* ein wichtiger

Teil der Qualitätskontrolle. So überprüfen Chemiker die Qualität von Lebensmitteln. Im Umweltschutzbereich hat die Analytikerin mit der Festlegung und Überprüfung von Schadstoffwerten zu tun. In der Forschung werden gängige Analysemethoden weiterentwickelt.

Chemieingenieurinnen und Chemieingenieure stehen in der Verfahrenstechnik zwischen Forschung und Produktion. Es werden Prozesse vom Labormassstab auf die industrielle Produktion übertragen oder industrielle Prozesse optimiert. Dabei berücksichtigen sie wirtschaftliche und ökologische Aspekte sowie Sicherheitsfaktoren. In den letzten Jahren ist die massgeschneiderte Produktentwicklung ein wichtiges Tätigkeitsfeld geworden. Dabei werden durch die gezielte Wahl der Prozessparameter (Temperatur, Druck, Konzentration usw.) vollkommen neue Produkteigenschaften erreicht. Einsatzbereiche sind neben Forschung und Entwicklung in der chemischen, der Lebensmittel- und der kunststoffverarbeitenden Industrie zunehmend auch der Bereich Umweltschutz (vgl. «Bioplastik: vom Labor in den Supermarkt», S. 20).

Das Studium der *Biochemie* bereitet auf eine berufliche Tätigkeit in der Forschung, Entwicklung, Anwendung und Vermittlung in einem Fachgebiet vor, das auch als Schlüsselwissenschaft der Gegenwart bezeichnet wird.

- Biochemikerinnen gewinnen in der biologischen Grundlagenforschung an Hochschulen und privaten Forschungsinstituten neue Erkenntnisse, die in der angewandten Forschung umgesetzt werden.
- Auf diesen Grundlagen entwickeln Biochemiker in Pharmaunternehmen Arzneistoffe gegen Krankheiten. In Biotechnologie-Unternehmen arbeiten sie an komplexen chemischen Molekülen (zum Beispiel Antikörpern, Enzymen und Reagenzien), die für die Herstellung von Medikamenten und die chemische Forschung notwendig sind. Oder sie entwickeln neue Messverfahren und Laborgeräte (Filter, Sensoren, Sterilisationseinrichtungen).
- In der Lebensmittelindustrie sind Biochemikerinnen für die Produkteentwicklung und die Qualitätskontrolle verantwortlich, in Spitallaboratorien und in privaten Medizinlaboratorien unterstützen sie Ärztinnen, Ärzte, Patientinnen und Patienten mit medizinischer Analytik.
- Biochemiker gründen auch Spin-offs. Damit sind Firmen



Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus Chemie und Biochemie sind auch in der Corona-Forschung engagiert: ein Team bei Corona-Labortests.

gemeint, die Forschungsergebnisse in marktreife Produkte umsetzen. So wird Software für Bildverarbeitung und Datenbanken in der Biotechnologie entwickelt, oder es werden neue Enzyme für biokatalytische Prozesse gesucht oder neue Substanzen für die Behandlung chronischer Krankheiten erforscht.

BERUFSFELDER AUSSERHALB DES FACHGEBIETES

Die Vielfalt der beruflichen Möglichkeiten kann dazu führen, dass sich ein Chemieabsolvent oder eine Biochemieabsolventin im Verlauf der Laufbahn nicht (mehr) als «Chemiker» oder als «Biochemikerin» bezeichnet und nicht mehr direkt mit dem Fachgebiet zu tun hat. Denn das breite Wissen über Chemie/Biochemie ist eine Grundlage, um viele naturwissenschaftliche Probleme zu verstehen. Zudem gilt wie für alle Studienrichtungen: Die Fähigkeit zur Problemlösung, die Erfahrung in Projektarbeit, in systematischer Auswertung, die Statistikkenntnisse lassen sich in verschiedenen Umfeldern und Funktionen einsetzen. Hier eine nicht abschliessende Aufzählung:

Management

Ein Betriebsassistent und eine Betriebsleiterin sind zuständig für Qualitätskontrolle und Organisation. Sie verbessern Prozesse und sind für ein Budget verantwortlich. Im Management müssen sie den Rahmen gestalten und Strategien für die Kernaufgaben eines Betriebs entwickeln. Sie erarbeiten Konzepte und Massnahmen, um Produkte zu entwickeln und diese im Markt zu etablieren. Werden Produkte entwickelt, müssen sie auch vermarktet und angepriesen werden.

Verwaltung

Auch in der öffentlichen Verwaltung (Bundesämter, Kommissionen, kantonale Fachstellen usw.) gibt es Aufgaben für Chemikerinnen und Biochemiker, zum Beispiel in analytischen Laboratorien, Spitälern, in der Beratung, in den Bereichen Energie, Umweltschutz, Wasser und Abwasser. Hier geht es oft neben den naturwissenschaftlichen Aufgaben darum, Gesetze anzuwenden und Vorschriften praktisch umzusetzen.

Verbände, Organisationen

Kleinere und grössere Verbände und

Organisationen bieten Stellen für Naturwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen an: in Natur-, Landschafts-, Tierschutz-, Umwelt- und Entwicklungszusammenarbeit. Hier sind Teilzeitpensen möglich.

Schule

Ob auf der Sekundarstufe, im Gymnasium, an der Universität oder an der Fachhochschule: Lehrpersonen bringen Kindern, Jugendlichen oder Erwachsenen Chemie/Biochemie und die Faszination für Wissenschaft näher.

Medien

Es existieren unzählige Fachpublikationen, in denen Forschung publiziert wird und die für Forschung ausgewertet werden müssen. Ziel von Information und Dokumentation ist es, diese Publikationen möglichst schnell greifbar zu machen. Im Fachverlag brauchen Lektorinnen und Redaktoren Fachkenntnisse. Chemikerinnen und Biochemiker arbeiten auch in der Öffentlichkeitsarbeit: Zu Chemie/Biochemie gibt es ethische oder politische Diskussionen, über die die Öffentlichkeit informiert sein will und muss.

BERUFSPORTRÄTS

In den folgenden Interviews und Porträts legen Fachfrauen und Fachmänner mit Studienabschluss in Chemie oder Biochemie dar, wie sie ihren Beruf erleben.

YVONNE ALICE NAGEL

Lab head and research project leader in Molecular Targeted Therapies (MTT), Discovery Oncology, Pharma Research and Early Development (pRED), F. Hoffmann-La Roche Ltd, Basel

DERYA KANBER-ODABAS

Associate Director Clinical Supplies Quality, MSD Schachen

MAXIMILIAN BRACKMANN

Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie, Labor Spiez

LUCA SCHERRER

Manager im Analytics & Cognitive Team, Consulting | Deloitte Consulting AG

NICOLE ULMER

Process Engineer, DSM Nutritional Products AG, Werk Lalden

Handel, Dienstleistungen

Chemikerinnen und Biochemiker zeigen bei der Wahl ihrer beruflichen Funktion eine hohe Verbundenheit zum Studium. In den letzten Jahren ist jedoch eine leichte Entwicklung hin zu beruflichen Funktionen ausserhalb des angestammten Gebietes festzustellen. Als Arbeitgeber werden etwa Ingenieurbüros, Informatikfirmen, Banken oder Versicherungen genannt. Hier arbeiten Chemiker und Biochemikerinnen als Berater/in in ihrem Fachgebiet, entwickeln spezielle Software, beraten zu Risiken eines Bank- oder Versicherungsgeschäfts oder sorgen (mit juristischer Zusatzausbildung) im Patentwesen dafür, dass Erfindungen durch Patente geschützt werden.

Die Konkurrenz ist ausserhalb des Fachgebiets, selbst für Studienabgänger/innen mit Doktorat, recht gross, denn es gibt viele Stellen, für die sich genauso gut ein Umweltwissenschaftler, eine Biologin, ein Agronom oder eine Medizinerin bewerben können. Pluspunkte bei Bewerbungen sind zusätzliche Qualifikationen, die ins Anforderungsprofil passen, ebenso bereits vorhandene berufliche Erfahrungen, beispielsweise Praktika mit Bezug zum angestrebten Tätigkeitsfeld (z.B. in medizinischen Labors oder Unternehmen der chemischen, biotechnologischen oder pharmazeutischen Industrie). In vielen Bereichen sind die Arbeitsplätze rar und eher als Nischen zu bezeichnen. Es ist ratsam, die Karriereplanung frühzeitig zu beginnen.

UNIVERSITÄT/ETH ODER FACHHOCHSCHULE?

Eine universitäre Laufbahn ist nur mit Doktorat möglich. Dieses setzt ein Studium an einer Universität/ETH voraus. Ebenso werden Stellen in der Forschung primär an Absolventinnen und Absolventen mit Dokortitel und Forschungserfahrung vergeben. Ein Drittel der FH-Absolventinnen und -Absolventen studiert darum weiter zum Master und verbessert die Chancen auf dem Arbeitsmarkt deutlich.

FH-Absolventinnen und -Absolventen sind in Grossunternehmen eher in spezialisierten Feldern tätig, in kleineren und mittleren Unternehmen überneh-

men sie oft breite Verantwortungsbereiche in Technik, Führung und Management. Das Porträt von Derya Kanber-Odabas (S. 57) zeigt aber auch, wie eine FH-Bachelor-Absolventin eine erfolgreiche Berufskarriere gestalten kann.

ARBEITSMARKT

Zwei Drittel der FH-Bachelorabsolventen und -absolventinnen sagen, sie hätten Schwierigkeiten beim Berufseinstieg gehabt, doch niemand ist ein Jahr nach Abschluss des Studiums noch auf Stellensuche. Fünf Jahre nach dem Erstabschluss in Chemie und Life Sciences (Uni/ETH-Master oder FH-Bachelor) sind bei beiden Hochschultypen knapp vier Prozent erwerbslos. Bei anderen Studienrichtungen ist der Prozentsatz im Durchschnitt um ca. einen halben Punkt höher.

Die Berufsleute arbeiten etwa zu gleichen Teilen im industriellen Sektor und im Dienstleistungsbereich. Im Vergleich mit anderen Studienrichtungen ist der Anteil in der Industrie hoch. Der durchschnittliche Jahreslohn ohne Führungsfunktion beträgt zirka 89000 Franken. Dies sind zirka 3000 Franken weniger als beim Durchschnitt aller Studienabgänger/innen fünf Jahre nach Studienabschluss.

Quellen

Die erste Stelle nach dem Studium, SDBB 2019
MINT-Fachkräfte auf dem Arbeitsmarkt, BfS
2017: www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/2140048/master
Websites der Universitäten



Yvonne Alice Nagel, Chemistry PhD from the University of Basel, lab head and research project leader in Molecular Targeted Therapies (MTT), Discovery Oncology, Pharma Research and Early Development (pRED), F. Hoffmann-La Roche Ltd, Basel

A STEEP LEARNING CURVE

A job in pharma research offers an attractive career opening for (bio-)chemists after completing their education with a PhD or postdoctoral studies, like Yvonne Alice Nagel (37). We interviewed her in English, the everyday language of her job as a research scientist. She is part of

a team that is developing new targeted cancer therapies by searching for small molecules that kill cancer cells only, but spare healthy cells.

