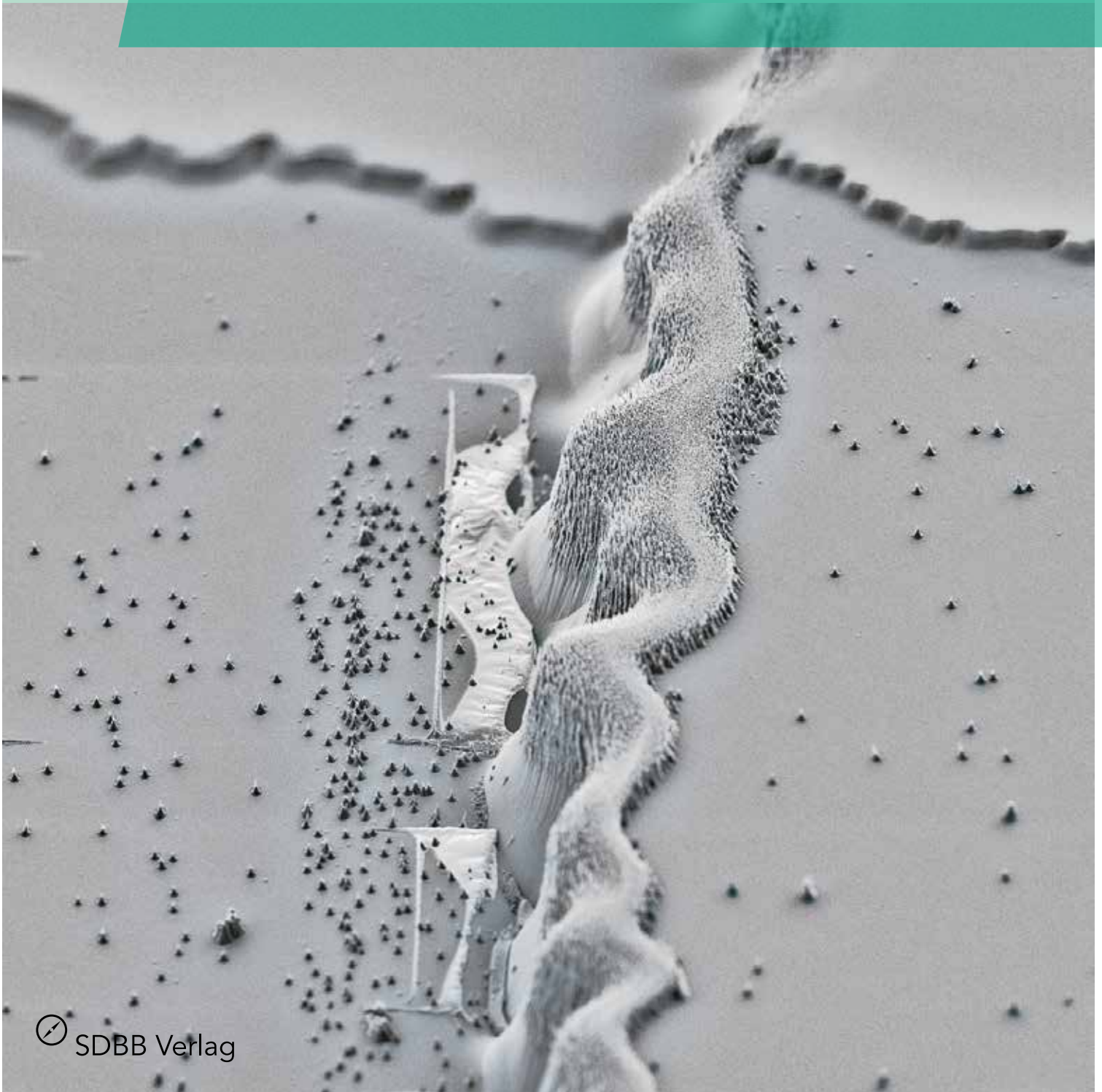


PERSPEKTIVEN

STUDIENRICHTUNGEN UND TÄTIGKEITSFELDER

MATERIALWISSENSCHAFT NANOWISSENSCHAFTEN MIKROTECHNIK



Beste Perspektiven für die Zukunft

Ingenieurstudium Systemtechnik

Bachelor of Science in Systemtechnik

Erleben Sie an der OST eine interdisziplinäre Ausbildung. In Vollzeit oder berufsbegleitend. Spezialisieren Sie sich mit einer der sechs attraktiven Studienrichtungen:

- Mikrotechnik
- Photonik
- Maschinenbau
- Ingenieurinformatik
- Elektronik und Regelungstechnik
- NEU: Computational Engineering

Gestalten Sie mit uns die Zukunft.

ost.ch/systemtechnik





Barbara Kunz

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

Titelbild

Gewinner des Nano Image Award 2016, ausgeschrieben vom Swiss Nano Science Institute der Universität Basel, waren Marietta Batzer und Dominik Rohner vom Departement Physik mit dieser «Winterlandschaft» (Ausschnitt): Eine Diamantoberfläche nach dem Ätzen mit einem Plasma.

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Wollen Sie an Lösungen für aktuelle Probleme mitarbeiten? Interessiert es Sie, was die Welt im Innersten zusammenhält? Wollen Sie wissen, welche physikalischen und chemischen Gesetze in unvorstellbar kleinen Dimensionen wirken? Haben Sie Ausdauer und können intensiv an einer Idee arbeiten, auch wenn Sie noch nicht wissen, ob sie zielführend ist? Wenn ja, sind vielleicht die in diesem Heft beschriebenen Studienrichtungen interessante Optionen für Sie.

Eine Gemeinsamkeit von Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik ist die Interdisziplinarität. Dies gilt sowohl für das Studium als auch für den Beruf. Ebenfalls für alle drei gilt, dass es darum geht, die kleinsten, winzigsten, innersten Strukturen von Materialien zu verstehen, zu bearbeiten und zu beeinflussen. Wenn Sie also neugierig sind auf die ganze Breite der Naturwissenschaften und ihre technische Nutzbarkeit, lohnt es sich, dieses Heft genauer anzuschauen.

Anwendungsgebiete von Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik sind beinahe uneingeschränkt: die Raumfahrt, die Zahnmedizin, die Stromversorgung der Zukunft, die Agrarwissenschaft, die Uhrentechnik, die Kommunikationstechnologie, die Medizintechnik, die Architektur, die Robotik, die Pharmazie, die Grundlagenforschung, der Markenschutz, die Akustik usw. Wenn Sie in verschiedensten Arbeitsgebieten tätig werden möchten, finden Sie möglicherweise unter den hier beschriebenen Studienrichtungen etwas Passendes.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

Barbara Kunz

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. Ebenfalls sind sie unter www.shop.sdbb.ch erhältlich.

Weitere Informationen zu den Heftreihen finden sich auf:

www.chancen.sdbb.ch

www.perspektiven.sdbb.ch

INHALT

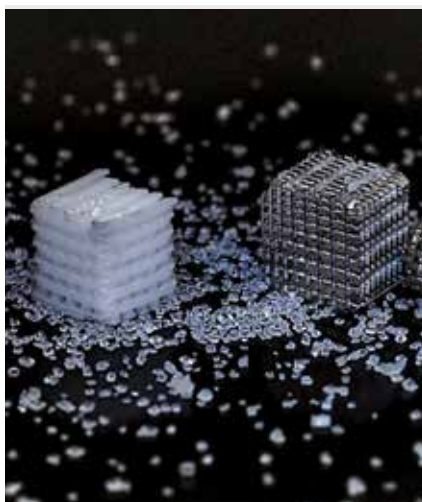
MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK

6 FACHGEBIET

- 7 Überall an vorderster Front
- 11 Aktuelle Beispiele aus der Forschung
- 13 Eine total verdrehte Batterie
- 14 3D-gedrucktes Salzgerüst für Knochenimplantat
- 15 Neuartiges Material verschluckt 99,995 Prozent des Lichts
- 16 Komplexe Moleküle auf Oberflächen
- 17 Massgeschneiderte Glasfasern für vielfältige Anwendungen
- 19 Holz auf unserer Haut
- 20 Mehr Sicherheit beim Implantieren von Hörprothesen

14

Bioabbaubares Knochenimplantat: ETH-Forschende stellen mithilfe eines 3D-gedruckten Salzgerüsts Magnesium mit strukturierter Porosität her, das sich für bioabbaubare Knochenimplantate eignet. So ist keine weitere OP notwendig, um das Implantat zu entfernen.



22 STUDIUM

23 **Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik studieren**

- 26 Studienmöglichkeiten in Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik
- 31 Verwandte Studienfächer und Alternativen zur Hochschule
- 32 Kleines ABC des Studierens

36 **Porträts von Studierenden:**

- 36 Aaron Iten, Materialwissenschaft
- 38 Andrea Scheidegger, Materialwissenschaft
- 39 Alexa Dani, Nanowissenschaften
- 41 Silvan Stettler, Microtechnique
- 42 Chantal Schrepfer, Mikrotechnik
- 44 Manuel Kraus, Nanowissenschaften

23

Studium: Während Materialwissenschaft und Nanowissenschaften in der Schweiz Domänen der Universitäten, speziell der beiden ETH sind, kann Mikrotechnik sowohl an der EPF Lausanne als auch an Fachhochschulen studiert werden.



46 WEITERBILDUNG

48 BERUF

49 Berufsfelder und Arbeitsmarkt

52 Berufsporträts:

- 53 Nicole Kleger, Doktorandin der Materialwissenschaft, ETH Zürich
- 56 André Röthlisberger, Produktentwickler und Projektmanager bei BIOTRONIK AG
- 59 Arne Barfuss, Entwicklungsingenieur für Leistungshalbleiter, Robert Bosch GmbH
- 61 Philipp Oertle, Leiter für Forschung und Entwicklung, ARTIDIS AG
- 64 Brice Platerrier, Ingénieur R&D en Robotique et Machine Learning, CSEM
- 67 Martina Andenmatten, Entwicklungsingenieurin in der Abteilung Fahrwerk und Getriebe für Schmalspur- und Zahnradbahnen, Stadler Bussnang AG

42

Studierendenporträts: Nach einer Ausbildung zur Goldschmiedin im Anschluss an ihre gymnasiale Maturität wollte Chantal Schrepfer die Funktionsweisen und die Herstellung miniaturisierter technischer Systeme verstehen und begann deshalb ein FH-Studium der Mikro-technik. Bisher kam sie voll auf ihre Rechnung.



70 SERVICE

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

56

Berufsporträts: Nach einem Doktorat in Materialwissenschaft arbeitet André Röthlisberger heute als Produktentwickler und Projektleiter im Bereich Forschung und Entwicklung bei der BIOTRONIK AG an einer neuen Generation von Stents, medizinischen Implantaten zum Offenhalten von Gefässen oder Hohlorganen.



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/materialwissenschaft
- berufsberatung.ch/nanowissenschaft
- berufsberatung.ch/nanotechnologie
- berufsberatung.ch/mikrotechnik

Weiterbildung

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

Laufbahnfragen

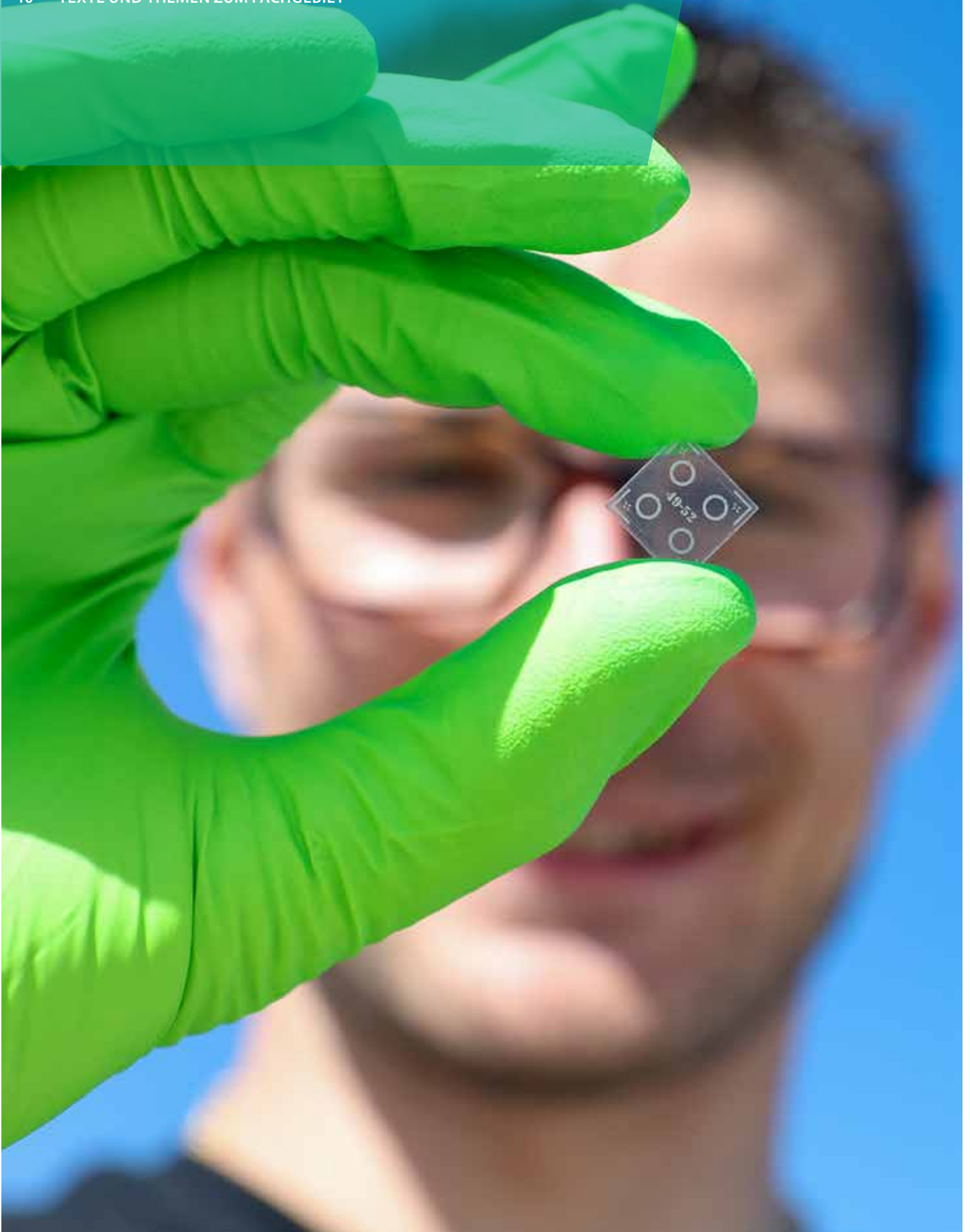
Welches ist die geeignete Weiterbildung für mich? Wie bereite ich mich darauf vor? Kann ich sie finanzieren? Wie suche ich effizient eine Stelle? Tipps zu Bewerbung und Vorstellungsgespräch, Arbeiten im Ausland, Um- und Quereinstieg u. v. m.

Adressen und Anlaufstellen

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

FACHGEBIET

- 7 ÜBERALL AN VORDERSTER FRONT
- 10 TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET



ÜBERALL AN VORDERSTER FRONT

In beinahe allen Bereichen der naturwissenschaftlichen und technischen Forschung tragen Erkenntnisse aus Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik zu Neuerungen und Fortschritten bei. Überall, wo es darum geht, dass etwas schneller, kleiner, effizienter funktioniert, sind die hier vorgestellten Fachgebiete an vorderster Front.

Schnellere Diagnosen, kratzbeständigere Materialien, günstigere und nachhaltigere Solarzellen – Erkenntnisse aus Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik führen zu Neuerungen und Fortschritten in zahlreichen Gebieten. Beispiele sind Medizin, Elektronik oder Fahrzeugbau. An Neuentwicklungen und der Optimierung von Produkten und Verfahren sind meistens verschiedene Fachbereiche beteiligt, zum Beispiel an der Optimierung der Speicherfähigkeit von Batterien, der Entwicklung eines Laser-Operationsroboters oder eines Quantencomputers.

Absolventen und Absolventinnen der hier vorgestellten Fachgebiete mit ihrer breiten naturwissenschaftlichen und technischen Ausbildung sind für diese interdisziplinäre Zusammenarbeit optimal vorbereitet.

Im Bereich der Materialwissenschaft wird neben fundierten naturwissenschaftlichen Grundlagen (Chemie, Physik, Biologie) und dem Know-how in materialwissenschaftlichen Fächern ein Verständnis für verfahrenstechnische Fragestellungen erarbeitet. Bei den Nanowissenschaften handelt es sich um einen interdisziplinären naturwissenschaftlichen Fachbereich. Studierende erhalten einen vertieften Einblick in die Disziplinen Biologie, Physik und Chemie.

Ebenfalls im Bereich der kleinen Dimensionen bewegt sich die Ingenieurwissenschaft Mikro- und Nanotechnik. Sie beinhaltet neben mathematischen, chemischen und physikalischen Grundlagen auch Wissen in den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Materialwissenschaft und Informatik.

Weitere Informationen über die Inhalte des Studiums finden Sie im Kapitel «Studium» ab Seite 22.

MATERIALWISSENSCHAFT – WERKSTOFFE FORMEN UND ENTWICKELN

Ob im Sport, Transportwesen, in der Medizin, der Bekleidung oder der Elektronik: Werkstoffe spielen eine wichtige Rolle. Im Alltag haben wir es mit unzähligen Produkten zu tun, die es ohne materialwissenschaftliches Know-how in dieser Form nicht geben würde. In der Materialwissenschaft geht es um die Kunst, Materie und deren Elemente so zu formen und zu beherrschen, dass ein Werkstoff mit bestimmten Eigenschaften entsteht. Materialwissenschaftler/innen erforschen und entwickeln, produzieren, formen und prüfen Werkstoffe. Sie wählen die passenden Stoffe für ein Einsatzgebiet aus, berech-

nen den Preis, Sicherheitswerte, schätzen Lebensdauer und analysieren Schadstoffe. Die Materialwissenschaft verbessert alte Werkstoffe und entwickelt neue im Spannungsfeld zwischen perfekter und bezahlbarer Lösung.

Grenzen sprengen

Die Materialwissenschaft arbeitet mit einem sehr breit gefächerten Spektrum von Werkstoffen: von Polymeren, Keramiken, Metallen und ihren Legierungen über Materialien mit speziellen optischen und elektronischen Eigenschaften und Verbundwerkstoffen bis zu Biomaterialien. Bei jeder dieser Gruppen muss zunächst das strukturelle Grundgerüst bis zum atomaren Massstab entschlüsselt werden, um die Phänomene zu verstehen, die ihr makroskopisches Verhalten bestimmen. Erst auf dieser Grundlage können Ingenieurinnen und Ingenieure den Werkstoff beeinflussen und ihm spezifische Eigenschaften verleihen, indem sie etwa die Zusammensetzung der Legierung verändern, andere Substanzen «einbauen» oder durch Erhitzen ein bestimmtes Gefüge erreichen.

Das Verhältnis zwischen der Mikrostruktur und den Eigenschaften eines Werkstoffs ergründet man mit Hilfe modernster Untersuchungsformen wie Elektronenmikroskopie und spektroskopischen Verfahren. Die Ergebnisse fließen in computergestützte Werkstoffmodelle ein.

Das Verhalten eines Werkstoffes in Produktion und Einsatz wird durch das Zusammenspiel chemischer, physikalischer und teilweise biologischer Faktoren bestimmt. Bei der Werkstoffauswahl spielen wirtschaftliche Überlegungen häufig eine zentrale Rolle, ebenso die Frage der Umweltverträglichkeit. Materialien für Hightech-Anwendungen müssen den Anforderungen des Umweltschutzes genügen und daneben kostengünstig und energiesparend produziert werden können.

Materialwissenschaftliche Probleme sprengen in der Regel die traditionellen Grenzen zwischen den Fachgebieten. Werkstoffe sind nie ein Endprodukt, sondern sie erfüllen eine Funktion innerhalb eines mehr oder minder komplexen Systems. Die Zusammenarbeit mit Vertreterinnen und Vertretern anderer Disziplinen ist von grosser Bedeutung.

Effizienz und Ökologie vereinen

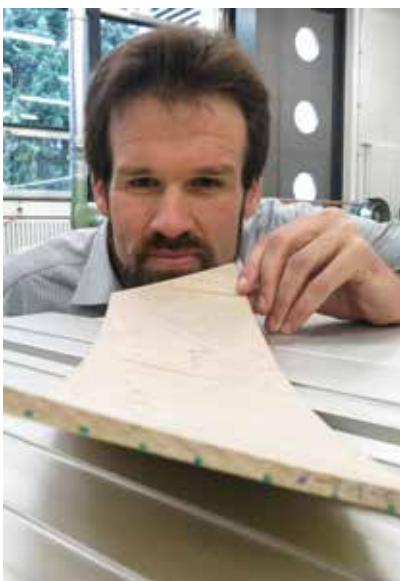
Lange beschränkte sich der Mensch darauf, die Materialien, die er in der Natur fand, in ihrer ursprünglichen Form zu

nutzen. Heutzutage spielen gezielt veränderte Werkstoffe eine wichtige Rolle. Für spezifische Anwendungen werden massgeschneiderte Werkstoffe entwickelt. In Zukunft wird es vermutlich immer mehr sogenannte intelligente Werkstoffe geben, die ihre Eigenschaften den Umständen ihrer Nutzung und auch den äusseren Einflüssen anpassen können.

Die Verfügbarkeit von modernen Werkstoffen ist zentral. Ohne entsprechende Materialien können kaum noch neue Technologien zur Anwendung gebracht werden. Eine treibende Kraft bei Werkstoffentwicklungen ist die Forderung nach einer verbesserten Funktionalität bei reduziertem Gewicht und Volumen und ressourcenschonenden Herstellverfahren.

Beispiele von Forschungsprojekten in der Materialwissenschaft:

- Entwicklung von holzbasierten Materialien mit erweiterten oder verbesserten Eigenschaften (Brandhemmung, Dimensionsstabilität, Resistenz gegenüber Mikroorganismen u.a.)
- Entwicklung intelligenter Überwachungssysteme zur ständigen Beurteilung der Bausubstanz und der Nutzungssicherheit von Infrastrukturbauten
- Entwicklung multiparametrischer Körperüberwachungstechnologien



Holz hat eine besondere Eigenschaft, die tendenziell Probleme verursacht: Es quillt auf, wenn es nass wird. Ein Empa-Forscherteam versucht, Bauelemente aus Holz herzustellen, die sich automatisch anpassen.

zur Früherkennung des Gesundheitszustands und zur Vorbeugung von Krankheiten

- Entwerfen, Entwickeln und Produzieren von implantierbaren (Bio-)Materialien zur Gewebereparatur, Geweberegeneration und zum Tissue Engineering
- Entwicklung von Systemen zur CO₂-Abscheidung und Speicherung
- Konzeption von Strategien für eine nachhaltigere Nutzung von seltenen oder unverzichtbaren Rohstoffen
- Entwicklung von neuen Materialien für hocheffiziente Akkus wie z.B. Lithium-Ionen-Akkus oder Salzbatterien mit hoher Kapazität, mit verbesserter Zyklenbeständigkeit und längerer Lebensdauer

NANOWISSENSCHAFTEN – DAS UNVORSTELLBAR KLEINE NUTZEN

Bei den Nanowissenschaften handelt es sich um einen interdisziplinären naturwissenschaftlichen Fachbereich mit Fokus auf die Nanowelt. Ein Nanometer ist ein Millionstel Millimeter. Die Nanowissenschaften widmen sich etwa der Charakterisierung und Manipulation einzelner Atome und Moleküle. Ein Atom hat etwa einen Durchmesser von 0,1 Nanometer (nm).

In dieser Welt des Kleinen herrschen andere Gesetzmässigkeiten als in der uns bekannten Makrowelt. So haben nanoskalige Partikel eine höhere chemische Reaktivität, sind der Gewichtskraft weniger ausgesetzt, die Oberflächenladung und die thermodynamischen Effekte haben eine grössere Bedeutung, auch haben sie spezielle optische Eigenschaften, jedoch nur eine geringere Lebensdauer als «singuläre Nanopartikel».

«Der beste Werkstoff ist wertlos, wenn er sich nicht verarbeiten lässt.»

Konkret ist zum Beispiel Kohlenstoff als Graphit im Bleistift weich, in Form von Nanoröhrchen (Nanotubes) jedoch hundertmal belastbarer als Stahl. In nanowissenschaftlichen Studien werden Anwendungen entwickelt, die auf solch

speziellem Verhalten basieren. Dabei handelt es sich oft um das Design nicht sichtbarer Strukturen mit neuen Eigenschaften.

Nanowissenschaftler/innen forschen zum Beispiel

- an der Perfektionierung von hochpräzisen Kraft-, Druck-, Beschleunigungs- oder Strömungssensoren;
- an neuartigen und schnellen Diagnosemethoden bei Schwangerschaftsvergiftungen;
- an Methoden, mit denen Leben im All nachgewiesen werden könnte;
- an der Entwicklung eines Mikrochips, der akustische Wellen generiert, die in der Mikrofluidik zur Sortierung von Immunzellen eingesetzt werden;
- am Zugsteuerungssystem der Zukunft;
- an einer Blockchain-basierten personalisierten Shopping-App;
- an der Entwicklung von Dünnschicht-Hochleistungssolarzellen;
- an der Entwicklung von Analyseinstrumenten im Mikro- und Nanobereich.

Mehr als eine Vereinigung von Fachgebieten

Fragen aus Materialwissenschaft, Computertechnologie und Medizin münden immer häufiger in Fragestellungen der Nanowissenschaften. In den Nanowissenschaften verschmelzen die klassischen Disziplinen Biologie, Chemie und Physik. Aus dieser Gemeinsamkeit entstehen neue interdisziplinäre Fragestellungen, die nicht mehr einer einzigen klassischen Disziplin zugeordnet werden können. In diesem Sinne sind die Nanowissenschaften mehr als nur die Vereinigung von Physik, Chemie und Biologie.

Die Natur dient häufig als Vorbild. In jeder Körperzelle arbeiten verschiedene Nanomaschinen. Diese erzeugen beispielsweise Energie, produzieren lebenswichtige Stoffe und regeln den Austausch mit der Umgebung. Das Feld der möglichen Anwendungen ist sehr breit. Zahlreiche Gebiete wie die Medizin, die Energieversorgung oder auch die Materialwissenschaft profitieren von Erkenntnissen der Nanowissenschaften.



Forscher der EPF Lausanne und der Universität Bern haben eine bahnbrechende Methode zur Untersuchung der elektrischen Signale von Herzmuskelzellen entwickelt.

Teilgebiete der Nanowissenschaften

Die *Nanobiologie* widmet sich der Visualisierung von Biomolekülen und Membranen mit Rasterkraftmikroskopie sowie der *Nanooptik* zur Beobachtung und Manipulation molekularer Prozesse in lebenden Zellen. Es werden etwa die Mechanismen von Nanomaschinen, zum Beispiel molekularer Motoren, untersucht. Es stellen sich aber auch Fragen der Wirkung von Nanopartikeln aus Verbrennungsmotoren, Sonnenschutzcremes oder Kleidungsstücken auf Mensch und Umwelt (z.B. Ultrafeinstaub). Wie reagieren etwa Lunge, Magen-Darm-Trakt, Gehirn oder Plazenta-barriere auf den Kontakt mit Nanopartikeln? Was bewirken Nanopartikel bei Bakterien, Algen, Pflanzen, Pilzen oder Tieren?

In der *Nanophysik* wird an Quantencomputern und molekularer Elektronik geforscht. Molekulare Elektronik befasst sich mit einzelnen Molekülen, die als elektrische Leiter und Schalter verwendet werden. Quantenphänomene und Transportmechanismen in Nanodrähten werden gemessen. Als Voraussetzung für die Realisierung eines Quantencomputers werden das Verhalten und die Manipulation einzelner Spins untersucht (Spin ist der Eigendrehimpuls von Teilchen).

Die Forschung in der *Nanochemie* beschäftigt sich mit der Synthese neuer funktioneller Nanomoleküle und nanostrukturierter Oberflächen. Dabei sind Ziel, Form, Struktur und Zusammen-

setzung der Nanomaterialien genau zu kontrollieren. Nanomoleküle werden unter anderem in der *Nanoelektronik* oder als Bausteine für selbstorganisierende Makromoleküle benötigt. Kapselartig geformte Makromoleküle finden Anwendung als Nanocontainer in der Medizin.

MIKROTECHNIK – HIGHTECH AUF KLEINSTEM RAUM

Klein, präzise, intelligent: In der Mikrotechnik geht es um Technologien im Bereich von einem Tausendstel Millimeter. Die Mikrotechnik hat in der Schweiz vor allem im Rahmen der Uhrenindustrie eine lange Tradition. Kein Wunder, suchen Firmen der Medizintechnik, der Robotik, der Weltraumtechnik, der Automobiltechnik und anderer innovativer Gebiete das Know-how Schweizer Mikrotechnikerinnen und Mikrotechniker. Vom PC bis hin zum künstlichen Herzen oder der Weltraumrobotik: Es gibt heute kaum noch Geräte, welche auf mikrotechnische Bestandteile verzichten können.

Die Mikrotechnik beschäftigt sich mit Verfahren und Methoden, die es erlauben, Geräte, Systeme und Bestandteile im Mikrometerbereich oder gar im Nanometerbereich zu entwerfen und herzustellen. Auch bei der Mikrotechnik handelt es sich um ein interdisziplinäres Gebiet. Sie bewegt sich an den Schnittstellen zwischen Maschinenbau, Medizintechnik, Elektronik, Materialwissen-

schaft, Informatik, Physik und Chemie. Mikrotechnikingenieure und -ingenieurinnen verfügen über breite naturwissenschaftliche Grundlagen in verschiedenen Technologiebereichen.

Verkleinerung und Prozessentwicklung

Mikrotechnische Produkte sind in zahlreichen Anwendungen zu finden: Zeitmessgeräte, Mikroroboter, medizinische Implantate, medizinische Geräte und Instrumente, optische Messgeräte, Informatikzubehör, Präzisionswaagen, Mini-Sensoren, Navigationssysteme, elektronische Schaltungen usw. Sie verbrauchen wenig Material und Energie, und ausserdem arbeiten sie oft zuverlässiger als Produkte der Makrotechnik. Die Mikrotechnik beschränkt sich aber nicht nur auf die Miniaturisierung. Sie beinhaltet die ganze Prozessentwicklung, von der Konzipierung, der Computersimulation, der Systemmodellierung über die Fertigung bis zur Anwendung eines Produkts.

Da mikrotechnische Produkte häufig in grossen Serien hergestellt werden, befassen sich Mikrotechnikingenieure auch mit der Automatisierung und Optimierung der Produktion. Sie analysieren bestehende Herstellverfahren, Produktionsabläufe und Werkstoffe. Sie planen, testen und implementieren Verbesserungen. Dabei suchen sie nach innovativen technischen Lösungen, die kostengünstig, umweltverträglich und marktfähig sind.

Teilgebiete der Mikrotechnik

Die Teilgebiete und Spezialisierungsfelder innerhalb der Mikrotechnik sind sehr vielfältig.

Bei der *Mechatronik* handelt es sich um die Ingenieurwissenschaft, die Mechanik, Elektronik, Informatik sowie Signalverarbeitung in technischen Systemen auf engste Weise verbindet.

Produktions- und Automatisierungstechnik beinhaltet die Steuerung und Automatisierung von Prozessen jeglicher Art. Ziel ist eine wirtschaftliche Produktion.

In der *Medizintechnik* geht es um Entwurf und Realisation von Mikrosystemen für die Medizintechnik zum Beispiel für intelligente Operationsinstrumente. Auch die Entwicklung und



Eine Roboterhand, entwickelt vom Algorithm and Learning Systems Laboratory (LASA) der EPFL.

Herstellung von Aktuatoren und Sensoren für medizinische Anwendungen sind Thema.

Optik/Photonik: Hochpräzise optische Sensoren, die berührungslos messen, werden in vielen Bereichen eingesetzt. Die *Robotik* beinhaltet Studium, Entwurf, Konstruktion und Programmierung von industriellen und mobilen Robotern, Entwicklung und Anwendung von Produktions- und Montageeinrichtungen für die Mikrotechnik.

Die *Sensortechnik* schliesslich und die *Digitale Signalverarbeitung* sind wichtige Bereiche der modernen elektronischen Industrie. Sie besetzen eine Schlüsselposition in der Automatisierungstechnik, der Produktionstechnik, der Robotik, der Messtechnik, der Steuerungstechnik und der Regeltechnik.

MIKRO- UND NANOTECHNIK

Die Übergänge zwischen Mikro- und Nanotechnik sind fließend und überlappen sich. Die Unterscheidung erfolgt grundsätzlich aufgrund der Strukturgrößen, mit welchen sich die beiden Disziplinen beschäftigen. Während die Mikrotechnik sich mit Verfahren zur Herstellung von Körpern und Strukturen im Mikrometerbereich beschäftigt ($1 \mu\text{m} = 1\text{QA-6 m}$), so spricht man bei Strukturgrößen ab etwa 100 nm (Nanometer $1 \text{ nm} = 1\text{QA-9 m}$) von Nanotechnik. Nanotechnik ist jedoch nicht einfach Mikrotechnik in noch kleineren Dimensionen. Die winzigen Strukturen

der Nanotechnik erfordern andere Ansätze, Methoden und Modelle.

Mikrotechnikerinnen und Nanotechniker erforschen und entwickeln zum Beispiel

- die plasmagestützte, rückstands-freie Entfernung von Epoxidresten in der Uhrenindustrie;
- innovative Verfahren zur Herstellung von Glasfasern für die Lasertechnologie;
- Solarzellen mit organischen Materialien;
- Klebstoffgitter mit spezifischen Eigenschaften (z.B. alterungsbeständig, kontrolliert und effizient einsetzbar, ablösbar);
- neuartige Metall-Legierungen mit massgeschneiderten Eigenschaften;
- Sensoren, welche die Interaktion von Menschen mit Robotern ermöglichen;
- Brain Computer Interfaces;
- Roboter, die – in der Schule eingesetzt – das Verständnis für Naturwissenschaften und Technik fördern.

VERWANDTE FACHGEBIETE

Mit Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik verwandt sind Studiengebiete wie Chemie, Physik, Maschinenbau, Elektrotechnik oder auch Informatik. Auch zwischen den einzelnen Gebieten gibt es teilweise Überschneidungen. So gibt es innerhalb der Physik und der Chemie Teilgebiete, die sich mit der Entwicklung neuer Materialien oder auch mit Fragestellungen im Nanobereich befassen. Mikrotechnik kann von Anfang an als eigenes Studiengebiet gewählt werden, oder es besteht die Möglichkeit, sich nach einem Bachelor in Maschinenbau oder Elektrotechnik in Mikro- und Nanotechnologie zu vertiefen.

Quellen

- www.epfl.ch
- www.ethz.ch
- www.bfh.ch (Broschüren zum Studium, Wegleitungen u.a.)
- www.studienwahl.de
- www.nanoscience.ch/nccr/study (Broschüren zum Studium und zur Forschung am Swiss Nanoscience Institute)
- www.berufsberatung.ch

TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET

Die folgenden Texte geben einen Einblick in die Materialwissenschaft, die Nanowissenschaften und die Mikrotechnik.

Beispiele aus der Forschung: Von der Sandwichbauweise über die Nano-Neurotoxizität bis zum Joystick für Rollstuhlfahrende. (S. 11)

Eine total verdrehte Batterie: Für flexible Elektronikgeräte braucht es eine flexible Batterie. (S. 13)

Als Knochenimplantate wären stabile und gleichzeitig sich auflösende Materialien ideal. **Ein 3D-Gedrucktes Salzgerüst** kann dazu dienen. (S. 14)

Material, das Licht verschluckt ist begehrt für verschiedene Anwendungen. (S. 15)

In einer Masterarbeit wurde eine Methode entwickelt, mit der **komplexe Moleküle auf eine Oberfläche aufgetragen** werden können. (S. 16)

Massgeschneiderte Glasfasern übertragen Laserstrahlung und erzeugen sie gleichzeitig. (S. 17)

Holz auf unserer Haut: Flexible, biokompatible Nanocellulose-Sensoren können Blutwerte ermitteln. (S. 19)

Mit einem neuen System kann **beim Implantieren von Hörprothesen** der Nerv während der Operation kontinuierlich überwacht werden. (S. 20)

AKTUELLE BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Beinahe täglich vermelden die Gebiete Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik neue Forschungsergebnisse. Hier wird ein kleiner Einblick in diese Dynamik gegeben.

MATERIALWISSENSCHAFT

Carbon für Sandwichbauweise

Im Labor von Paolo Ermanni, ETH-Professor für Verbundwerkstoffe und adaptive Strukturen, werden die Verbundmaterialien der Zukunft entwickelt. Ziel seiner Forschung: weniger Rohstoffverbrauch bei gleicher Leistung oder mehr Funktionalität mit demselben Materialeinsatz. Aufgrund hoher Steifigkeit und Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht wird für Leichtbaustrukturen häufig die Sandwichbauweise eingesetzt. Sandwichstrukturen bestehen typischerweise aus zwei dünnen Deckschichten mit hoher Steifigkeit und einem Kernmaterial mit geringer Dichte. Ermannis Gruppe entwickelt hochleistungsfähige Sandwichverbunde aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen, auch als CFK oder Carbon bekannt. Der Kern besteht dabei aus einem Fachwerk aus Carbonstäben. Solche Kernstrukturen haben am Ende eine höhere

Steifigkeit und Festigkeit als herkömmliche Honigwaben- und Schaumkerne und sind gleichzeitig wesentlich leichter (30 Kilogramm pro m³) als herkömmliche Sandwichmaterialien. Deshalb bieten sich die Materialien besonders für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt an, wo strukturelle Effizienz von Bedeutung ist. Ermannis Forschungsgruppe beteiligt sich an der Entwicklung der lasttragenden Strukturen neuer Trägersysteme für kleine Satelliten.

www.mat.ethz.ch

Neues Material mit magnetischem Formgedächtnis

Forschende des Paul Scherrer Instituts PSI und der ETH Zürich haben ein neues Material entwickelt, dessen Formgedächtnis durch Magnetismus aktiviert wird. Es handelt sich dabei um einen Verbundstoff aus zwei Komponenten. Dieser behält eine einmal vorgegebene Form bei, wenn er in ein Magnetfeld gerät. Das Besondere an diesem neuen Material: Anders als bisherige formverändernde Stoffe besteht es aus einem Polymer und darin eingelagerten Tröpfchen, einer sogenannten magnetorheologischen Flüssigkeit. Anwendungsgebiete für diese neue Art von Ver-

bundstoffen sind beispielsweise Medizin, Raumfahrt, Elektronik oder Robotik.

www.psi.ch

Die «multiferroische» Lady

Die ETH-Forscherin Nicola Spaldin erforscht Materialien, die es eigentlich gar nicht geben dürfte: Multiferroika sind kristalline chemische Verbindungen, die gleichzeitig ferromagnetisch und ferroelektrisch sind, also sowohl eine Magnetisierung als auch eine elektrische Polarisierung besitzen. Normalerweise schliessen sich diese Eigenschaften gegenseitig aus. Das macht diese Materialien zu einer vielversprechenden Grundlage für die Computer der Zukunft. Die Hoffnung: eines Tages Computer bauen zu können, in denen magnetische Datenspeicherung und elektrische Informationsverarbeitung nicht mehr getrennt ablaufen.

www.theory.mat.ethz.ch

NANOWISSENSCHAFTEN

Nano-Neurotoxicity

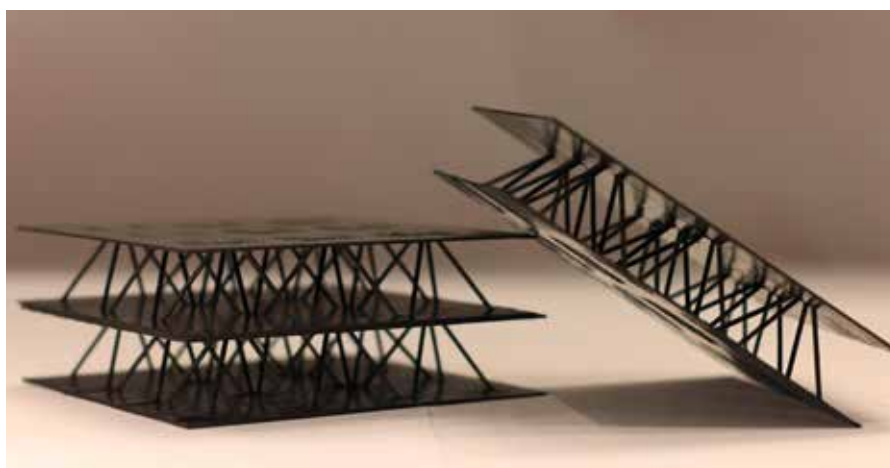
Increasing reports indicate that inhaled Nano-Particles (NPs) can reach the brain and may be associated with neurodegeneration. It is necessary to evaluate the potential toxic effects of NPs on brain because most of the neurobehavioral disorders may be of environmental origin. There has been some argument about whether or not NPs can cross the blood-brain barrier. Several studies have suggested that the olfactory nerve pathway should be considered as a portal of entry to the central nervous system in humans who are environmentally or occupationally exposed to airborne NPs.

www.hesge.ch/hepia/rad/insti

Bessere Wärmeleitfähigkeit durch geänderte Atomanordnung

Die Anpassung der Wärmeleitfähigkeit von Materialien ist eine aktuelle Herausforderung in den Nanowissenschaften. Forschende der Universität Basel haben mit Kollegen aus den Niederlanden und Spanien gezeigt, dass sich allein durch die Anordnung von Atomen in Nanodrähten atomare Vibrationen steuern lassen, welche die Wärmeleitfähigkeit bestimmen.

www.nanoscience.ch



Leichtbaustrukturen in Sandwichbauweise. Die Kerne dieser Verbundmaterialien enthalten ein Fachwerk aus Carbon-Stäben. Durch die Anordnung der Stäbe kann das Material für bestimmte Anwendungen massgeschneidert werden.

Geometrie eines Elektrons erstmals bestimmt

Physiker der Universität Basel können erstmals zeigen, wie ein einzelnes Elektron in einem künstlichen Atom aussieht. Mithilfe einer neu entwickelten Methode sind sie in der Lage, die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons im Raum darzustellen. Dadurch lässt sich die Kontrolle von Elektronenspins verbessern, die als kleinste Informationseinheit eines zukünftigen Quantencomputers dienen könnten.
www.nanoscience.ch

MIKRO- UND NANOTECHNIK

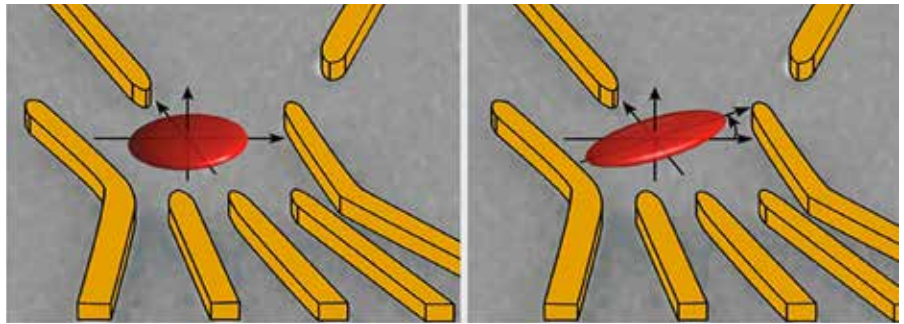
Microstructures Stamped into Ti Dental Implants for Trademark Protection

To distinguish the high-quality products made in Switzerland and prevent them from being counterfeited, we investigated, developed and realized submicron-structuring technologies directly embossed into dental titanium based devices (implants and abutments) of Thommen Medical. To develop such nanostructured identification, we elaborated the design and submicron-structuring of the stamping tool with holograms and diffractive optical elements (DOEs). Furthermore, using these tools we developed an embossing process which transfers these micro-structures directly into dental titanium devices using pure physical structuring of the surface. As a result, we were able to successfully emboss different types of dental implants and abutments, as well as to proof a serviceability of the tool of over 5000 stamping cycles.

www.csem.ch

«No-Stroke» Joystick

Individuelle Mobilität ist auch für Menschen mit physischen Behinderungen eine ganz wichtige Errungenschaft. Können nur noch kleine Bewegungen ausgeführt werden, gibt es heute noch kein geeignetes Eingabegerät, um zum Beispiel sicher mit Autos im Strassenverkehr unterwegs zu sein. Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, einen Joystick zu entwickeln, der weglos funktioniert. Zwei physikalisch unterschiedliche Sensorlösungen werden geprüft, als Funktionsmuster gebaut und anschliessend in Fahrttests mit dem neuen Joy-



In einem Quantenpunkt, der in einem zweidimensionalen Gas in einem Halbleiter-Wafer entsteht, ist ein Elektron gefangen. Das Elektron bewegt sich jedoch im Raum und hält sich mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit an bestimmten Orten innerhalb der Falle auf (rote Ellipsen). Mithilfe der über Goldgates angelegten elektrischen Felder lässt sich die Geometrie dieser Wellenfunktion verändern.

steer 3.0 System der Firma Bozzio AG evaluiert. Um eine zuverlässige Kraftmessung entwickeln zu können, wurden Kraftmessprinzipien auf ihre Eignung hin untersucht, ob sie in einen Joystick integriert werden können. Von den vielversprechendsten Verfahren wurden Prinzipstudien angefertigt.
www.ti.bfh.ch

Mikrogreifer mit integriertem Kraftsensor

Zusammen mit dem Start-up-Unternehmen FemtoTools AG werden in einem 24-monatigen Projekt «Mikro-Mechanische Messsysteme (MMMS) für die Erforschung und Qualitätskontrolle von Objekten im Mikrobereich» mikro-mechanische Messsysteme entwickelt, die es erlauben, Kräfte im Mikroneutron-Bereich zu messen. Die Kraftsensoren von FemtoTools schliessen die bisher vorhandene technische Lücke zwischen Atomkraftmikroskop und konventionellen Kraftsensoren. Die neu entwickelten Sensoren funktionieren nach dem elektrostatischen Prinzip. Ein Kraftaufnehmer ist über Federn mit einem festen Rahmen verbunden. Wird eine Kraft auf den Arm ausgeübt, so führt das zu einer Wegänderung, die mit einer grossen Anzahl von parallel geschalteten Kapazitäten mit kammartiger Struktur detektiert wird. Dank diesem Prinzip können sehr hohe Auflösungen erreicht werden. Neben reinen Kraftsensoren können auch Greifer in das Messsystem integriert werden. Dank einer Messung der Haltekraft erlauben sie das Greifen sensibler Proben wie biologischer Zellen, ohne sie dabei zu zerstören.
www.ntb.ch

Manufacturing of novel metal alloys

The Institute for Applied Laser, Photonics and Surface Technologies ALPS of Bern University of Applied Sciences (Berner Fachhochschule BFH) has been developing a laser-based process to produce novel metal alloys in seconds. They can be super hard, acid-resistant or ductile. Such alloys can be used e.g. in aerospace industry. The technique that can form those alloys is called laser direct metal deposition or LDMD.
www.ti.bfh.ch

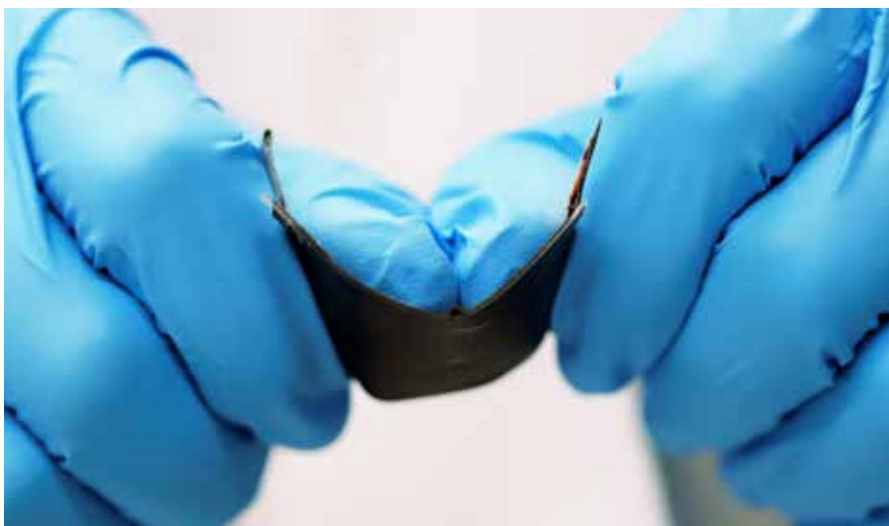
Schweizer an Meteosat-Programm beteiligt

Von 2021 bis 2025 soll im europäischen Meteosat-Programm ein komplett neues Netz von Wettersatelliten aufgebaut werden. Ingenieure des Neuenburger Forschungs- und Entwicklungszentrums CSEM wurden mit der Entwicklung des hochpräzisen Positionierungsmechanismus des neuen Infrarotmessgeräts beauftragt. Die bekannten Wettersatellitenbilder täuschen. Sie zeigen Wolken als Flächen, dabei ist Wetter eine dreidimensionale Angelegenheit mit dem Faktor Zeit als vierte Dimension. Das neue Infrarotgerät wird Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind auf verschiedenen Höhen ermitteln und so ein dreidimensionales Bild der Atmosphäre erzeugen.
www.csem.ch

Quellen

Websites und Zeitschriften der Hochschulen und Hochschulinsti-tute

EINE TOTAL VERDREHTE BATTERIE



Die neue Batterie der ETH-Forscher lässt sich verdrehen, dehnen und biegen, ohne dass der Stromfluss abbricht.

ETH-Forscher um Markus Niederberger entwickelten aus weichen Materialien eine Batterie, die sich verdrehen, biegen und dehnen lässt. Für Anwendungen in biegsamen Elektronikgeräten ist eine solche Batterie genau die richtige.

Die Elektronikbranche setzt immer mehr auf Computer oder Smartphones mit falt- oder rollbaren Bildschirmen. In intelligenten Kleidern kommen tragbare Kleinstgeräte oder Sensoren zum Einsatz, um beispielsweise Körperfunktionen zu überwachen. All diese Geräte brauchen jedoch eine Energiequelle, und in der Regel ist dies eine Lithium-Ionen-Batterie. Nur: Solche Batterien sind schwer und rigid und damit im Prinzip ungeeignet für Anwendungen in flexiblen Elektronikgeräten oder Textilien.

Abhilfe für dieses Problem schaffen nun Markus Niederberger, Professor für Multifunktionsmaterialien an der ETH Zürich, und sein Team. Die Forscherinnen und Forscher haben einen Prototyp einer flexiblen Dünnschicht-Batterie entwickelt. Diese lässt sich biegen, dehnen oder gar verdrehen,

ohne dass die Stromversorgung abbricht. Kernstück dieser neuen Batterie ist der Elektrolyt, also der Teil einer Batterie, durch den sich die Lithium-Ionen beim Entladen oder Laden der Batterie bewegen müssen. Entwickelt wurde der Elektrolyt von ETH-Doktorand Xi Chen, Erstautor einer Studie, die soeben in der Fachzeitschrift «Advanced Materials» erschienen ist.

KONSEQUENT BIEGSAME KOMPONENTEN EINGESETZT

Der sandwichartige Aufbau der neuartigen Batterie orientiert sich an kommerziellen Akkus. Die Forscher verwendeten aber erstmals ausschliesslich flexible Bauteile, um die Batterie als Ganzes biegsam und dehnbar zu halten. «So konsequent wie wir hat bisher noch niemand ausschliesslich flexible Komponenten eingesetzt, um einen Lithium-Ionen-Akku herzustellen», sagt Niederberger.

Die beiden Stromsammler für die Anode und die Kathode bestehen aus einem dehnbaren Kunststoff, der elektrisch leitenden Kohlenstoff enthält. Dieser ist zugleich Aussenhülle. Auf

die Innenseite des Kunststoffs trugen die Forschenden eine dünne Schicht aus winzigen Silberflocken auf. Durch die dachziegelartige Anordnung der Silberflocken verlieren sie den Kontakt zueinander auch dann nicht, wenn der Kunststoff stark gedehnt wird. Das garantiert die Leitfähigkeit des Stromsammlers, selbst wenn er stark gestreckt wird. Verlieren die Silberflocken den Kontakt zueinander dennoch, fliesst der elektrische Strom – wenn auch schwächer – durch den kohlenstoffhaltigen Kunststoff. Mithilfe einer Maske sprühten dann die Forschenden Anoden- respektive Kathoden-Pulver in einem genau begrenzten Bereich auf die Silberschicht. Das Kathodenpulver enthält Lithiummanganoxid, die Anode Vanadiumoxid.

GEL-ELEKTROLYT AUF WASSERBASIS

Separiert durch eine Trennschicht, die einem Bilderrahmen gleicht, legten die Wissenschaftler schliesslich die beiden Stromsammler mit den aufgebrachtenelektroden aufeinander und füllten die Lücke im Rahmen mit Elektrolytgel. Dieses Gel ist umweltfreundlicher als bisherige, wie Niederberger betont. «Elektrolytflüssigkeiten in heutigen Batterien sind giftig und brennbar.» Diejenige, die sein Doktorand Xi Chen entwickelte, basiert hingegen auf Wasser. Im Gel in hoher Konzentration eingebracht ist ein Lithiumsalz, das nicht nur die Wanderung der Lithium-Ionen zwischen Kathode und Anode während des Ladens und Entladens ermöglicht, sondern auch die elektrochemische Zersetzung des Wassers verhindert.

Für ihren Prototyp fügten die Wissenschaftler die verschiedenen Bestandteile mit Klebstoff zusammen. «Wenn wir die Batterie kommerzialisieren wollen, müssen wir ein anderes Verfahren finden, damit sie langfristig dicht bleibt», sagt Niederberger

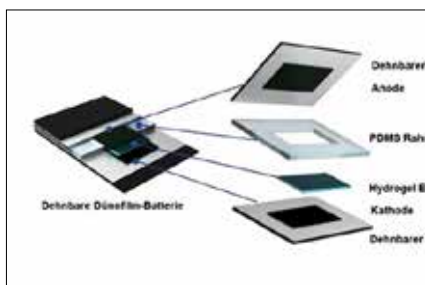
ZAHLEICHE EINSATZMÖGLICHKEITEN

Anwendungen für eine solche Batterie gibt es immer mehr. Namhafte Handyhersteller überbieten sich derzeit mit biegsamen Bildschirmen für ihre Geräte. Denkbar sind auch rollbare Displays von Computern, Smartwatches

und Tablets; auch in funktionalen Textilien, welche biegsame Elektronik enthalten, werden flexible Stromlieferanten gebraucht. «Man könnte eine solche Batterie beispielsweise in die Kleidung einnähen», sagt Niederberger. Wichtig sei, dass für den Fall, dass die Batterie auslaufe, die austretende Flüssigkeit keine Schäden verursache, weswegen ihr Elektrolyt Vorteile biete. Niederberger betont allerdings, dass es noch weitere Forschung brauche, um die flexible Batterie zu optimieren und um an eine Kommerzialisierung zu denken. Vor allem müssten sie die Beladung mit Elektrodenmaterial erhöhen. Eine neue Doktorandin hat vor kurzem damit begonnen, den weichen Energiespender weiterzuentwickeln. Der aus China stammende Erfinder des ersten Prototyps, Xi Chen, ist nach Abschluss seiner Dissertation in seine Heimat zurückgekehrt, wo er eine neue Stelle angetreten hat – als Berater in der Batterieindustrie.



Prototyp der flexiblen Batterie.

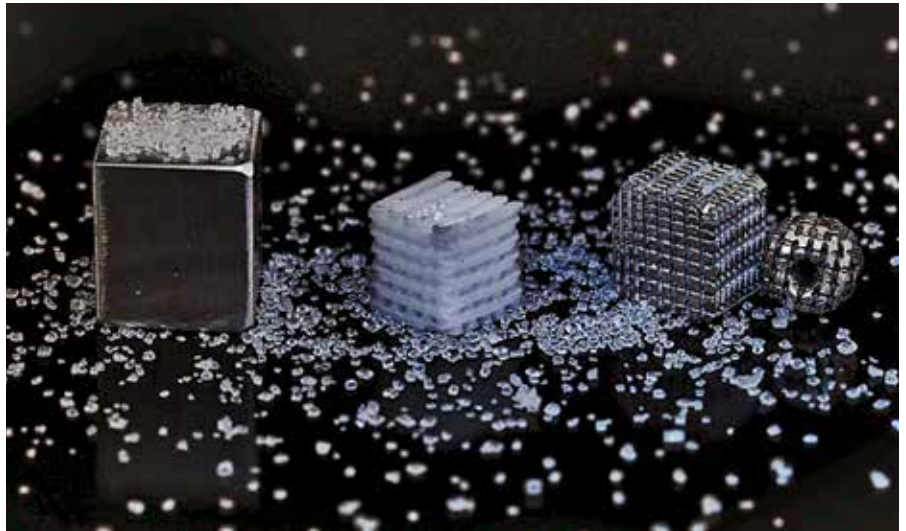


Der neue Batterietyp ist aus lauter flexiblen Materialien sandwichartig aufgebaut.

Quelle

ETH-News, Peter Rüegg, 24.09.2019

3D-GEDRUCKTES SALZGERÜST FÜR KNOCHENIMPLANTAT



Wie macht man aus Salz und Magnesium (links) ein Knochenimplantat mit regelmässig strukturierten Poren (rechts)? ETH-Forschende entwickelten dazu ein Verfahren über ein Template aus 3D-gedrucktem Salz (Mitte).

ETH-Forschende stellen mithilfe eines 3D-gedruckten Salzgerüsts Magnesium mit strukturierter Porosität her, das sich für bioabbaubare Knochenimplantate eignet.

Bei komplizierten Knochenbrüchen oder gar fehlenden Knochenteilen setzen Chirurgen in der Regel Metallimplantate ein. Als Materialien der Wahl bieten sich nebst Titan, das mit dem Gewebe weder chemisch noch biologisch wechselwirkt, auch Magnesium und seine Legierungen an. Implantate aus diesem Leichtmetall haben den Vorteil, dass der Körper sie abbauen und das Magnesium als Mineralstoff aufnehmen kann. So ist keine weitere OP notwendig, um das Implantat zu entfernen. Für eine schnelle Heilung sollte es oder dessen Oberfläche so beschaffen sein, dass sich knochenbildende Zellen gut darauf ansiedeln oder gar in das Implantat einwachsen können.

Materialforscherinnen und -forscher der ETH Zürich haben deshalb ein neues Verfahren entwickelt, um Magnesiumimplantate herzustellen, die

über zahlreiche regelmässig angeordnete Poren verfügen und trotzdem stabil sind. Ihre Entwicklung wird demnächst in der Fachzeitschrift «Advanced Materials» publiziert.

MAGNESIUM MIT STRUKTURIERTER POROSITÄT

Um eine poröse Grundstruktur zu erhalten, druckten die Forschenden zuerst mit einem 3D-Drucker ein dreidimensionales Gittergerüst aus Salz. Weil reines, herkömmliches Kochsalz nicht die notwendigen Eigenschaften zum Drucken hat, entwickelten die Forschenden zu diesem Zweck eine gelartige Salzpaste. Der Durchmesser der Gitterstreben und deren Abstände lassen sich beim Drucken nach Bedarf einstellen. Um die Salzstruktur zu festigen, wurde sie anschliessend gesintert. Beim Sintern werden feinkörnige Stoffe stark erhitzt. Die Temperaturen liegen jedoch unterhalb des Schmelzpunkts des Stoffes, damit die Struktur des Werkstücks erhalten bleibt.

In einem nächsten Schritt infiltrierten die Materialforschenden den Porenraum zwischen den Salzstreben mit

Magnesiumschmelze. «Dieser Rohling ist mechanisch sehr stabil und lässt sich durch Polieren, Drehen und Fräsen gut bearbeiten», sagt Jörg Löffler, Professor für Metallphysik und Technologie am Departement Materialwissenschaft. Nach der mechanischen Bearbeitung lösten die Forschenden das Salz heraus und erhielten so das reine Magnesiumimplantat mit zahlreichen, regelmässig angeordneten Poren.

ENTSCHEIDEND FÜR KLINISCHEN ERFOLG

«Die Möglichkeit, die Porengrösse und deren Verteilung und Richtung im Material zu kontrollieren, ist entscheidend für den klinischen Erfolg des Implantats, da knochenbildende Zellen gerne in solche Poren hineinwachsen», betont der ETH-Professor. Und genau darauf komme es an, damit ein Implantat rasch mit dem Knochen verwachse.

Das neu entwickelte Verfahren zur Herstellung derartiger Hilfsstrukturen aus Salz lässt nebst der Infiltration mit Magnesium viel Spielraum für weitere Materialien. Die Ko-Autoren Martina Cihova und Kunal Masania gehen davon aus, dass auf diese Art und Weise ebenso Polymere, Keramiken oder weitere Leichtmetalle mit einer kontrollierten Porengeometrie versehen werden können.

Die Idee für das neue Herstellungsverfahren entstand im Rahmen der Masterarbeit von Erstautorin Nicole Kleger. Gefördert wurde ihre Arbeit mit einem Excellence Scholarship & Opportunity Stipendium von der ETH Zürich. Sie wurde zudem mit einer ETH-Medaille für herausragende Masterarbeiten ausgezeichnet. Mittlerweile arbeitet Kleger als Doktorandin in der Gruppe für Komplexe Materialien von ETH-Professor André Studart, unter dessen Anleitung das Salzgerüst 3D-gedruckt wurde. Im Rahmen ihrer Dissertation ist die Forscherin nun daran, das 3D-Druckverfahren weiterzuentwickeln.

Quelle

ETH-News, Peter Rüegg, 26.08.2019

NEUARTIGES MATERIAL VERSCHLUCKT 99,995 PROZENT DES LICHTS

Schwarz ist nicht immer gleich Schwarz. Es gibt Schwarz, das schwärzer ist als anderes Schwarz. Und je schwärzer ein Schwarz, desto begehrter ist es – zumindest für gewisse Anwendungen.

Fast schon legendär ist in dieser Hinsicht das sogenannte Vantablack, das laut Hersteller bis zu 99,96 Prozent des Lichts schluckt, und zwar vom ultravioletten über das sichtbare bis hin zum Infrarotlicht. Es wurde 2014 in Grossbritannien von der Firma Surrey Nanosystems entwickelt. Senkrecht angeordnete Kohlenstoff-Nanoröhrchen nehmen fast das gesamte einfallende Licht auf und wandeln es in Wärme um. Wird eine Oberfläche, etwa aus Aluminium, mit diesen Nanoröhrchen beschichtet, verliert diese für unsere Augen jegliche Struktur. Es wirkt, als würde man in ein schwarzes Loch schauen.

Das später entwickelte Nanosystem Vantablack S-VIS absorbiert das Licht

nicht ganz so perfekt und ist unter anderem für Anwendungen im Weltraum gedacht. Es hilft Astronomen beim Blick in den Weltraum, etwa bei der Suche nach Exoplaneten. Denn oft trübt Streulicht die Beobachtungen. Dank einer mit dem Superlativ-Schwarz beschichteten Streulichtblende lässt sich dies jedoch reduzieren. Es war eine Provokation, als der indische Bildhauer Anish Kapoor vor rund drei Jahren die künstlerischen Exklusivrechte für Vantablack S-VIS erwarb. Das hat zur Kritik von anderen Künstlern geführt, da Kapoor nun das Monopol auf dieses Schwarz hat.

FÜR WELTRAUM UND KUNST

Vantablack VBx2 ist eher für irdische Anwendungen gedacht und steht im Prinzip auch anderen Kreativen zur Verfügung. Zum Beispiel entwarf der Londoner Architekt Asif Khan im Auftrag von Hyundai für die Olympischen Winterspiele in Pyeongchang einen Pavillon, dessen Fassade das Licht ab-



Wie ein Loch im Alu: Vantablack schluckt bis zu 99,96 Prozent des Lichts..

sorbiert – dank eines Sprühanstrichs mit Vantablack VBx2. Daneben gibt es noch Vantablack S-IR, eine Variante, die sehr viel Infrarotlicht absorbiert und ebenfalls für Anwendungen im Weltraum gedacht ist.

Kürzlich sind Forscher vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) zufällig auf ein noch schwärzeres Schwarz gestossen. Es schluckt 99,995 Prozent allen Lichts, wie sie in der Fachzeitschrift «ACS Applied Materials & Interfaces» berichten. Eigentlich wollten die Forscher die Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf elektrisch leitenden Materialien wachsen lassen, um deren elektrische und thermische Eigenschaften zu verstärken. Dabei stellten sie fest, dass die Oberflächen erstaunlich dunkel waren und höchstens 0,005 Prozent des Lichts von den Nanoröhrchen zurückgeworfen wurden.

Um die Fähigkeiten der ultraschwarzen Beschichtung zu zeigen, konzipierte die Künstlerin Diemut Strebe ein Werk, das Forscher am MIT anschliessend realisierten: einen 16,78-Karat-Diamanten im Wert von rund zwei Millionen Franken, beschichtet mit dem Superschwarz. Der Effekt sei fesselnd, schreibt das MIT in einer Mitteilung. Das gewöhnlich brillant funkelnde Juwel erscheine als flache, schwarze Leere.

KOMPLEXE MOLEKÜLE AUF OBERFLÄCHEN



Der Preis für die beste Masterarbeit in Nanowissenschaften geht an Sebastian Scherb.

Sebastian Scherb hat im Team von Professor Ernst Meyer an der Universität Basel eine neue Methode untersucht, mit der einzelne komplexe Moleküle auf Oberflächen aufgebracht werden können.