«Since many side effects of chemotherapies are caused by the drugs attacking healthy cells of the body, targeted therapies have the potential to increase patients' quality of life, while having the potential to be more effective against tumor cells. To be able to find selective molecules, my colleagues and me first try to find out what distinguishes cancer cells from healthy cells. Therefore we look for specific proteins that either exist only in cancer cells (e.g. proteins with certain mutations) or proteins which are much more abundant in cancer cells. Such proteins are responsible for the transformation of a healthy cell into a cancer cell.

Once we identify a protein as a target of interest, we run a number of control experiments in our labs to verify that the cancer cells actually die once the protein has been removed from the cells – this is what we call «target validation». As a next step, we start our search for molecules that can bind to the target protein and successfully block its biological function. After rounds of optimization of the molecular properties towards a potential drug, we select the best candidate to send it to clinical development towards the patient. The whole process is called «pre-clinical drug discovery».

I am currently studying data and reports from literature to explore potentially interesting targets, while at the same time working with my team on a project where we will soon start to screen a library of molecules on a protein of interest.»

How would you answer the question: «What is your profession?»

I am a senior scientist and work as a laboratory head and research project leader at Molecular Targeted Therapies (MTT), Discovery Oncology, in Pharma Research and Early Development (pRED) at F. Hoffmann-La Roche in Basel, Switzerland. I have been part

of the MTT team for about six years now, starting straight after my post-doctoral studies in chemical biology at Harvard University in 2015. We are working on the discovery of novel oncology drugs for high unmet medical needs to change the life of cancer patients.

Please describe your daily work and your working environment.

My typical days at work are very diverse and include discussing newly generated data with my associates and planning follow-up experiments, running experiments in the lab and meeting with the project team. I also regularly touch base with my line manager and other scientist colleagues to discuss the latest progress in our projects and we brainstorm new ideas with collaboration partners. A substantial amount of my time is usually spent coordinating the ongoing project(s) within the team, which means sending and replying to lots of emails to get everything organized and everyone aligned. In order to provide regular progress updates, I analyze data and prepare presentations and reports. I like it a lot that every day is different and there are always new challenges waiting for us.

As scientists in cancer research and drug discovery, my colleagues and I frequently attend national and international conferences, such as, for example, the annual meeting of the American Association for Cancer Research (AACR). Sometimes we also travel to meet collaboration partners to discuss projects face-to-face, or they come to Basel to meet us here. I appreciate these opportunities very much, since it is always great and inspiring to sit together around the same table and discuss new data and strategies.

Which aspects of your job do you like most and what are the biggest challenges you face?

If someone had asked me during my studies what I would like to do in my future job, I would probably have said that I would love to address biological problems from a molecular point of view and that I am particularly inte-

rested in oncology. Today, I am working in oncology drug discovery on the search for new cancer treatments and I really like the job.

The biggest challenge that I faced as a newcomer to the pharma industry was the transition from an academic post-doc to a project leader in drug discovery doing the job of a cancer biologist despite being a chemist by education. It was quite a steep learning curve in my first years and it feels like I am still on it, since there is always much more to learn in this complex and dynamic field. I appreciate being in a very supportive environment, where I have the chance to continuously learn and develop in my role. My colleagues in the team are very open-minded and always interested when it comes to discussing science and brainstorming together.

Please describe the most important steps of your career pathway.

By the time I finished high school, my favorite subjects had become chemistry, biology and literature. We had read Goethe's Faust, who was a scientist himself, and I was captivated by his curiosity. I knew that I wanted to be a natural scientist, too, some day, and thought that having chemistry as a basis would enable me to gain a solid understanding of everything that happens in our world and our bodies when zooming in on the molecular level.

I started studying chemistry at the Albert-Ludwigs University in Freiburg, Germany, and finished my degree thesis in organic chemistry by synthesizing unnatural DNA building blocks. Because of my interest in biomolecules – the molecules of life – I pursued my PhD studies at the University of Basel, where I worked with amino acids and peptides. At that point in my career, I started to not only design and synthesize molecules, but also test whether they were able to translocate into cancer cells. I established a cell culture lab in our research group, learned how to cultivate cancer cells and how to develop and run experiments with them. I was excited to explore the interface between the disciplines –

chemistry, biology and molecular medicine. Due to an experience that I had at the University Hospital in Basel, where I was learning about cell culture, I acquired a passion for cancer research. On that day, I went there to conduct an experiment, when a young cancer patient crossed my path. He was not much older than I was at that time, but pale and thin, in a wheelchair pushed by a nurse. In the few seconds it took them to pass by, our eyes met for a moment. I was puzzled, standing there with my styrofoam box filled with ice, staring at my samples and wondering what I was doing there. How could it be that we were not able to stop this devastating disease?

Thus, I decided to dedicate my energy to cancer research in the hope of contributing to the discovery of new treatments to help patients. And even if it would be only a tiny piece that I might be able to fit into the puzzle on the long journey towards a new cancer drug, it would be totally worth it. After that experience, I started attending experimental cancer research lectures at the Biocenter of the University of Basel and drug discovery and medicinal chemistry workshops. After finishing my PhD in Basel, I applied for a postdoc in the Chemical Biology Department at Harvard University and went there on a grant from the Swiss National Science Foundation (SNSF). I focused on a project to develop molecules that are able to specifically inhibit signaling pathways within cancer cells. From there, I knew that I would like to enter pharmaceutical drug discovery as the next stage of my career.

By chance I met a job recruiter at the career fair at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, MA, where I spent my Saturday evening helping out at the booth of Basel University. The Roche booth was just next to us and I had read this exciting job post a week before, but was not sure if my skills and qualifications would match what they were actually looking for.

The others at the Uni Basel booth encouraged me to go over and ask, even though I was not really prepared and didn't have a printout of my CV on

hand like the many students who were actually at the career fair to apply. Yet I went there and stood in line just to ask, and a moment later I could hardly believe that I actually had an appointment for a spontaneous on-campus interview for the following day. It was followed by a phone interview first and then I was invited for a full-day interview to Basel. The visit convinced me entirely that the job was exactly what I wanted to do. I was very happy when I soon received positive feedback and got the offer to start my first job in pharma research.

Looking back, how do you see the relationship between your university studies and your current job?

During my chemistry studies, we were taught to first analyze a problem, then ask the right questions and design appropriate experiments to answer them in the most precise way possible. I

think this part of my education has helped me to troubleshoot when issues come up and to develop and push projects forward.

What advice would you give to people who are planning to study?

Do what you truly love to do and be passionate about it. If you are really excited about science (or whatever subject you pick for yourself) and you're going to talk about it to other people – be it in a seminar, a job application or just a casual chat – why not show your excitement and show your enthusiasm! The people who have impressed me most during my career, and who I have made my personal role models, are those who love what they are doing and take me with them into their world when they talk about it.

Interview

Barbara Kunz



Das Departement Chemie der Universität Basel, wo Yvonne Alice Nagel ihren PhD machte, hat mit dem Biopark Rosental heute einen modern ausgebauten Laborstandort mit 160 Arbeitsplätzen für insgesamt neun Forschungsgruppen.



Derya Kanber-Odabas, Associate Director Clinical Supplies Quality, MSD Schachen

EINE HÖCHST VERANTWORTUNGSVOLLE TÄTIGKEIT

Nach der gymnasialen Maturität mit neusprachlichem Profil interessierte sich Derya Kanber-Odabas (43) sehr für Medizin, doch die lange Dauer des Studiums schreckte sie ab. Heute arbeitet sie mit einem Fachhochschulbachelor in Chemie und einem in General Management im Qualitätsmanagement eines Pharmaunternehmens. Medizinische

Themen haben sie also nicht ganz losgelassen.

Da Derya Kanber-Odabas in den Naturwissenschaften immer sehr interessiert und sehr gut gewesen war – sogar besser als in den Sprachen –, wählte sie an der ZHAW Chemie. Die Vertiefung Biochemie reizte sie dabei mehr als Verfahrenstechnik, und sie schrieb auch ihre Bachelorarbeit in Zellbiologie zu «Tissues engineering», der künstlichen Herstellung biologischer Gewebe für den Einsatz bei Patientinnen und Patienten. Das Studium war sehr interessant, aber anspruchsvoll, denn diejenigen mit einer Lehre im Laborbereich und Berufsmaturität waren im Labor eindeutig im Vorteil.

Derya Kanber-Odabas ist es wichtig zu betonen: «Wer von der gymnasialen Maturität her an die Fachhochschule kommt, muss am Ball bleiben, um den Anschluss nicht zu verpassen, soll aber nicht gleich aufgeben. Denn die Mühe lohnt sich. Ohne meinen naturwissenschaftlichen Abschluss hätte ich meine heutige Stelle nicht bekommen.»

WEITERBILDUNG IN GENERAL MANAGEMENT

Nach dem Studium zog es Derya Kanber-Odabas direkt in die Praxis, den Master verschob sie auf später. Heute kann sie sich kaum mehr vorstellen, in einen Vollzeit-Masterstudiengang zurückzukehren. Stattdessen absolvierte sie ein berufsbegleitendes Studium in General Management.

An ihrer ersten Stelle bei MSD Werthenstein BioPharma war sie Projektmanagerin für Medikamentenstudien und wechselte anschliessend in die Qualitätssicherung. Sie war dort verantwortlich für die Überprüfung der Produktionsdokumentation, die Vorbereitung der Dossiers für die Mengenkontrolle der in einem in sich abgeschlossenen Produktionsprozess herzustellenden Wirkstoffe, die Validierungen und die Untersuchung der vorliegenden Abweichungen. «Das Tätigkeitsfeld bei der Firma, die biologische Wirkstoffe wie Antikörper herstellte, war sehr vielfältig, interessant

und vor allem lehrreich.» Anschliessend war Derya Kanber-Odabas drei Jahre in der Qualitätssicherung im kommerziellen Bereich der Pharmaindustrie tätig. Sie war stellvertretende Fachtechnisch verantwortliche Person (FvP), d.h. sie war unter anderem mitverantwortlich für Vermarktung, Freigabe, Patientensicherheit (Pharmakovigilance) und sicheren Vertrieb der Fertigprodukte. Der Verantwortungsbereich war global, inklusive Aufsicht über 15 europäische Länder.

DIE PHARMABRANCHE IST EINE EIGENE WELT

Seit April 2019 arbeitet Derya Kanber-Odabas bei Alexion Pharma GmbH als Senior GxP Manager Quality/FvP. Als GxP Manager Quality ist sie verantwortlich für die «gute Praxis» im Bereich Quality. «Als FvP habe ich die unmittelbare fachliche Aufsicht über den Betrieb und stelle insbesondere den sachgemässen Umgang mit Arzneimitteln unter Einhaltung der lokalen und globalen Richtlinien und die Qualität der hergestellten Arzneimittel sicher.» Die FvP haftet persönlich dafür, wenn der Herstellungsprozess von Medikamenten nicht gemäss globalen, aber auch lokalen Regularien von Swissmedic verläuft oder wenn ein Medikament für den Markt freigegeben werden dürfen. Oder wenn ein Medikament nicht vom Markt zurückgezogen wird, obwohl Mängel bestehen. Die FvP ist ebenfalls verantwortlich für die lückenlose Dokumentation, die belegt, dass die gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden. «Ein Fehlverhalten in einer Firma kann für die FvP strafrechtliche Konsequenzen bis hin zu Freiheitsentzug haben.»