Durch die Selbstorganisation von Molekülen auf Oberflächen lassen sich mit atomarer Präzision funktionale Oberflächen herstellen, die in zahlreichen Gebieten wie der Elektronik eingesetzt werden können. Für kleinere Moleküle ist das thermische Verdampfen eine etablierte Methode, um atomare Schichten auf Oberflächen wie Gold oder Kaliumbromid herzustellen. Komplexe, grosse Moleküle überstehen jedoch das dabei notwendige Erhitzen bis zum Siedepunkt im Allgemeinen nicht.

Sebastian Scherb hat in der prämierten Masterarbeit nun untersucht, ob sich die Elektrospray-Deposition als alternative Methode eignet. Dabei werden die Moleküle durch Übertragung von Ladungen auf eine sanfte Art und Weise von der flüssigen in die Gasphase gebracht. Durch ein differenzielles Pumpensystem werden dann einzelne

Moleküle auf die Oberfläche im Ultrahochvakuum gesprayed, wo sie sich selbst zu molekularen Schichten anordnen.

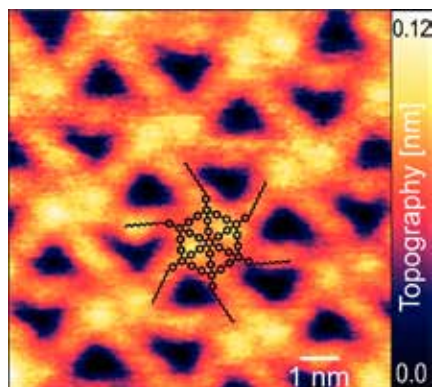
GRAPHEN-ÄHNLICHE VERBINDUNGEN

Zwei Graphen-ähnliche Verbindungen standen dabei im Fokus, da diese aufgrund ihrer besonderen elektronischen Eigenschaften einen breiten Anwendungsbereich versprechen. Bei Graphylen-1 handelt es sich um ein hexagonales Molekül mit äusseren Alkanketten, das wie ein Wagenrad aussieht. In dieses Rad könnten später funktionale Gruppen integriert werden, die dem Molekül spezifische Eigenschaften verleihen. Zum anderen untersuchte Scherb bis zu 600 Nanometer lange Bänder aus Graphen (Graphen-Nanobänder).

«Für mich war es enorm spannend zu untersuchen, wie sich diese komplexen Moleküle auf verschiedenen Oberflächen verhalten», berichtet Scherb von dem Teil der Arbeit, der ihn am meisten fasziniert hat. Er untersuchte Graphylen-1 dabei nicht nur bei Raumtemperatur auf Gold- und Kaliumbromidoberflächen mit einem kontakt-

Quelle

Der Bund, 4.1.2020, Joachim Laukenmann



freien Rasterkraftmikroskop, sondern bereitete diese auch für rasterkraft- und rastertunnelmikroskopische Untersuchungen bei niedrigen Temperaturen (5° Kelvin) vor.

UNERWARTETE ERGEBNISSE

Der Vergleich der Bilder zeigte einen interessanten, nicht erwarteten Nebeneffekt: Bei niedrigen Temperaturen lagen die einzelnen Graphylen-Moleküle viel enger beieinander als bei Raumtemperatur. Simulationen, die auf die Masterarbeit folgten, legen nahe, dass die Moleküle bei höheren Temperaturen durch erhöhte Mobilität ihrer Seitenketten auseinandergedrückt werden. Die recht schwachen Van-der-Waals-Kräfte, die für den Zusammenhalt der molekularen Schicht verantwortlich sind, lassen diese unterschiedliche Variationen in Abhängigkeit von der Temperatur zu.

Professor Ernst Meyer, in dessen Gruppe Sebastian Scherb die Arbeit durchführte, war sehr angetan von den Resultaten: «Es ist ihm gelungen, mittels der Elektrospray-Methode grosse Moleküle, welche die Form eines Wagenrades haben, unter Ultrahochvakuumbedingungen zu präparieren. Er konnte diese Moleküle mittels hochaufgelöster Rasterkraftmikroskopie abbilden und hat interessanterweise einen aussergewöhnlich hohen Temperatureausdehnungskoeffizient für diese Materialien entdeckt.»

Quelle

SNI INSight September 2019, © Swiss Nanoscience Institute, Universität Basel | Christel Möller (gekürzt)

MASSGESCHNEIDERTE GLASFASERN FÜR VIELFÄLTIGE ANWENDUNGEN



Dr. Sönke Pilz, Physiker, wissenschaftlicher Mitarbeiter, im Ziehturm bei der Glasfaserherstellung.

Die Berner Fachhochschule hat zusammen mit der Universität Bern ein innovatives Verfahren zur Herstellung von Glasfasern entwickelt. Es eröffnet neue Möglichkeiten für den Einsatz der Lasertechnologie.

Glasfasern sind die Lebensader der Wirtschaft. Millionen Kilometer Glasfaserkabel sind verlegt und verbinden Kontinente, Länder und Städte. Als reine Lichtwellenleiter übertragen diese passiven Glasfasern grosse Datenmengen in Form von Lichtpaketen

schnell und zuverlässig, etwa im Telekommunikationsbereich. Mit dem «Modified Chemical Vapor Deposition»-Verfahren (MCVD) lässt sich Glas von extremer Reinheit erzeugen. Daraus hergestellte optische Glasfasern weisen sehr geringe Lichtleitverluste auf, wobei man das theoretisch mögliche Verlustminimum fast erreicht hat.

Aber Glasfasern können mehr. Als aktive Glasfasern können sie nicht nur Licht leiten, sondern es auch erzeugen. Aus dem zwei hundertstel Millimeter dicken Kern einer Glasfaser gewinnt

man mehrere Kilowatt kontinuierlichen Laserlichts mit bester Strahlqualität, ohne Nachjustieren komplexer Laseraufbauten, ohne Unterbrüche – ideal für industrielle Anwendungen wie das Schneiden von Stahlblechen oder für den 3D-Druck von Metallteilen aus Pulver.

Der Laserstrahl, der früher über umständliche Spiegelkonstruktionen zur Bearbeitungszone gelangte, kann heute auch über Glasfasern im gleichen Kabelschacht wie die elektrischen Leitungen zum Werkstück geführt werden – ein grosser Fortschritt für den Maschinenbau. Und die gleiche Glasfaser kann Informationen von der Oberfläche des Werkstückes zurücktragen. Dadurch sind grosse Verbesserungen der Prozesssicherheit und der Sicherheit der Benutzer in der Produktionshalle oder im Operationssaal möglich.

HERAUSFORDERUNG LASER-DOTIERUNG

Eine aktive Glasfaser zur Erzeugung und Übertragung von Laserstrahlung muss besondere Voraussetzungen erfüllen. Ihr wesentliches Merkmal ist ein Kern aus Glas, dem laseraktives Material – in der Regel seltene Erden – beigefügt wurde. Dieser Vorgang der gezielten Einbindung von Fremdstoffen ins hochreine Quarzglas des Faserkerns wird Dotierung genannt.

Eine Herausforderung bei der Herstellung von aktiven Glasfasern besteht darin, das laseraktive Material dem Glas so beizumischen, dass ein Faserkern mit einer homogenen und präzisen Dotierung entsteht. Zudem sollte die Herstellung einfach und verlässlich sein, damit sich Glasfasern mit spezifischen Eigenschaften rasch und mit vertretbarem Aufwand fertigen lassen. Genau daran arbeitet das Kompetenzzentrum Fasern und Faserlaser, zu dem sich die Forschungsgruppe Angewandte Fasertechnologie (AFT) der Berner Fachhochschule und das Institut für Angewandte Physik (IAP) der Universität Bern zusammengeschlossen haben. Das IAP arbeitet schwergewichtig an den Grundlagen, während sich die Gruppe AFT auf die Material- und Faserherstellungsprozesse sowie die Umsetzungen in industrielle An-

wendungen konzentriert. Die Partner können ihre Entwicklungen jederzeit in der Praxis überprüfen und im Faserziehturm der Universität Bern Glasfasern herstellen.

INSPIRATION AUS VENEDIG

Erfolg kann alternative Ideen blockieren. Das galt in den 1980er- und 1990er-Jahren auch für die Entwicklung neuer Glasfaser-Herstellungsverfahren. Kaum jemand produzierte optische Glasfasern anders als mit MCVD. Aber das für die Herstellung passiver Telekom-Fasern perfekte Verfahren war nicht das Beste für die Herstellung spezieller aktiver Glasfasern. So mussten die damit erzeugten Glasfaserkerne rund und symmetrisch sein, was für den Bau moderner Faserlaser nicht immer optimal ist. Vor allem aber konnten die Dotierungsstoffe dem Glas nur in kleinen Mengen beigefügt werden, und ihre Verteilung war nicht homogen.

Die Rückbesinnung auf die venezianische Glasbläserkunst führte zur Lösung des Problems. Für die Fertigung ihrer reinen und farbigen Gläser zerstiessen die Venezianer die Ausgangsmaterialien zusammen mit Quarzkristallsteinen zu feinen, homogenen Pulvern. Die Innovation der Berner Forschenden liegt vor allem darin, dass sie Glas aus Pulver herstellen, bei dem die laseraktiven Materialien bereits in jedem Pulverkorn enthalten sind. In einem speziellen Verfahren entsteht ein Glas der erforderlichen Reinheitsdotierung, und beliebige Dotierungen lassen sich wie gewünscht einbinden.

Bei diesem Sol-Gel-Prozess werden die Dotierungsmaterialien zuerst in einem chemischen Prozess in «flüssigem Glas» (Tetraethoxysilan bei Raumtemperatur) aufgelöst. Durch Wasserzugabe wird aus der Lösung zuerst ein Gel und durch Austrocknung später festes Pulver. Dieses wird in ein Glasrohr – die sogenannte Preform – gefüllt und verwandelt sich während des Schmelzprozesses im Faserziehturm zum laseraktiven Faserkern.

Die Forschungsgruppe AFT arbeitet bei der Entwicklung dieses Verfahrens interdisziplinär. Den Forschenden steht ein gut ausgerüstetes Labor zur

Verfügung, und im gleichen Gebäude befindet sich mit dem BFH-Spin-off Re-seaChem der Spezialist und Partner für die Herstellung von Sol-Gels.

INTERNATIONALER TECHNOLOGIETRANSFER

Das Kompetenzzentrum Fasern und Faserlaser ist heute führend in der Herstellung von Laserfasern mit dem Sol-Gel-/Pulververfahren. Langfristig möchten die Forschenden eine «Bibliothek» von Laserfasern bzw. von dotierten Pulvern mit spezifischen Eigenschaften aufbauen. Je nach Wellenlänge, die ein industrieller Anwender für seinen Laser benötigt, liessen sich entsprechende Glasfasern rasch herstellen.

Übergeordnetes Ziel der Forschungsgruppe AFT ist die Integration moderner Lasersysteme in Bearbeitungsmaschinen. Dabei arbeitet sie im Rahmen der vom Bund mitfinanzierten Inno-suisse-Projekte auch mit industriellen Partnern zusammen – aktuell etwa mit südkoreanischen Firmen. Die bisherigen Resultate dieses Technologietransfers lassen hoffen, dass sich in absehbarer Zeit insbesondere innovative Anwendungen mit neuartigen Wellenlängen realisieren lassen, die mit den Standardmethoden der Glasfaserherstellung bisher nicht möglich waren.

Quelle

spirit biel/bienne 2/2019, Seite 6 f., Dr. Valerio Romano, Martin Hochstrasser, Dr. Sonke Pilz

HOLZ AUF UNSERER HAUT

FLEXIBLE, BIOKOMPATIBLE NANOCELLULOSE-SENSOREN

Blutwerte für die medizinische Diagnostik können auch ohne schmerzhaften Nadelstich ermittelt werden. Empa-Forscher entwickeln derzeit gemeinsam mit einem kanadischen Team flexible, bioverträgliche Sensoren aus Nanocellulose, die auf der Haut liegen. Die 3D-gedruckten Analysechips aus nachwachsenden Rohstoffen werden künftig sogar biologisch abbaubar sein.

Die Idee, gesundheitlich relevante Werte im Körper über die Haut zu messen, ist bereits in der medizinischen Diagnostik angekommen. So können beispielsweise Diabetiker und Diabetikerinnen den Blutzucker schmerzfrei über einen Sensor ermitteln, anstatt sich in den Finger piksen zu müssen. Empa-Forscher haben nun gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Kanada einen neuartigen Sensor hergestellt, der flexibel auf der Hautoberfläche liegt und besonders bioverträglich ist, da er aus Nanocellulose besteht.

DURCHSICHTIGE FOLIE AUS HOLZ

Nanocellulose ist ein preiswerter, nachwachsender Rohstoff, der in Form von Kristallen und Fasern beispielsweise aus Holz gewonnen wird. Allerdings hat das ursprüngliche Erscheinungsbild eines Baums nichts mehr mit der gallertartigen Substanz zu tun, die aus nanokristalliner Cellulose und Cellulose-Nanofasern bestehen kann. Weitere Quellen für das Material sind Bakterien, Algen oder Produktionsreste aus der Lebensmittelherstellung.

Damit ist Nanocellulose nicht nur vergleichsweise leicht und nachhaltig zu gewinnen. Interessant machen den «Superpudding» auch seine mechanischen Eigenschaften, weshalb sich neue Verbundwerkstoffe mit Nanocellulose entwickeln lassen, die als Oberflächenbeschichtungen, Alltagsgegenstände wie Getränkeflaschen oder in Form von durchsichtigen Verpackungsfolien eingesetzt werden könnten.

Forscher des Empa-Labors «Cellulose & Wood Materials» und Woo Soo Kim



Mit dem 3D-Drucker wird die Nanocellulose-«Tinte» auf eine Trägerplatte appliziert. Silberpartikel sorgen für die elektrische Leitfähigkeit des Materials.

von der kanadischen «Simon Fraser University» setzten darüber hinaus auf ein weiteres Merkmal der Nanocellulose: ihre Bioverträglichkeit. Gerade weil das Material aus natürlichen Ressourcen gewonnen wird, eignet es sich ganz besonders für die biomedizinische Forschung.

Mit dem Ziel, bioverträgliche Sensoren zu produzieren, die wichtige Stoffwechselwerte messen können, verwendeten die Forscher die Nanocellulose als «Tinte» im 3D-Druckverfahren. Damit die Sensoren elektrisch leitfähig sind, wurde die Tinte hierzu mit Silber-Nanodrähten versetzt. Die Forscher ermittelten das exakte Verhältnis von Nanocellulose und Silberfäden, damit sich daraus ein dreidimensionales Netzwerk bilden kann.

WIE SPAGHETTI – NUR KLEINER

Es stellte sich dabei heraus, dass sich Cellulose-Nanofasern besser eignen als kristalline Nanocellulose, um daraus eine vernetzte Matrix mit den winzigen Silberdrähten herzustellen. «Cellulose-Nanofasern sind ähnlich flexibel wie gekochte Spaghetti, allerdings mit einem Durchmesser von nur rund 20 Nanometern und wenigen Mikrometern Länge», erklärt Empa-Forscher Gilberto Siqueira.

Es gelang dem Forscherteam schliesslich, Sensoren zu entwickeln, die medizinisch relevante Stoffwechselfparameter wie die Konzentration von

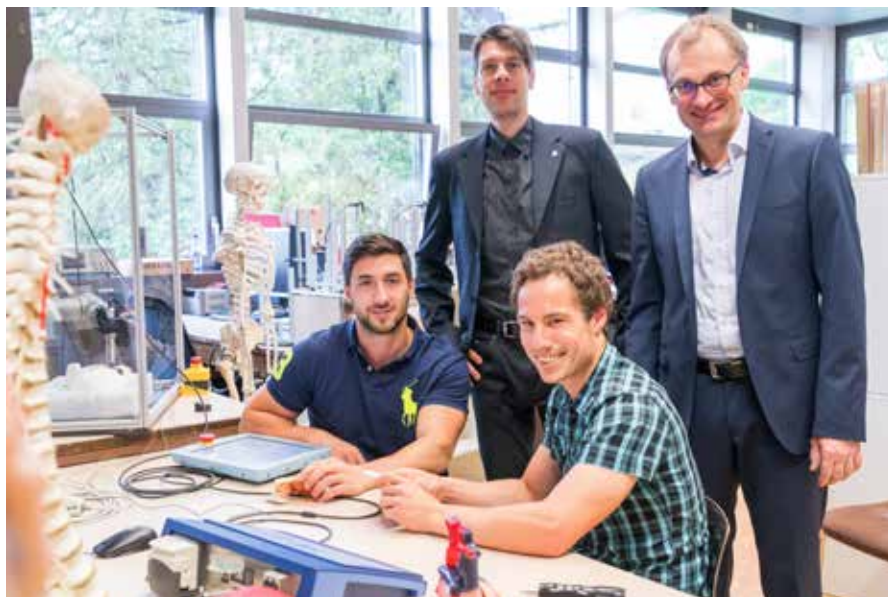


Empa-Forscher Gilberto Siqueira demonstriert den frisch ausgedruckten Nanocellulose-Schaltkreis. Nach einem Trocknungsprozess lässt sich das Material weiterverarbeiten.

Calcium, Kalium und stickstoffhaltigen Ammonium-Ionen messen. Damit die Messwerte weiter analysiert werden können, sendet der elektrochemische Hautsensor seine Ergebnisse zur weiteren Datenverarbeitung an einen Computer. Insgesamt ist das winzige Biochemie-Labor auf der Haut lediglich einen halben Millimeter dick.

Während der aktuelle Haut-Sensor Ionenkonzentrationen spezifisch und zuverlässig ermittelt, arbeiten die Forscher aber bereits an einer neuen Version: «Künftig möchten wir die Silberpartikel durch ein anderes leitfähiges Material ersetzen, etwa auf der Basis von Kohlenstoffverbindungen», erläutert Siqueira begeistert sein neuestes Projekt. Damit wäre der medizinische Nanocellulose-Sensor nicht nur bioverträglich, sondern auch komplett bioabbaubar.

MEHR SICHERHEIT BEIM IMPLANTIEREN VON HÖRPROTHESEN



Unter Leitung von Volker Koch (rechts, stehend) und Jörn Justiz (links davon) entstehen an der BFH Innovationen, die in der Medizintechnik neue Akzente setzen.

Weltweit hören rund 300 000 Menschen dank Cochlea-Implantaten. Doch das Einsetzen dieser Implantate ist heikel, denn es muss nahe am Gesichtsnerv operiert werden. Bieler Forscher haben ein System entwickelt, das eine kontinuierliche Überwachung des Nervs während der Operation ermöglicht.

Das Cochlea-Implantat ist eine Hörprothese für Gehörlose, deren Hörnerv als Teilorgan der auditiven Wahrnehmung noch funktionsfähig ist. Weltweit tragen rund 300 000 hochgradig Schwerhörige ein solches Implantat, in der Schweiz sind es derzeit 2600. Doch die Implantation erfordert ein Bohren nahe dem Gesichtsnerv. Um eine Gesichtslähmung auszuschliessen, darf der Operateur deshalb beim Eingriff den Nerv nicht verletzen.

Forscher am Institute for Human Centered Engineering HuCE in Biel haben die Lösung. Der Gesichtsnerv ist verantwortlich für die Muskulatur von Gesicht und Stirn, für Mimik und Gestik sowie die Bewegung der Augenli-

der. Der Nerv führt durch das Mittelohr und liegt auf dem Weg dahin, wo der Chirurg das Implantat einsetzen muss. Verletzt der Operateur den Nerv, kann die Gesichtsmuskulatur auf der Implantat-Seite vorübergehend oder auch dauerhaft erschlaffen.

NEUE WERKZEUGE FÜR NEUE HERAUSFORDERUNGEN

Deshalb wird heute der Bohrer oft kurzzeitig mit einer Stimulationselektrode ausgetauscht, die ein kurzes elektrisches Signal abgibt. Nähert sich die Stimulationselektrode dem Nerv, wird der Nerv angeregt und feuert sogenannte Aktionspotenziale ab. Diese laufen entlang der motorischen Nerven und aktivieren die entsprechenden Muskelfasern. Die Muskelaktivität wird durch elektromyografische Elektroden (EMG) gemessen. Das Nervenmonitoring-System verarbeitet und analysiert diese EMG-Signale. Überschreiten sie einen bestimmten Schwellenwert, schlägt das System Alarm. Der Chirurg weiss dann, dass er in der Nähe des Gesichtsnervs ist.

Quelle

EMPA-News, Andrea Six, 08.10.2019

«Nervenmonitoring beim Implantieren eines Cochlea-Implantats braucht heute typischerweise sich ändernde Werkzeuge», bilanziert Adrian Sallaz. Der Operateur, so Sallaz, müsse das chirurgische Werkzeug wie den Bohrer und die Stimulationssonde zur Nervenstimulierung abwechselnd einsetzen. Die Entfernung zwischen Bohrer und Nerv werde deshalb nicht kontinuierlich gemessen und der Prozess der wechselnden Instrumente sei zeitaufwändig und unterbreche den Chirurgen im Arbeitsprozess. «Mit unseren Arbeiten wollen wir dank dem neuen System eine kontinuierliche Nervenüberwachung während der Bohrung garantieren: Chirurgischer Bohrer und Stimulationselektrode sind dann in einem einzigen Produkt vereint», erklärt Sallaz.

DIE QUADRATUR DES KREISES?

Das Unterfangen stellte hohe Anforderungen an das Wissen der Ingenieure, so Volker Koch: «Um den Bohrer als Stimulationselektrode zu verwenden, muss das elektrische Stimulations-signal auf den mit bis zu 80000 Umdrehungen pro Sekunde rotierenden Bohrer übertragen werden. Dies ist nicht trivial, aber die Kooperation der BFH mit den Industriepartnern führte zu einer genialen Lösung.»

Das Bohrsystem soll äusserlich den bisher genutzten Systemen möglichst gleichen und sich für eine einfache wie effiziente Reinigung und Sterilisation eignen. Für das Herzstück, die Integration der Gesichtsnerv-Überwachung, kooperierten die Ingenieure mit einem Industriepartner, spezialisiert auf intraoperatives neurophysiologisches Neuromonitoring. «Hier galt es, die Spezifikationen genau zu definieren in Bezug auf die Stimulationsparameter, die Benutzerbedürfnisse, die elektrische Sicherheit sowie die medizinischen und regulatorischen Aspekte», präzisiert Jörn Justiz.

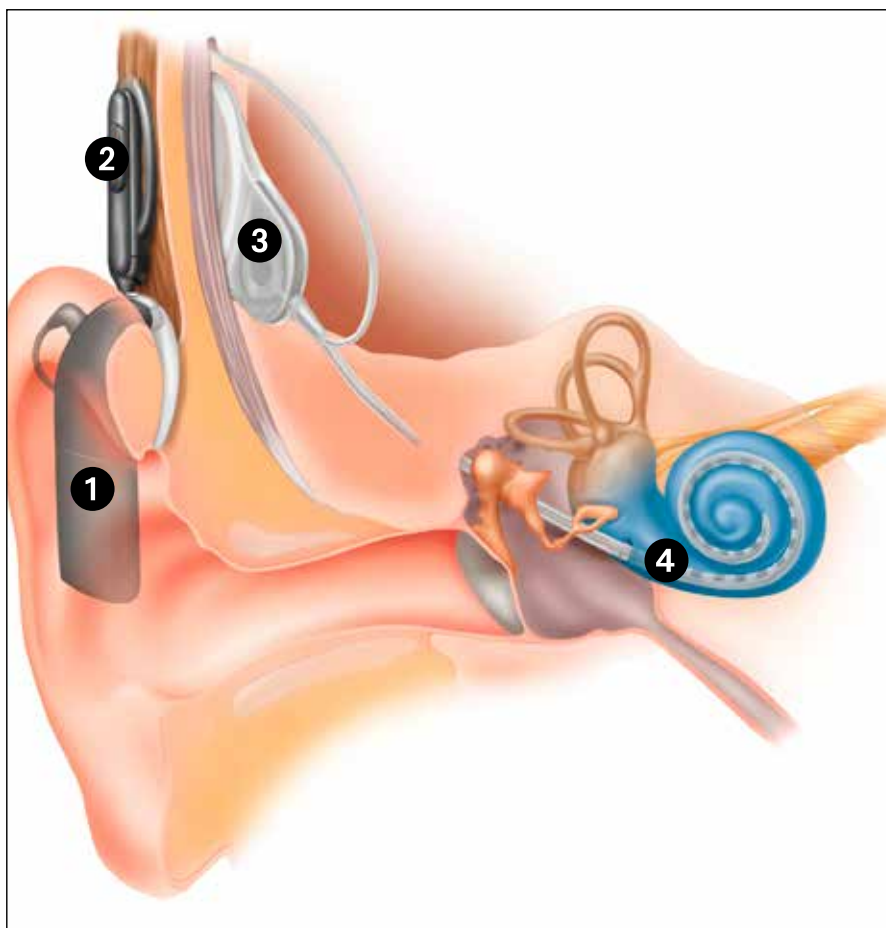
«Nicht jeder Innovation sieht man auf den ersten Blick an, welcher Arbeitsaufwand drinsteckt.» Als knifflig entpuppte sich beispielsweise die Aufgabe, das dünne Stimulationskabel ins Motorenkabel zu integrieren, denn letzteres löste Störspannungen im Sti-

mulationskabel aus. Etliche Zeit verbrachten die Ingenieure mit Tests und Validierungsaufgaben, entwickelten Prüfstände und Phantome, um die entstandenen Lösungsvorschläge gleich auf Herz und Nieren zu prüfen.

Noch steht die Cochlea-Implantation im Mittelpunkt der Aktivitäten. Doch bereits denken die Industriepartner an weitere lukrative Einsätze wie HNO-Chirurgie, Neuro- und Wirbelsäulenchirurgie, Orthopädie und Trauma- sowie plastische, Kiefer- und Gesichtschirurgie oder Zahnchirurgie. Neuro-Monitoring kann auch in Anwendungen eingesetzt werden, in denen nicht gebohrt wird.

Quelle

Swiss Engineering, Elsbeth Heinzemann, Juni 2019, S. 24.f.

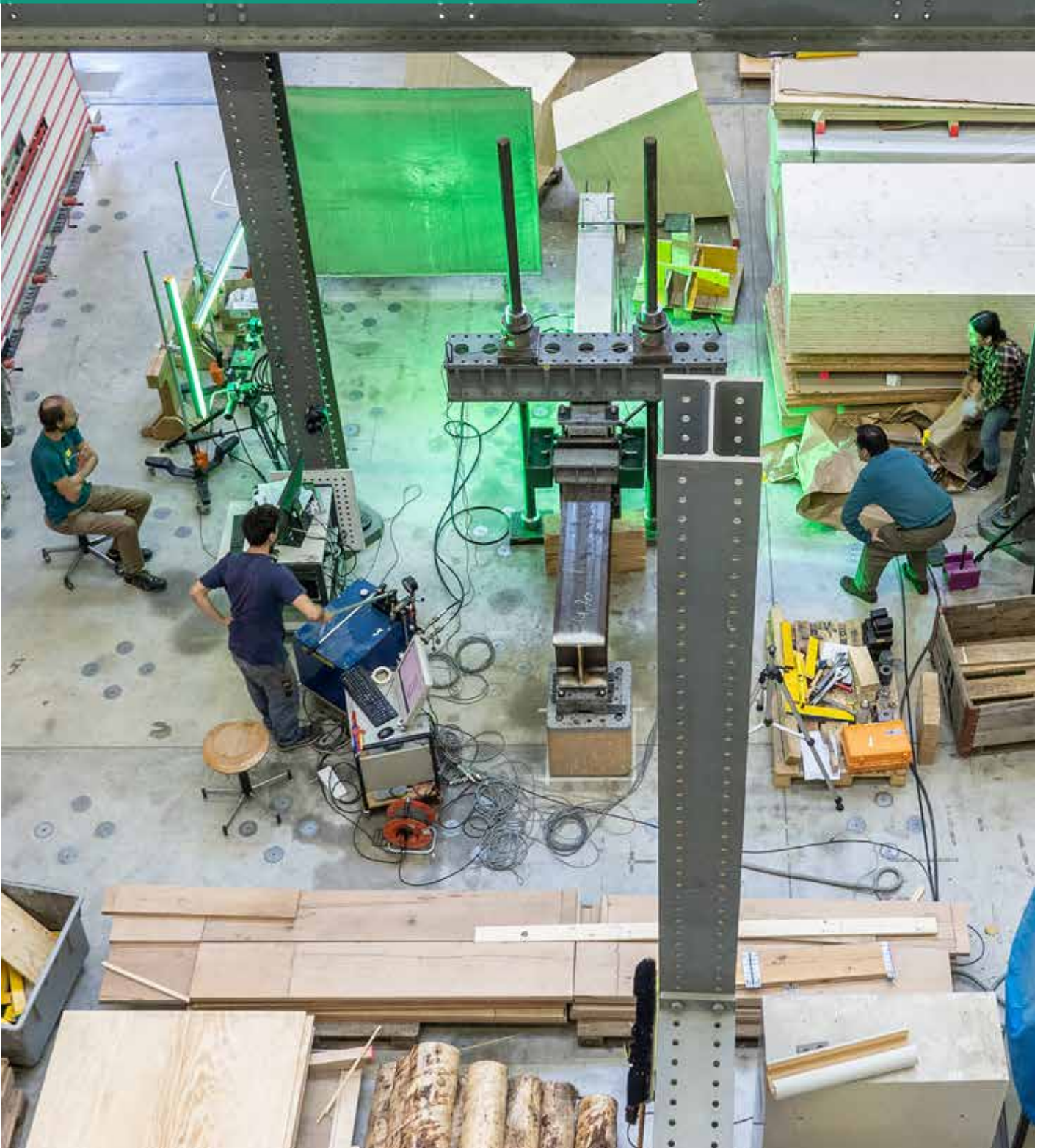


COCHLEA-IMPLANTAT

So funktioniert ein Cochlea-Implantat: Ein Soundprozessor (1) nimmt Schallwellen auf, wandelt sie in digitale Signale um und überträgt sie an die Sendespule (2). Diese leitet die Signale dann an das Implantat (3) weiter. Das Implantat wandelt die Signale in elektrische Impulse um und übermittelt diese an den Elektrodenträger (4). Die Elektroden stimulieren die Hörnerven, im Gehirn entsteht ein Höreindruck.

STUDIUM

- 23 MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK STUDIEREN
- 26 STUDIENMÖGLICHKEITEN IN MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK
- 31 VERWANDTE STUDIENFÄCHER UND ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE
- 32 KLEINES ABC DES STUDIERENS
- 36 PORTRÄTS VON STUDIERENDEN



MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK STUDIEREN

Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, auch Informatik: Wer sich für naturwissenschaftliche Fächer interessiert, gerne interdisziplinär forscht und arbeitet und etwas studieren möchte, was vielleicht nicht so bekannt und alltäglich ist, ist bei den Fachgebieten Materialwissenschaft, Nanowissenschaften oder Mikrotechnik am richtigen Ort.

Materialwissenschaft und Nanowissenschaften sind Domänen der universitären Hochschulen und dort insbesondere der beiden ETH sowie der Universität Basel. So werden Studiengänge in Materialwissenschaft von der ETH Zürich und der EPFL Lausanne angeboten. Die ETH Lausanne bietet zudem die Möglichkeit, von Anfang an Mikrotechnik zu studieren. An der ETH Zürich gibt es einen Spezialmaster zum Thema Mikro- und Nanosysteme. Die Universität Basel ermöglicht als einzige Hochschule in der Schweiz einen Bachelor- und einen Masterstudiengang in Nanowissenschaften.

An den Fachhochschulen gibt es Studiengänge in Mikrotechnik. Teilweise besteht innerhalb der Fachhochschulstudiengänge in Maschinentchnik die Möglichkeit, eine Vertiefung in Material- und Verfahrenstechnik, Kunststoff oder Werkstofftechnik zu belegen. Gewisse Studiengänge in Systemtechnik bieten eine Vertiefung beispielsweise in Mikro- oder auch Medizintechnik an. Diese Studiengänge werden im Perspektivenheft «Maschinenbau, Maschineningenieurwissenschaften» vorgestellt.

An der ETH stehen am Anfang des Studiums stärker als an den Fachhochschulen die naturwissenschaftlichen Grundlagen im Vordergrund. Die Ausbildung an den Fachhochschulen ist dafür von Beginn an anwendungsorientiert. Auch an der ETH rücken in diesen Bereichen im Verlauf der Ausbildung Fragestellungen aus der Praxis in den Vordergrund. An den Fachhochschulen ist der Bachelorabschluss berufsqualifizierend, an der ETH ist es der Masterabschluss.

UNTERRICHTSFORMEN

In der Materialwissenschaft gibt es als Unterrichtsform neben den Vorlesungen die Übungen, zum Beispiel in Analysis oder in Programmiertechniken. Bereits vom ersten Semester an geben praktische Erfahrungen im Labor einen Einblick in die aktuelle Forschung.

Vorlesungen, Übungen, Labor, Projekte sind auch die vorherrschenden Unterrichtsformen in den Nanowissenschaften und der Mikrotechnik. Das Studium der Nanowissenschaften wird ergänzt mit Studienbesuchen bei Firmen, die Nanotechnologie anwenden. Blockkurse verschaffen ausserdem eine erste Mitarbeit in unterschiedlichen Forschungsgruppen. Diese ermöglichen es den Studierenden herauszufinden, in welchen Bereichen sie am meisten Interesse haben. Im Mikrotechnikstudium

der beiden ETH gehört, wie auch in der Materialwissenschaft, ein obligatorisches Industriepraktikum zur Ausbildung. Bei der ETH Zürich findet es im Bachelorstudium statt und dauert zwölf Wochen, bei der EPF Lausanne gehört es zum Masterstudium und dauert zwei bis sechs Monate.

FACHSPEZIFISCHE ZULASSUNGSBEDINGUNGEN

Die Zulassung an ETH und Universitäten ist mit der gymnasialen Maturität oder mit der Berufsmaturität und bestandener Passerellenprüfung gewährleistet. Für die Zulassung zum Bachelorstudium der Fachhochschulen müssen Personen mit einer gymnasialen Maturität ein einjähriges Praktikum absolvieren. Auskunft über die genauen Anforderungen geben die Fachhochschulen. Anstelle eines Praktikums kann auch ein zwei- bis dreijähriges Way-up-Programm gewählt werden, das zur vollen Berufsbefähigung mit dem eidgenössischen Fähigkeitszeugnis EFZ führt und gleichzeitig den Zugang zum Fachhochschulstudium ermöglicht. Das Way-up-Programm gibt es in den folgenden fünf technischen Berufen: Informatiker/in EFZ, Elektroniker/in EFZ, Automatischer/in EFZ, Konstrukteur/in EFZ, Polymechaniker/in EFZ.

Die Berner Fachhochschule bietet zusätzlich ein Passerellenprogramm für Personen mit gymnasialer Maturität an:

www.ti.bfh.ch.

Personen mit Berufsmaturität brauchen für das Studium der Mikrotechnik an einer Fachhochschule eine berufliche Grundbildung in einem der Mikrotechnik nahestehenden Beruf. Details, auch über Ergänzungsmöglichkeiten, erfahren Sie direkt bei den Fachhochschulen.

PERSÖNLICHE VORAUSSETZUNGEN

Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik sind für Personen interessant, die sich für naturwissenschaftlich

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 32, haben wir die wichtigsten Grundinformationen zu einem Studium zusammengestellt.

liche und technologische Fragestellungen begeistern können. Für die Material- und Nanowissenschaften braucht es Interesse an Physik, Chemie, Biologie, Mathematik und Informatik. Die Materialwissenschaft enthält auch verfahrenswissenschaftliche Fragestellungen. Für die Ingenieurwissenschaft Mikrotechnik ist ein Interesse an Mathematik, Physik, Chemie, Informatik sowie auch an den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Materialwissenschaft wichtig.

Konzentration, Ausdauer, hohe Belastbarkeit, ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen, ein Flair für Arbeiten im Labor, ein gewisser Tüftler- und Erfindergeist sowie Offenheit für interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Fachleuten aus unterschiedlichen Richtungen sind weitere hilfreiche Voraussetzungen. In der international vernetzten Forschungs- und Wirtschaftswelt sind gute Englischkenntnisse unerlässlich. In höheren Semestern werden zunehmend Lehrveranstaltungen auf Englisch gehalten.

STUDIENINHALTE

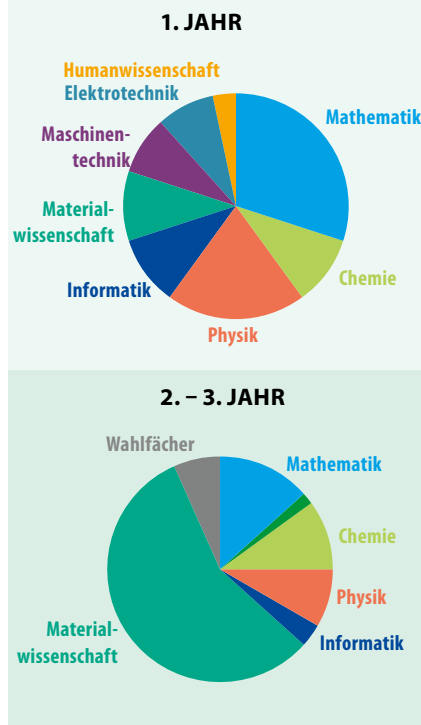
Materialwissenschaft

Kratzfeste Bildschirme für Smartphones, energieeffizientere Brennstoffzellen oder bioabbaubare Implantate – hinter fast allen Produkten stehen Werkstoffe, die über spezielle Eigenschaften verfügen. Die Materialwissenschaft verbessert alte Werkstoffe und entwickelt neue. Materialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler erforschen, entwickeln, modellieren, produzieren, formen und prüfen Werkstoffe. Sie wählen zudem die passenden Materialien für ein Einsatzgebiet aus, berechnen Sicherheitswerte und schätzen die Lebensdauer.

Materialwissenschaft an ETHZ und EPFL

Das Bachelorstudium in Materialwissenschaft folgt einem weitgehend festgelegten Studienprogramm. Die ersten beiden Jahre dienen vor allem dem Aufbau und Ausbau des Fundaments in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Mathematik, Chemie, Physik und Biologie sowie dem Erwerb der Grundlagen in der Materialwissenschaft. Ab dem dritten Studienjahr stehen materialwissenschaftliche Fragestellungen und

MATERIALWISSENSCHAFT Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der ETH Zürich



Probleme im Zentrum. Es geht um die Vertiefung in materialwissenschaftlichen Fächern (Metalle, Polymere, Keramik, Materialien in Biologie und Medizin, Verbundwerkstoffe). Programmier- und Simulationstechniken gehören ebenfalls zur Ausbildung. Im Master Materialwissenschaft werden die materialwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und erweitert.

Bei den Studiengängen in Materialwissenschaft handelt es sich um Monofachstudiengänge. Es können keine Nebenfächer belegt werden. Einzig an der EPFL kann im Master statt der Vertiefung (Materials research and development) ein Nebenfach gewählt werden.

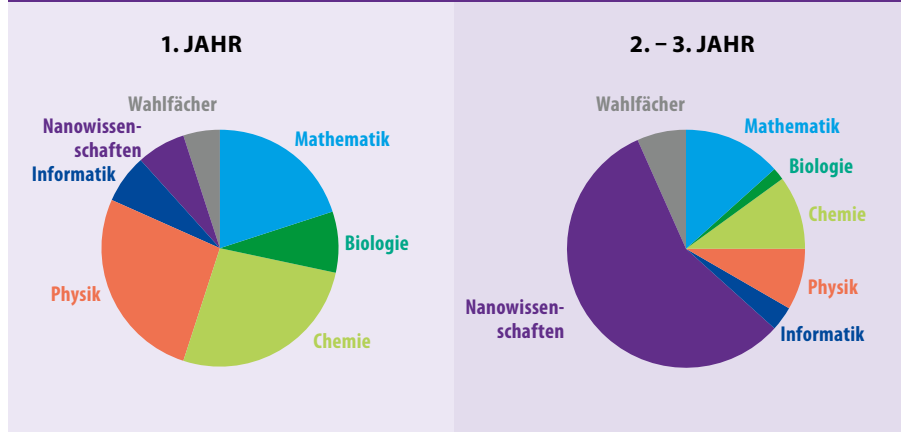
Nanowissenschaften

Bei den Nanowissenschaften handelt es sich um ein interdisziplinäres naturwissenschaftliches Fachgebiet mit Fokus auf Strukturen und Phänomenen im Nanobereich. Im Nanometerbereich verschwinden die Grenzen zwischen den klassischen naturwissenschaftlichen Disziplinen. Nanowissenschaftler/innen forschen in verschiedenen Bereichen wie beispielsweise Medizin, Energieforschung und Informations- und Kommunikationstechnologien.

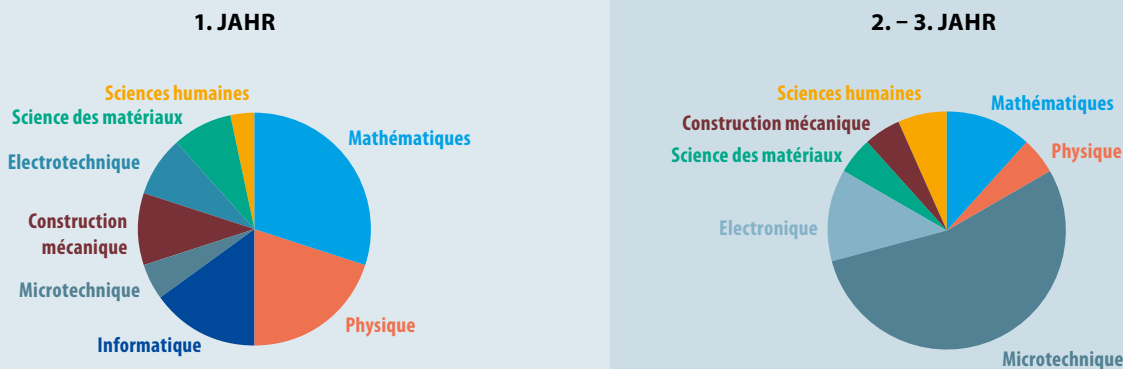
Nanowissenschaften an der Universität Basel

Um Effekte im Nanometerbereich zu verstehen und neue Technologien zu entwickeln, ist ein grundlegendes Verständnis aller Naturwissenschaften notwendig. Studierende der Nanowissenschaften erhalten deshalb einen vertieften Einblick in die Disziplinen Biologie, Chemie und Physik. Das einjährige Grundstudium vermittelt Grundlagen in den Disziplinen Biologie, Chemie, Physik und Mathematik und eine Einführung in die Nanowissenschaften. Dazu werden die Grundlagen der Programmierung vermittelt. Im anschließenden Aufbaustudium wird das Wissen in den naturwissenschaftlichen Fächern Molekularbiologie, Chemie und Physik vertieft. Ab dem zweiten Studienjahr kann mit Wahlvorlesungen ein persönlicher Schwerpunkt gelegt werden. Das theoretische Wissen wird im dritten Studienjahr durch praktisches Arbeiten in Blockkursen ergänzt. Aus einem breiten interdisziplinären Angebot verschiedener Forschungsgruppen des Biozentrums, der Departemente Chemie und

NANOWISSENSCHAFTEN / Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der Uni Basel



MIKROTECHNIK UH / Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der EPF Lausanne



Physik der Universität Basel und Institutionen wie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), dem Paul Scherrer Institut (PSI), der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) und der Universität Neuenburg werden Blockkurse ausgewählt. Die Studierenden lernen verschiedene Methoden und deren Anwendung in den diversen Forschungsgebieten kennen und erleben damit früh im Studium den Forschungsalltag. Beim Studium der Nanowissenschaften handelt es sich um einen Monofachstudiengang.

Im Masterstudium wählen die Studierenden aus den Disziplinen Molekularbiologie, Chemie und Physik ein Vertiefungsfach. Das Studium bleibt mit einem grossen Wahlbereich interdisziplinär. Es umfasst dazu zwei praktische, zweimonatige Projektarbeiten in verschiedenen Forschungsgebieten. Die Studierenden arbeiten innerhalb einer Forschungsgruppe, sodass sie die selbstständige wissenschaftliche Tätigkeit lernen. Aufbauvorlesungen und Seminare erweitern die theoretischen Kennt-

nisse im Vertiefungsfach. Mit einer Masterarbeit und der Masterprüfung wird das Studium abgeschlossen.

Mikrotechnik

Die Mikrotechnik beschäftigt sich mit Verfahren und Methoden, die es erlauben, Geräte, Systeme und Bestandteile im Mikrometerbereich (1 µm = 10⁻⁶ m) oder gar im Nanometerbereich (1 nm = 10⁻⁹ m) zu entwerfen und herzustellen. Die Mikrotechnik entwickelt Systeme für verschiedene Bereiche der Technik wie Automatisierung, Mess- und Regeltechnik, Computer-, Automobil- oder Kommunikationstechnologie und Medizintechnik. Dazu gehören unter anderem medizinische, mikrotechnische und optische Instrumente und Geräte, Kleinroboter, Sensoren, Aktuatoren.

Mikrotechnik an der EPF Lausanne

An der EPF Lausanne werden im ersten Studienjahr vor allem die Grundlagen in den Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften gelegt. Dazu gehören Fächer wie Mathematik, Informa-

tik, Physik, Chemie. Ausserdem auf dem Stundenplan stehen Elektronik, Materialwissenschaft und Mechanik. Es besteht bereits ein erster Anwendungsbezug, beispielsweise im Rahmen eines Projekts. Im weiteren Verlauf des Bachelors werden sämtliche Bereiche der Mikrotechnik abgedeckt. Thematische Schwerpunkte sind:

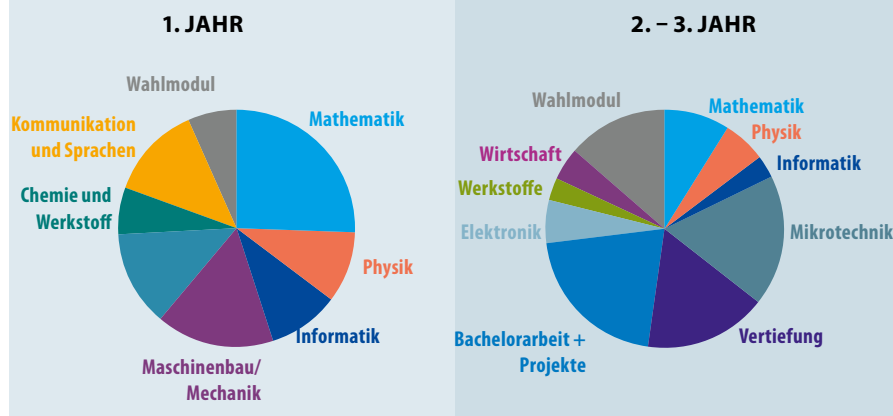
- Systeme und Steuerung
- Elektronik und Photonik
- Produkte und Produktion

Im Master entscheiden sich die Studierenden für eine Vertiefungsrichtung (siehe Tabelle mit den Studienmöglichkeiten Seite 27). Zudem kann im Master das Studium durch ein Nebenfach ergänzt werden.

Mikrotechnik an Fachhochschulen

Das Studium der Mikrotechnik an den Fachhochschulen beinhaltet mathematische und andere naturwissenschaftliche Grundlagen, Allgemeinbildung wie Sprachen, Wirtschaft und Projektmanagement sowie Grundlagen der Mikrotechnik wie Mechanik, Elektrotechnik, Materialwissenschaft und Sensortechnik. Im weiteren Verlauf des Bachelorstudiums wählen Studierende Vertiefungsrichtungen wie beispielsweise Medizintechnik, Optik/Photonik, Robotik, Sensorik oder Management (siehe Tabelle mit den Studienmöglichkeiten, Seite 29).

MIKROTECHNIK FH / Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der Berner Fachhochschule



Quellen

Websites der Hochschulen
www.berufsberatung.ch

STUDIENMÖGLICHKEITEN IN MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK

Die folgenden Tabellen zeigen auf, wo in der Schweiz Materialwissenschaft, Nanowissenschaften oder Mikrotechnik studiert werden können. Es werden zuerst die Studiengänge der Universitäten/ETH, anschliessend jene der Fachhochschulen vorgestellt. Ein weiterer Abschnitt geht auf die Besonderheiten der einzelnen Studienorte ein.

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 Universität zu wechseln. Je nach Hochschule ist es möglich, nach einem Bachelorabschluss auch einen eher fachfremden Master zu wählen. Aktuelle und weiterführende Informationen finden Sie auf www.berufsberatung.ch sowie auf den Websites der Hochschulen.



www.berufsberatung.ch/materialwissenschaft



www.berufsberatung.ch/nanowissenschaft



www.berufsberatung.ch/nanotechnologie



www.berufsberatung.ch/mikrotechnologie

BACHELORSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

BSc = Bachelor of Science

Studiengang

MATERIALWISSENSCHAFT

EPF Lausanne/School of Engineering: www.sti.epfl.ch

Science et génie des matériaux/Materials Science and Engineering BSc

ETH Zürich/Department of Materials: www.mat.ethz.ch

Materialwissenschaft BSc

NANOWISSENSCHAFTEN

Universität Basel/Swiss Nanoscience Institute: www.nanoscience.ch

Nanowissenschaften BSc

MIKROTECHNIK

EPF Lausanne/School of Engineering: www.sti.epfl.ch

Microtechniques/Microengineering BSc

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

MATERIALWISSENSCHAFT

EPF Lausanne

Der grösste Teil der Lehrveranstaltungen wird in französischer Sprache abgehalten. Einige Veranstaltungen können wahlweise in Französisch oder Englisch besucht, einzelne in Französisch, Englisch oder Deutsch belegt werden.

ETH Zürich

Der grösste Teil der Lehrveranstaltungen im ersten Studienjahr wird in

Deutsch gehalten. Im Verlauf des Bachelorstudiums verlagert sich der Schwerpunkt der Unterrichtssprache von Deutsch zu Englisch, damit die Studierenden auf das komplett in Englisch gehaltene Masterstudium vorbereitet sind.

NANOWISSENSCHAFTEN

Universität Basel

Im dritten Studienjahr wird das davor erworbene theoretische Wissen durch

praktisches Arbeiten in Blockkursen ergänzt. Aus dem interdisziplinären Angebot von verschiedenen Forschungsgruppen des Biozentrums, der Departemente Chemie und Physik der Universität Basel und Institutionen wie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), dem Paul Scherrer Institut (PSI), der Empa und dem Adolph Merkle Institut (AMI) werden acht Blockkurse nach eigenen Interessen ausgewählt.

MASTERSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

Bei einem Studium an einer universitären Hochschule geht man vom Master als Regelabschluss aus, obwohl auch ein erfolgreicher Abschluss eines Bachelorstudiums bei einigen Studien den Einstieg in den Arbeitsmarkt ermöglicht. 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 Studien-

platz 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 die Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem Bachelorstudium der Materialwissenschaft, Nanowissenschaften oder Mikrotechnik anbieten. Über Details zu diesen Masterstudiengängen geben die Hochschulen gerne Auskunft.

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATERIALWISSENSCHAFT	
EPF Lausanne/School of Engineering: www.sti.epfl.ch	
Materials Science and Engineering/Science et génie des matériaux MSc	
ETH Zürich/Department of Materials: www.mat.ethz.ch	
Materialwissenschaft MSc	
NANOWISSENSCHAFTEN	
Universität Basel/Swiss Nanoscience Institute: www.nanoscience.ch	
Nanowissenschaften MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Physik – Chemie – Molekularbiologie
MIKROTECHNIK	
EPF Lausanne/School of Engineering: www.sti.epfl.ch	
Microtechniques/Microengineering MSc	
Robotics/Robotique MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Industrial robotics – Medical robotics – Mobile robotics

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

EPF Lausanne

Zum Masterstudium *Robotics/Robotique MSc* wird zugelassen, wer einen universitären Bachelorabschluss in Mikrotechnik oder einen verwandten Bachelor (z.B. in Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau) und exzellente akademische Resultate mitbringt.

Das Masterstudium *Materials Science and Engineering/Science et genie des matériaux* kann mit einem Nebenfach/Minor oder einer Spezialisierung ergänzt werden. Das Fach kann von Studierenden anderer Disziplinen als Nebenfach/

Minor à 30 ECTS-Punkte belegt werden. Die Masterstudiengänge *Microtechniques/Microengineering MSc* und *Robotics/Robotique MSc* können mit einem Nebenfach/Minor oder einer Spezialisierung ergänzt werden. Studierenden der Mikrotechnik werden folgende Nebenfächer/Minors empfohlen: Energie, Management de la technologie et entrepreneuriat, Science et ingénierie computationnelles, Science, Technology and Areas Studies, Technologies biomédicales, Technologies spatiales. *Microtechniques/Microengineering*

kann von Studierenden anderer Disziplinen auch als Nebenfach/Minor à 30 ECTS-Punkte belegt werden.

Universität Basel

Unter speziellen Bedingungen kann nach einem Master in Nanowissenschaften das *Lehrdiplom für Maturitätsschulen* erworben werden. Die Pädagogische Hochschule der FHNW legt allfällige Zusatzstudienleistungen fest. Infos: www.nanoscience.ch/nccr/study/allabout/teacher oder <http://www.fhnw.ch/ph>.

INTERDISZIPLINÄRE STUDIENGÄNGE UND SPEZIALMASTER

MSc = Master of Science

Studiengang	Inhalte
EPF Lausanne/Faculté des sciences de la vie: www.epfl.ch/schools/sv/	
Life Sciences Engineering/Ingénierie des sciences du vivant MSc	Ingenieurtechnologien für Lebende Systeme (z.B. Molekulare Medizin, Tissue Engineering, Neurowissenschaften, Gehirn-Maschine-Schnittstelle)
EPF Lausanne, INP Grenoble, Politecnico di Torino: www.nanotech.grenoble-inp.fr/	
Micro- et nanotechnologies pour les systèmes intégrés (MNIS) MSc, spezialisierter Joint Master	Gemeinsamer Master der drei Hochschulen EPF Lausanne, INP Grenoble, Politecnico di Torino. Zum Programm gehört eine mindestens zwölfwöchige Industriepraxis.
EPF Lausanne: www.epfl.ch/schools/sb/ ; ETH Zürich: www.ethz.ch > Studium > Master > Ingenieurwissenschaften	
Nuclear Engineering MSc, spezialisierter Joint Master	Schwerpunkt sind der Prozess und die Technologie der Energieumwandlung im Kernkraftwerk, einschliesslich der Prozesse des Brennstoffzyklus von der Spaltstoffgewinnung bis zur Entsorgung. Studienorte sind die EPFL und ETHZ sowie meist das PSI in Villingen. Zum Programm gehört eine mindestens zwölfwöchige Industriepraxis.
ETH Zürich: www.ethz.ch > Studium > Master > Ingenieurwissenschaften	
Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik MSc, spezialisierter Master	Verfahren aus den technischen Wissenschaften werden benutzt, um aktuelle Probleme der Biologie und Medizin zu lösen. Vertiefungsrichtungen: – Bioelectronics – Biomechanics – Bioimaging – Medical Physics – Molecular Bioengineering
Mikro- und Nanosysteme MSc, spezialisierter Master	Maschinenbau und Elektrotechnik, Physik, Materialwissenschaft, Mikrosystemtechnik, Rechnergestützte Wissenschaften und Prozesstechnik für chemische und biologische Systeme. Zum Programm gehört eine mindestens zwölfwöchige Industriepraxis.
Universität Basel: www.medizin.unibas.ch	
Biomedical Engineering MSc	Im ersten Semester werden die Wissensstände der Studierenden mit naturwissenschaftlichem, medizinischem oder Ingenieurhintergrund mit spezifischen Kursen angeglichen. Majors: – Biomaterials Science and Nanotechnology – Image-Guided Therapy
Universität Bern/Medizinische Fakultät: www.medizin.unibe.ch/studium/studienprogramme Berner Fachhochschule, Departement Technik und Informatik: www.ti.bfh.ch	
Biomedical Engineering MSc	Die Studierenden lernen unter anderem den Weg eines medizintechnischen Produkts von der Entwicklung bis zur Marktreife kennen. Majors: – Biomechanical System – Electronic Implants – Image Guided Therapy

BACHELORSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

BSc = Bachelor of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
MIKROTECHNIK			
Berner Fachhochschule/Departement Technik und Informatik: www.ti.bfh.ch			
Mikro- und Medizintechnik BSc	Biel	Vollzeit und Teilzeit/ berufsbegleitend	<ul style="list-style-type: none"> – Medizintechnik – Optik/Photonik – Robotik – Sensorik – Management
HES-SO Fachhochschule Westschweiz >			
- HE-Arc Haute école Arc/Haute Ecole Arc Ingénierie: www.he-arc.ch/ingenierie			
- HES-SO Genf/Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève hepia: www.hesge.ch/hepia/bachelor/			
- Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud HEIG-VD: heig-vd.ch/formations/bachelor			
Microtechniques BSc	Neuenburg	Vollzeit	<ul style="list-style-type: none"> – Ingénierie horlogère – Microtechnologies et électronique
Microtechniques BSc	Genf	Vollzeit	<ul style="list-style-type: none"> – Matériaux et horlogerie – Conception électronique – Physique appliquée
Microtechniques BSc	Yverdon-les-Bains (VD)	Vollzeit und Teilzeit	<ul style="list-style-type: none"> – Mécatronique
Ostschweizer Fachhochschule OST/NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs: www.ntb.ch/studium/systemtechnik/studienrichtungen/mikrotechnik/			
Systemtechnik BSc	Buchs/SG	Vollzeit und berufsbegleitend	<ul style="list-style-type: none"> – Mikrotechnik – Maschinenbau – Photonik – Elektronik und Regelungstechnik – Ingenieurinformatik

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

Berner Fachhochschule

Medizintechnik gehört in allen mikro-technischen Studiengängen zum Studieninhalt. Explizit als Vertiefung wird sie von der BFH angeboten. Das Studium kann in deutscher Sprache oder zweisprachig absolviert werden.

Fachhochschule Westschweiz

Die Teilschule Neuenburg (He-Arc) ist die einzige Fachhochschule mindestens schweizweit, die die Vertiefungsrichtung Ingénierie horlogère anbietet.

Die Genfer Teilschule der Fachhochschule Westschweiz (HEIG-VD) ist die einzige Fachhochschule, welche die Vertiefungsrichtung Physique appliquée anbietet. Diese beinhaltet unter anderem Themen der angewandten Kernenergie, insbesondere in den Bereichen Strahlenschutz und Anwendung in der Medizin.

Die deutschsprachigen Fachhochschulen und die Westschweizer Teilschule HEIG-VD bieten das Studium als Vollzeit- und als Teilzeitstudium an.

Ostschweizer Fachhochschule OST

Nach einem für alle Vertiefungsrichtungen gleichen Studienbeginn wird mindestens ein Drittel des Studiums in der Vertiefungsrichtung Mikrotechnik erworben. Es kann eine Zusatzqualifikation als Produkt- und Projekt-Ingenieur/in erlangt werden.

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, weiterzustudieren und einen Master zu erlangen – mit einem Master hat man bestimmt die besseren Karten auf dem Arbeitsmarkt. Nicht für jedes Studium an einer Fach-

hochschule 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 Materialwissenschaft, der Nanowissenschaften oder der Mikrotechnik anbieten. Über Details zu diesen Masterstudiengängen geben die betreffenden Hochschulen gerne Auskunft.

MSc = Master of Science

Studiengang	Studienort	Vertiefungsrichtungen
MIKROTECHNIK		
Universität Bern/Medizinische Fakultät: www.medizin.unibe.ch/studium/studienprogramme ; Berner Fachhochschule/Departement Technik und Informatik: www.ti.bfh.ch		
Biomedical Engineering MSc	Bern (Biel)	– Biomechanische Systeme – Elektronische Implantate – Bildgestützte Therapie
KOOPERATIONSMAS-TER DER BFH, HES-SO, HSLU, OST, SUPSI UND ZHAW: www.msengineering.ch		
Engineering MSc	Biel, Buchs, Horw, Lausanne, Manno, Winterthur	Diverse Vertiefungsrichtungen, z.B. – Medical Engineering – Photonics

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

Berner Fachhochschule, Universität Bern

Das englischsprachige interdisziplinäre und anwendungsorientierte Master-of-Science-Programm Biomedical Engineering ist an die Medizinische Fakultät der Universität Bern angeschlossen und wird in Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule angeboten.

Master of Science in Engineering MSE

Das Masterprogramm wird als Zusammenarbeit aller Schweizer Fachhochschulen angeboten. Der MSE richtet sich an Studierende mit einem sehr guten Bachelorabschluss aus den Bereichen Ingenieurwissenschaften, Informationstechnologie oder Bau- und Planungswesen.

VERWANDTE STUDIENFÄCHER

In folgenden «Perspektiven»-Heften sind Studienfächer zu finden, die sich teilweise mit ähnlichen Themen wie die Materialwissenschaft, die Nanowissenschaften bzw. die Mikrotechnik befassen.

Informationen dazu sind zu finden auf: www.perspektiven.sdbb.ch.

TITEL «PERSPEKTIVEN»-HEFTE

Biologie
Chemie, Biochemie
Elektrotechnik und Informationstechnologie
Informatik
Interdisziplinäre Naturwissenschaften – Life Sciences
Maschinenbau, Maschineningenieurwissenschaften
Medizin
Pharmazeutische Wissenschaften
Physik

ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE

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 Berufsinformationfaltblätter 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. Adressen: www.adressen.sdbb.ch
Nebenstehend einige Beispiele von alternativen Ausbildungen zu einem Hochschulstudium, die in einen materialwissenschaftlichen, nanowissenschaftlichen oder mikrotechnischen Arbeitsbereich führen können.

AUSBILDUNGEN

Anlage- und Apparatebauer/in EFZ
Automatiker/in EFZ
Automatikfachmann/-fachfrau (BP)
Chemie- und Pharmatechnologe/-login EFZ
Elektroniker/in EFZ
Informatiker/in EFZ
Konstrukteur/in EFZ
Kunststofftechnologe/-login EFZ
Mikromechaniker/in EFZ
Mikrozeichner/in EFZ
Physiklaborant/in EFZ
Polymechaniker/in EFZ
Produktionsfachmann/-frau (BP)
Techniker/in HF Mikrotechnik
Techniker/in HF Systemtechnik

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 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 jedoch sind 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 in der Regel eineinhalb bis zwei Jahre (90 bis 120 ECTS). Voraussetzung für die Zulassung zu einem Masterstudium ist ein Bachelorabschluss 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

> 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
Studium in wechselnden Gruppen	Studium oft in fixen Gruppen
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 46). 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 90–120 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. 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 Studiensprache.

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

Eine Berufsmaturität mit bestandener Passerellen-Ergänzungsprüfung gilt als gleichwertig zur gymnasialen Maturität.

An den Universitäten 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 Freiburg, 25 in Genf, Neuenburg 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 in der Regel einjähriges Berufspraktikum absolviert hat.

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 Zulassungsstellen 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 Porträts berichten Studierende über ihre Studienwahl und ihren Studienalltag.

AARON ITEN

Materialwissenschaft,
Bachelorstudium, 3. Semester,
ETH Zürich

ANDREA SCHEIDEGGER

Materialwissenschaft,
Masterstudium, 2. Semester,
ETH Zürich

ALEXA DANI

Nanowissenschaften,
Bachelorstudium, 3. Semester,
Universität Basel

SILVAN STETTLER

Microtechnique,
Masterstudium, Masterarbeit,
EPF Lausanne

CHANTAL SCHREPFER

Mikrotechnik,
Bachelorstudium, 4. Semester,
Interstaatliche Hochschule für
Technik Buchs

MANUEL KRAUS

Nanowissenschaften,
Masterstudium, 3. Semester,
Universität Basel



Aaron Iten, Bachelorstudium in Materialwissenschaft, 3. Semester, ETH Zürich

EIN BEITRAG ZU WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN DURCHBRÜCHEN

Aaron Itens (21) schulische Interessen waren schon lange naturwissenschaftlich geprägt. Trotzdem hat er den «kleinen» Studiengang eher zufällig an den Studieninformationstagen der ETH Zürich entdeckt. Er schätzt die praktischen Anteile an seinem Studium und dass die Beziehungen zur Industrie bereits im Bachelor gepflegt werden.

Welche Ausbildung haben Sie vor Studienbeginn absolviert?

Ich habe nach der Primarschule direkt das Langzeitgymnasium absolviert. Als Schwerpunkt habe ich Physik und Anwendungen der Mathematik ge-

wählt, dazu im sechsten Jahr das Wahlfach Chemie besucht und meine Maturitätsarbeit im Fach Physik geschrieben. Meine schulischen Interessen waren also schon sehr lange naturwissenschaftlich geprägt.

Aus welchem Grund haben Sie sich für Materialwissenschaft an der ETH Zürich entschieden?

Den Studiengang der Materialwissenschaft habe ich eher zufällig an den Studieninformationstagen der ETH Zürich entdeckt, als ich noch eine Zwischenstunde zu füllen hatte und durch den interessanten und überaus interaktiven Stand der Materialwissenschaft überzeugt wurde, die Infoveranstaltung zu besuchen. Was ich dort und in meinen nachfolgenden, aber sehr begrenzten Recherchen erfahren hatte, war genug, um mich einzuschreiben.

Die ETH Zürich war in der Nähe und der Studiengang der Materialwissenschaft versprach, meine Lieblingsfächer aus dem Gymnasium – Chemie und Physik – mit Einblicken ins Ingenieurwesen und mit praktischen Anwendungen zu kombinieren. Zudem ist Materialwissenschaft überall involviert und bietet Möglichkeiten, für wissenschaftliche und technische Durchbrüche zu forschen.

Wie haben Sie den Einstieg in den Bachelor erlebt?

Meine ersten Studienwochen waren einerseits sehr aufregend, weil die ganze Umgebung neu und interessant war, aber auch stressig, weil ich zuerst auf dem Campus lernen musste, mich zurechtzufinden. Stofflich gesehen waren die ersten Wochen für mich hauptsächlich Repetition von Stoff aus dem Gymnasium, wobei ein paar neue Fächer (z.B. Einführung in die Materialwissenschaft und Kristallographie) dazukamen.