In ihrer Funktion geben Derya Kanber-Odabas oder ihre Angestellten nach Einfuhr der Medikamente in die Schweiz die Arzneimittel für den Schweizer Markt frei und überwachen die Tätigkeiten verschiedener Departemente. Konkret sorgt sie dafür, dass das Personal erforderliche Schulungen via elektronisches Dokumentenmanagementsystem erhält und diese rechtzeitig absolviert.

Zusätzlich zu ihrer FvP-Funktion

überwacht Derya Kanber-Odabas die Distribution der Arzneimittel in 15 Länder, die von lokalen und globalen Partnern durchgeführt wird.

STANDARD OPERATION PROCEDURES

Bei Bedarf leitet sie Massnahmen zur Verbesserung der Prozessqualität ein, sodass die Einhaltung der *standard operation procedures* gewährleistet ist. Wenn es Abweichungen gibt, werden die Gründe analysiert und korrektive bzw. präventive Massnahmen eingeleitet, damit eine solche Abweichung nicht wieder vorkommt. «Im Falle eines meldepflichtigen Qualitätsmangels, aber auch bei Verdacht auf Arzneimittelfälschungen ist es die Aufgabe der Qualitätssicherung, das entsprechende Produkt unter Quarantäne zu setzen bzw. nicht mehr auszuliefern und die Gesundheitsbehörde (Swissmedic) zu informieren. Die Kunden, die das entsprechende Produkt bezogen haben, müssen identifiziert und über die Mängel ebenfalls informiert werden», erklärt sie.

«Bei allen Untersuchungen steht im Vordergrund, gesundheitsschädliche Auswirkungen auf die Patientensicherheit zu erkennen. Ist eine solche Auswirkung zu erwarten, muss das Produkt vom Markt zurückgerufen werden.» Letzteres ist, seit Derya Kanber-Odabas bei Alexion Pharma GmbH tätig ist, nie vorgekommen. Sobald das Untersuchungsergebnis einen negativen Einfluss auf die Patientensicherheit ausschliesst, werden Kundinnen und Kunden (z.B. Apotheken) informiert, dass das Produkt weiterhin verabreicht werden kann. In diesen Prozessen arbeitet sie als FvP sowohl eng mit Swissmedic als auch mit der Geschäftsführung zusammen.

ARBEITSPLATZ MIT GLOBALER VERNETZUNG

Aktuell arbeitet Derya Kanber-Odabas zu 100 Prozent im Büro (Homeoffice, bedingt durch die Pandemie). Vor der Pandemie reiste sie viel, um für die Qualitätssicherung relevante Verträge mit den Partnern vor Ort zu besprechen, Kolleginnen und Kollegen aus anderen Ländern für Projektbesprechungen zu treffen und um externe

Audits durchzuführen. Der Informationsaustausch mit anderen Tochtergesellschaften oder mit Partnern über die Einführung der neuen Medikamente in die jeweiligen Märkte findet nun mehrheitlich als Telefon- oder Videokonferenz statt. Ansonsten laufen die Kontakte – global, firmenintern und -extern – primär über Mail, womit der Austausch auch gleich schriftlich dokumentiert ist. Zentrale firmeninterne Partner sind die Supply-Chain-Manager, die Qualitätssicherung der zentralen Herstellungsstätte und der Kundenservice in Dublin. «Ständiger Austausch mit diesen Schlüsselfunktionen ist ausschlaggebend für einen verzögerungsfreien Vertrieb der Arzneimittel in der Schweiz.»

Wichtige externe Partner sind neben Swissmedic ausländische Partner, die für den Vertrieb in europäischen Ländern und Russland zuständig sind. Die Kommunikation findet fast ausschliesslich in englischer Sprache statt, auch unter den deutschsprachigen Mitarbeitenden. So können alle Beteiligten den gesamten Kommunikationsablauf nachverfolgen, falls eine interne Mail anschliessend auch an ausländische Partner weitergeleitet wird.

WAS HAT DAS MIT CHEMIE ZU TUN?

«Trifft ein neues Medikament in der Schweiz ein, muss ich die Testdokumentationen überprüfen und sicherstellen, dass diese mit den Anforderungen von Swissmedic übereinstimmen, sodass das Medikament für den Schweizer Markt freigegeben werden kann. Dazu ist die Kenntnis der (chemischen) Methoden und Produktionsabläufe von grossem Vorteil», sagt sie. Auch um die Wirkmechanismen eines Medikaments, zum Beispiel gegen die rheumatoide Arthritis zu verstehen, braucht es einen naturwissenschaftlichen Background. Hätte Derya Kanber-Odabas gewusst, dass sie in der pharmazeutischen Industrie landet, hätte sie wohl eher ein Pharmaziestudium gewählt. Doch konnte sie auch als Chemikerin die FvP-Funktion übernehmen – üblicherweise sind es Pharmazeutinnen, Pharmazeuten –, weil sie neben dem Abschluss in Naturwissenschaften zwölf Jahre Erfah-

rung aus dem Pharmabereich mitbringt.

KOMMUNIKATION ALS WICHTIGSTES ARBEITSINSTRUMENT

Das Interessanteste an ihrer Aufgabe ist gemäss Derya Kanber-Odabas die Interaktion mit Menschen. Obwohl viele die Qualitätssicherung als kritische Beobachtungsinstanz empfinden, versteht sie ihre Aufgabe anders: Mitarbeitende der QA (Quality Assurance) seien nicht nur «Bürogummis», hätten zwar viele Dokumente zu überprüfen, doch sobald Abweichungen bei Prozessabläufen auftauchen, werde gemeinsam mit allen beteiligten Personen nach Gründen gesucht, die zu einem Fehler führten, mit dem Ziel, diesen in Zukunft zu vermeiden.

«Wenn es gelingt, gemeinsam die Qualität und die Effizienz zu steigern, und

«Die Qualität der Medikamente und die Sicherheit der Patientinnen und Patienten gehen immer vor.»

wenn die Mitarbeitenden sehen, welchen Gewinn die Qualitätssicherung bringen kann, habe ich meine Arbeit gut gemacht.» Es freue sie besonders, wenn Mitarbeitende nach einer solchen Untersuchung die Verantwortung für die Standard-Arbeitsanweisungen übernehmen, weil sie deren Sinn eingesehen hätten. Insgesamt erlebt sie die Zusammenarbeit als sehr gut, sodass sie sich gut vorstellen kann, weitere Jahre im Bereich des QA-Managements tätig zu sein.

KONSEQUENT BLEIBEN

Bei der Marktfreigabe von Medikamenten und Überprüfung des jährlichen Produktionsberichtes (Product Quality Review) hat Derya Kanber-Odabas eine grosse Verantwortung. Wird z.B. beim Transport oder bei der Lagerung von Medikamenten die Kühlkette nicht korrekt eingehalten oder ein Vorfall in einer Produktionsstätte nicht sachgemäss untersucht, kann es notwendig sein, eine ganze Ladung teurer Medikamente zu ver-

nichten oder die Lieferung der Ware von der besagten Produktionsstätte zu stoppen. Hier gilt es, konsequent zu bleiben, auch gegen wirtschaftlichen Druck: «Die Qualität der Medikamente und die Sicherheit der Patientinnen und Patienten gehen immer vor.» Auch der Zeitdruck ist manchmal gross: Bei unerwartet hohem Bedarf an einem Medikament steigt der Druck auf die letzte Instanz der QA als Freigabestelle. Trotzdem muss sich Derya Kanber-Odabas für die genaue Überprüfung der Dokumente vor der Marktfreigabe genügend Zeit nehmen.

Eigentlich hat Derya Kanber-Odabas ein 100-Prozent-Pensum, und die Tage sind oft lang. Sie hat zwar schon Teilzeitanstellungen im Quality Management gesehen, doch ihrer Meinung nach müsse man sich für Kinder oder für Karriere entscheiden. Der Fachbereich sei so schnelllebig, dass es kaum möglich sei, mit weniger als 80 Prozent ständig à jour zu bleiben.

ENGAGEMENT UND INTERESSE

Derya Kanber-Odabas kann allen Interessierten ein Chemiestudium empfehlen. Auch dass sie sich für die Fachhochschule entschieden hat, war kein Hindernis für ihre verantwortungsvolle Aufgabe. «Die Pharmabranche ist eine eigene Welt, in die sich alle einarbeiten müssen, da ist der Titel nicht so wichtig.» Dank ihrem Engagement und Interesse konnte sie mit Arbeitskolleginnen und -kollegen mit Masterabschluss oder Doktorat mithalten. Ob sie den Mastertitel dennoch erwerben wird, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

Was jedoch sicher ist: Im März übernahm sie als Associate Director Clinical Supplies Quality ein achtköpfiges Team bei der MSD in Schachen und wird sich weiterhin on the job und mittels externer pharmazeutischer Kurse weiterentwickeln.

Porträt

Barbara Kunz



Maximilian Brackmann, Master in Biochemie, Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie, Labor Spiez

AUF FRIEDENSMISSION: VON ABC-SCHUTZ BIS RÜSTUNGSKONTROLLE

Ob Milzbrand, Pocken, Ebola, Hanta- oder Coronaviren – für Maximilian Brackmann (32), Alumnus des Biozentrums der Universität Basel, ist nichts davon exotisch. Nach einem Masterabschluss in Biochemie

an der Technischen Universität München arbeitet er nun als Bereichsleiter Rüstungskontrolle Biologie im Labor Spiez, das im ABC-Schutz tätig ist, an der Abwehr von atomaren, biologischen und chemischen Gefahren. Im Interview erzählt er von der Arbeit mit gefährlichen Erregern, von Chemiewaffen und von seiner aktuellen Stelle, bei der er eng mit internationalen Organisationen wie der UNO zusammenarbeiten wird.

Vor über zwei Jahren haben Sie als Postdoc im Labor Spiez angefangen. Haben Sie sich dort ganz klassisch beworben?

Nein, das war alles andere als klassisch. Ich habe meinen Chef bei einer ReTraite des Biozentrums kennengelernt. Ich hielt dort meinen Probevortrag für die Promotionsverteidigung und er war als externer Redner eingeladen. Meine Präsentation muss wohl recht überzeugend gewesen sein. Nach einem gemeinsamen Mittagessen und zwei Vorstellungsgesprächen war alles geritzt. Unglaublich, dass das so gekommen ist.

Sie sind also nach dem PhD am Biozentrum direkt dorthin gewechselt. Wie war der Einstieg?

Das hier ist eine ganz andere Welt. Vom Biozentrum, das sehr international ist und wo sehr viele junge Leute forschen, zu einer Umgebung, wo viele Berner und vor allem Mitarbeiter mit Familie tätig sind. Das war eine Umstellung für mich. Das Handwerkzeug für meinen Start hier in der Bakteriologie habe ich aus meiner PhD-Zeit mitgebracht. Trotzdem war es ein Neustart, denn mein Schwerpunkt lag nun in der Gruppe Proteomics, Bioinformatics and Toxins und dort auf der Entwicklung neuer Methoden im Bereich Massenspektrometrie und Proteomics. Mittlerweile hat sich mein Fokus in die Rüstungskontrolle verschoben.

Das Labor Spiez ist ein Bundeslabor. Was ist das Besondere daran?

Das Labor Spiez ist dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz unterstellt, das beim Eidgenössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport angesiedelt ist. Wir sind hauptsächlich im ABC-Schutz tätig und befassen uns mit unterschiedlichen Aspekten von A wie Atomwaffenkontrolle über B wie potenzielle Biowaffen bis hin zu C wie chemische Kampfstoffe. Erst kürzlich war ein Mitarbeiter auf den Marshallinseln und untersuchte dort ein Atomwaffentestgelände auf Rückstände von Plutonium und Americium.

Sie arbeiten also auch mit gefährlichen Erregern?

Ja, schweizweit haben wir das einzige Labor für humanpathogene Erreger der Risikogruppe 4, das heisst zum Beispiel, dass wir im Rahmen des Bevölkerungsschutzes Forschungsarbeiten an Ebola-Viren durchführen dürfen. Im Fall Ebola gehören wir einem grossen Forschungskonsortium zur

«Auch wenn es international immer noch schwierig ist, die Verantwortlichen zu belangen, so haben durch den expliziten Nachweis eines Chemiewaffeneinsatzes Sanktionen eine viel solidere Grundlage.»

Impfstoffentwicklung an. Und wir sind das nationale Referenzlabor für unter anderem Anthrax, auch als Milzbrand bekannt. Diese potenziell tödlich verlaufende Infektionskrankheit wird durch das Bakterium *Bacillus anthracis* hervorgerufen. Wir machen auch die Diagnostik für exotische Krankheiten, die kommerzielle Labors nicht in ihrem Portfolio haben. Dazu gehören Lassa- oder Hanta-Viren, die häufig durch Reiserückkehrer mitgebracht werden, aber auch Rotz und Pseudorotz und natürlich jetzt die Coronaviren.

In welchem Fachbereich sind Sie angesiedelt?

Angefangen habe ich im Bereich Biologie, speziell der Infektionsbiologie,

und da in eine recht neu zusammengesetzte Gruppe. Sie nennt sich Proteomics, Bioinformatics and Toxins. Ich beschäftige mich hauptsächlich mit biochemischer Analytik und entwickle beispielsweise Nachweismethoden für Toxine.

Mittlerweile bin ich in der ABC-Rüstungskontrolle und dort für die Rüstungskontrolle Biologie zuständig. Da wir hier aber ein ziemlich kleines Labor sind, mit ungefähr 100 Vollzeitstellen, sind meine Projekte fachübergreifend. Das geht schnell mal über den eigenen Tellerrand hinaus.

Was heisst das konkret?

Angefangen habe ich mit einem Projekt zum Nachweis von Antibiotikaresistenzen in Bakterien mithilfe der Massenspektrometrie. In meinem aktuellen Projekt arbeite ich mit einem Synthesechemiker zusammen. Wir wollen eine Methodik entwickeln, um Chlorvergiftungen in Haaren nachzuweisen. Chlor wird zunehmend als Chemiewaffe eingesetzt. In Syrien zum Beispiel sind zahlreiche Chemiewaffenanschläge mit Chlorgas verübt worden. Da Chlorid in der Umwelt aber überall vorkommt, muss man spezifisch nach Chlorverbindungen suchen. Das heisst, wir müssen einen spezifischen und vor allem stabilen Marker für eine Chlorvergiftung finden, den man auch längere Zeit nach einem Anschlag noch im Menschen nachweisen kann.

Wenn es irgendwo auf der Welt zu einem Chlorgasanschlag kommt, könnte man diese Methode also für den Nachweis verwenden?

Das ist die Idee. Auch wenn es international immer noch schwierig ist, die Verantwortlichen zu belangen, so haben durch den expliziten Nachweis eines Chemiewaffeneinsatzes Sanktionen eine viel solidere Grundlage. Im Bereich der Biowaffen ist man da noch nicht so weit. Das ist Teil meines neuen Jobs in der Fachstelle ABC-Rüstungskontrolle.

Interessant! Was ist denn Ihr neues Aufgabengebiet?

Etwa die Hälfte meiner Arbeitszeit

dreht sich um internationale Beziehungen, das Verhandeln von Biowaffenübereinkommen, die Teilnahme an und die Organisation von UNO-Meetings. Meine Aufgabe ist es dann, Diplomaten und Politikern den wissenschaftlichen Background für ihre Entscheidungen zu liefern. Das reizt mich extrem. Schon seit langem interessiere ich mich für internationale Organisationen und hatte einen CAS absolviert, bei dem es ein Modul «Intercultural Communications» gab. Das ist bestimmt hilfreich, ansonsten heisst es Learning on the job. Das ist aktuell eine steile Lernkurve.

Und die anderen 50 Prozent?

Die widme ich weiterhin der Forschung. Speziell geht es um den sensitiven Nachweis von biologischen Giften, beispielsweise Proteintoxinen. Und ich werde zusammen mit der Virologie an Viren forschen, die aktuell interessant sind, wie gerade jetzt das Coronavirus.

Apropos Coronavirus, wie ist das Labor Spiez dort involviert und wie hat die Situation Ihre Arbeit verändert?

Unsere Aufgabe ist es, Coronatests vor allem für das Militär durchzuführen. Die haben Priorität und das Ergebnis muss innert weniger Stunden vorliegen. Zu Höchstzeiten haben wir 170 Proben am Tag auf Corona getestet. Insgesamt hatten wir an die 2000 Corona-Verdachtsfälle. Im Vergleich zu letztem Jahr, dort hatten wir gerade einmal 300 Proben unterschiedlichster Infektionserreger über das ganze Jahr verteilt.

Wir kümmern uns im Regionallabornetzwerk um den Aufbau und die Verbesserung der Diagnostik für diverse Erreger und koordinieren die Verteilung von Labormaterialien und Diagnostik-Kits. Im Haus laufen aber auch Forschungsprojekte zum Beispiel zur Desinfektionswirkung von Seife auf Coronaviren. Viele von uns, auch ich, sind zurzeit stark in die Coronadiagnostik eingespannt.

Das Labor Spiez hat eine Beratungsfunktion gegenüber natio-

nen Instanzen. Was muss man sich darunter vorstellen?

Wir beraten zum Beispiel das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO in Bezug auf Rüstungskontrolle. Da geht es häufig um Ausfuhrgenehmigungen: Kann der Fermenter X zur Joghurtherstellung auch für die Pockenproduktion verwendet werden und wie muss man ihn umbauen, damit er nicht missbräuchlich für die Biowaffenproduktion eingesetzt werden kann. Das ist nur ein Aspekt von vielen. Wir arbeiten auch eng mit Polizei und Feuerwehren zusammen, insbesondere auch mit Chemiewehren von Firmen. Wir verfügen über ABC-Einsatzteams, die vor Ort Proben nehmen und sie im Labor analysieren. Wenn ein hochrangiger Politiker beispielsweise einen Umschlag mit weissem Pulver im Briefkasten findet, was vor ein paar Jahren noch häufiger vorkam, testen wir, ob es sich um Anthrax oder um harmloses Mehl handelt.

Wie der Name schon sagt, befindet sich das Labor in Spiez. Leben Sie auch an Ihrem Arbeitsort?

Nein, ich wohne in Thun, das ist etwas grösser als Spiez. Die Stadt ist für mich ein guter Kompromiss zwischen gross und klein. Ich fahre jeden Tag elf Kilometer mit dem Fahrrad zur Arbeit, vor allem am Seeufer entlang, das ist sehr schön.

Dann kommen Sie also auf Ihre sportlichen Kosten?

Ja, absolut. Die Möglichkeiten mit Bergen und See vor der Tür sind so vielfältig. Ich gehe viel klettern, wandern und mache Touren mit dem Rennrad und Mountainbike, im Winter stehe ich auf den Skiern. Tatsächlich habe ich es aber noch nicht geschafft, im Thuner See zu baden.

Direkt aus dem See ragt eine steile Wand, die ich auch schon hochgeklettert bin. Wenn man loslässt, fällt man einfach in den See. Und ich bin im Alpen- und Sportverein aktiv, so habe ich recht schnell neue Leute kennengelernt. Aber alle zwei Monate zieht es mich doch nach Basel und ich treffe mich mit Kollegen aus Biozentrum-Zeiten. Natürlich nur, wenn wir nicht gerade in Coronazeiten leben.

Interview

Biozentrum, Universität Basel, Autorin: Katrin Bühler (Mai 2020), aktualisiert durch Maximilian Brackmann (März 2021)



Das Labor Spiez, wo Maximilian Brackmann beschäftigt ist, ist in der Abwehr von atomaren, biologischen und chemischen Gefahren tätig.



Luca Scherrer, Master in Wirtschaftschemie, Manager im Analytics & Cognitive Team, Consulting | Deloitte Consulting AG

«VERTRAUEN IST DAS WICHTIGSTE GUT»

Seit fünf Jahren arbeitet Luca Scherrer (31) bei der Consulting | Deloitte Consulting AG. Er berät Pharmafirmen bei der Transformation zum digitalen Unternehmen. Damit kann er im Beruf die beiden Pole des Wirtschaftschemiestudiums optimal vereinen. Sein hauptsächlicher Arbeitsort befindet sich im Büro der Kunden und Kundin-

nen. Dazu ist er relativ viel auf Reisen: London, San Francisco oder Toronto sind nur ein paar seiner Destinationen.

«Ich bin Unternehmensberater mit dem Fokus, Pharmafirmen in Daten getriebene Unternehmen zu transformieren. Die offizielle Funktionsbezeichnung heisst Manager im Analytics & Cognitive Team. Bei mir gleicht keine Woche, kein Tag dem anderen – das macht meinen Job so schön abwechslungsreich.

Eine typische Tätigkeit ist zum Beispiel, zusammen mit meinem Team eine Datenstrategie für eine Pharmafirma zu definieren. Das Ziel ist es, Patientendaten zu nutzen, um bessere

«Um objektiv und relevant beraten zu können – was die Grundlage für ein Vertrauensverhältnis ist –, muss Unabhängigkeit gewährleistet werden können. Das kann sich mit Profitabilität beissen.»

klinische Entscheidungen treffen zu können. Hierzu müssen wir Mechanismen definieren, um die Unmengen an strukturierten, aber auch unstrukturierten Daten so zu modellieren, dass «Machine Learning»-Algorithmen neue Erkenntnisse liefern können. Dazu arbeiten wir oft sehr lange, sehr intensiv mit dem Team in einem Raum. Die Resultate präsentieren wir dem Kunden in Workshops.