Wie viel Zeit investieren Sie in Ihr Studium?

Die Zeit, die fürs Studium investiert werden muss, ist sehr individuell gestaltbar, da viele Aufgaben freiwillig sind. Grundsätzlich versuche ich, meine freien Zwischenstunden und meine Pendelzeit möglichst effizient zu nutzen, damit ich meine Arbeit zu Hause minimieren kann. Somit bleibt mir genug Zeit, dreimal wöchentlich meinen Hobbys nachzugehen. Zusätzlich bietet die ETH Zürich mit dem ASVZ ein super Sportangebot, welches auch

tagsüber immer genutzt werden kann. Grundsätzlich ist es auch an der ETH möglich, neben dem Studium Geld zu verdienen, z.B. an Wochenenden oder in den Semesterferien. In höheren Semestern kann man auch an der ETH selbst Übungsstunden oder Laborpraktika leiten. Ich selbst arbeite an manchen Abenden bei einem lokalen Eishockeyverein.

Was gefällt Ihnen an Ihrem Studium?

Da der Studiengang der Materialwissenschaft ein sehr kleiner ist, bewegt sich alles in einem recht überschaubaren und familiären Rahmen. Ich kenne

«An meinem Studium gefällt mir auch, dass viel Wert auf praktische Erfahrung und eine gute Beziehung zur Industrie gelegt wird. So wird zum Beispiel jeden Monat vom Studierendenverein der Materialwissenschaftler/innen ein Firmenbesuch organisiert.»

alle meine Mitstudierenden und auch solche der höheren und tieferen Semester. So kann ich sehr leicht bei anderen nachfragen, wenn etwas unklar ist. An meinem Studium gefällt mir auch, dass viel Wert auf praktische Erfahrung und eine gute Beziehung zur Industrie gelegt wird. So wird zum Beispiel jeden Monat vom Studierendenverein der Materialwissenschaftler/innen ein Firmenbesuch organisiert.

Ein kleiner Studiengang bringt meiner Meinung nach aber auch Nachteile mit sich: Im Vergleich zu anderen grösseren Studienrichtungen hat man im Bachelor der Materialwissenschaft nur begrenzte Wahl- und Individualisierungsmöglichkeiten.

Wie wichtig sind der Maturitätsschwerpunkt und Sprachkenntnisse zum Erfolg im Studium?

Meiner Meinung nach spielt der Maturitätsschwerpunkt keine Rolle. Im ersten Jahr wird bei den Grundlagen an-

gefangen, um sicherzugehen, dass alle den gleichen Stand haben. Die ersten paar Wochen könnten einem mit mehr mathematischer Erfahrung zwar leichter fallen, aber ich habe gemerkt, dass die besuchte Mittelschule dabei eine grössere Rolle spielt als die absolvierte Richtung.

Zu den Sprachkenntnissen: Im ersten Jahr werden alle Vorlesungen auf Deutsch gehalten. Ab dem dritten Semester kommen auch englische Vorlesungen dazu.

Welche Erfahrungen haben Sie mit Prüfungen in Ihrem Studium gesammelt?

Ich habe mit den Prüfungen gute Erfahrungen gemacht. Alle, die ich bis jetzt geschrieben habe, wurden sehr fair konzipiert und bewertet. Stofflich wurde auch der erwartete und kommunizierte Lerninhalt abgefragt.

Können Sie zukünftigen Studierenden Tipps geben für die Studienwahl?

Ich empfehle, zusätzlich zu Online-recherchen mit Studierenden in Kontakt zu treten, die schon das studieren, was man selbst zu studieren erwägt. Entweder indem man die Hochschule persönlich besucht (es gibt auch die Möglichkeit, in eine Vorlesung zu sitzen), oder indem man mit dem jeweiligen Studierendenverein Kontakt aufnimmt. Diese geben immer gerne Auskunft und können dich auch an weitere Studierende weiterleiten.

Interview
Barbara Kunz



Andrea Scheidegger, Masterstudium in Materialwissenschaft, 2. Semester, ETH Zürich

«WIE KANN ICH BUNT SCHIMMERNDE SCHOKOLADE HERSTELLEN?»

Andrea Scheidegger (23) interessierte sich schon am Gymnasium für alle Naturwissenschaften und konnte sich nicht für eine einzelne entscheiden. Gleichzeitig hat es sie fasziniert, wie reale Probleme mit Wissenschaft gelöst werden können. Materialwissenschaft war so die perfekte Studienrichtung für sie.

«Mit Aspekten aus der Chemie und Physik können wir Phänomene und Materialeigenschaften verstehen und dieses Wissen dann für eine gewünschte Anwendung nutzen. Das geht von ‚Wie kann ich eine biegsame Batterie herstellen?‘ bis zu ‚Wieso schillern

Schmetterlinge farbig und wie kann ich damit bunt schillernde Schokolade machen?‘. Diese grosse Bandbreite an Themen finde ich sehr interessant. Auch gefällt mir, dass Materialwissenschaft an der Grenze zwischen den klassischen Naturwissenschaften und

den Ingenieurwissenschaften liegt und ich so beide Aspekte in meinem Studium vereint habe. Materialwissenschaft ist noch viel spannender und vielseitiger als ich erwartet habe. Gleichzeitig ist die ETH viel besser machbar als befürchtet.

THEORIE UND PRAXIS

Bereits seit Beginn des Studiums hatte ich zwei Nachmittage in der Woche Praktikum. Dort wurde ich langsam an die wissenschaftliche Arbeitsweise herangeführt. Es ist ein sehr schöner Ausgleich zu den theoretischen Veranstaltungen. Oft wird auch versucht, Aspekte aus den Vorlesungen im Praktikum aufzugreifen und zu vertiefen. Im Bachelor sind so gut wie alle Lehrveranstaltungen vorgeschrieben, die zu besuchen sind. Es wird eine solide Grundlage in allen Bereichen vermittelt, und da Materialwissenschaft sehr breit ist, braucht dies viel Zeit.

Mit dem Übergang zum Master gibt es eine deutliche Veränderung. Wir haben plötzlich extrem viele Wahlmöglichkeiten. Da war ich anfangs etwas überfordert. Es ist natürlich auch eine tolle Chance, da ich mir so genau die Vorlesungen aussuchen kann, die mich am meisten interessieren. Man ist sehr frei, seinen eigenen Schwerpunkt zu setzen. Auch sind im Master fast die Hälfte des Studiums Projekte und die Masterarbeit. Da bin ich in aktuelle Forschung involviert.

DAS STUDIENUMFELD

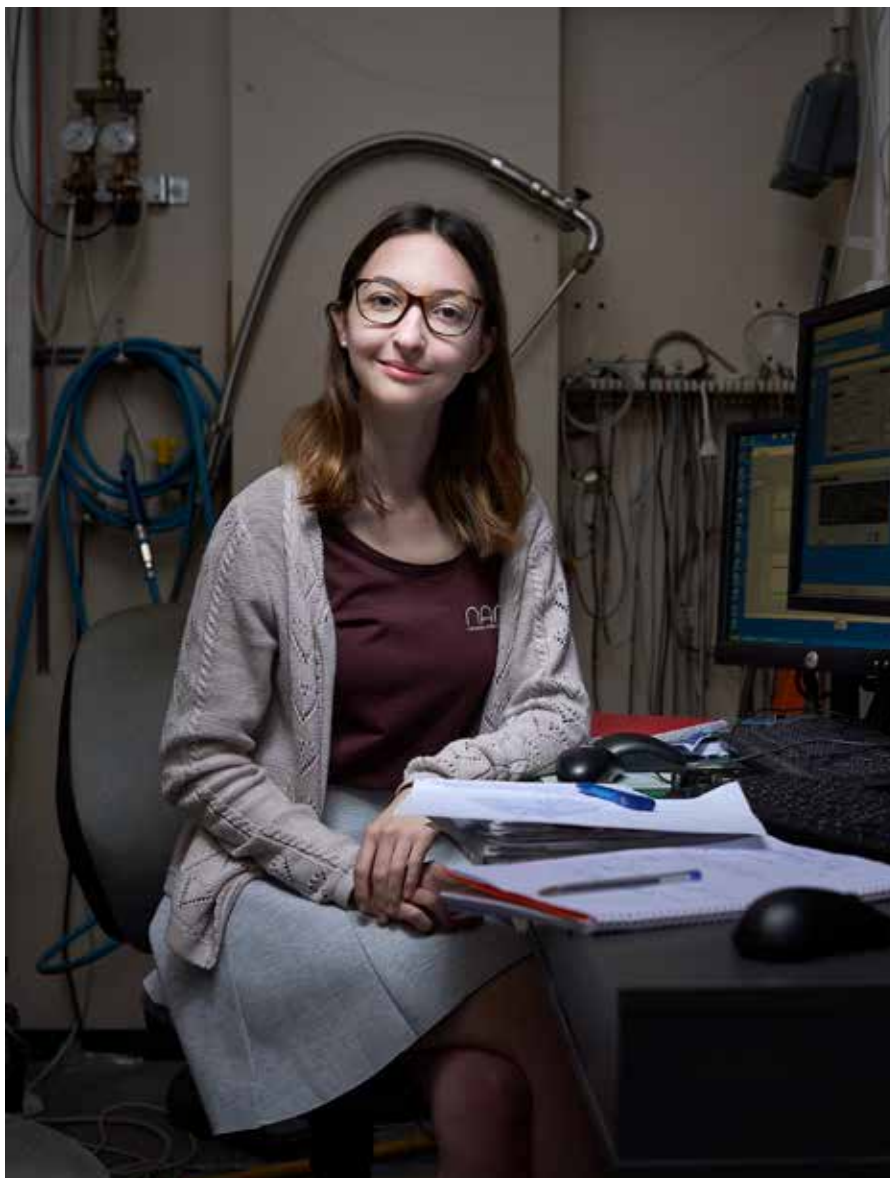
Abgesehen vom Studienfach an sich mag ich die familiäre Struktur unseres Departements. Materialwissenschaft ist vergleichsweise klein, dadurch kenne ich nicht nur alle meine Mitstudierenden sehr gut, sondern auch die Kommunikation mit Doktorierenden, Professorinnen und Professoren oder allen anderen vom Departement ist sehr unkompliziert. Ich merkte sehr schnell, dass man als einzelne Studentin oder als einzelner Student wichtig ist und fühlte mich wohl. Etwas ungünstig ist, dass im Bachelorstudium sehr viele der Veranstaltungen vorgeschrieben sind, sodass es nicht möglich ist, ein Austauschsemester im Ausland zu machen, ohne dass

sich die Studienzeit dadurch verlängert. Im Master ist hingegen ein Austauschsemester kein Problem.

PROBLEMLOSER STUDIENEINSTIEG

Wer im Gymnasium Biologie & Chemie oder Mathematik & Physik als Maturitätsschwerpunkt gewählt hat, besitzt im Bachelor einen minimalen Vorsprung gegenüber denjenigen mit einem anderen Schwerpunkt. Doch es ist viel wichtiger, ob einem die Studienrichtung gefällt. Lasst euch nicht von einem «unpassenden» Schwerpunkt in der Maturität von der gewünschten Studienrichtung abhalten! Begeisterung und Motivation für das Fach sind entscheidender.

Im Verlauf des Studiums werden Englischkenntnisse immer wichtiger. Aber auch da reichen Schulkenntnisse, und es ist wirklich nicht notwendig, aus diesem Grund einen Sprachaufenthalt oder Ähnliches zu planen.»



Alexa Dani, Bachelorstudium in Nanowissenschaften, 3. Semester, Universität Basel

«ICH KANN MICH MIT ALLEN FACHRICHTUNGEN IDENTIFIZIEREN»

Weil das Studienangebot in München ihren Interessen nicht entsprach, begann Alexa Dani (19) über Grenzen hinauszudenken – eine gute Voraussetzung für das interdisziplinäre Studienfach Nanowissenschaften. Inzwischen hat sie sich – trotz anfänglicher Unsicherheit – in alle Schwerpunkte des Studiums eingelebt.

Porträt

Barbara Kunz

Weitere Informationen

https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/12/schillernde_schokolade.html

Bei ihrer Studienwahl schien Alexa Dani ein Ingenieurstudium zu fern von der Forschung und die reine Physik etwas zu trocken. Insgesamt war sie mit dem Studienangebot in München nicht zufrieden und suchte in anderen

Städten und Ländern nach etwas Interessanterem. Durch Zufall kam sie auf die Website der Universität Basel. Sie konnte zunächst nichts mit dem Namen «Nanowissenschaften» anfangen. Nach dem ersten Durchlesen der

Studiengangsbeschreibung durchstöberte sie die Stundenpläne und fand eine Mischung aus Biologie, Chemie und Physik vor – diese Vielfalt an Wissen und Interdisziplinarität weckte sofort ihr Interesse. So bewarb sie sich noch am selben Tag, wenn auch verspätet, um einen Platz in der 500 Kilometer entfernten Stadt.

TIPPS FÜR DIE STUDIENWAHL

Aufgrund ihrer eigenen Erfahrung meint Alexa Dani: «Ihr habt noch nicht die perfekte Vorstellung von euren Lebenswünschen der nächsten Jahrzehnte? Das ist auch alles andere als verwerflich – nehmt euch Zeit für die Entscheidung nach der richtigen Ausbildungsrichtung und denkt auch mal über eure selbstdefinierten Grenzen hinaus.»

Alexa Dani hatte ihr Abitur in Bayern gemacht. Dort hatte sie kein Schwerpunktfach belegen können oder müssen, in dem sie naturwissenschaftliche Inhalte vertieft hätte. Mathematik und Physik befanden sich aber unter ihren Prüfungsfächern, sodass ihr Vorwissen beim Prüfungseinstieg mit demjenigen ihrer Schweizer Kommilitoninnen und Kommilitonen durchaus vergleichbar war.

DER STUDIENEINSTIEG

Die Studienkoordination und der Navoverein der Studierenden veranstalteten am ersten Tag des Studiums und an den folgenden Tagen Apéros und kleine Stadtführungen. Dort lernte sie nicht nur ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen, sondern auch Leute aus höheren Semestern kennen. «Das nahm mir viel von meiner Nervosität und dem Gefühl, ins kalte Wasser geworfen worden zu sein.»

Während des Studiums sind nicht nur Vorlesungen, Übungen und Praktika zu besuchen. Ausserhalb der Vorlesungen verbringt Alexa Dani täglich etwa fünf bis sechs Stunden mit der Bearbeitung von Übungen, dem Schreiben von Protokollen fürs Praktikum sowie mit dem Wiederholen des Stoffes. «Damit bin ich aber eher eine Ausnahme in meinem Studiengang, denn man kommt auch mit weniger Zeitaufwand durch das Studium.»

KEIN TEILZEITSTUDIUM

Neben dem Studium Geld zu verdienen, erachtet Alexa Dani als durchaus möglich: «In meinem Studiengang arbeiten manche in Teilzeit in einem Unternehmen, haben Minijobs oder geben Nachhilfe.» Nanowissenschaften als Teilzeitstudium zu nehmen, sei aber eher unrealistisch, da die meisten Kurse nur jedes zweite Semester angeboten werden.

Alexa Dani machte sich anfangs viele Sorgen, ob sie das Studium auch nur ansatzweise schaffen könnte. Biologie und Chemie hatte sie in ihrem letzten

«Andererseits dachte ich, dass mir vor allem Physik Spass machen würde und Chemie eher weniger – mittlerweile ist Organische Chemie eines meiner Lieblingsfächer.»

Schuljahr vor dem Abitur nicht mehr, dabei besteht das Bachelorstudium etwa zur Hälfte daraus. Die Erfahrungen in den letzten drei Semestern haben ihr aber gezeigt, dass allfällig fehlendes Vorwissen durch Fleiss immer ausgeglichen werden kann. «Andererseits dachte ich, dass mir vor allem Physik Spass machen würde und Chemie eher weniger – mittlerweile ist Organische Chemie eines meiner Lieblingsfächer.»

ENGLISCH IST UNERLÄSSLICH

Alexa Dani schätzt an ihrem Studium vor allem, dass sich die einzelnen Fächer immer wieder abwechseln. So kann sie jeden Tag in verschiedenen Gebieten neues Wissen erwerben und jedes Fach bleibt interessant. Auch die Prüfungsphase ist so weniger eintönig. «Vor allem freut es mich aber, in naturwissenschaftlichen Zeitschriften herumblättern zu können und mich mit allen Fachrichtungen zu identifizieren.»

In ihrem Studium sind Englisch-Sprachkenntnisse sehr wichtig. In jedem Semester gibt es englisch- und deutschsprachige Pflichtvorlesungen. Manchmal ist auch nur das begleiten-

de Skript in Englisch. Am wichtigsten ist aber, dass man die aktuellen englischsprachigen Research Papers versteht. Über diese werden öfters Studienarbeiten geschrieben.

VOR DEN PRÜFUNGEN

Vor jeder Prüfungsphase machen Alexa Dani und ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen jeweils individuelle Zeitpläne. Dabei braucht der eine zwei Wochen für Chemie und vier Tage für Biologie, beim anderen kann es genau anders herum sein. Wichtig sei es, ein Gefühl für den eigenen Lerntyp zu bekommen und sich lieber viele Puffer vor einer Prüfung einzubauen. Ein wenig Frust gehört laut Alexa Dani jedoch zu jeder Prüfungsphase dazu: «Wenn man jedoch am Ende eines Tages 80 Prozent der wichtigen To-dos vom Zeitplan abhaken kann, sinkt die Nervosität automatisch.»

NACH DEM BACHELOR

Der Studierendenverein unterstützt dabei, mithilfe der Kontakte der Nano-Alumni (Absolventinnen und Absolventen eines Nano-Studiums) den Master im Ausland zu machen. Da Auslandsaufenthalt nie schadet, wäre das für Alexa Dani durchaus vorstellbar. Sie hat ja schon zu Studienbeginn eine Grenze überwunden.

Porträt

Barbara Kunz



Silvan Stettler, Masterstudium in Microtechnique, Masterarbeit, EPF Lausanne

EINE MIKROFLUIDISCHE PUMPE ENTWICKELN

Mit seinen Französischkenntnissen war Silvan Stettler (24) nach der gymnasialen Maturität nicht wirklich zufrieden. So sah er das Studium in Lausanne als Chance, neben dem Fachwissen des Ingenieurs «gratis» fliessend Französisch zu lernen. Die Sprache war bei Studienbeginn tatsächlich nicht die Hauptschwierigkeit.

Silvan Stettler findet das Mikrotechnikstudium sehr vielfältig. Es befasse sich mit viel mehr als nur dem mikroskopisch Kleinen. «Während des Bachelorstudiums hat man unter anderem Einblicke in die Elektronik, die klassische Mechanik, das Programmieren,

die Materialwissenschaft und einige spezifische Themen wie Mikrofabrikation oder Optik.» Elektrisches und mechanisches Design, Software, Fabrikationstechniken und so weiter sind alles Komponenten in der Entwicklung von vielen Hightech-Produkten.

MIKROSYSTEME SIND ÜBERALL

Die breit gefächerte Ausbildung mit Teamarbeiten an der Universität oder später in der Industrie ist aus seiner Sicht von grossem Vorteil. «Dass ich für jeden Aspekt ein Grundverständnis habe, ist sehr wertvoll.» Das Studium sei dadurch abwechslungsreich, aber manchmal auch herausfordernd.

Im Masterstudium kann der grösste Teil der Kurse individuell und den eigenen Interessen entsprechend gewählt werden. «Ich habe mich für die Richtung Mikro- und Nanosysteme entschieden.» Denn Mikrosysteme sind überall: Zum Beispiel das millimeterkleine Mikrofon eines Smartphones oder der Beschleunigungssensor, der dafür verantwortlich ist, dass sich der Bildschirm automatisch dreht.

Nun beschäftigt er sich mit Fragen wie: «Wie mache ich einen Sensor so klein wie möglich, aber trotzdem genügend empfindlich?» Oder: «Wie stelle ich etwas so Kleines her?» Das Lösen dieser Probleme erfordert kreative Ideen und spezifisches Wissen und bereitet ihm Freude, auch wenn es manchmal Knochenarbeit erfordert. Die EPFL hat einen grossen Reinraum, wo eine Idee im Rahmen eines Semesterprojekts umgesetzt werden kann. Neben Mikrosystemen ist vor allem Robotik eine beliebte Spezialisierung im Master. Je nach Kurswahl kann man sich beispielsweise auch Richtung Medizinaltechnik oder Biotechnologie ausrichten.

Für seine Masterarbeit geht Silvan Stettler für sechs Monate an die University of California, Santa Barbara. Er wird dort eine mikrofluidische Pumpe entwickeln, die später Teil eines miniaturisierten Glukosemessgerätes für Diabetespatienten werden soll. Viel Zeit, um an der «Amerikanischen Riviera» zu surfen, wird ihm daneben kaum bleiben.

FRANZÖSISCH: VOM FEINDFACH ZUR CHANCE

Trotz des interessanten Programms können sich die meisten Deutschschweizerinnen und Deutschschweizer ein Studium in der Romandie wegen der französischen Sprache nicht vorstellen. Für Silvan Stettler war Französisch während des Gymnasiums sogar das erklärte Feindfach, bei dem er

sich aus Prinzip nicht zu fest anstrenge. «Trotzdem hatte ich nach der Maturität Mühe mir einzugestehen, dass ich nach zehn Jahren Französischunterricht keinen geraden Satz sagen, geschweige denn ein Gespräch führen konnte.» So begann er nach anfänglichem Zögern, das Studium in Französisch als Chance anzusehen: «Zum einen würde ich mir die fachlichen Kompetenzen eines Ingenieurs aneignen und gleichzeitig «gratis» fließend Französisch lernen.»

Der Anfang des Studiums war anstrengend. Die Sprache war für ihn – entgegen seinen Erwartungen – nicht das Problem. Viel mehr waren es der Inhalt und die Menge der Vorlesungen, die für die langen Tage in der Bibliothek verantwortlich waren. Der Studienplan im ersten Jahr besteht unabhängig der Studienrichtung zu einem grossen Teil aus Mathematik- und Physikvorlesungen. Für ein gutes Verständnis reichen aus Sicht Silvan Stettlers die Französischkenntnisse vom Gymnasium völlig aus: «Schliesslich sieht eine Formel genau gleich aus wie in einer deutschen Vorlesung.» Es ist auch möglich, die wichtigsten Vorlesungen im ersten Jahr in deutscher oder englischer Sprache zu besuchen.

EINSATZ WIRD BELOHNT

Einsatz – nicht nur bei der Sprache – und gute Noten im ersten Jahr zahlen sich aus. An der EPFL hat man die Möglichkeit, das ganze dritte Jahr des Bachelors im Ausland zu absolvieren. Je besser die Noten aus dem ersten Jahr, desto grösser die Auswahl an Partnerunis in Europa, Asien und Nordamerika. Viele Studierende profitieren von diesem Angebot, und auch Silvan Stettler konnte ein Jahr in Vancouver in Kanada verbringen. Austauschjahre sind für viele, auch ihn, eines der Highlights des ganzen Studiums. Ein weiteres Highlight sind die langen Sommerferien, da die Prüfungen an der EPFL immer schon im Juni stattfinden. Ein Luxus, den man nicht an jeder Hochschule in der Schweiz hat.

Porträt

Barbara Kunz



Chantal Schrepfer, Bachelorstudium in Mikrotechnik, 3. Semester, NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs

ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN VERSCHIEDENEN FÄCHERN ENTDECKEN

Nach der gymnasialen Maturität wählte Chantal Schrepfer (26) zuerst die Ausbildung zur Goldschmiedin. Anschliessend – im Mikrotechnik-Studium – wollte sie die Funktionsweisen und die Herstellung der miniaturisierten technischen Systeme verstehen, die uns im Alltag begleiten. Bisher kam sie voll auf ihre Rechnung.

«Vor dem Studium habe ich die gymnasiale Maturität mit dem Schwerpunkt Bildnerisches Gestalten absolviert und anschliessend eine Lehre als Goldschmiedin abgeschlossen. Nach einem Praktikumsjahr im Bereich der

Mikrooptik habe ich das Ingenieurstudium Systemtechnik mit der Vertiefungsrichtung Mikrotechnik begonnen. Bis jetzt habe ich keine Probleme gespürt, nur weil ich den Schwerpunkt Bildnerisches Gestalten am Gymnasi-

um gewählt habe. Mit viel Interesse und Motivation für die gewählte Studienrichtung rückt der Maturitätsschwerpunkt in den Hintergrund.»

Warum haben Sie sich für Mikro-technik an der NTB entschieden?

Die Mikrotechnik hat mich schon immer fasziniert. Mich begeistern die miniaturisierten technischen Systeme, die uns im Alltag begleiten. Ich wollte sie entdecken und lernen, wie solche kleinen Komponenten und Systeme aufgebaut und hergestellt werden.

Die NTB bietet ein sehr vielseitiges Studium. Im ersten Studienjahr haben wir die Grundlagen in verschiedenen Bereichen erarbeitet: in Elektrotechnik, Mechanik, Physik, Informatik, Chemie und Mathematik. Im zweiten Studienjahr haben wir mit der Vertiefungsrichtung begonnen. Ein breites

«Da unsere Dozenten alle neben dem Lehrauftrag noch in einem der verschiedenen Institute der NTB arbeiten, vermitteln sie den zu lernenden Stoff sehr praxisnah. Dies ist ein weiterer Vorteil, der mich vom Studienort überzeugt hat.»

Grundwissen ist mir sehr wichtig, da es bei Herausforderungen im späteren Berufsalltag sehr hilfreich sein kann. Ich erhoffe mir, dass ich so die auftretenden Probleme besser verstehen kann und auch über die eigentliche Mikrotechnik hinaus Lösungsansätze finde.

Zudem ist das Studium der NTB sehr praxisnah aufgebaut. Wir haben viele Praktika, in denen wir die gelernte Theorie anwenden können. Das sagt mir sehr zu, ohne diese Versuche würde ich mir das vermittelte Wissen weniger gut merken können. Da unsere Dozenten alle neben dem Lehrauftrag noch in einem der verschiedenen Institute der NTB arbeiten, vermitteln sie den zu lernenden Stoff sehr praxisnah. Dies ist ein weiterer Vorteil, der mich vom Studienort überzeugt hat.

Wie haben Sie den Einstieg ins Studium erlebt?

Der Einstieg in das Studium war für mich nicht ganz einfach, da meine gymnasiale Maturität schon fünf Jahre zurücklag.

Beschreiben Sie bitte einen «normalen» Studientag.

Die Studientage sehen recht unterschiedlich aus. Bei der Vertiefungsrichtung sind alle Studierenden zusammen, auch die berufsbegleitend Studierenden. Daher gibt es immer einen Tag in der Woche, an dem der Unterricht bis 18.30 Uhr dauert. Ansonsten ist der Unterricht spätestens um 17.00 Uhr zu Ende. Am Morgen beginnen wir meistens um 8.30 Uhr. Wir haben allerdings immer wieder freie Lektionen dazwischen, die ich sehr gut nutzen kann, um die anstehenden Aufgaben zu erledigen.

Wie viel Zeit investieren Sie in Ihr Studium? Bleibt daneben Zeit zum Geldverdienen und für Hobbys?

Ich arbeite nicht regelmässig neben meinem Vollzeitstudium. Mir ist es wichtig, dass das Studium nicht unter einem Nebenjob leidet. Ich arbeite allerdings ab und zu als Vertretung in einem Goldschmiedegeschäft.

Zeit für die Familie und Hobbys ist mir als Ausgleich zum Studium sehr wichtig. Es ist nicht immer gleich viel, während dem Semester bleibt natürlich mehr Freizeit als während den Prüfungsphasen. Auf einen Spaziergang mit unserem Hund in der Natur oder ein Sporttraining verzichte ich allerdings nicht, da für mich auch mal eine Pause zur Lernphase gehört.

Entspricht das Studium Ihren Erwartungen?

Für mich entspricht das Studium den Erwartungen und ich bin absolut zufrieden mit der Vertiefungsrichtung und auch mit dem Studienort. Die Vielfältigkeit des Studiums passt sehr gut zu meinen breiten Interessen, und mir gefällt, dass es sehr praxisorientiert ist. Mikrotechnische Systeme zu entdecken, fasziniert mich, und es macht mir Spass, immer mehr Brücken zwi-

schen den verschiedenen Fächern zu schlagen.

Welche Erfahrungen haben Sie mit Prüfungen in Ihrem Studium gesammelt?

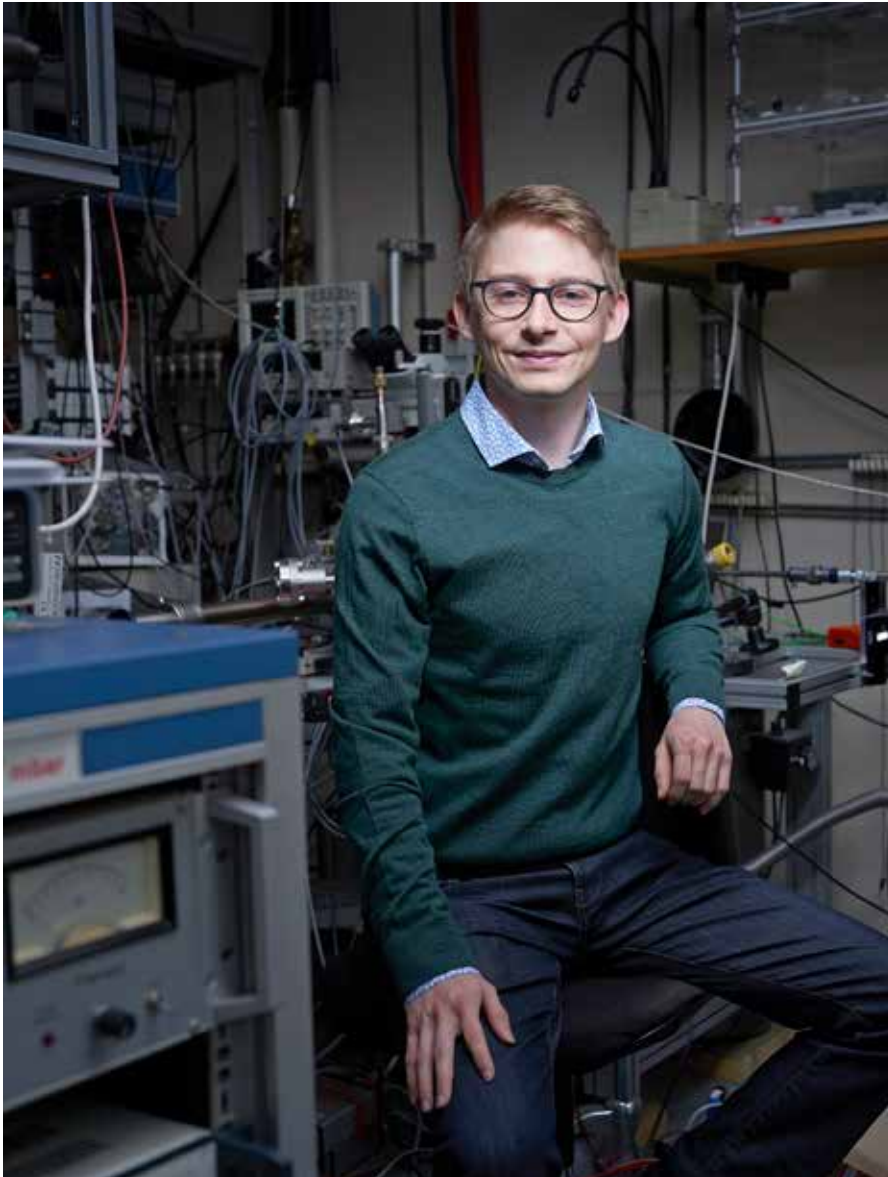
In den ersten zwei Semestern gibt es Zwischenprüfungen, die zu den Gesamtnoten zählen. Ich finde dies gut, da es etwas den Druck vor den Semesterprüfungen nimmt. Ausserdem bleibt man durch die Zwischenprüfungen am Ball. Es gibt aber auch Nachteile: Der Prüfungsinhalt ist zum Teil recht umfangreich und der eigentliche Unterricht läuft in dieser Zeit weiter. Es ist wichtig, den Anschluss nicht zu verpassen.

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

Im ersten und zweiten Semester finden verschiedene Chemiepraktika statt, man lernt die Labore und Geräte kennen und auch Laborberichte zu schreiben. Im Sommer gibt es immer eine Laborarbeit, im zweiten Semester handelt es sich um eine Elektrotechnikaufgabe, um den gelernten Stoff auch anzuwenden. Ab dem dritten Semester darf man in die hybride Lernfabrik eintauchen und verschiedene Themen an einer kleinen Fabrikanlage praktisch erleben.

Interview

Barbara Kunz



Manuel Kraus, Masterstudium in Nanowissenschaften, 3. Semester, Universität Basel

«DU LERNST DAS «HANDWERK» DES NATURWISSENSCHAFTLERS»

Manuel Kraus (24) erfuh in der Studienberatung erstmals vom Studiengebiet «Nanowissenschaften». Die Interdisziplinarität hat ihn sofort angesprochen. Im Master kann er das Studium praktisch komplett frei gestalten. Dies erfordert viel Selbstdisziplin, lässt ihn aber auch die eigenen Interessen verfolgen und es etwas ruhiger angehen.