DIE WICHTIGSTEN FIRMEN

Consulting | Deloitte Consulting AG hat ca. 700 Angestellte. Die Grösse des Unternehmens, seine grosse Bandbreite, macht den Austausch mit Experten und Expertinnen aus allen Bereichen möglich. Das ist sehr spannend.

Mir macht an meiner Tätigkeit am meisten Spass, mit intelligenten, diversen, jungen Menschen intellektuelle, technische, aber auch persönliche und politische Herausforderungen für die wichtigsten Firmen der Welt zu meistern. Ermüdend kann sein, dass

man als Berater oft als teure Arbeitsmaschine gesehen wird. Trotzdem muss man sich dem Kunden stets motivierend und hilfsbereit zur Verfügung stellen.

OBJEKTIVE BERATUNG

Auch in Zukunft wird im Beratungsumfeld Vertrauen das wichtigste Gut sein. Dies klingt simpel, ist aber mit den heutigen Strukturen oft schwierig zu erreichen. Um objektiv und relevant beraten zu können – was die Grundlage für ein Vertrauensverhältnis ist –, muss Unabhängigkeit gewährleistet werden können. Das kann sich mit Profitabilität beissen.

Wer in diesem Bereich tätig werden will, muss neue Themengebiete schnell und relativ fundiert verstehen können. Ebenso wichtig ist es, persönliche und relevante Beziehungen in relativ kurzer Zeit aufbauen zu können.

FLEXIBEL IM DENKEN

Im Gymnasium war ich von den Naturwissenschaften begeistert, habe aber im Labor zwei linke Hände. In der Wirtschaftschemie fand ich die optimale Kombination meiner Interessen und meiner Fähigkeiten. Im Wirt-

schaftschemiestudium muss man oft sehr schnell umdenken können. Diese Flexibilität ist definitiv das Wichtigste, was ich heute anwenden kann.

Der Berufseinstieg war nicht schwierig. Ich hatte mehrere Optionen, und das Schwierigste war, die Entscheidung zu treffen. Ich glaube auch, man kann beim Berufseinstieg kaum Fehler machen, wenn man nach dem Studium das Beste gibt. Meine jetzige Stelle erhielt ich, weil ich nach dem Studium bei einem damaligen Kunden von Deloitte – einer Pharmafirma – im Datenmanagement arbeitete. Ich begleitete ein Projekt auf der Kunden-

FREUNDE FÜRS LEBEN

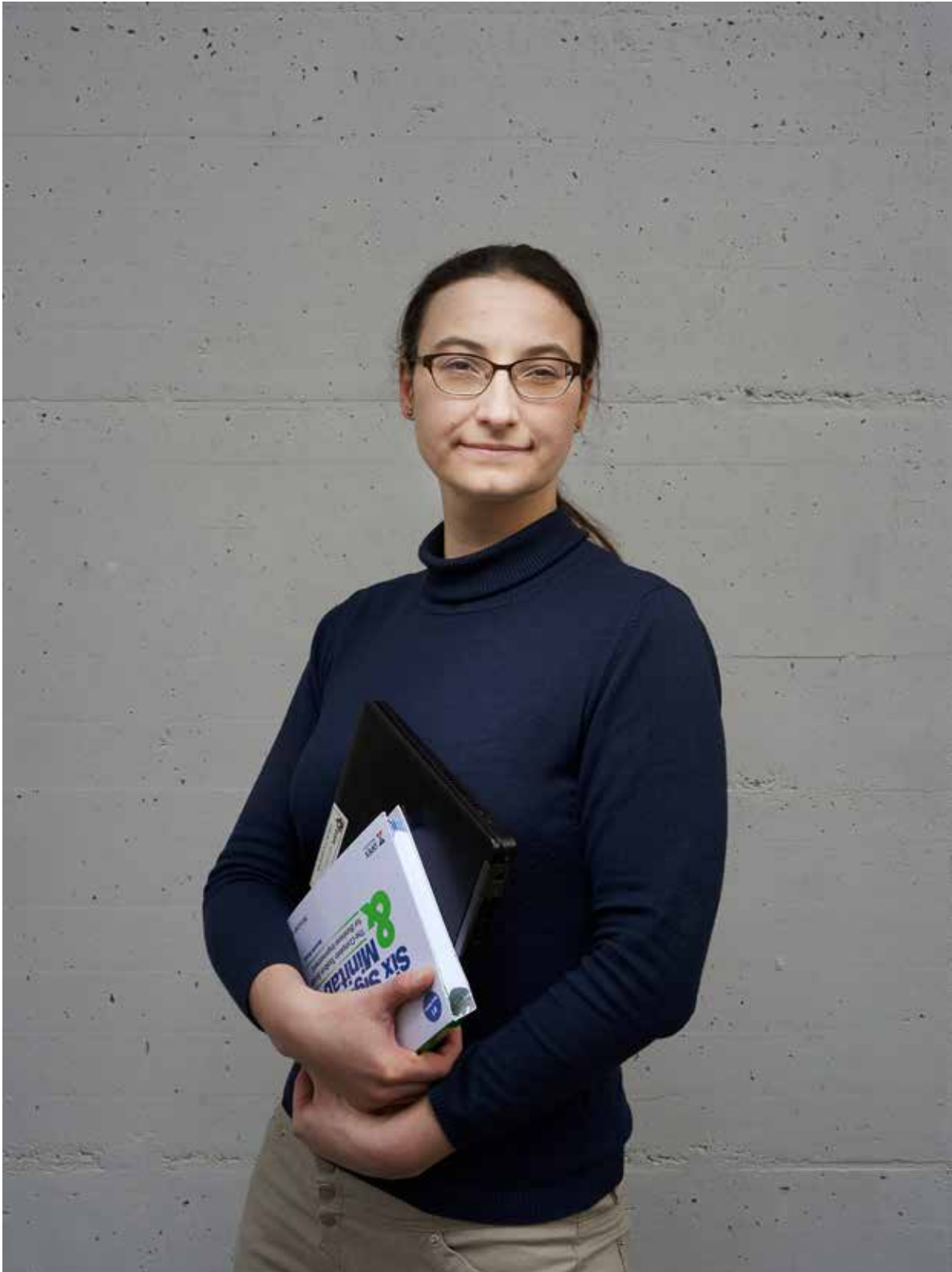
Angehenden Studentinnen und Studenten empfehle ich, sich in jedem Schritt selbst gut zu reflektieren, um zu verstehen, worin sie gut sind und wo sie sich verbessern müssen. Im Studium und im ersten Job ist es wichtig, diese Schwächen anzugehen und zu verbessern. Das Wichtigste ist jedoch, Freunde fürs Leben zu gewinnen.»

Porträt

Barbara Kunz



Pharmafirmen in Daten getriebene Unternehmen zu transformieren, gehört zum Job von Luca Scherrer.



Nicole Ulmer, Doktorat in Chemie- und Bioingenieurwissenschaften, Prozessingenieurin, DSM Nutritional Products AG Werk Lalden

MEHR INGENIEURIN ALS CHEMIKERIN

Nicole Ulmer (34) arbeitet als Prozessingenieurin. Das bedeutet, dass sie an Anlagen der biochemischen Produktion Verbesserungen initiiert, erprobt und umsetzt. Dies geschieht nicht einsam im Büro, sondern in intensiver Teamarbeit. Oft ist es eine Herausforderung, mit allen Beteiligten das Problem genau zu definieren und dann erst die Lö-

sungsansätze zu suchen. Anspruchsvoll ist auch, den Überblick zu behalten, weil eigentlich immer mehrere Projekte gleichzeitig laufen. Trotzdem oder gerade deswegen ist Nicole Ulmer begeistert von ihrer Tätigkeit.

«In der Schule war Chemie eines meiner Lieblingsfächer, deswegen habe ich mich für dieses Studium angemeldet», sagt Nicole Ulmer. An der ETH haben Chemieingenieure und Chemikerinnen in den ersten zwei Jahren alle Fächer zusammen. «Ich stellte fest, dass mir das Mathematische besser liegt, deswegen habe ich entschieden, den Studiengang zu wechseln und Chemie- und Bioingenieurin zu werden. Eine Entscheidung, die ich bis heute nicht bereue.» Als Chemikerin könnte sie ihre aktuellen Aufgaben gar nicht erledigen: «Meine Aufgaben sind sehr viel technischer als die eines Chemikers. Beispielsweise bin ich keine Expertin darin, welche Reaktionen neben meiner Hauptreaktion alle ablaufen könnten. Dafür ziehe ich eine Chemikerin hinzu. Ich beschäftige mich mit den Prozessen, nicht nur mit der Reaktion. Für mich ist es relevant, bei welchen Temperaturen oder wie lange Reaktionen ablaufen, um sie zu optimieren. Ich mache auch Aufarbeitungen wie Destillation oder Filtration oder beschäftige mich mit Steuerungen.»

Sehr vieles, was Nicole Ulmer im Chemie- und Bioingenieurwissenschaftsstudium gelernt hat, könne sie direkt oder indirekt anwenden. Aber manchmal sei die Verbindung nicht sofort sichtbar. Allerdings lerne sie auch jeden Tag Neues. «Dabei hilft mir das Studium auch: Ich habe gelernt, schnell die relevante Information zu finden, weiss, wie man Literaturrecherchen macht und verstehe viele Zusammenhänge bereits oberflächlich, womit mir der Einstieg in die Tiefe leichter fällt.» Kein Wunder rät sie Studienbeginnerinnen und Studienbeginnern: «Lernt zu lernen, ihr werdet das ganze Leben lang froh sein darum, nicht nur während dem Studium.» Und zweitens: «Haltet die ersten Jahre des Studiums durch, die Grundlagen sind nötig, auch wenn das grosse Ganze noch nicht sichtbar ist.»

VERBESSERUNGSINITIATIVEN

Direkt nach dem Studium war Nicole Ulmer etwas orientierungslos. Deshalb habe sie in den Arbeitsgruppen der Universität herumgefragt, ob jemand eine Praktikantin brauche. «So kam ich zu meiner Anstellung beim Start-up ChromaCon, wo ich Prozesse für Kunden entwickelte und Anwendungsbeispiele erarbeitete.» Nach vier Jahren kehrte sie an die ETH zurück und machte ihren Doktor. In der DSM Nutritional Products AG ist sie nun fast zwei Jahre angestellt. Ihre Hauptaufgaben sind Verbesserungsinitiativen im Werk Lalden der DSM. Dabei geht es darum, die bestehenden Anlagen durch kleine Umbauten oder sogar nur verbesserte Betriebsbedingungen effizienter betreiben zu können. Nicole Ulmer weiss genau, welche verschiedenen Aspekte der Verbesserung wichtig sein können:

Bei der Steigerung der *Ausbeute* soll aus den gleichen Rohmaterialien mehr Endprodukt produziert werden können. Die Verbesserung der *Kapazität* führt dazu, mit den bestehenden Anlagen mehr Produkt produzieren zu können. Eine verbesserte *Energieeffizienz* kann zum Beispiel bedeuten, einen heissen Strom zum Aufheizen eines kalten zu nutzen, statt Dampf oder Elektrizität einzusetzen.