«Ein normaler Vorlesungstag im Masterstudium dauert vier bis sechs Lektionen, die entweder aus Gastseminaren oder Vorlesungen einzelner Professorinnen und Professoren bestehen. Aktive Mitarbeit und Diskussionsrun-

den sind dabei ausdrücklich erwünscht, allerdings bewegen sich diese oft auf sehr hohem Niveau, da auch Spezialistinnen und Doktoranden anwesend sind.

Dazu kommen zwei Projektarbeiten

und eine Masterarbeit, die alle als Forschungsprojekte absolviert werden. Man wird dabei während mehreren Monaten Teil einer Forschungsgruppe, arbeitet meist Vollzeit als wissenschaftlicher Assistent in deren Laboren und lernt das «Handwerk» eines Naturwissenschaftlers in einem spezifischen Forschungsgebiet.

PROJEKTE AM PULS DER FORSCHUNG

Beim ersten Projekt habe ich mit sogenannten Polymer Inclusion Membranes (PIM) versucht, seltene Erden aus industriellem Abwasser wiederzugewinnen. Die PIM und die darin enthaltenen Carrier-Moleküle isolieren selektiv bestimmte Metallionen und könnten in ferner Zukunft als Filtermembranen in Aufbereitungsanlagen zum Einsatz kommen. Dies geschah im Rahmen eines europaweiten Projekts (SCALE), dessen Ziel es ist, neue Quellen und Methoden für das Recyceln von wertvollen Materialien zu entwickeln.

Jetzt widme ich mich dem zweiten Projekt: Bei einem neu auftretenden, resistenten Pilzerreger (*Candida auris*.) scheint das Adhensionsprotein ALS massgebend am Infektions- und Resistenzmechanismus beteiligt zu sein. Dieses Projekt befasst sich deshalb mit dem Exprimieren, Isolieren und Modifizieren von ALS mittels Mutagenese und Protein Engineering. Des Weiteren werden die mechanischen Eigenschaften von ALS mithilfe eines speziellen Rasterkraftmikroskops untersucht.

Meine Masterarbeit bewegt sich im Bereich der Microfluidics oder Lab-on-a-Chip-Technologie. Miniaturisierte Chips können z.B. verwendet werden, um künstliche, zellähnliche Liposome herzustellen und sie zu modifizieren. Auf denselben Chips wird später das korrekte Milieu für die gewünschten enzymatischen oder chemischen Reaktionen eingestellt. So können viele Experimente, die bis jetzt umständlich und teuer waren, vereinfacht werden. Ich werde diese Chips verwenden, um Liposome mit Poren zu versehen und eine Reaktion untersuchen, die in unserem Blutkreislauf abläuft.

Die Forschungsprojekte sind mit ei-

nem 100-Prozent-Job zu vergleichen. Die Abende und Wochenenden sind während dieser Zeit offener für persönliche Interessen. Besucht man jedoch

«Wenn dir das Studium gefällt, bist du motivierter, belastbarer, effizienter und du kannst jedes noch so anspruchsvolle Studium meistern.»

viele Vorlesungen, gibt es neben der reinen Anwesenheit meistens Übungen, Vorträge oder Prüfungen vorzubereiten. Das bedeutet viel Arbeit, besonders in den Prüfungsphasen. Grundsätzlich ist es aber nicht mit dem Pensum im Bachelor vergleichbar und immer eine Frage der Organisation.

AUFSCHIEBEN ZAHLT SICH NIE AUS!

Die Zeit für Hobbys muss man sich nehmen. Auch wenn ich oft das Gefühl habe, ich könnte mehr für das Studium machen, zahlt es sich immer aus, etwas zu unternehmen, das die Batterien wieder auflädt.

Aus dem ursprünglichen Bachelorjahrgang sind wir zu zwölf in den Master eingestiegen. Jeder und jede Einzelne hat eigene Interessen und kann diese dank der Interdisziplinarität gezielt verfolgen. Aufgrund des kleinen Studiengangs behält man jedoch einen engen Kontakt und fühlt sich wie in einer zweiten Familie.

Während im Bachelor das meiste auf Deutsch angeboten wird, sind im Master praktisch alle Veranstaltungen auf Englisch. Gute Englischkenntnisse vereinfachen das Studium und sind für eine allfällige Hochschulkarriere essenziell. Mein Tipp: Unterhaltungsmedien (Bücher, Filme, Serien) auf Englisch umstellen, dann fühlt man sich schnell wohl in der Sprache.

Die meisten Hochschulprüfungen sind zwar stressig, aber gut zu meistern und fair gestaltet. Der Knackpunkt für mich war intelligentes Lernen. Anwesenheit während der Vorlesung ist bereits die halbe Miete. Man merkt relativ schnell, welche Punkte dem Professor, der Professorin wichtig sind,

und welche man getrost weglassen kann. Lieber etwas weniger reinschauen, dafür das gut verstehen und dabei den Spass an der Materie nicht verlieren. Das braucht bei den ersten paar Mal Mut, funktioniert aber immer besser.

TIPPS FÜR DIE STUDIENWAHL

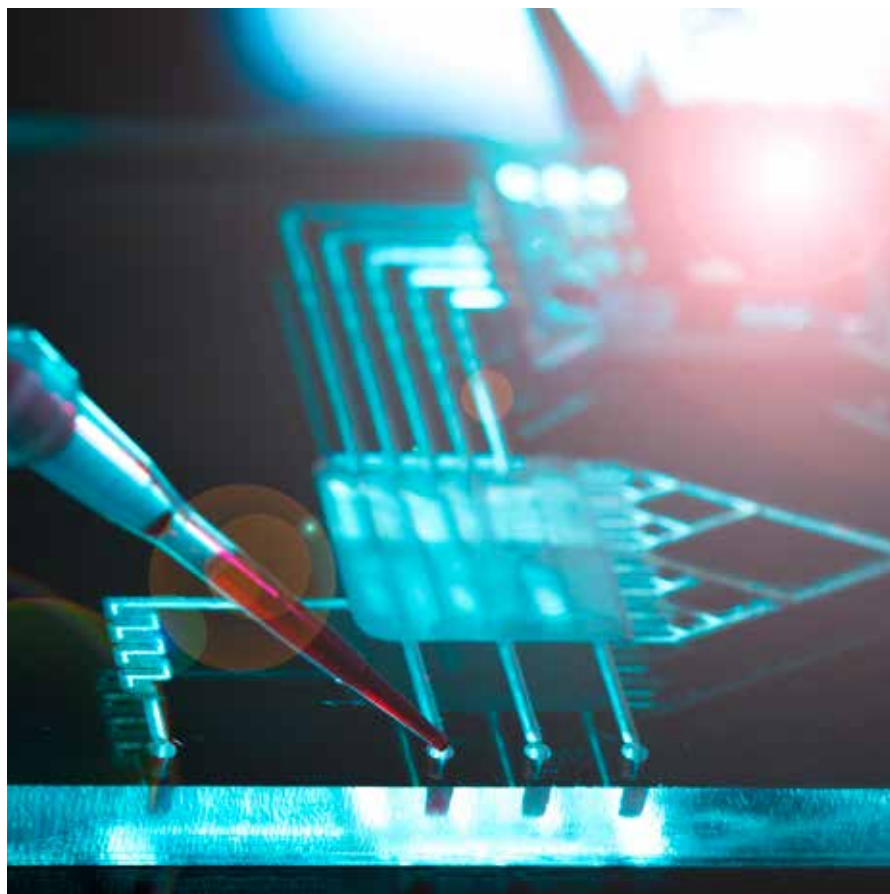
Du entscheidest, was du studieren willst! Lass dich von nichts und niemandem beeinflussen, sondern mach das, was dich am meisten interessiert. Fühl dich wohl an deiner Uni, in deinem Studiengang, in deiner Stadt! Wenn dir das Studium gefällt, bist du motivierter, belastbarer, effizienter und du kannst jedes noch so anspruchsvolle Studium meistern.

Ich habe mit Nanowissenschaften angefangen, ohne genaue Vorstellungen davon zu haben, was mich erwartet. Mir hat die Atmosphäre in Basel so gut gefallen, dass ich geblieben bin. Das geht nicht jedem so. Trau dich und gesteh dir ein, wenn nach einem Jahr klar ist, dass es nicht die richtige Wahl

für dich war. Du hast bereits in diesem einen Jahr so viel Neues über dich gelernt, dass dir deine nächste Entscheidung viel leichter fällt. Egal, wo sie dich schliesslich hinführt.»

Porträt

Barbara Kunz



Ein Labor auf einem Chip (Lab-on-a-chip-Technologie LOC) ist ein Integrationsgerät mit mehreren Laborfunktionen, das teure und umständliche Experimente vereinfachen kann.

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 2020) 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

WEITERBILDUNGEN NACH EINEM STUDIUM IN MATERIALWISSENSCHAFT, NANOWISSENSCHAFTEN, MIKROTECHNIK

Für die viele Absolventinnen und Absolventen in den drei Gebieten ist das Doktorat die erste Station. Danach fordert die schnelle Entwicklung kontinuierliche Weiterbildung, einerseits um Fachwissen zu ergänzen, andererseits um betriebswirtschaftliches Wissen zu erwerben.

FACHSPEZIFISCHE WEITERBILDUNGEN Fire Safety Engineering (MAS, ETHZ)

Das MAS vermittelt relevantes ganzheitliches und interdisziplinäres Wissen im Bereich Brandschutz-Ingenieurwesen zum Schutz von Personen, Eigentum und Umwelt.

www.sce.ethz.ch

Conception horlogère (MAS, HES-SO)

Cette formation apporte des connaissances de base et avancées en conception de mouvements mécaniques, électroniques et de produits horlogers terminés.

www.hes-so.ch > Etudier > Formations > Formation continue

Translation and Entrepreneurship in Medicine (MAS, SITEM)

Die Teilnehmer/innen erwerben Skills, um biomedizinische Produkte aus der Forschung in die klinische Anwendung und zur Kommerzialisierung zu bringen.

www.sitem-insel.ch

UNTERRICHT

Lehrdiplom für Maturitätsschulen (Lehrdiplom, FHNW)

Studierende der Nanowissenschaften können unter bestimmten Bedingungen zum Studiengang Sekundarstufe II an der Pädagogischen Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) zugelassen werden.

www.nanoscience.ch > Studium > Allgemeine Informationen > Zulassung zum Lehramt

MANAGEMENT

Management, Technology and Economics (MAS, ETHZ)

Dieser MAS vermittelt Kompetenzen in: General Management and Human Resource Management; Strategy, Markets and Technology; Information and Operations Management; Financial Management usw.

www.ethz.ch/de/studium/weiterbildung.html

Betriebswirtschaft für Nichtbetriebs- wirtschaftler/innen (CAS, FHNW)

Das CAS umfasst Strategisches Management, Organisation und Veränderung, Kommunikation, Marketing in der Digitalen Ökonomie, externes Rechnungswesen usw.

www.fhnw.ch > Weiterbildung > Wirtschaft

Mehr Weiterbildungsangebote finden Sie unter www.berufsberatung.ch/weiterbildung.

BERUF

- 49 BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT
- 52 BERUFSPORTRÄTS



BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT

Lehre, Forschung und Entwicklung sind die häufigsten Arbeitsbereiche von Material- sowie Nanowissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen. Ihre wichtigsten Arbeitgeber sind denn auch Forschungs- und Entwicklungsabteilungen von Hochschulen, Forschungsinstituten und Industrieunternehmen. Dies gilt weitgehend auch für Mikrotechnikerinnen und Mikrotechniker.

Für Absolventinnen und Absolventen der Materialwissenschaft und der Mikrotechnik ist der direkte Berufseinstieg nach Studienabschluss gut möglich. Bei den Nanowissenschaften führt der Weg in den Beruf meistens über ein Doktorat. Alle haben drei Dinge gemeinsam: Es bestehen kaum Probleme beim Berufseinstieg, es gibt kaum Teilzeitstellen und die Anstellungen sind – ausser die befristeten Forschungsstellen an den Hochschulen – Festanstellungen.

MATERIALWISSENSCHAFT

Typische Arbeitsorte für Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler sind Ingenieurbüros und die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen beispielsweise der Chemie oder der Maschinen- und Kunststoffindustrie. Schwierigkeiten beim Berufseinstieg sind selten, in wirtschaftlich günstigen Perioden ist jeweils sogar von einem Fachkräftemangel die Rede. Materialwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen sind häufig forschend tätig. Dies zeigt auch der im Vergleich zu den klassischen Ingenieurrichtungen hohe Anteil an Doktorierenden. Viele von ihnen nutzen die Doktorarbeit, um sich nach dem sehr breit angelegten Studium auf ein bestimmtes Gebiet zu spezialisieren.

Hüftgelenke und Gore-Tex-Jacken

Materialwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen wissen viel über den Zusammenhang zwischen chemisch-physikalischem Aufbau von Materialien und deren Eigenschaften. Sie erforschen und entwickeln Materialien, stellen sie her und prüfen sie, kontrollieren deren Qualität, sorgen für eine optimale Werkstoffausnutzung und analysieren Materialschäden. Sie befassen sich mit Materialeigenschaften unterschiedlichster Produkte wie Turnschuhsohlen, Pfannenbeschichtungen, CD, künstlichen Hüftgelenken, Düsentriebwerken, Gore-Tex-Jacken, Zahnimplantaten, Lebensmittelverpackungen oder Baustoffen.

Materialwissenschaftler/innen erforschen neue Werkstoffe, die zugleich technisch und wirtschaftlich interessant sind, mit geringem Energieaufwand produziert werden können und gut recycelbar sind. Oft arbeiten sie mit Konstrukteuren sowie Maschinen- und Verfahreningenieurinnen und -ingenieuren zusammen, sei es in der Entwicklungsphase

eines neuen Werkstoffs oder bei der Auswahl der für einen bestimmten Zweck optimalen Materialien. Sie übernehmen oft eine Mittlerrolle zwischen Naturwissenschaft und Technik. Sie wirken zudem bei der Entwicklung von Verfahren mit, dank denen neue Materialien produziert werden können. Das setzt voraus, dass sie die technischen Aspekte der Herstellung und Verwendung von Werkstoffen kennen.

Forschung und Produktion

Materialwissenschaftler/innen arbeiten in Forschungslabors und Entwicklungsabteilungen der Maschinenindustrie, der Automobilindustrie, im Flugzeugbau, in der biomedizinischen Technik, in der Powerelektronik, der Spezialitätenchemie, der kunststoff- oder metallverarbeitenden Industrie oder der Ton- und Keramikindustrie. Sie stehen häufig an Schlüsselstellen als Vermittler zwischen Entwicklung und Konstruktion.

Dabei betrachten sie nicht nur einen einzigen Aspekt einer Produktion, sondern stets den gesamten Weg vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt, dessen Anwendung und die notwendigen Verbesserungsmöglichkeiten mit den zugehörigen analytischen, physikalischen und materialtechnischen Prüfverfahren. Auch Hochschulen, staatliche Forschungsinstitute und die Bundesverwaltung beschäftigen Materialwissenschaftler/innen.

Prüfung und Lebensdauerabschätzung («Life Cycle Analysis»)

Weitere Arbeitsfelder der Materialwissenschaft sind die Prüfung und Schadensanalyse. Materialwissenschaftler/innen überprüfen und kontrollieren Werkstoffzusammensetzungen und das Verhalten eines Werkstoffs. Dazu gibt es eine Vielzahl von Untersuchungsmethoden, wie mechanische und chemische Verfahren oder Prüfverfahren mit Röntgenstrahlen, Ultraschallwellen oder elektrischen Methoden, die zerstörungsfrei eingesetzt werden können.

Bei der Schadensanalyse geht es darum, Schadensursachen an Maschinen und Anlagen zu klären und nach Wegen zu suchen, wie solche Schäden durch eine andere Werkstoffauswahl, durch Verbesserung von Konstruktionen oder geänderte Betriebsbedingungen vermieden werden können. Dabei spielt auch die Sicherheitstechnik eine wichtige Rolle. Risi-

ken, die bei der mechanischen, chemischen oder thermischen Belastung von Werkstoffen auftauchen können, sollen möglichst vermieden werden.

Schliesslich arbeiten Absolventinnen und Absolventen der Materialwissenschaft auch mit bei der Ausarbeitung und Registrierung von Werkstoffpatenten und betreuen umfangreiche Datenbanken. Die grosse Zahl an verfügbaren Werkstoffen macht es schwer, in einer konkreten Situation denjenigen zu finden, der den gegebenen Anforderungen am besten entspricht. Anhand vernetzter Datenbanken lässt sich schnell und umfassend eine Liste geeigneter Werkstoffe mit optimalen Eigenschaften erstellen.

Arbeitsmarkt

Die Berufsbilder der Materialwissenschaftler/innen sind durch die breite Grundausbildung äusserst vielfältig und die Chancen auf dem Arbeitsmarkt sehr gut. Die Beschäftigungssituation ist für sie daher wie schon in früheren Jahren günstig. Im Jahr nach Studienabschluss sind nur wenige auf Stellensuche.

NANOWISSENSCHAFTEN

Beschäftigungsmöglichkeiten für Nanowissenschaftler und -wissenschaftlerinnen liegen in den Bereichen Forschung, Lehre und Entwicklung. Ihre wichtigs-

ten Arbeitgeber sind Hochschulen (Universitäten/ETH/FH), Forschungsinstitute ausserhalb der Hochschulen sowie Industrieunternehmen. Ihre naturwissenschaftliche Ausbildung ist extrem breit. Entsprechend gut sind die Beschäftigungsprognosen.

Nanowissenschaftler und -wissenschaftlerinnen befassen sich mit Systemen der Biologie, Chemie und Physik im Nanometerbereich. Mit Hilfe von Rastersondenmikroskopen sowie speziellen Materialien und Techniken erforschen sie neue Anwendungsbereiche in Hightech-Industrie, Medizin und Informatik und entwickeln molekulare Maschinen, Nanoroboter, Sensoren und Quantencomputer, Nanomaterialien von biologischen Systemen usw.

Solarzellen und Arzneien

In den Nanowissenschaften werden auch Grundlagen für neue Technologien zur Energiegewinnung und -speicherung erforscht. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung neuartiger Solarzellen, die auf kostengünstigen Farbstoffen basieren und damit die wirtschaftliche Anwendung auf grossen Flächen ermöglichen.

Im Anwendungsgebiet der Medizin wird beispielsweise geforscht, wie Nanopartikel helfen können, Arzneien gezielt an bestimmte Stellen des Körpers zu führen. So werden die nötige Dosis

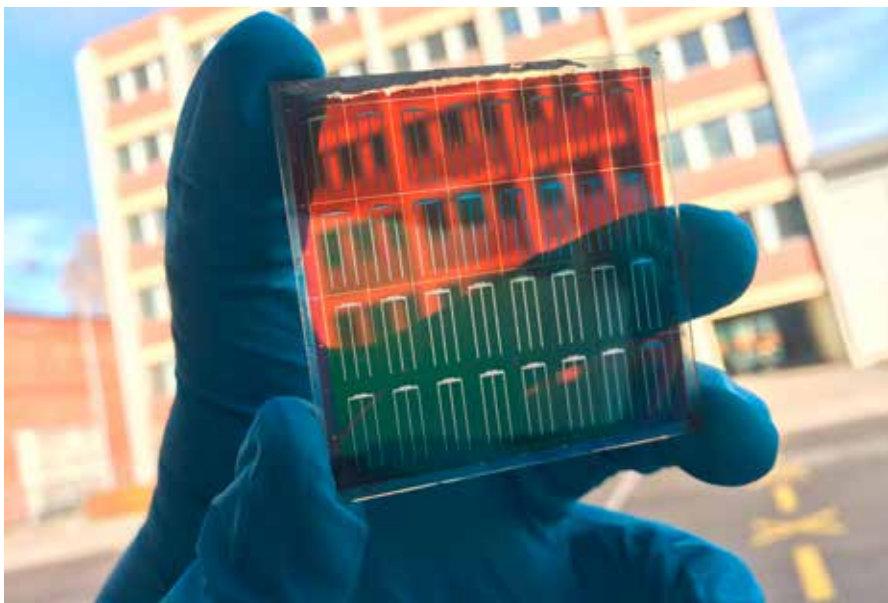
und damit auch die Nebenwirkungen minimiert. In der Krebstherapie untersucht man die Wirkung von speziellen Nanopartikeln auf Tumore.

Die Berufsfelder für Absolventinnen und Absolventen der Nanowissenschaften sind vergleichbar mit anderen naturwissenschaftlichen Bereichen, wobei der direkte Übergang vom Studium in den Beruf eher die Ausnahme als die Regel darstellt. Häufig schliesst sich an ein naturwissenschaftliches Studium eine weitere wissenschaftliche Qualifizierung (Doktorat, Postdoc) an. Da jedoch nur eine Minderheit später eine wissenschaftliche Laufbahn einschlägt, müssen sich die meisten ihr Tätigkeitsfeld nach dem Studium erst suchen. Ihre Stärke liegt dann nicht in ihrem Spezialwissen, sondern darin, dass sie in der Regel Generalisten sind, die über genügend Flexibilität verfügen, unterschiedlichste Probleme zu lösen. Auf dem Arbeitsmarkt treten sie dann in Konkurrenz mit Absolventinnen und Absolventen der traditionellen Naturwissenschaften (Physik, Biologie, Chemie).

Grundlagen- und angewandte Forschung

Hochschulen, Forschungsinstitute ausserhalb der Hochschulen und die Industrie (Chemie, Pharma, Biotechnologie, Messtechnik) sind wichtige Arbeitgeber. Ausserhalb der Universitäten muss man zu Beginn einer wissenschaftlichen Laufbahn damit rechnen, zunächst keine feste Anstellung zu bekommen, sondern seinen Lebensunterhalt über Projektfinanzierung verdienen zu müssen, z.B. über Werkverträge und Forschungsstipendien.

Während an den Hochschulen eher Grundlagenforschung betrieben wird, dominiert im industriellen Bereich die angewandte und wirtschaftlich verwertbare Forschung. Je nach fachlichem Hintergrund sind Nanowissenschaftler/innen in der Informations- und Kommunikationstechnologie, in der chemisch-pharmazeutischen Forschung, in der Energie- und Umwelttechnik, in Biotechnologie und -medizin oder auch in der Automobil- und Luftfahrttechnik tätig. In engem Zusammenhang mit der Forschung und



Die Entwicklung von Solarzellen, die auf kostengünstigen Farbstoffen basieren und damit die wirtschaftliche Anwendung auf grossen Flächen ermöglichen, ist eines der Forschungsgebiete in den Nanowissenschaften.



Wissenschaftler von EPFL und ETHZ haben einen ultraleichten Handschuh entwickelt – mit einem Gewicht von weniger als acht Gramm pro Finger –, der es den Benutzern ermöglicht, virtuelle Objekte zu ertasten und zu manipulieren. Ihr System bietet ein äusserst realistisches haptisches Feedback und könnte mit einer Batterie betrieben werden, was eine beispiellose Bewegungsfreiheit ermöglicht.

Entwicklung bestehen Beschäftigungsmöglichkeiten im Dokumentations- und Patentwesen. Weitere wichtige Berufsfelder sind Beratung, Planung, Kontrolle oder Projektleitung in der Verwaltung, in Verbänden, in Organisationen und privaten Betrieben.

Arbeitsmarkt

Trotz konjunktureller Schwankungen sind die Chancen auf dem Arbeitsmarkt für Absolventen und Absolventinnen der Nanowissenschaften im Vergleich zu anderen akademischen Berufen seit langem anhaltend gut.

MIKROTECHNIK

Ingenieurinnen und Ingenieure der Mikrotechnik sind Generalisten und gleichzeitig Spezialistinnen für kleine Dimensionen. Sie sind in drei «Welten» zu Hause: Mechanik, Elektronik und Informatik. Darüber hinaus verfügen sie über Fachwissen in Bereichen wie Optik, Chemie und Materialwissenschaft. Das multidisziplinäre Wissen prädestiniert sie in der beruflichen Praxis für Aufgaben, in denen sie speziali-

sierte Fachleute koordinieren und führen müssen, meist als Projektleiter oder Projektleiterinnen. Mikrotechnikerinnen und Mikrotechniker arbeiten vor allem im Bereich der privaten Dienstleistungen, d.h. in Planungs- und Ingenieurbüros. Industrieunternehmen sind ebenfalls ein wichtiges Tätigkeitsfeld. Andere Einsatzfelder finden sie im öffentlichen Dienst, zum Beispiel in der Verwaltung, bei den SBB, der Post oder in Rüstungsbetrieben, in Lehre und Forschung an Hochschulen und in Forschungsinstituten. Beim Berufseinstieg bestehen kaum Probleme.

Immer wichtiger wird die Mikroelektronik speziell in der Informationstechnologie. Hierfür konstruieren Mikrotechniker/innen Bauelemente wie Mikroprozessoren, Speicher und Verstärker. In der Forschung im Bereich der Nanotechnologie beschäftigen sie sich mit noch kleineren Dimensionen, mit Atomen und Molekülen. Was in den Labors erforscht wird, ist allerdings meist noch nicht so weit entwickelt, dass es in der Form von Produkten auf den Markt gebracht werden könnte.

Projektleitung in der Entwicklung

Eine typische Funktion von Mikrotechnikern ist die Projektleitung im Bereich der Entwicklung von Produkten. Konkret kann das bedeuten, dass eine Mikrotechnikingenieurin in einem Unternehmen der Maschinen- oder Elektroindustrie die Entwicklung eines Gerätes oder eines technischen Subsystems (Komponente eines Geräts, einer Maschine, einer Anlage) als Projektleiterin unter sich hat. Die Aufgabe besteht dann beispielsweise darin, dass kleine und kleinste mechanische und elektrische Bausteine mit mikroelektronischen Steuersystemen kombiniert werden.

Ausser in der Produktentwicklung bestehen Möglichkeiten in der Forschung, in Konstruktion und Produktion, im Marketing oder im Management. Dabei ist die Tätigkeit stets stark auf ein Produkt bezogen. Ein bestimmtes mikroelektronisches Produkt wird entwickelt, realisiert und vermarktet, damit es der Nachfrage der Kunden und dem Gebot der Effizienz möglichst optimal entspricht. Beispiele solcher Produkti-



Mikrofluidisches Gerät, das Mikromengen von Flüssigkeit auf einem Mikrochip verwendet, um bestimmte Labortests durchzuführen.

onsentwicklungen sind etwa Beschleunigungssysteme zur Auslösung von Airbags, Herzschrittmacher, Mobiltelefone, Chipkarten usw.

Im Dienste von Industrieunternehmen

In Ingenieur- und Beratungsbüros arbeiten viele Mikrotechnikerinnen und Mikrotechniker. Dort übernehmen sie Aufträge, die von Industrieunternehmen ausgelagert wurden.

Industrieunternehmen sind nicht nur als Auftraggeber, sondern auch als Arbeitgeber wichtig für Mikrotechnikingenieure und Mikrotechnikingenieurinnen, allerdings aus ganz verschiedenen Branchen. Beispiele sind Hersteller von Geräten und Apparaten aller Art, Firmen der Halbleiterindustrie, der Telekommunikation, der Medizintechnik, der Optik, der Biotechnologie, der Fahrzeug- und Raumfahrttechnik usw. Daneben gibt es weitere Beschäftigungsmöglichkeiten in Forschung und Lehre an Hochschulen und in selbstständigen Forschungsinstituten.

Hinzu kommen weitere Aufgabenbereiche, wie sie sich auch für andere Ingenieurberufe anbieten, so in der Logistik, in der Organisation und im Bereich

der Informatik, im Patentwesen, in der Qualitätssicherung oder im Personal- und Ausbildungswesen. Schliesslich besteht auch die Möglichkeit, im Ausland zu arbeiten oder in einem eigenen Unternehmen Produkte oder Dienstleistungen zu produzieren und zu verkaufen.

Arbeitsmarkt

Die Beschäftigungslage im Bereich der Mikrotechnik ist stark von der konjunkturellen Entwicklung beeinflusst. Doch auch in konjunkturell schwierigen Zeiten ist der Berufseinstieg für Mikrotechniker und Mikrotechnikerinnen nach einem Studium an der Fachhochschule ähnlich wie nach einem ETH-Abschluss: Sie haben kaum Probleme beim Einstieg ins Berufsleben.

Quellen

www.berufsberatung.ch

www.studienwahl.de

www.ethz.ch

<http://sti.epfl.ch>

www.nanoscience.ch

www.ti.bfh.ch

Die erste Stelle nach dem Studium, SDBB 2019

BERUFSPORTRÄTS

In den folgenden Interviews und Porträts berichten Fachpersonen, wie sie ihren Beruf erleben.

NICOLE KLEGER

Doktorandin der Materialwissenschaft, ETH Zürich

ANDRÉ RÖTHLISBERGER

Produktentwickler und Projektmanager bei BIOTRONIK AG, Bülach

ARNE BARFUSS

Entwicklungsingenieur für Leistungshalbleiter, Robert Bosch GmbH, Reutlingen

PHILIPP OERTLE

Leiter für Forschung und Entwicklung, ARTIDIS AG, Basel

BRICE PLATERRIER

Ingénieur R&D en Robotique et Machine Learning, CSEM, Alpnach Dorf

MARTINA ANDENMATTEN

Entwicklungsingenieurin in der Abteilung Fahrwerk und Getriebe für Schmalspur und Zahnradbahnen, Stadler Bussnang AG, Bussnang



Nicole Kleger, Master in Materialwissenschaft, Doktorandin der Materialwissenschaft, ETH Zürich

MIT HILFE DER NATUR ZU NEUEN PORÖSEN MATERIALIEN

Materialien umgeben uns überall und wir sind in verschiedensten Situationen darauf angewiesen. Aber nur selten überlegen wir uns, wie ein Material hergestellt wurde oder woher es kommt. Nicole Kleger (27) ist es wichtig, den Kontakt mit der Bevölkerung zu pflegen und Schülerinnen und Schülern dieses spannende Forschungsgebiet

näherzubringen. Darum sagte sie für dieses Interview sofort zu, auch wenn sie eigentlich im Mutterschaftsurlaub ist. Sie arbeitet seit drei Jahren in einer Forschungsgruppe am Departement Materialwissenschaft der ETH Zürich an ihrer Doktorarbeit.

«Ich entwickle neue, poröse Materialien für den 3D-Druck und analysiere sie auf ihre (hauptsächlich mechanischen) Eigenschaften. Hierbei dient uns die Natur als Vorbild: Sie hat es durch sogenannte hierarchische poröse Strukturen geschafft, eine grosse Breite an mechanischen Eigenschaften in ein und demselben Material zu vereinen, respektive sogar unterschiedliche Eigenschaften im gleichen Material – rein aufgrund der variierenden Mikrostruktur. Meine Arbeit beinhaltet ungefähr zu gleichen Teilen: Laborarbeit, Datenanalyse und Berichte verfassen. Dazu kommen die Betreuung von Studierenden, Aufgaben in der Lehre und sonstige Tätigkeiten für die Forschungsgruppe oder das Departement.»

Gibt es für Sie als Doktorandin einen typischen Tag oder eine typische Woche?

Nicht wirklich. In der Forschungsarbeit bringt jeder Tag etwas Neues und meist Unerwartetes. Da wir unsere eigene Forschung betreiben, wird uns grundsätzlich viel Freiraum gelassen, auch im Tagesablauf. Aber meistens komme ich ins Büro und bearbeite die ersten E-Mails. Anschliessend bespreche ich zum Beispiel mit den Studierenden den Fortschritt und den Tagesplan ihrer Projekte. Ich versuche dann, so viel Zeit wie möglich für Experimente im Labor zu haben. Am Nachmittag ist häufig wieder Büro angesagt: Datenanalyse, Berichte verfassen oder Berichte von Studierenden korrigieren. Dazu kommen Meetings wie die wöchentlichen Group-Meetings.

Wo führt Sie Ihre Arbeit sonst noch hin?

Konferenzen finden überall auf der Welt statt. Da muss ich mir gut über-

legen, wo ich am besten hinfahre. Mir ist es zudem immer wichtig, der Bevölkerung unsere Arbeit näherzubringen. Deshalb versuche ich mich so oft wie möglich an Anlässen wie «Treffpunkt Science City» oder «ETH unterwegs» zu engagieren – auch, um Schülerinnen und Schülern das spannende Forschungsgebiet näherzubringen. Denn Materialien umgeben uns überall und wir sind darauf in verschiedensten Situationen angewiesen. Aber nur selten überlegen wir uns, wie ein solches Material hergestellt wurde oder woher es kommt. Bei einem schnellen Auto denkt man sofort an hohe Ingenieurskunst. Die Forschung, die in einem biodegradierbaren Kompostsäckli steckt, wird aber oft übersehen.

Mit wem haben Sie bei der Arbeit zu tun?