Nicole Ulmer arbeitet mit vielen Leuten zusammen. In Zusammenarbeit mit dem Betrieb werden zuerst die Ziele und Bedingungen erarbeitet, aber auch verschiedene Lösungsansätze. Dann arbeitet Nicole Ulmer die Lösungen aus, macht Kosten- und Nutzenabwägungen und vertritt das Projekt – je nach Grösse – am Standort oder im Hauptsitz der Firma. Danach geht es darum, die gewählte Lösung umzusetzen. Auch dabei erarbeitet Nicole Ulmer im Team mit verschiedenen Abteilungen die Wartung, den Betrieb und die Programmierung.

FAMILIÄRER GROSSBETRIEB

Fragt man Nicole Ulmer, was sie von Beruf sei, sagt sie meistens «ich bin Prozessingenieurin», darunter können sich die Leute am ehesten etwas vorstellen. «Meine Ausbildung führte mich zur Chemie- und Bioingenieurin. Ich

habe aber leider die Erfahrung gemacht, dass nach dem Wort «Chemie» keiner mehr zuhört.» Dabei habe sie mehr Kompetenzen im Ingenieursbereich als in der Chemie. Deswegen passe Prozessingenieurin am besten.

DSM beschäftigt rund 21 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weltweit. Am Standort Lalden im Wallis sind es rund 160 Mitarbeitende. Nicole Ulmer findet dies «von der Grösse her noch familiär – man kennt sich – aber gross genug, dass man auch Abwechslung hat». Nicole Ulmer ist bei der Abteilung «Improve Plant» angestellt, arbeitet da aber nur zu 50 Prozent. Die anderen 50 Prozent arbeitet sie als «production improvement engineer», wo sie dem Betrieb hilft, kleinere Probleme zu lösen und Verbesserungsvorschläge umzusetzen.

VIEL UNTERWEGS

Nur ein kleiner Teil von Nicole Ulmers Arbeiten wiederholt sich regelmässig: «Beispielsweise beschäftige ich mich jede Woche mit den Leistungskennzahlen des Betriebes und mache Rundgänge im Werk mit Fokus (Arbeits-)Sicherheit. Dies nimmt aber nicht mehr als 20 Prozent meiner Arbeitszeit in Anspruch. Die restliche Zeit ist sehr abwechslungsreich: Verschiedene Projekte, Workshops, Problemlösungsinitiativen oder Datenauswertungen gehören dazu, wie auch Berichte verfassen oder Präsentationen vorbereiten.»

Die meiste Zeit verbringt Nicole Ulmer im Büro mit Planung, Datenauswertung und Lösungsarbeit. Daneben ist sie viel in den Produktionsbetrieben unterwegs, um zu sehen, wie die Anlagen aussehen, wie Rohrführungen gemacht sind, aber auch wie die Abläufe bei den Betriebsarbeiten sind. All dies kann sehr wichtig sein bei Verbesserungen und Problembehebungen. «Einmal hatten wir beispielsweise grössere Probleme, weil an einer Leitungskreuzung ein Rohr nach unten statt nach oben wegging.»

Ausserhalb des Werks steht Nicole Ulmer in regem Kontakt mit anderen Betriebsstandorten, die sie auch gelegentlich besucht. Für ihre verantwortungsvolle Aufgabe ist Weiterbildung wichtig, weswegen sie an Kursen oder

Konferenzen teilnimmt. «Hauptsächlich habe ich aber mit Leuten aus meinem Standort zu tun, allerdings gehören teilweise auch Kundenkontakt und natürlich der Kontakt zu Lieferanten zu meinem Arbeitsalltag. Am Standort haben wir hauptsächlich persönlichen Kontakt. Manchmal greife ich aber auch zum Telefon, wenn es nur um kurze Anfragen geht. Mit Kunden und Kundinnen und anderen Standorten bin ich viel über Teams oder über andere Voice-Chat-Programme in Kontakt, strebe aber auch da regelmässig persönliche Treffen an. Mit Lieferanten ist mein Kontakt hauptsächlich via E-Mail und Telefon.»

WACHSEN AN HERAUSFORDERUNGEN

Auf die Frage, was ihr an ihrer Arbeit gefällt, sagt Nicole Ulmer: «Dass ich einen Unterschied machen und von der Projektidee bis zur Umsetzung dabei sein kann. Es ist auch schön, dass wir sehr eng mit den produzierenden Betrieben zusammenarbeiten, ihre Ideen

aufnehmen und gemeinsam umsetzen. Ich kann kreativ sein, mit Leuten zusammenarbeiten, sie weiterbringen und Daten auswerten. Abwechslung gehört zu meinem Alltag, dies genieße ich sehr.»

Besonders anspruchsvoll ist für Nicole Ulmer, dass sie immer sehr viele Projekte gleichzeitig bearbeitet. Manchmal sei es schwierig, den Überblick zu behalten. Auch gebe es Zeiten mit viel Stress, wenn gerade zwei Projekte gleichzeitig die volle Aufmerksamkeit verlangen oder wenn Probleme im Betrieb auftauchen, die schnell gelöst werden müssen. «Dies würde mich aber niemals davon abhalten, das Chemie- und Bioingenieurstudium nochmals zu wählen, denn an solchen Herausforderungen wächst man auch.»

GENAUE PROBLEMDEFINITION

Eine der Herausforderungen an ihrer Arbeit sei es, in sehr vielfältigen Teams einen gemeinsamen Nenner zu finden. «Wenn ich beispielsweise ein Projekt

für eine Änderung bearbeite, haben oft verschiedene Teammitglieder bereits ein Bild von der Lösung, bevor überhaupt klar ist, was die Anforderungen sind.» Da müsse sie sich durchsetzen können, zuerst das Problem genau zu definieren und dann erst die Lösungsansätze dafür zu suchen.

Auch im Arbeitsfeld von Nicole Ulmer ist die Digitalisierung 2.0 in vollem Gang. Es gibt viele Neuerungen in den Betrieben, zum Beispiel werden eigene Applikationen für Tablets generiert, um die Arbeit leichter und sicherer zu machen. Auch werden immer mehr Daten immer einfacher zugänglich. Damit werden neue Möglichkeiten erschaffen, die Prozesse noch weiter zu verbessern. «Meine Arbeit wird also auch in Zukunft spannend bleiben», ergänzt sie.

Porträt

Barbara Kunz

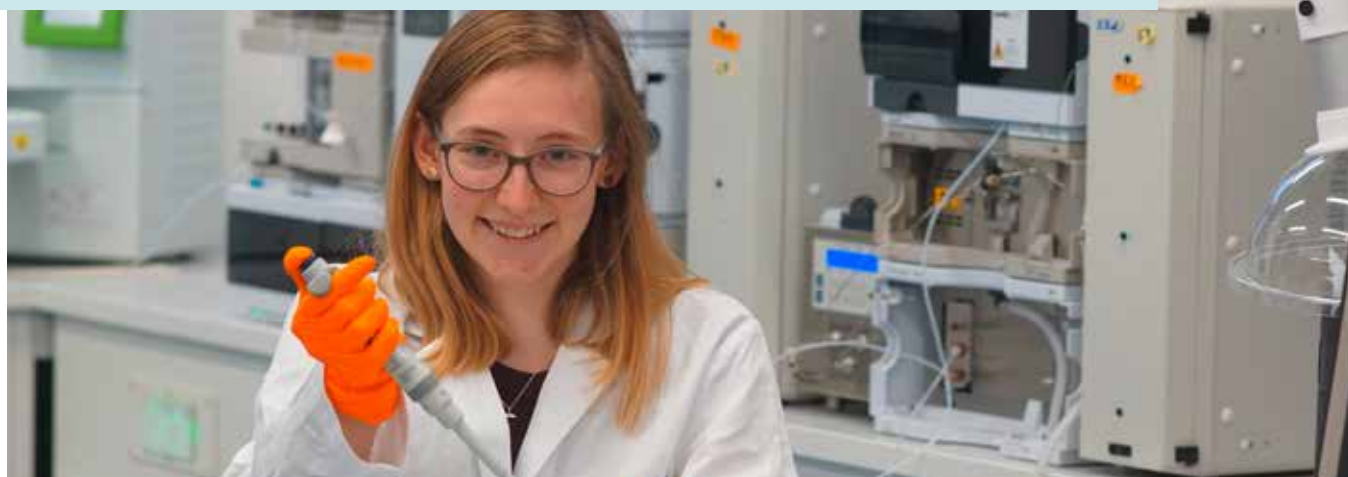


Universität
Basel

Swiss Nanoscience Institute



SWISS
NANOSCIENCE
INSTITUTE
EINE INITIATIVE DER UNIVERSITÄT BASEL
UND DES KANTONS AARGAU



Sind Naturwissenschaften deine Stärke?

Dann ist das Nanowissenschafts-Studium an der Universität Basel genau das Richtige!

Die Universität Basel bietet einen interdisziplinären und praxisorientierten Bachelor- und einen Master-Studiengang in Nanowissenschaften an. Du bekommst eine umfassende Ausbildung in Chemie, Biologie, Physik und Mathematik, erhältst schon früh Einblicke in die Arbeit verschiedener international führender Forschungsgruppen und knüpfst Kontakte mit der Industrie. www.nanostudy.unibas.ch