Am meisten natürlich mit anderen PhD (Doktorierenden) und Postdocs. Wir haben aber auch viel Kontakt mit Studierenden oder Schülerinnen und Schülern, welche sich für die Materialwissenschaft interessieren. Immer mal wieder sind Firmen an unserer Arbeit interessiert, auch da gibt es spannende Kontakte. Und da Materialwissenschaft ein sehr interdisziplinäres Forschungsgebiet ist, entstehen

«Bei einem schnellen Auto denkt man sofort an hohe Ingenieurskunst. Die Forschung, die in einem biodegradierbaren Kompostsäckli steckt, wird aber oft übersehen.»

oft tolle Kollaborationen mit anderen Forschungsgebieten, wie zum Beispiel Pharmazie, Medizin, Architektur, Bauwesen oder Biologie. Als Materialwissenschaftlerin oder Materialwissenschaftler agiert man gewissermassen als Verknüpfungspunkt in solchen Projekten.

Dabei ist E-Mail ein wichtiges Tool für die Kommunikation, sobald es um Schriftliches geht, wie den Austausch von Daten, Präsentationen oder Reports, oder um die wichtigsten Punkte

eines Meetings schriftlich festzuhalten. Innerhalb der Forschungsgruppe bevorzuge ich aber immer noch die persönlichen Kontakte. Ein reger Austausch von Ergebnissen oder Schwierigkeiten ist extrem wichtig. In unserem Team haben wir Forschende von ganz verschiedenen Backgrounds, wie Elektroingenieurinnen, Materialwissenschaftler, Chemikerinnen, Maschinenbauingenieure und Lebensmittelingenieurinnen – da weiss meistens irgendjemand noch einen Tipp oder Rat.

Welche Tätigkeiten oder Aspekte Ihrer Arbeit bereiten Ihnen die meiste Freude?

Als Forschende bin ich immer auf der Suche nach Antworten zu ungelösten Fragen. Und wenn ich auch nur einen Teil eines Puzzles finde und platzieren kann, löst dies grosse Freude aus. In der Forschung weiss man nie, wo man diese Puzzleteile finden wird, und oftmals sucht man sehr lange und an den falschen Orten. Umso grösser ist dann die Freude am Erfolg.

Gibt es Tätigkeiten oder Aspekte, die Ihnen Mühe bereiten?

Die Tage, an welchen ich ein Puzzleteil finde, sind relativ rar. Viel häufiger sind die Tage, an denen ich das Labor verlasse und denke, ich hätte ebenso gut zu Hause bleiben können, weil ich nur an den falschen Orten gesucht habe. Diese Tage scheinen im ersten Moment als «vergeudete Zeit». Da ist es umso wichtiger, sich immer wieder vor Augen zu führen, dass auch solche Tage ihren Sinn haben. Denn am Morgen wusste ich ja noch nicht, ob ich mit der angedachten Methode erfolgreich sein würde. Und am Abend bin ich um diese Erkenntnis reicher.

Welches sind die grössten Herausforderungen in Ihrem Beruf?

Immer wieder aufzustehen. Als Forscherin habe ich immer wieder Rückschläge, bin ich dauernd daran, Probleme zu lösen. Sobald ich ein Puzzle gelöst habe, gehe ich zum nächsten ungelösten Puzzle und starte erneut mit der Suche nach den Teilen. Da bleibt kaum Zeit, das zuvor gelöste

Puzzle zu bestaunen und zu geniessen. Aber je grösser diese Herausforderung, desto grösser die Freude, wenn ich sie gemeistert habe.

Mit welchen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren?

In ungefähr zwei Jahren werde ich mein Doktorat abschliessen. Wie es dann weiter geht, steht noch offen. Die Forschungsarbeit liegt mir sehr am Herzen. Zudem arbeite ich am besten, wenn ich mich mit der Forschungsarbeit identifizieren kann. Aber ob meine Zukunft in einem Start-up, einer tollen Firma, an einer Universität oder sonst wo liegt, ist noch offen. Egal wo, ich möchte versuchen, die Welt ein kleines bisschen besser zu machen.

Wie kamen Sie zu Ihrer Studienwahl?

Ich hatte während der Zeit im Gymnasium ein sehr breites Interesse an allen Naturwissenschaften und ich wollte mich nicht auf ein Fach festlegen. So war klar, dass ich einen interdisziplinären Studiengang an der ETH Zürich

suche. An den Infotagen stiess ich dann per Zufall auf den Stand der Materialwissenschaftler. Und es hat mich gleich gepackt, sowohl inhaltlich – die Kombination aus allen möglichen Fachrichtungen, Wissenschaft und Engineering – als auch atmosphärisch: Ich sah den jungen Leuten, die den Stand betreut haben, ihre Freude am Fach richtig an, und das springt direkt rüber.

In welchem Umfang können Sie das im Studium Gelernte heute anwenden?

So ganz direkt scheint es nur ein Bruchteil des Gelernten zu sein. Aber ich glaube, das trägt. Zum einen lernt man eine Sprache und Konzepte, welche man über die Jahre so verinnerlicht, dass sie scheinbar zum Allgemeinwissen zählen. Erst wenn ich etwas einem Laien erklären soll, merke ich, wie weit ich ausholen muss, um Begriffe und Konzepte zu erklären. Zum anderen ist ein Studium nicht dazu da, einem alle möglichen Tools

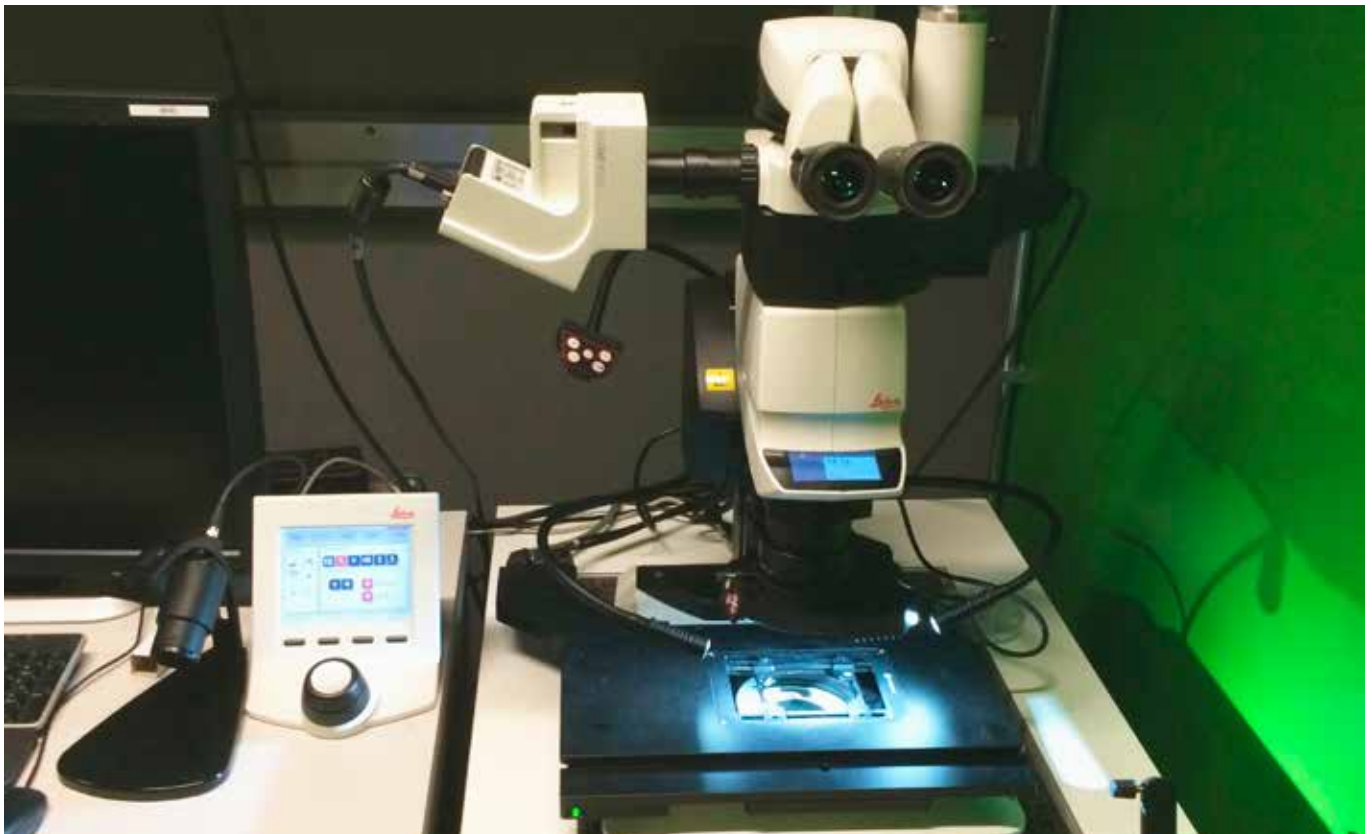
und Prozesse zu lehren. Das wäre unmöglich und wenig hilfreich, da sich die Forschung ja ständig entwickelt. In einem Studium sollte man lernen, wie man sich selbst informiert, wo man nachschlagen kann und welche Verknüpfungen man schliessen muss, um Probleme zu lösen. Selbstverständlich sind dafür Grundkenntnisse in den Fächern notwendig. Aber darüber hinaus sind die zuvor erwähnten Skills essenziell für einen guten Wissenschaftler oder eine gute Ingenieurin.

Welche Tipps würden Sie angehenden Studierenden mit auf den Weg geben?

Habt Spass am Studium und genießt das breite und aufbereitete Wissensangebot, das ihr lernen dürft. Und fragt den Professorinnen und Professoren, den Assistenten und Assistentinnen Löcher in den Bauch. Es ist euer Studium, probiert, so viel wie möglich daraus zu profitieren!

Interview

Barbara Kunz



So viel Zeit wie möglich für Experimente im Labor zu haben, ist für Nicole Kleger sehr wichtig an ihrer jetzigen Stelle.



André Röthlisberger, Doktorat in Materialwissenschaft, Produktentwickler und Projektmanager bei BIOTRONIK AG, Bülach

«ICH DOKTORIERTE, WEIL ICH EIN NEUGIERIGER MENSCH BIN»

«Das beste Studium nützt nichts, wenn man keine Freude verspürt.» André Röthlisberger (34) ist fest davon überzeugt, dass man dasjenige Studium wählen soll, das am meisten Freude bereitet. Mit Neugierde

lernt man am meisten und am besten. Und Neugierde hat nur, wer Freude bei dem hat, was er macht. André Röthlisberger hat Freude an seinen Aufgaben als Produktentwickler und Projektleiter im Bereich Forschung und Entwicklung (R&D) in der Medizinaltechnik-Branche, dies wird in den Schilderungen über seinen Beruf sofort spürbar.

«Momentan arbeite ich als Entwickler und Teilprojektleiter im R&D an einer neuen Generation von bio-resorbierbaren Stents. Stents sind medizinische Implantate zum Offenhalten von Gefässen oder Hohlorganen.»

Wie sieht Ihr Arbeitsalltag und Ihr wichtigster Arbeitsplatz aus?

Ich arbeite in einem Projekt von ein paar dutzend Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Dabei leiste ich meinen Beitrag als Projektleiter in eigenen Projekten oder als Teilprojektleiter in grösseren Projekten in der Produktentwicklung und für die -zulassung.

Einen typischen Tag gibt es kaum. So kann es sein, dass ein Lieferant eine Komponente nicht rechtzeitig liefern kann und dadurch der Projektplan beeinträchtigt wird. Dann müssen die vorgesehenen Arbeiten zur Seite geschoben und stattdessen eine Backup-Strategie entwickelt werden.

In einem früheren, abgeschlossenen Projekt übernahm ich die technische Verantwortung für ein im US-Zulassungsverfahren befindliches Produkt. Da machte sich die Zeitverschiebung von neun Stunden zur amerikanischen Westküste bemerkbar, wo die Hälfte des Projektteams und die Projektleiterin arbeiteten.

Die US-amerikanische Zulassungsbehörde hingegen, die Food and Drug Administration (FDA), hat ihren Sitz an der amerikanischen Ostküste (minus sechs Stunden). Dies war sehr herausfordernd, aber auch extrem vielseitig und spannend. Am Morgen im Zug las ich die E-Mails meiner Kolleginnen und Kollegen aus den USA und die Anfragen der FDA, die meistens bis zum Ende des Tages beantwortet werden mussten.

In der initialen Planungsphase ist mein Arbeitsort vor allem das Büro. In der Entwicklungsphase stehe ich selbst noch relativ oft im Labor. In der abschliessenden Validierung der Produkte ist dann wieder viel Organisation und Schreiarbeit im Büro angesagt.

Mit wem arbeiten Sie hauptsächlich zusammen?

Meine Arbeit ist Teamarbeit. Ich arbeite täglich mit mehr als zehn unterschiedlichen Personen aus den unterschiedlichsten Bereichen der Firma zusammen. Das macht die Arbeit auch extrem abwechslungsreich und spannend.

Ich bevorzuge dabei den direkten Kontakt. Dies ist leider nicht immer möglich, da unser momentanes Projekt an zwei Standorten (Bülach bei Zürich und Warnemünde bei Rostock) durchgeführt wird. Dann greife ich meistens zum Telefon. Die Pflege von persönlichen Kontakten auch innerhalb der

«Als zum ersten Mal ein Patient mit einem Produkt erfolgreich behandelt wurde, an dem ich mitgewirkt hatte, erfüllte mich dies mit grosser Freude. Solche Momente motivieren extrem.»

Firma ist sehr wichtig für mich, da Konflikte und/oder Herausforderungen der Produktentwicklung meistens auf mangelnder Kommunikation und Missverständnissen basieren. Dies ist unter anderem eine Kernaufgabe meines Berufs: die Tätigkeiten in meinen zugewiesenen Bereichen zu organisieren und die Projektmitarbeiterinnen und Projektmitarbeiter zu unterstützen, um alle Arbeiten zu einem guten, termingerechten Abschluss zu bringen. Diese tägliche Zusammenarbeit mit meinen Kolleginnen und Kollegen macht mir am meisten Freude. Ich arbeite in einem tollen Team.

Was waren bisher weitere Höhepunkte in Ihrer Arbeit?

Als zum ersten Mal ein Patient mit einem Produkt erfolgreich behandelt

wurde, an dem ich mitgewirkt hatte, erfüllte mich dies mit grosser Freude. Es bestätigte mich darin, dass meine Arbeit einen Sinn hat und das Leben eines Menschen verbessert hatte. Solche Momente motivieren extrem.

Was bereitet Ihnen Mühe?

Ganze Projekte und Tätigkeiten innerhalb eines Projekts zu organisieren und dabei auch noch technische oder organisatorische Hürden zu überwinden, birgt ein gewisses Frustrationspotenzial. Insbesondere, wenn die eigene Arbeit durch externe Faktoren behindert wird, auf die ich kaum oder gar keinen Einfluss habe, ärgert mich dies meist für kurze Zeit. Da hilft es mir, mich mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Projekten abzustimmen und von den Erfahrungen zu profitieren.

Eine Herausforderung ist auch, die vielen Anfragen und unterschiedlichen Aufgaben während eines Projekts unter einen Hut zu bringen. Dazu dauern Produktentwicklungsprojekte bei uns – auch schon zulassungsbedingt – meist einige Jahre, entsprechend ändern sich die Gegebenheiten auch mal, z.B. bei neuen Anforderungen an die Zulassung.

Mit welchen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren?

Die Medizinaltechnikbranche wird im Mai 2021 einen grossen Umbruch erfahren, weil europaweit viel striktere Regulierungen, die sogenannte Medical Device Regulation (MDR), in Kraft treten werden. Ich rechne also damit, dass meine tägliche Arbeit um ein Kapitel reicher wird. Wie die neuen Regeln aussehen, werde ich wohl kurzfristig erfahren. Aber darin liegt auch der Reiz meiner Arbeit.

Welches sind die wichtigsten Stationen Ihres Werdegangs?

Ich arbeite seit etwas mehr als drei Jahren bei der BIOTRONIK AG, in der heutigen Position seit etwa anderthalb Jahren. Die Stelle habe ich – wie das so oft in der Wirtschaft geschieht – durch Networking erhalten. Eine Bürokollegin aus der Zeit meines Dokto-

rats an der ETH hat mich empfohlen, als ich nach meinem Doktorat auf Jobsuche war. Meine Bewerbung wäre ohne diese Empfehlung wohl nicht berücksichtigt worden, weil ich als Abgänger mit Dokortitel als überqualifiziert galt. Der Einstieg in der Industrie verlief für mich sehr angenehm. Das lag aber vor allem an meinem Chef und an Arbeitskolleginnen und -kollegen, die mich super unterstützten.

Warum haben Sie Materialwissenschaft studiert?

Ich habe schon als Kind Mathematik geliebt. Im Gymnasium kamen dann die Naturwissenschaften (v.a. Physik und Chemie) dazu. Für mich stand nie zur Debatte, etwas anderes als Mathematik oder Naturwissenschaften zu studieren. Je länger das Gymnasium dauerte, desto mehr wurde mir bewusst, dass «nur» Mathe, Physik oder Chemie für mich zu eintönig werden könnten. Mein Bruder studierte damals Elektrotechnik an der ETH. Dies wollte ich auch nicht studieren – wer will schon dasselbe machen wie sein älterer Bruder?

An einem Informationsanlass stiess ich auf die Materialwissenschaft, die mir vorher gänzlich unbekannt waren. Ich wusste ziemlich schnell, dass dieses Studium genau das Richtige ist für mich, nämlich ein Studium mit etwas

aus allen Bereichen: Physik, Chemie, Biologie, Ingenieurwissenschaften und weitere. Diese Interdisziplinarität schätze ich besonders. Ich finde die Eigenschaften von Materialien auch heute noch aussergewöhnlich spannend. Sei es, wie die Farben in Edelsteinen entstehen oder weshalb einige Materialien sich bestens für Medizinalimplantate eignen, während andere unpraktisch oder gar toxisch sind, bis hin zu den besten Werkstoffen für die Raumfahrt – diese Vielfalt fasziniert mich weiterhin. Meine Studienkolleginnen und -kollegen sind entsprechend in den unterschiedlichsten Branchen tätig.

Können Sie das im Studium Gelernte heute anwenden?

Das Studium der Materialwissenschaft hat mir einen Einblick in extrem viele Themen ermöglicht und ich konnte mich im Master im Bereich der Nanotechnologie fokussieren. Das Wissen aus dem Masterstudium hilft mir heutzutage sehr, komplexe Problemstellungen zu analysieren. Ich würde mich aber nicht als Experten bezeichnen. Dafür fehlt es mir an Erfahrung, und mein Studium war doch zu unspezifisch. Dennoch verstehe ich dank meines Studiums meist genug, damit ich mit unseren Expertinnen und Experten mitdiskutieren kann. Ausserdem lernte ich während meines

Studiums sehr viel über die interdisziplinären Zusammenhänge. Davon profitiere ich heute fast am meisten: Ich kann mich schnell in ein neues Thema einarbeiten. Genau das benötige ich in der Arbeit sehr oft, denn die Gegebenheiten ändern sich schnell.

Nach Abschluss des Masterstudiums machte ich ein Doktorat. Ich werde an Informationsanlässen oder von unseren Praktikantinnen und Masterarbeitsstudenten oft gefragt, ob ein Doktorat wichtig für den Beruf sei. Ich antworte immer, dass ich nie mit einer Absicht doktorierte, später Vorteile im Beruf zu haben oder Professor zu werden. Viel mehr tat ich es, weil ich grundsätzlich ein neugieriger Mensch bin und sich das angebotene Thema – zusammen mit einem Industriepartner – als sehr spannend darstellte.

In meiner heutigen Situation bei der Arbeit profitiere ich kaum von den fachlichen Themen meines Doktorates – es handelte über Materialien in Hochspannungsschutzschaltern (sog. Circuit Breaker) –, und nun arbeite ich in der Medizinaltechnik an Stents, die wenige Millimeter klein und nur wenige Milligramm schwer sind. Es ist daher nicht unbedingt wichtig, ob man doktoriert, sondern ob man Freude an dem hat, was man macht. Hingegen war ich im Doktorat während mehrerer Jahre mein eigener Projektleiter, was meinem jetzigen Beruf in der Methodik und im Ablauf doch sehr nahekommt.



Stents sind medizinische Implantate zum Offenhalten von Gefässen oder Hohlorganen. André Röhlisberger arbeitet zur Zeit an einer neuen Generation von bio-resorbierbaren Stents.

Interview
Barbara Kunz



Arne Barfuss, Doktorat in Nanowissenschaften, Entwicklungsingenieur für Leistungshalbleiter, Robert Bosch GmbH

NEULAND PROJEKTMANAGEMENT UND KUNDENKONTAKT

Die Anfrage für dieses Porträt erreichte Arne Barfuss (33) im Vaterschaftsurlaub. Die neugeborenen Zwillinge sind im Moment wichtiger als die Arbeit in der Robert Bosch GmbH, einem bedeutenden Zulieferer für die Automobilindustrie. Dort wird gerade kräftig in die Zukunft investiert: Das Internet der Dinge und die Elektromobilität

stehen zukünftig stark im Fokus des Unternehmens. Da ist der Nanowissenschaftler mit Schwerpunkt in Physik bald wieder gefragt, als Entwicklungsingenieur von neuen Leistungshalbleitern.

«Bei unseren Leistungshalbleitern («MOSFET») handelt es sich im Wesentlichen um Transistoren, die in kurzer Zeit hohe Leistungen ein- und ausschalten können – daher auch der Name. Meine Hauptaufgabe im Beruf ist die Freigabe neuer Produkte. Dabei stellen wir sicher, dass ein neuer MOSFET nicht nur die zugesicherten Eigenschaften besitzt (beispielsweise thermische Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand, Schaltdynamik), sondern natürlich auch alle sonstigen Anforderungen des Automobilmarkts erfüllt (etwa zu Lebensdauer, Sicherheit, Ausfallwahrscheinlichkeit).

Im Rahmen der Produktfreigabe leite ich Teilprojekte (etwa bei der Organisation und termingerechten Durchführung von Charakterisierungsmessungen), habe regelmässigen Kundenkontakt (um zum Beispiel aktuelle Messdaten vorzustellen oder Änderungswünsche der Kunden zu diskutieren) und bringe mein Wissen und meine Erfahrung ein, um die Halbleiterprozesse weiterzuentwickeln (etwa zur Verbesserung unserer Halbleiterbausteine). Die Abteilung, in der ich arbeite, ist noch vergleichsweise jung und wächst. Viele Prozesse sind daher noch verbesserungsfähig, und wenn es meine Zeit zulässt, unterstütze ich auch hier.

TECHNIK FÜRS LEBEN

Die Bosch-Gruppe ist ein international führendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen mit weltweit rund 403000 Mitarbeitenden (Stand: 31.12.2019). Sie besteht aus den vier Unternehmensbereichen Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods und Energy and Building Technology und bietet «Technik fürs Leben». Ich selbst arbeite im Unternehmensbereich Mobility Solutions und dort im Geschäftsbereich Automotive Electronics. Einen typischen Tag oder eine typische Woche kenne ich nicht. Viele meiner Tätigkeiten treten zwar regelmässig

auf. Jeder Tag ist jedoch unterschiedlich – das Arbeitsumfeld ist nach meinem Empfinden recht dynamisch. So müssen des Öfteren kurzfristig Probleme gelöst oder Kundenwünsche erfüllt werden. Langeweile kommt dabei nicht auf. Meine Tätigkeiten umfassen unter anderem: Terminvereinbarungen einhalten, dazu ist viel Kommunikation mit anderen Abteilungen notwendig; Messungen vorbereiten und deren Durchführung durch das Labor team begleiten; Messdaten auswerten, aufbereiten und präsentieren; sonstige Arbeiten mit anderen Abteilungen am Standort koordinieren; mit unseren Kunden kommunizieren; meine Arbeit dokumentieren; Probleme lösen und Prozesse verbessern.

Typischerweise verbringe ich meine Arbeitstage im Büro am Schreibtisch oder in Meetings, ab und an aber auch im Labor. Messungen mache ich eher selten. Stattdessen kümmere ich mich um die Messvorbereitung, etwa um das Aufsetzen eines neuen Messzyklus. Die Messdurchführung, die ich fachlich begleite, wird dann von unserem Laborteam übernommen.

ARBEITEN AM ECHTEN PRODUKT

Die Robert Bosch GmbH ist eine sehr grosse Arbeitgeberin. Dies bringt sowohl positive als auch weniger schöne Aspekte mit sich. In meinen Augen positiv sind tolle Entwicklungsmöglichkeiten, ein sehr transparenter Karriereweg und umfangreiche Weiterbildungsmöglichkeiten. Ebenso positiv sind umfangreiche Arbeitnehmerrechte und sehr gute Arbeitsbedingungen, zum Beispiel Eltern- bzw. Teilzeit zur besseren Vereinbarung von Familie und Beruf. Weniger schön ist es, dass die Arbeit in einem so grossen Betrieb teilweise sehr bürokratisch ist. Viele Prozesse sind bis ins kleinste Detail vorgegeben, und diese Vorgaben müssen erfüllt werden. In einer grossen Firma bestehen zudem eher lange (Kommunikations-)Wege und es kann das Gefühl entstehen, dass die eigene Arbeit scheinbar ein sehr kleines Gewicht am Gesamterfolg hat.

Am meisten Freude an meiner Arbeit bereitet mir, dass ich an einem echten Produkt arbeiten kann, das schliess-

lich verkauft wird. Auch die Kommunikation mit unseren Kundinnen und Kunden bereitet mir viel Spass. Spannend ist, dass sich für mich als Projektleiter eine tolle Mischung aus technischer Detailarbeit und dem Blick aufs Ganze ergibt.

Besonders anspruchsvoll ist es, die technisch einwandfreien und den Anforderungen der Automobilbranche gewachsenen Produkte termingerecht freigegeben zu können. Auf dem Weg dazu ist für mich bisher die Kommunikation zwischen den Abteilungen die grösste Herausforderung.

FUNDAMENT GRUNDLAGENWISSEN

Nach meinem Studium in Nanotechnik – mit einem Auslandsjahr an der UC Berkeley während dem Master – hatte ich eine Doktorats- und anschliessend PostDoc-Stelle am Swiss Nanoscience Institut der Universität Basel. Die Doktorarbeit schrieb ich zum Thema Quantensensorik. Der Einstieg ins Berufsleben nach dem Studium war nicht ganz einfach. Zum einen wird kaum ein Nanowissenschaftler mit Schwerpunkt Physik direkt gesucht – man kann ja irgendwie alles, aber nichts richtig. Zum anderen war mir selbst nicht so ganz klar, in welche Richtung es gehen sollte. Hier haben mir vor allem Gespräche mit schon in der Industrie arbeitenden Bekannten geholfen.

Die Physik von Halbleiterbauelementen stand während meines Studiums sowie in Berkeley im Mittelpunkt meiner Ausbildung, ich kann also wohl überdurchschnittlich viele Inhalte meines Studiums auch in der Praxis anwenden. Doch die Fokussierung auf «Geld» führt zu einer fundamental anderen Arbeitsweise als in der universitären Grundlagenforschung. Der Wechsel in die Industrie war für mich also zunächst eine grosse Umstellung. Die neben der Physik wichtigen Bausteine meines täglichen Arbeitens, Projektmanagement und Kundenkommunikation, waren nach dem Studium Neuland, das lernt man dann on the Job.»

Porträt

Barbara Kunz



Philipp Oertle, Doktorat in Nanowissenschaften, Leiter für Forschung und Entwicklung, ARTIDIS AG

VOM MASTER ÜBER DAS DOKTORAT ZUM BERUF

Mit seinem breiten Interesse an Naturwissenschaften und deren konkreten Anwendung in neuen Produkten kam Philipp Oertle (31) im Studium der Nanowissenschaften voll auf seine Rechnung. Da aus der anschließenden Doktorarbeit Prototypen und Patente resultierten, war es naheliegend, mit Kolleginnen und Kollegen eine neue Firma,

ein Start-up, zu gründen. Offiziell ist er Leiter für Forschung und Entwicklung, doch beinhaltet seine Aufgaben bei der ARTIDIS AG noch viel mehr.

«Bei ARTIDIS AG dreht sich alles um die Entwicklung innovativer Produkte für die Krebsdiagnose und -prognose auf der Grundlage von Nanotechnologie. Nanotechnologie wurde noch nie in der Medizin eingesetzt. Ein solches Unterfangen ist unglaublich vielfältig und verlangt vom ganzen Team einen enormen Einsatz. Als Start-up mit limitierten personellen Ressourcen gestaltet sich der Alltag deshalb sehr abwechslungsreich. Die Aufgaben reichen von strategischer Planung auf

«Softwareentwicklung geschieht bei uns aber weltweit und «Remote»-Telefonkonferenzen sind Alltag. Unsere ersten Partner für klinische Studien sind vor allem in den USA, da dort die Bereitschaft viel grösser ist, in der Krebsdiagnose und -prognose neue Wege auszuprobieren.»

Managementebene über die Ausführung von Projekten mit Entwicklungspartnern und Lieferanten bis zur Erfassung von Anforderungen und das konkrete Ausarbeiten von technischen Lösungen.

Gleichzeitig muss eine hohe Qualität gewährleistet sein und müssen Prozesse eingehalten werden, damit die Technologie später auch erfolgreich durch die Zulassungen kommt. Bei der Zulassung selbst kommt auch die Interaktion mit Spitälern, Forscherinnen und Forschern, aber auch mit Zulassungsbehörden oder den Versicherungen ins Spiel. Meine Kernaufgabe innerhalb dieser Tätigkeiten ist die Entwicklung der Technologie für den Einsatz in Spitälern und Forschungsinstituten, die Validierung unserer Technologie sowie die Vorbereitung und Planung für die Serienproduktion; schliesslich die Leitung des Teams von Entwicklerinnen und Entwicklern,

das es erst möglich macht, diese Aufgaben zu bewältigen.»

Was sind Sie von Beruf?

Von Beruf bin ich Leiter für Forschung und Entwicklung. Wie beschrieben reicht in einem Start-up diese Funktion aber weit über das Planen und Leiten hinaus, was auch den besonderen Reiz an einer solchen Tätigkeit ausmacht.

Wie gestaltet sich Ihr Arbeitsalltag, wie sieht Ihr Arbeitsumfeld aus?

ARTIDIS AG wurde als Spin-off der Universität Basel gegründet. Seit Ende 2017 haben wir unsere Büros im Technologiepark der Stadt Basel. Als Teil des Gründerteams bin ich seit 2011 im Projekt dabei, zuerst als Masterstudent und Doktorand der Nanowissenschaften an der Uni, inzwischen als Geschäftsführungsmitglied in der eigenen Firma. Wir sind 15 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die direkt beim Unternehmen angestellt sind. Dazu kommen noch einige Dutzend externe Projektmitarbeitende aus den Bereichen Marketing, Engineering, Consulting, Quality sowie Partner an Spitälern.

Typisch für ein Start-up gibt es keinen «normalen» Arbeitstag. Die Aufgaben variieren täglich. Darunter finden sich Management, Kommunikation, aber auch gelegentlich Laborarbeit und viel Brainstorming. Wir arbeiten nach Scrum und agilen Techniken, bei denen jedem einzelnen Mitarbeitenden viel Verantwortung, aber auch Gestaltungspotenzial übertragen wird. Dies alles führt zu einem grundlegend diversen Alltag.

Diese Art zu arbeiten lebt von sehr direkter und rascher Kommunikation. Der Austausch mit Projektpartnern findet praktisch täglich statt. Unsere Entwicklungs- und Fertigungspartner sind vor allem in der Schweiz ansässig, Softwareentwicklung geschieht bei uns aber weltweit und «Remote»-Telefonkonferenzen sind Alltag. Unsere ersten Partner für klinische Studien sind vor allem in den USA, da dort die Bereitschaft viel grösser ist, in der Krebsdiagnose und -prognose neue

Wege auszuprobieren. Aus diesem Grund reisen viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter regelmässig dorthin.

Was gefällt Ihnen an Ihrer Arbeit?

Sehr motivierend ist die Tatsache, dass man als Mitinitiator permanent die Weiterentwicklung des Projekts miterlebt und mitgestalten kann. Die Grundidee, Krebs innert drei Stunden statt wie üblich drei Tagen bis Wochen zu diagnostizieren, treibt uns alle immer weiter an. Wir sind überzeugt davon, dass wir mit unserer Technologie einen «Sweet Spot» treffen, von welchem Patienten, Ärztinnen und Ärzte, Spitäler und auch Krankenkassen profitieren können. Bei den Patienten und Patientinnen reduziert sich die Wartezeit und die Sorge bis zur Diagnose massiv. Für Spitäler, Ärztinnen und Ärzte bietet sich die Möglichkeit, eine komplett neue Art von Daten mit bestehenden Biomarkern in Kontext zu setzen, aber auch Potenzial für Prozessoptimierung. Und die Krankenkassen schliesslich können den Patientinnen und Patienten neue Diagnose- und Prognosemethoden anbieten, mit denen sich die Krebsbehandlung optimieren lässt.