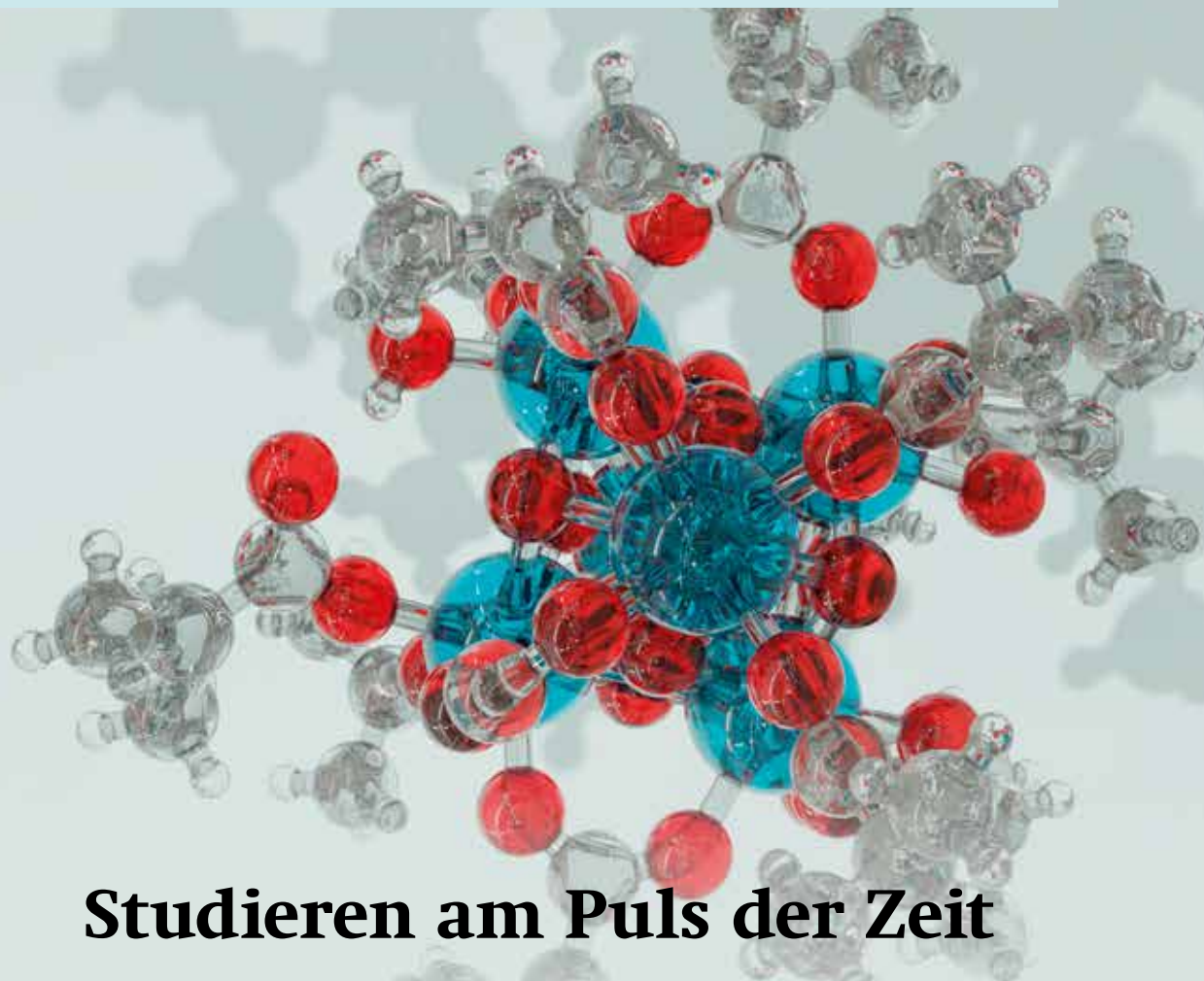




Universität
Basel

Departement
Chemie

Departement
Chemie



Studieren am Puls der Zeit

Die moderne Chemie ist enorm vielfältig. Neben klassischen Themen aus (an)organischer, analytischer oder physikalischer Chemie bietet sie Lösungsansätze für zukunftssträchtige Fragestellungen z.B. aus den Bereichen erneuerbare Energien oder Nanomaterialien. Die Chemie steht heute im Zentrum der Naturwissenschaften und die Grenzen zu anderen Disziplinen sind fließend. Das Chemiestudium an der Universität Basel trägt dieser Interdisziplinarität Rechnung und ist vielseitig ausgerichtet.

Im Chemiestudium an der Universität Basel lernst Du mit den Bausteinen der Materie umzugehen – praxisorientiert und forschungsbezogen. Zusammen mit dem Erwerb der nötigen theoretischen Hintergründe bist Du hervorragend ausgebildet für eine selbständige Arbeitsweise in der experimentellen Wissenschaft Chemie und eröffnest Dir damit vielfältigste Berufsfelder.

chemie.unibas.ch



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences and Arts
Western Switzerland

Vom Milligramm zur Tonne Chemie studieren ganz praktisch



Absolviere Deinen zweisprachigen Bachelor an der HTA Freiburg!

Mit unserer hochmodernen Infrastruktur bereitest Du dich optimal auf die vielseitigen Herausforderungen für eine erfolgreiche Karriere in der Chemie vor.

Neugierig?
Komm doch
zu einem
Schnuppertag!



go.hta-fr.ch/schnuppertag

GO.HTA-FR.CH/CHEMIE



Mit einem Technik-Studium

Perspektiven finden

Entwickeln Sie den technologischen Fortschritt mit, gestalten Sie die Lösungen von morgen und begegnen Sie den Herausforderungen der Zukunft.

Mit einem Bachelor-Studium in

- Elektrotechnik
- Erneuerbare Energien und Umwelttechnik
- Maschinentechnik | Innovation
- Systemtechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen

ost.ch/technikstudieren



SERVICE

ADRESSEN, TIPPS UND WEITERE INFORMATIONEN

STUDIERN

www.berufsberatung.ch

Das Internetangebot des SDBB (Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung, Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung) ist das Portal für Berufswahl, Studium und Laufbahnfragen. Eine umfangreiche Dokumentation sämtlicher Studienrichtungen an Schweizer Hochschulen, Informationen zu Weiterbildungsangeboten und zu den Berufsmöglichkeiten nach einem Studium.

www.swissuniversities.ch

Das Internet-Portal von swissuniversities, der Rektorenkonferenz der Schweizer Hochschulen (Universitäre Hochschulen, Fachhochschulen und Pädagogische Hochschulen). Allgemeine Informationen zum Studium in der Schweiz und zu Anerkennungs- und Mobilitätsfragen sowie die Konkordanzliste zur Durchlässigkeit der Hochschultypen.

www.studyprogrammes.ch

Bachelor- und Masterstudienprogramme aller Hochschulen.

www.swissuniversities.ch/de/services/studieren-im-ausland

Allgemeine Informationen zu einem Auslandssemester, einem Studium oder Praktikum im Ausland mit umfangreicher Linkliste zu Ländern auf der ganzen Welt.

Studium in Sicht –

Studienrichtungen und Berufsperspektiven, SDBB Verlag, 2018



Universitäre Hochschulen

www.epfl.ch: Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne

www.ethz.ch: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

www.unibas.ch: Universität Basel

www.unibe.ch: Universität Bern

www.unifr.ch: Universität Freiburg

www.unige.ch: Universität Genf

www.usi.ch: Universität der italienischen Schweiz

www.unil.ch: Universität Lausanne

www.unilu.ch: Universität Luzern

www.unine.ch: Universität Neuenburg

www.unisg.ch: Universität St. Gallen

www.uzh.ch: Universität Zürich

www.fernuni.ch: Universitäre Fernstudien der Schweiz

Fachhochschulen

www.bfh.ch: Berner Fachhochschule BFH

www.fhgr.ch: Fachhochschule Graubünden FHGR

www.fhnw.ch: Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

www.supsi.ch: Fachhochschule Südschweiz SUPSI

www.hes-so.ch: Fachhochschule Westschweiz HES-SO

www.hslu.ch: Hochschule Luzern HSLU

www.ost.ch: Ostschweizer Fachhochschule OST

www.zfh.ch: Zürcher Fachhochschule ZFH

www.fernfachhochschule.ch: Fernfachhochschule Schweiz

www.kalaidos-fh.ch: Fachhochschule Kalaidos FH Zürich

Pädagogische Hochschulen

Eine vollständige Liste aller Pädagogischen Hochschulen sowie weiterer Ausbildungsinstitutionen im Bereich Unterricht und pädagogische Berufe ist zu finden auf:

www.berufsberatung.ch/ph oder www.swissuniversities.ch

Links zu allen Hochschulen und Studienfächern

www.berufsberatung.ch/studium

Weiterbildungsangebote nach dem Studium

www.swissuni.ch

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

FACHGEBIET

Studium und Beruf

Beschreibungen von Teilgebieten (Fachrichtungen) und Informationen zum Beruf, die auch für die Schweiz gültig sind: www.chemie-studieren.de

Beruf und Laufbahn

Technik und Naturwissenschaften – Laufbahnen zwischen Megabytes und Molekülen. Bern, SDBB, 2015: Rund 50 Porträts illustrieren das weite Arbeitsfeld nach einem technischen oder naturwissenschaftlichen Studium.

Die erste Stelle nach dem Studium. Die Beschäftigungssituation der Neuabsolventinnen und Neuabsolventen der Schweizer Hochschulen. Bern, SDBB, 2019.

Berufsbilder in der Chemie. Die Broschüre mit Tätigkeitsberichten von Chemikerinnen und Chemikern kann von der Seite www.gdch.de/berufsbilder heruntergeladen werden.

Alternativen

Chemie, Kunststoff, Papier. Chancen in Beruf und Arbeit. Bern, SDBB, 2018. Diese Broschüre gibt einen Überblick über die Ausbildungen an höheren Fachschulen, zu Fachausbildungen und berufsorientierten Weiterbildungen im Gebiet der Chemie. Sie enthält auch Berufsporträts.

Verbände und Vereinigungen

Schweizerische Chemische Gesellschaft: www.scg.ch

Plattform Chemie der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT): <https://chem.scnat.ch>

Schweizerische Gesellschaft für Klinische Chemie: www.sccc.ch

Wirtschaftsverband für Firmen aus Chemie, Pharma und Biotech: www.scienceindustries.ch

Schweizerischer Verband diplomierter Chemiker FH: www.svc.ch

Verband der Studierenden und Absolventen/Absolventinnen der Wirtschaftschemie der Universität Zürich, WiChem Forum Zürich: www.wichem.ch

Informationsveranstaltungen zum Studium

Die Schweizer Hochschulen bieten jedes Jahr Informationsveranstaltungen für Studieninteressierte an. Dabei erfahren Sie Genaueres über Anmeldung, Zulassung und Studienaufbau. Ebenso lernen Sie einzelne Dozentinnen und Dozenten (mancherorts auch Studentinnen und Studenten) sowie die Örtlichkeiten kennen. Die aktuellen Daten finden Sie auf den Websites der Hochschulen und Fachhochschulen bzw. unter www.swissuniversities.ch.

Vorlesungsverzeichnisse, Wegleitungen, Vorlesungsbesuche

Die Ausbildungsinstitutionen bieten selbst eine Vielzahl von Informationen an. Schauen Sie sich ein kommentiertes Vorlesungsverzeichnis (auf den meisten Internetseiten der einzelnen Institute zugänglich) des gewünschten Fachbereichs an, konsultieren Sie Wegleitungen und Studienpläne oder besuchen Sie doch einfach mal eine Vorlesung, um ein wenig Hochschulluft zu schnuppern.

Noch Fragen?

Bei Unsicherheiten in Bezug auf Studieninhalte oder Studienorganisation fragen Sie am besten direkt bei der Studienfachberatung der jeweiligen Hochschule nach. Vereinbaren Sie einen Besprechungstermin oder stellen Sie Ihre Fragen per E-Mail. Dies ist auch schon vor Aufnahme des Studiums möglich. Die verantwortliche Person beantwortet Unklarheiten, die im Zusammenhang mit dem Studium auftreten können. Für Studienanfängerinnen und Studienanfänger führen viele Universitäten Erstsemestrigentage durch. Bei dieser Gelegenheit können Sie Ihr Studienfach sowie Ihr Institut kennenlernen.

Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung

Die Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung Ihrer Region berät Sie in allen Fragen rund um Ihre Studien- und Berufswahl bzw. zu Ihren Laufbahnmöglichkeiten. Die Adresse der für Sie zuständigen Berufs-, Studien- und Laufbahnberatungsstelle finden Sie unter www.adressen.sdbb.ch.

Antworten finden – Fragen stellen

Auf www.berufsberatung.ch/forum sind viele Antworten zur Studienwahl zu finden. Es können dort auch Fragen gestellt werden.

PERSPEKTIVEN EDITIONSPROGRAMM

Die Heftreihe «Perspektiven» vermittelt einen vertieften Einblick in die verschiedenen Studienmöglichkeiten an Schweizer Universitäten und Fachhochschulen. Die Hefte können zum Preis von 20 Franken unter www.shop.sdbb.ch bezogen werden oder liegen in jedem BIZ sowie weiteren Studien- und Laufbahnberatungsinstitutionen auf. Weiterführende, vertiefte Informationen finden Sie auch unter www.berufsberatung.ch/studium.



2018 | Agrarwissenschaften
Lebensmittelwissenschaften
Waldwissenschaften



2017 | Altertumswissenschaften



2017 | Anglistik



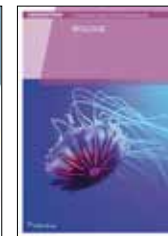
2018 | Architektur,
Landschaftsarchitektur



2019 | Asienwissenschaften
und Orientalistik



2018 | Bau und Planung



2020 | Biologie



2021 | Chemie,
Biochemie



2018 | Geowissenschaften



2019 | Germanistik,
Nordistik



2018 | Geschichte



2020 | Heil- und
Sonderpädagogik



2020 | Informatik,
Wirtschaftsinformatik



2017 | Interdisziplinäre
Naturwissenschaften



2019 | Internationale
Studien



2019 | Kunst



2020 | Medien und
Information



2017 | Medizin



2020 | Medizinische
Beratung und Therapie



2018 | Musik,
Musikwissenschaft



2017 | Pflege,
Geburtshilfe



2019 | Pharmazeutische
Wissenschaften



2019 | Philosophie



2019 | Physik



2020 | Soziale Arbeit



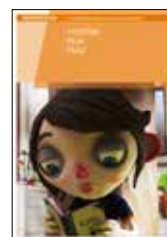
2017 | Soziologie, Politik-
wissenschaft, Gender
Studies



2019 | Sport, Bewegung,
Gesundheit



2017 | Sprachwissenschaft,
Vergleichende Literatur-
wissenschaft, Angewandte
Linguistik



2021 | Theater, Film, Tanz



2020 | Theologie,
Religionswissenschaft



2020 | Tourismus, Hotel
Management, Facility
Management



2020 | Umweltwissen-
schaften

«Perspektiven»-Heftreihe

Die «Perspektiven»-Heftreihe, produziert ab 2012, erscheint seit dem Jahr 2020 in der 3. Auflage.

Im Jahr 2021 werden folgende Titel neu aufgelegt:

Theater, Film, Tanz
 Chemie, Biochemie
 Anglistik
 Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik
 Sprachwissenschaft, Vergleichende Literaturwissenschaft,
 Angewandte Linguistik
 Life Sciences (Interdisziplinäre Naturwissenschaften)
 Pflege, Geburtshilfe
 Wirtschaftswissenschaften
 Soziologie, Politikwissenschaft, Gender Studies
 Erziehungswissenschaft
 Medizin
 Altertumswissenschaften



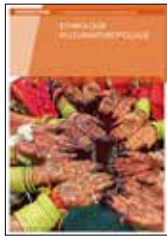
2018 | Design



2020 | Elektrotechnik und Informationstechnologie



2017 | Erziehungswissenschaft



2019 | Ethnologie, Kulturanthropologie



2019 | Kunstgeschichte



2018 | Maschinenbau, Maschineningenieurwissenschaften



2020 | Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik



2017 | Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften



2020 | Psychologie



2019 | Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften



2018 | Romanistik



2018 | Slavistik, Osteuropa-Studien



2019 | Unterricht Mittel- und Berufsfachschulen



2018 | Unterricht Volksschule



2018 | Veterinärmedizin



2017 | Wirtschaftswissenschaften

IMPRESSUM

© 2021, SDBB, Bern. 3., vollständig überarbeitete Auflage.
 Alle Rechte vorbehalten.

Herausgeber

Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung
 Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB, Bern, www.sdbb.ch
 Das SDBB ist eine Institution der EDK.

Projektleitung und Redaktion

Heinz Staufer, René Tellenbach, SDBB

Fachredaktion

Barbara Kunz, Berufs-, Studien- und Laufbahnberaterin, Nidau

Fachlektorat

Andreas Demuth, Amt für Jugend und Berufsberatung Kanton Zürich;
 Nadine Bless, Studien- und Laufbahnberaterin

Porträtbilder von Studierenden und Berufsleuten

Dominic Büttner, Zürich

Bildquellen:

Titelbild: www.istockphoto.com/JohnAlexandr; S. 6: unsplash.com/ThisisEngineering; S. 8: unsplash.com/ThisisEngineering; S. 9: unsplash.com/ThisisEngineering; S. 10: unsplash.com/NationalCancerInstitute (nci); S. 11 oben: ETH Zürich, Melanie Johnson; S. 11 unten: ETH Zürich, Melanie Johnson; S. 12 links: ETH Zürich, Norbert Staub; S. 12 rechts: Arik Beck/ETH Zürich; S. 13: Oliver Renn/ETH Zürich; S. 13 unten: Arik Beck/ETH Zürich; S. 14: Bild: Willy Kuo, UZH; S. 15: wikipedia.org; S. 16: wikipedia.org; S. 17: Panther Media GmbH/Alamy Stock Photo; S. 18: Nicholas Eveleigh/Alamy Stock Foto; S. 19 unten: ZHAW; S. 19 rechts: www.shutterstock.com/HongVo/NatalyaOsipova; S. 20, 21: Blaser Chris, Photographe, Chavannes-près-Renens; S. 21: www.shutterstock.com/Cascais, Portugal; S. 22: chemtech.heia-fr.ch/MichalDabros; S. 24: unsplash.com/ThisisEngineering; S. 32: Keystone/Patrick Straub; S. 33: www.shutterstock.com/Planar; S. 39: ZHAW/Brüderli; S. 41/47: Dominic Büttner, Zürich; S. 43: Keystone/Anthony Anex; S. 45: Keystone/Christian Beutler; S. 48: unsplash.com/cdc; S. 50: Keystone/Alessandro della Valle; S. 52: www.istockphoto.com/janiecbros; S. 56: Adriano A. Biondo/Biondopictures; S. 62: reportair.ch/NiklausWachter; S. 64: shutterstock.com/angellodeco;

Gestaltungskonzept

Cynthia Furrer, Zürich

Umsetzung

Viviane Wälchli, Zürich

Lithos, Druck

Kromer Print AG, Lenzburg

Inserate

Gutenberg AG, Feldkircher Strasse 13, 9494 Schaan
 Telefon +41 44 521 69 00, steven.hercod@gutenberg.li, www.gutenberg.li

Bestellinformationen

Die Heftreihe «Perspektiven» ist erhältlich bei:
 SDBB Vertrieb, Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen
 Telefon 0848 999 001, vertrieb@sdbb.ch, www.shop.sdbb.ch

Artikelnummer

PE1-1015

Preise

Einzelheft	CHF 20.–
Ab 5 Hefte pro Ausgabe	CHF 17.–/Heft
Ab 10 Hefte pro Ausgabe	CHF 16.–/Heft
Ab 25 Hefte pro Ausgabe	CHF 15.–/Heft

Abonnemente

1er-Abo (12 Ausgaben pro Jahr)	
1 Heft pro Ausgabe	CHF 17.–/Heft
Mehrfachabo (ab 5 Hefte pro Ausgabe, 12 Hefte pro Jahr)	CHF 15.–/Heft

Mit Unterstützung des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation SBFI.



AUSBILDUNGSVERBUND BERUFLICHE
GRUND- UND WEITERBILDUNG
NATURWISSENSCHAFTLICH, TECHNISCH,
KAUFMÄNNISCH

WEITERBILDUNG OHNE BERUFSMATUR

www.aprentas.com

- Chemie- und Pharmatechniker/-in mit eidg. Fachausweis
- Naturwissenschaftliche/-r Labortechniker/-in mit eidg. Diplom
- Dipl. Techniker/-in HF, Fachrichtung Systemtechnik
- Spezialist/-in für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz (ASGS) mit eidg. Fachausweis



Weitere Infos und Anmeldung:

www.aprentas.com/weiterbildung | weiterbildung@aprentas.com | Tel. 061 468 17 40



Hes-so VALAIS WALLIS

Haute Ecole d'Ingénierie
Hochschule für Ingenieurwissenschaften

NEUER
HOCHMODERNER
CAMPUS

Ausbildung

Studium BSc in Life Technologies

Vertiefungsrichtungen: *Biotechnologie, Analytische und bioanalytische Chemie, Lebensmitteltechnologie*




- Neu: Biotechnologie komplett auf Deutsch!
- Zweisprachig studieren
- Neuer Campus, moderne Labors und Pilothallen

Die Ingenieurinnen und Ingenieure in Life Technologies sind aufgrund ihrer praktischen Fähigkeiten und theoretischen Kenntnisse auf dem Arbeitsmarkt sehr gefragt.

Eine Ausbildung für alle die sich für **Naturwissenschaften** und **Ingenieurtechnik** in den Bereichen **Biotech, Pharma, Biomedizin, Chemie, Umwelt** interessieren.

www.hevs.ch/lt

 HES-SO Valais-Wallis • Rue de l'Industrie 21 • CP 2134 • 1950 Sitten
+41 58 606 85 12 • info.tevi@hevs.ch • www.hevs.ch/lt

swissuniversities



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zhaw

**Life Sciences und
Facility Management**

**ICBT Institut für
Chemie und Biotechnologie**

**An der Schnittstelle von Chemie, Biologie
und Technik entstehen vielversprechende
Lösungen. Das Bachelorstudium liefert
hierzu die Grundlagen, im Masterstudium
wird das Fachwissen vertieft.**

- Bachelor of Science in Biotechnologie
- Bachelor of Science in Chemie
- Master of Science in Life Sciences
 - mit Vertiefung Pharmaceutical Biotechnology
 - mit Vertiefung Chemistry for the Life Sciences

Jetzt informieren!

www.zhaw.ch/lsfm/studium

Zürcher Fachhochschule





Berner
Fachhochschule

Forschungsdrang



Grün. Nachhaltig. Zukunftssicher. Die neuen Studiengänge der BFH-HAFL.

BSc in Agronomie mit Vertiefungen in:

- Pflanzenwissenschaften und Ökologie
- Nutztierwissenschaften
- Internationale Landwirtschaft
- Agrarwirtschaft
- Pferdewissenschaften

BSc in Waldwissenschaften mit Vertiefungen in:

- Waldökosystem und Multifunktionalität
- Gebirgswald und Naturgefahren
- Wald- und Holzwirtschaft

MSc in Life Sciences mit Vertiefungen in:

- Agrarwissenschaften
- Waldwissenschaften
- Food, Nutrition and Health
- Regionalmanagement in Gebirgräumen

BSc in Lebensmittelwissenschaften mit Vertiefungen in:

- Lebensmitteltechnologie
- Lebensmittelwirtschaft
- Konsumwissenschaften und Marketing