Am meisten Freude bereitet mir zu beobachten, wie jahrelange Arbeit Früchte trägt. In unserem Fall sind das erfolgreiche klinische Studien, aber auch wie das Unternehmen als solches immer attraktiver wird und Mitarbeiterinnen, Projektpartner und Kliniker anzieht, die genauso begeistert von unseren Ideen sind wie wir selbst. Die Weiterentwicklung des Projekts an sich ist äusserst spannend: von einer Maschine, die mühsam von Hand bedient werden musste, hin zu einer komplett digitalen Cloudlösung und vollautomatisierten Laborautomaten. Diese sind heute in der Lage, jegliche Art von Probe auf ihre nanomechanischen Eigenschaften hin zu untersuchen.

Welche Veränderungen und Herausforderungen sehen Sie?

Für die nahe Zukunft sehe ich zwei grosse Veränderungen auf uns zukommen: zum einen die Zulassung unserer

Technologie als Diagnose- und Prognosegerät. Zum anderen wird sich das Unternehmen transformieren. Ein Unternehmen das auf Entwicklung und Forschung fokussiert ist, wird zu einem Unternehmen, das hoffentlich

«Sehr motivierend ist die Tatsache, dass man als Mitinitiator permanent die Weiterentwicklung des Projekts miterlebt und mitgestalten kann. Die Grundidee, Krebs innert drei Stunden statt wie üblich drei Tagen bis Wochen zu diagnostizieren, treibt uns alle immer weiter an.»

möglichst viele Anwender hat und mehr in Marketing und Verkaufsstrategien investieren muss. Dennoch sind wir in einem Hightechbereich tätig, und mit jedem neuen Projektpartner entdecken wir auch selbst neue Use und Business Cases. So ist beispielsweise auch die Nachfrage aus der Grundlagenforschung nach Analyse-

methoden in verschiedenen Fachgebieten stets hoch.

Innerhalb der Firma sind diese konstanten Änderungen und Anpassungen sowie die für ein Start-up typischerweise limitierten Ressourcen gleichzeitig die grössten Herausforderungen. Das macht das ganze Unterfangen aber auch spannend. Eine sehr grosse Herausforderung ist es zudem, sich neben dem oft hektischen und prall gefüllten Alltag eine gute Work-Life-Balance zu gestalten. Dies führt auch persönlich zu einer spannenden stetigen Weiterentwicklung.

Was waren die wichtigsten Stationen Ihres Werdegangs?

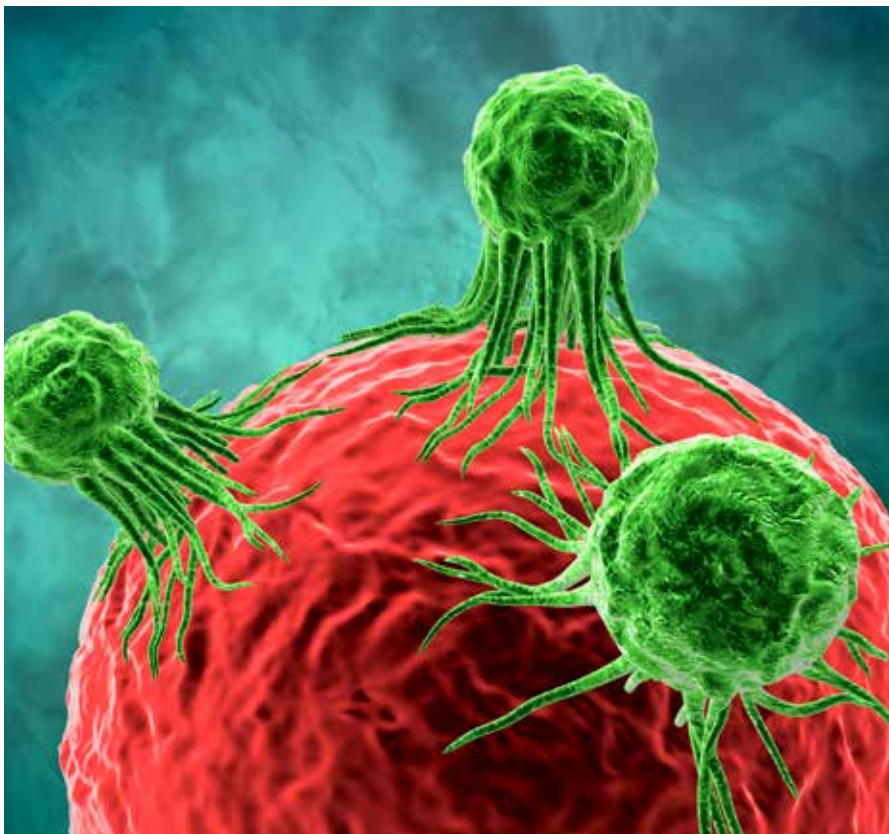
Gegen Ende der Maturität habe ich mich sehr generell für Naturwissenschaften interessiert. Dieses breite Interesse passte nicht so richtig in ein einziges Studium. Dann bin ich aber auf den Studiengang Nanowissenschaften an der Uni Basel gestossen. Dort wurde das ganze Spektrum der Naturwissenschaften abgedeckt. So habe ich an der Universität Basel Nanowissenschaften studiert. Über das ganze Studium blieb die Faszination

an den Naturwissenschaften bestehen. Ich entwickelte aber auch ein Interesse dafür, eigene Geräte zu entwickeln.

Das Nanostudium ist sehr praktisch ausgelegt: Im letzten Bachelorjahr absolviert man acht Praktika in verschiedenen Labors und auch im Master muss man drei Projekt- und Masterarbeiten in verschiedenen Bereichen verfassen.

Während dieser Zeit habe ich das ARTIDIS-Projekt kennengelernt und mich dazu entschieden, meine Master- und später die Doktorarbeit dort zu schreiben. Meine Doktorarbeit wurde von der Kommission für Technologie und Innovation des Bundes und später von Nano-Tera finanziert. Sie war geprägt von biologischer Grundlagenforschung, vor allem Zellbiologie, beinhaltete aber gleichzeitig die Entwicklung von Soft- und Hardware, um diese Grundlagenforschung durchführen zu können.

Aus dem KTI-Projekt entstanden mehrere Prototypen und Patente. Es war von Anfang an Ziel, eine Firma zu gründen, um diese Technologie in die Spitäler zu bringen. Die aktuelle Position in der Firma ist somit die direkte Fortführung von Studium und Doktorat.



Krebs früher diagnostizieren können: Tumorkrebszellen, die menschliche Zellen angreifen und wachsen.

Interview
Barbara Kunz



Brice Platerrier, Master en Microtechnique, Ingénieur R&D en Robotique et Machine Learning, CSEM

«TOUJOURS SATISFAIRE MA CURIOSITÉ»

Brice Platerrier (25) arbeitet in der Forschungsinstitution CSEM, die es sich zum Ziel gesetzt hat, wissenschaftliche Erkenntnis in die Schweizer Wirtschaft zu transferieren und für die Gesellschaft nutzbar zu machen. Sein Interesse gilt insbesondere dem «Machine Learning» und seinen Anwendungsmöglichkeiten. Er empfiehlt

Studieninteressierten – Frauen wie Männern –, sich nicht wegen mangelnden Selbstvertrauens oder eines untypischen Weges vom Berufswunsch abhalten zu lassen. Mit einer guten Portion Motivation und etwas Geduld sind grosse Ziele erreichbar, ist er überzeugt.

«De la fenêtre de mon bureau au pied des montagnes, j'aperçois justement quatre personnes suspendues à un hélicoptère survolant les environs du Pilatus. Ce genre de spectacle me détourne parfois, l'espace d'un instant, de mon travail très stimulant d'ingénieur R&D en robotique et Machine Learning. Mais cela me rappelle également la chance que j'ai de travailler au Centre suisse d'électronique et microtechnique (CSEM), dans la filiale d'Alpnach, toute proche de Lucerne.

LA MICROTECHNIQUE, UNE TECHNOLOGIE CLÉ

Si je suis tout à fait épanoui depuis que j'ai rejoint le CSEM en août 2019, ma trajectoire de carrière n'était pas toute tracée au départ. J'ai d'abord suivi une formation intensive en mathématiques-physique (classe préparatoire aux grandes écoles en France). J'ai ensuite poursuivi des études d'ingénieur généraliste à CentraleSupélec, une grande école d'ingénieur française. Ces deux cursus ont nourri mon intérêt pour les matières théoriques ainsi que pour les technologies de pointe et l'innovation.

En quête d'une formation préparant tant au monde de la recherche qu'à l'industrie, j'ai ensuite rejoint le programme de master en microtechnique de l'EPFL. La microtechnique reste une spécialisation clé en Suisse et elle est un catalyseur de l'économie numérique (par exemple, industrie 4.0, Internet des objets). J'ai sélectionné les cours liés à la robotique et aux systèmes autonomes, afin de satisfaire ma curiosité et de relever des défis liés à des problématiques variées.

Le Machine Learning en particulier – et ses multiples applications – a retenu toute mon attention. Apprendre à un robot, ou à toute machine douée de

capacités de calcul, à réaliser des tâches sans avoir à écrire un programme informatique complexe, c'est pour moi un rêve digne de la science-fiction! Fort de mon bagage théorique solide, j'ai d'abord travaillé en tant qu'assistant de recherche et d'enseignement en robotique et Machine Learning. Quoique passionnante à bien des égards, cette expérience était trop éloignée de mon désir premier, qui était de pouvoir mettre l'excellence scientifique au service de la société.

LA COMPÉTITIVITÉ SUISSE

Je me suis donc mis à la recherche d'un employeur poursuivant les mêmes valeurs. Après de multiples entretiens avec des entreprises de toutes tailles, j'ai été convaincu par la vision du CSEM.

Le CSEM est un centre privé de recherche et de développement, qui a été lancé par le Conseil fédéral en 1984. Il s'agit d'un partenariat public-privé,

«La microtechnique reste une spécialisation clé en Suisse et elle est un catalyseur de l'économie numérique (par exemple, industrie 4.0, Internet des objets). J'ai sélectionné les cours liés à la robotique et aux systèmes autonomes, afin de satisfaire ma curiosité et de relever des défis liés à des problématiques variées.»

dont un quart des parts est détenu par le domaine des EPF tandis que le reste revient à des acteurs économiques suisses de premier plan. Le CSEM a pour mission le développement et le transfert des micro-technologies dans le secteur industriel dans le but de renforcer l'avantage compétitif de la Suisse. Cela peut être réalisé au travers de partenariats avec des entreprises établies ou par l'encouragement à la création de start-up.

L'objectif du CSEM est de travailler au bénéfice des organisations et de la société. Il ne s'agit pas de concurrencer les entreprises suisses en place. La

réussite du CSEM se mesure au contraire dans le succès de ces dernières, qui utilisent les technologies que nous avons développées et transférées.

UN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE ET STIMULANT

Le CSEM comprend plus de 500 collaborateurs et collaboratrices de nationalités diverses, répartis dans plusieurs centres régionaux avec des domaines de spécialisation différents. Je travaille dans la filiale d'Alpnach qui compte une cinquantaine d'employé-e-s. La section dont je fais partie est spécialisée dans la robotique et le Machine Learning. Au quotidien, nous aidons des entreprises de toutes dimensions à lever le verrou du transfert technologique grâce à notre expertise en matière de matériel et de logiciel. Je suis ainsi amené à échanger avec des experts en robotique (par exemple en mécanique et en contrôle des robots), en vision par ordinateur (traitement de l'image par des algorithmes classiques ou par l'intelligence artificielle, détection de défauts, etc.) ainsi qu'avec des doctorants. Nous supervisons aussi des étudiant-e-s qui réalisent des projets de master ou qui effectuent des stages en entreprise. Tout cela participe à créer un environnement très dynamique et stimulant, où l'entraide permet le succès de projets complexes et difficiles.

Les échanges ne se limitent pas aux collaborateurs du CSEM. Nous nous entretenons également avec divers partenaires et entreprises externes, pour définir de nouveaux projets ou convenir des prochaines étapes à réaliser. Il nous est alors souvent nécessaire de se déplacer chez nos partenaires. Cela nous donne l'occasion de découvrir différents lieux de travail ou de production et nous permet aussi de mieux cerner les problématiques liées à un projet.

UNE UTILISATION EFFICIENTE DES RESSOURCES

Évidemment, il ne serait pas possible de résoudre des problèmes d'ingénierie complexes sans le matériel adéquat. Notre section dispose ainsi de plusieurs plateformes de robotique industrielle

(par exemple, KUKA, Stäubli), de capteurs divers (caméras 2D ou 3D, LIDAR, etc.), mais aussi d'ordinateurs disposants de processeurs (CPU) et processeurs graphiques (GPU) haut de gamme. Ces derniers sont très utiles pour la partie Machine Learning, qui est certes très efficace mais qui demande des ressources importantes pour réaliser les calculs nécessaires le plus rapidement possible.

Je dois donc trouver des solutions qui répondent aux besoins de nos partenaires, en tirant parti du matériel à disposition, tout en me basant sur mes connaissances en mathématiques, en robotique, en vision par ordinateur et en Machine Learning.

La transition entre les études et le monde du travail n'est pas de tout repos, mais c'est aussi ce qui en fait une expérience enrichissante. En effet, les débuts requièrent souvent une grande implication personnelle car il s'agit avant tout de s'adapter aux méthodes de travail et aux processus internes de l'organisation qui nous emploie. Les problématiques de la microtechnique étant très variées, les outils pour parvenir à les résoudre le sont tout autant.

Il n'est donc pas rare de devoir apprendre des langages de programmation (par exemple C#, Lua, Python) ou de manier des logiciels jamais utilisés dans le cadre des études (par exemple, des moteurs de rendu 3D comme Unity).

SAVOIR S'ADAPTER

Les études apportent un socle de connaissances fondamentales permettant de réussir dans le domaine que l'on a choisi. Quelle que soit la filière suivie, peut-être encore plus en microtechnique, des projets viennent souvent mettre en défaut les connaissances acquises. Pour faire face à des défis sans cesse renouvelés, il faut être prêt à apprendre et à se former en continu. Dans cette optique, des bases solides dans des matières telles que les mathématiques ou la physique facilitent le travail d'adaptation. Mais ce sont avant tout les méthodes d'apprentissage et de résolution de problèmes qui sont les plus bénéfiques. Les études m'ont fourni l'occasion de mesurer et d'entraîner ma capacité d'adaptation. Les défis réguliers dans le cursus m'ont donné une confiance suffisante en mes capacités à surmonter les difficultés

rencontrées, ceci face à des problèmes qui dépassaient mes connaissances du moment.

Pour finir, s'il y a bien un message que je voudrais passer aux nouvelles générations, c'est qu'il ne faut pas artificiellement réduire ses chances d'obtenir le métier de ses rêves. Le manque de confiance en soi ou un profil atypique ne doivent pas être un motif d'abandon. Les questions de genre ne doivent pas non plus dissuader de poursuivre dans la voie souhaitée. Tout comme le CSEM, je considère qu'il est important de promouvoir la diversité des genres dans les filières STEM (science, technologie, ingénierie et mathématiques). Au cours de mon expérience académique et professionnelle dans la microtechnique, j'ai pu rencontrer et collaborer avec des personnes brillantes, de tout profil et de tout genre. Avec une bonne dose de motivation et un peu de patience, il est possible de devenir l'une d'entre elles.»

Portrait

Barbara Kunz



Robotik und Machine Learning sind die Spezialgebiete von Brice Platterrier, der nach seinem Studium der Mikrotechnik heute am Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique CSEM in Alpnach arbeitet.



Martina Andenmatten, Bachelor in Mikrotechnik, Entwicklungsingenieurin in der Abteilung Fahrwerk und Getriebe für Schmalspur- und Zahnradbahnen, Stadler Bussnang AG

«HIER KANN ICH MIR WISSEN IM SCHIENENFAHRZEUGBAU ANEIGNEN»

**Von der Nähmaschinen-Konstrukteurin zur Entwicklungsingenieurin
beim führenden Schienenfahrzeughersteller in der Schweiz:
Martina Andenmatten (29) findet das Mikrotechnikstudium das**

perfekte Sprungbrett für die Arbeitswelt. Der Studiengang biete einen tiefen Einblick in Maschinenbau, Informatik und Elektrotechnik und schaffe eine Basis, die einem niemand nehmen könne, meint sie. Jetzt gerade sitzt sie an den Berechnungen für den Antrieb einer Lokomotive, die in der Zukunft auf den Wendelstein fahren wird.

Martina Andenmatten arbeitet erst seit kurzer Zeit bei Stadler in Bussnang und hat gerade mit einem neuen Projekt begonnen. Im Rahmen eines dreiwöchigen Werkstattpraktikums hat sie die Getriebe von Schmalspur- und Zahnradbahnen hautnah kennengelernt. Der Einblick sei sehr bereichernd gewesen, meint sie. Das Praktikum diene auch dazu, in der Werkstatt Kontakte zu knüpfen und damit die Zusammenarbeit zu fördern.

«Nun bin ich im Büro und habe mit den technischen Berechnungen für den Antrieb einer Lokomotive begonnen.» Zum einen muss das Getriebe dimensioniert werden, aber auch der Motor sowie das Bremssystem müssen ausgelegt werden. Anhand der Gegebenheiten wie Streckenprofil, Fahrgeschwindigkeiten und angehängten Lasten werden die Dimensionen bestimmt. «Bald komme ich in die Übergangsphase, wo ich am CAD (Computer Aided Design) die Berechnungen einfließen lassen und die Bauteile entsprechend dimensionieren kann.»

GETRIEBE IM ZENTRUM

Martina Andenmatten arbeitet als Entwicklungsingenieurin in der Abteilung Fahrwerk und Getriebe für Schmalspur- und Zahnradbahnen bei Stadler in Bussnang. Konkret heisst das: «Ich berechne Getriebe von Schmalspur- und Zahnradbahnen und modelliere diese im CAD. Anschliessend fertige ich die technischen Zeichnungen für die Produktion an. Tätigkeiten wie Stücklisten erstellen, Bestellungen abwickeln und Abklärungen mit den Lieferanten gehören auch in meinen Alltag.»

Stadler ist ein stetig wachsendes Unternehmen. Weltweit beschäftigt der

Schienefahrzeugbauer gegen 11000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, davon rund 3000 in der Schweiz. Die Abteilung der Schmalspur- und Zahnradbahnen wird speziell behandelt, da es sich um weniger grosse Stückzahlen handelt und die Beschaffungswege verkürzt sind.

Normalerweise startet Martina Andenmatten ihre Arbeit um 07.15 Uhr: «Ich nutze die ruhigere Zeit am Morgen sehr gerne für Arbeiten, bei denen viel Konzentration gefordert ist. Berechnungen, Dokumentationen, wichtige E-Mails. Im Lauf des Tages gibt es immer wieder Besprechungen, diese schätze ich auch sehr, da mich die Inputs von Kolleginnen und Kollegen bereichern und schliesslich auch weiterbringen. Am Nachmittag bereite ich mich gerne für den nächsten Tag vor, damit ich am Morgen direkt starten kann. Auch Fleissarbeiten mache ich am Nachmittag am liebsten.»

Martina Andenmatten arbeitet normalerweise im Büro am Computer und ist eher selten unterwegs. Lieferanten- wie auch Kundenbesuche sind möglich, aber nicht der Alltag. «Am meisten Kontakt habe ich mit den Kolleginnen und Kollegen in der Abteilung.» Die Getriebe, an denen diese arbeiten, haben zum Teil Ähnlichkeiten zu denjenigen in ihrem Projekt, da kann sie von den Erfahrungen der anderen profitieren. Auch generelle Anpassungen, die alle Getriebe betreffen, stimmen die Mitarbeitenden untereinander ab. «Zudem arbeite ich für projektspezifische Fragen eng mit dem Projektleiter zusammen. Ausserdem benötige ich Informationen der technischen Umgebung, sprich ich arbeite mit den Kolleginnen und Kollegen von anderen Abteilungen zusammen. Gewisse Fragen stelle ich auch direkt dem Kunden, wenn das möglich ist.»

TIPPS UND TRICKS AUS FERTIGUNG UND MONTAGE

Wie sie mit diesen Personen kommuniziert, ist von der jeweiligen Situation abhängig: «Wenn es eine kurze, simple Sache ist, bei der ich die Antwort nicht schnell benötige, mache ich gerne eine Mail. Ich habe somit die Möglichkeit, die Antwort immer wieder einzusehen

und kann mich auch bei Unsicherheiten vergewissern. Wenn ich komplexe Fragen habe, aus denen eher eine Findungsdiskussion entsteht, bevorzuge ich ein Meeting oder Telefonat. So gibt es weniger Missverständnisse und ich komme schneller ans Ziel.»

Martina Andenmatten möchte auch nach der Produktentwicklung mitbekommen, wie das Produkt entsteht: «Mir ist die Präsenz in der Werkstatt wichtig. Darum wollte ich auch den dreiwöchigen Austausch in der Werkstatt absolvieren. Ich habe schon sehr viel aus der Praxis gelernt. Diese Tipps und Tricks aus Fertigung und Montage, die man bei einer Bürotätigkeit einfach nicht mitbekommt, möchte ich nicht missen. Darum begleite ich das Produkt auch in der Montage.»

Für Martina Andenmatten ist die Mischung der vielfältigen Tätigkeiten das Reizvolle an ihrem Beruf. «Dass ich theoretisch arbeiten kann, kreativ im CAD, dann wieder nach Normen auf der Zeichnung, mal alleine, dann im Team: Das finde ich bereichernd.»

DAS GROSSE GANZE IM BLICK

Als Herausforderung betrachtet sie, wie in den letzten Jahren der Umfang an Dokumenten zugenommen hat, was eine gute Dokumentenverwaltung erfordert. Meist ist die Implementierung dieser Dokumentenverwaltungs-Programme ein langer Prozess. «Ich habe bei meiner früheren Arbeitsstelle diese Implementierung von Anfang an miterlebt. Das Resultat war toll, aber es hat mir viel Nerven und Geduld abverlangt», sagt sie. «Ich finde auch die Verantwortung eine grosse Herausforderung.» Martina Andenmatten darf bei einer Konstruktion nie das grosse Ganze ausser Acht lassen. «Ich habe schon mehrmals erlebt, dass eine vermeintlich kleine Änderung in der Summe doch eine grössere Auswirkung hatte, als erwartet.»

Martina Andenmatten absolvierte eine berufliche Grundbildung als Konstrukteurin bei der Bernina International AG. Als sie schon im zweiten Lehrjahr eine Durststrecke hatte, schaute sie sich nach Studienmöglichkeiten an Fachhochschulen um. «Ich habe mich für die Berner Fachhoch-

schule mit dem Studiengang Mikro- und Medizinaltechnik entschieden. Ich bevorzugte die kleineren Systeme, weil sie mir greifbarer erschienen. Die Medizinaltechnik wählte ich, weil mich die Vorstellung emotional beflügelt hat, mit meiner Konstruktion ein Menschenleben zu verbessern.»

Der Berufseinstieg als Mikrotechnik-Ingenieurin fiel ihr nicht schwer. Sie ging zurück zur Bernina International AG: «Die Arbeitsumgebung und das Team waren mir schon bekannt.» Die Aufgaben waren jedoch andere: Sie arbeitete während fünf Jahren in der Produktneuentwicklung von Overlockmaschinen.

ZAHNRÄDER, HEBEL, DRUCKZYLINDER

Ihre ursprüngliche Faszination für die Medizintechnik hat sich in dieser Zeit verändert: «Zum einen ist die Medizinaltechnikbranche in der Ostschweiz nicht so vertreten, und zum anderen habe ich festgestellt, dass ich die reine Mechanik bevorzuge. Zahnräder, He-

bel, Druckzylinder usw. machen mir mehr Freude. Auch wenn der Gedanke daran, ein Menschenleben zu retten, toll ist, möchte ich im Alltag etwas machen, was mich erfüllt.

Auch bezüglich der Systemgrösse habe ich meine Meinung revidiert. Ich hatte das Gefühl, bei kleineren Systemen eine bessere Übersicht zu haben. Das gab mir Sicherheit. Ich habe für mich herausgefunden, dass Probleme geometrisch so klein sein können, dass sie mit blossen Auge nicht mehr erkennbar sind. Meine Theorie, dass alles auf meinem Arbeitsplatz greifbar ist, ist nicht aufgegangen. Darum konnte ich mich jetzt auch für grössere Systeme begeistern lassen.»

Seit einigen Monaten arbeitet sie nun bei Stadler. Da sie gerade eine neue Herausforderung angepackt hat, hegt Martina Andenmatten im Moment noch nicht sehr viele Zukunftspläne. Wichtig ist ihr, ihr Wissen im Schienenfahrzeugbau aufzubauen.

Martina Andenmatten ist auch nach

dem Fachhochschulstudium Fachperson in der Mechanik (CAD Modellierung und Zeichnungserstellung) geblieben. Elektrotechnik und Informatik zählt sie nicht zu ihren Kernkompetenzen. Auch nutzt sie aus ihrem Studium weniger das Detailwissen – dies nützt ihr einzig in der Kommunikation mit anderen Abteilungen. «Viel wichtiger scheint mir, dass ich im Studium gelernt habe, Informationen zu beschaffen und diese zu verarbeiten. Ich habe auch gelernt, mir einen Weg zum Ziel selber zu erarbeiten.»

Porträt

Barbara Kunz

Inserat



Von der Idee zur Innovation.

Dipl. Techniker/in HF Automation
(berufsbegleitend)

www.zbw.ch



Zentrum für berufliche
Weiterbildung

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 FH GR

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 auf

www.berufsberatung.ch/studium

Weiterbildungsangebote nach dem Studium

www.swissuni.ch

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

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 sich 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 Uniluft zu schnuppern.

Noch Fragen?

Bei Unsicherheiten in Bezug auf Studieninhalte oder Studienorganisation fragen Sie am besten direkt bei der Studienfachberatung der jeweiligen Universität 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 auf folgender Internet-Seite: 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.

FACHGEBIET

Allgemeine Links zu den Fachgebieten

www.ingch.ch

Zahlreiche Informationen zu verschiedenen Ingenieurberufen

www.satw.ch

Schweizer Akademie der technischen Wissenschaften

www.studienwahl.de

Der offizielle Studienführer für Deutschland

Materialwissenschaft

www.empa.ch

Swiss Federal Laboratories for Materials Testing

www.mat.ethz.ch/studies

Materialwissenschaft, worum geht's? Informationen der ETH Zürich

www.svmt.ch

Schweizerischer Verband für Materialwissenschaft und Technologie

Nanowissenschaften

www.nanoscience.ch/nccr

Swiss Nanoscience Institut SNI

Mikrotechnik, Nanotechnologie

www.csem.ch

Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique CSEM

www.ivam.de

Fachverband für Mikrotechnik. Interessantes rund um die Mikrotechnik.

Literatur

Technik und Naturwissenschaften – Berufslaufbahnen zwischen Megabytes und Molekülen, Bern, SDBB (2015): Über 30 ausführliche und aktuelle Berufsporträts bilden das breite Spektrum eines Arbeitsfelds am Puls des Fortschritts ab; von der Agrarforschung über Medizintechnik bis zum Big-Data-Management.

Die erste Stelle nach dem Studium, Bern, SDBB (2019): Die Beschäftigungssituation von Neuabsolventinnen und -absolventen der Schweizer Hochschulen.

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



2016 | Biologie



2017 | Chemie,
Biochemie



2018 | Geowissenschaften



2019 | Germanistik,
Nordistik



2018 | Geschichte



2016 | Heil- und
Sonderpädagogik



2016 | Informatik,
Wirtschaftsinformatik



2017 | Interdisziplinäre
Naturwissenschaften



2019 | Internationale
Studien



2019 | Kunst



2016 | 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, Politikwissenschaft,
Gender Studies



2019 | Sport, Bewegung,
Gesundheit



2017 | Sprachwissenschaft,
Vergleichende Literaturwissenschaft,
Angewandte Linguistik



2017 | Theater, Film, Tanz



2020 | Theologie,
Religionswissenschaft



2016 | Tourismus, Hotel
Management, Facility
Management



2020 | Umweltwissenschaften

«Perspektiven»-Heftreihe

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

Im Jahr 2020 werden folgende Titel neu aufgelegt:

Medizinische Beratung und Therapie
Theologie, Religionswissenschaft
Psychologie
Soziale Arbeit
Umweltwissenschaften
Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik
Tourismus, Hotelmanagement, Facility Management
Heil- und Sonderpädagogik
Elektrotechnik und Informationstechnologie
Biologie
Informatik, Wirtschaftsinformatik
Medien und Information



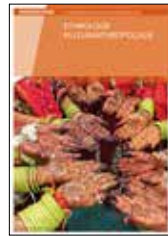
2018 | Design



2016 | Elektrotechnik und Informationstechnologie



2017 | Erziehungswissenschaft



2019 | Ethnologie, Kulturanthropologie



2019 | Kunstgeschichte



2018 | Maschinenbau, Maschinenbauingenieurwissenschaften



2020 | Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik



2017 | Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften



2020 | Psychologie



2019 | Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften



2018 | Romanistik



2018 | Slavistik, Osteuropa-Studien



2016 | Unterricht Mittel- und Berufsfachschulen



2018 | Unterricht Volksschule



2018 | Veterinärmedizin



2017 | Wirtschaftswissenschaften

IMPRESSUM

© 2020, 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 Stauer, René Tellenbach, SDBB

Fachredaktion

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

Fachlektorat

Barbara Friebe, BIZ Berufsberatungs- und Informationszentrum, Bern

Porträtbilder von Studierenden und Berufsleuten

Dominic Büttner, Zürich

Bildquellen:

Titelbild: Swiss Nanoscience Institute; Dominik Rohner, Marietta Batzer
S. 6: EPFL, Murielle Gerber; S. 8: Flickr.com/EMPA; S. 9: Alain Herzog/EPFL;
S. 10: Catherine Leutenegger/EPFL; S. 11: ETH Zürich/Christoph Karl, CMASLab; S. 12: Universität Basel, Dep. Physik, Prof. Dr. Dominik Zumbühl, Leon Camenzind; S. 13, 14 linke Spalte: Gruppe Niederberger, ETH Zürich; S. 14 oben: Laboratorium für Metallphysik und Technologie / Komplexe Materialien/ETH Zürich; S. 15: wikipedia.org; S. 16: Swiss Nanoscience Institute, Universität Basel/Christel Möller; S. 17, links: Sebastian Scherb, Departement Physik, Universität Basel; S. 17 rechts: 2018-07-14 Ziehhurm-128; S. 19: Empa; S. 21, 22: bfh - Berner Fachhochschule/Elisabeth Holzmann; S. 22: Olivier Christinat/EPFL; S. 45: stock.adobe.com/luchschenF; S. 46: Alain Herzog/EPFL; S. 48: shutterstock.com/Gorodenkoff; S. 50: Flickr.com/EMPA; S. 51: Marc Delachaux/EPFL; S. 52: stock.adobe.com/luchschenF; S. 55: www.scopem.ethz.ch; S. 58: www.biotronik.com; S. 59: Gaby Höss, Reutlingen (D); S. 63: shutterstock.com/Illustration Forest; S. 66: shutterstock.com/maxuser

Gestaltungskonzept

Cynthia Furrer, Zürich

Umsetzung

Viviane Wälchli, Zürich

Litho, 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

PE1-1005

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 Heften pro Ausgabe, 12 Hefte pro Jahr)	CHF 15.–/Heft

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



vorwärts kommen

WEITERBILDUNG

Die umfassendste **Datenbank** für
alle Weiterbildungsangebote in der Schweiz
mit über 33 000 Kursen und Lehrgängen.

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung | Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB
SDBB Verlag | Haus der Kantone | Speichergasse 6 | 3011 Bern | Telefon 031 320 29 00 | info@sdbb.ch
SDBB Vertrieb | Industriestrasse 1 | 3052 Zollikofen | Telefon 0848 999 001 | Fax 031 320 29 38 | vertrieb@sdbb.ch



SDBB

www.sdbb.ch



Universität
Basel

Swiss Nanoscience Institute



ENE INITIATIVE DER UNIVERSITÄT BASEL
UND DES KANTONS AARGAU

Interessierst du dich für Bio, Chemie und Physik?

Dann ist das Studium in Nanowissenschaften an der Universität Basel genau das Richtige! Die Universität Basel bietet einen interdisziplinären und praxisorientierten Bachelor- und Masterstudiengang in Nanowissenschaften an. Du bekommst eine umfassende Ausbildung in Physik, Chemie, Biologie und Mathematik, erhältst schon früh Einblicke in die Arbeit verschiedener international führender Forschungsgruppen und knüpfst Kontakte mit der Industrie.

nanostudy.unibas.ch





Nanotechnologie in der Chemie – ein Berufsfeld mit Zukunft!

Das ist ein Nanofaser-basiertes Aerogel: es ist so ultraleicht, dass es auf Löwenzahn schwebt, und hat trotzdem die Oberfläche eines Fussballfelds. Du willst wissen, wie du solche faszinierenden neuen Materialien herstellen und was du Nützliches damit machen kannst? Im Bachelorstudium Chemie an der ZHAW lernst du genau das! Es vermittelt zukunftsrelevantes Wissen aus Chemie, Biochemie sowie Material- und Nanotechnologie.

- Vertiefung Chemie
- Vertiefung Biologische Chemie