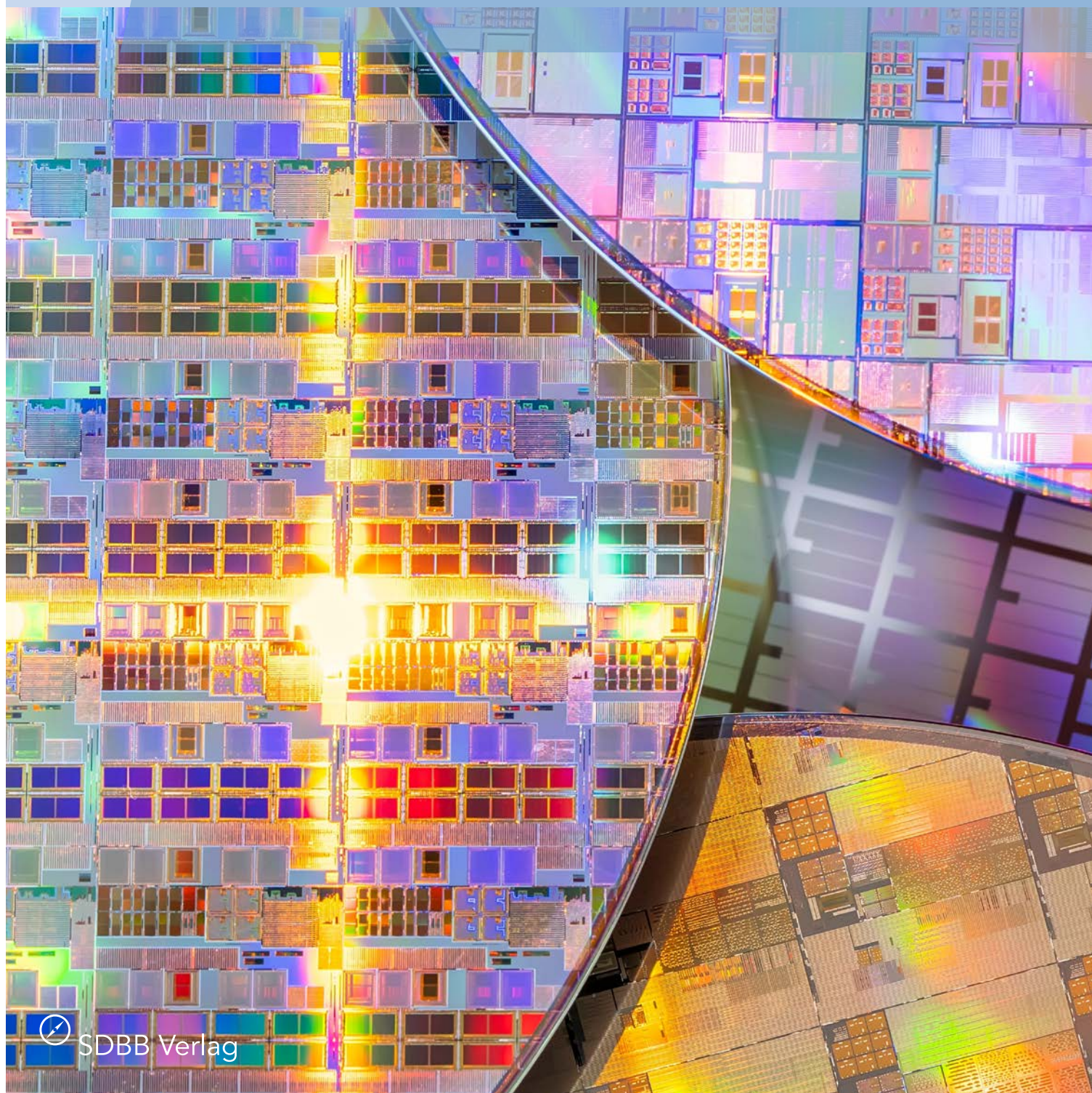


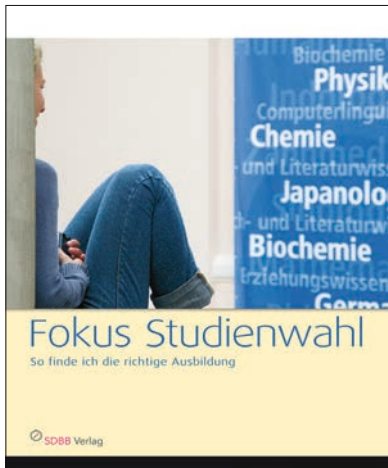
PERSPEKTIVEN

STUDIENRICHTUNGEN UND TÄTIGKEITSFELDER

MATERIALWISSENSCHAFT MIKROTECHNIK NANOWISSENSCHAFTEN



Fokus Studienwahl



Die Studienwahl ist ein zeitintensiver Prozess und keine Entscheidung, die in kurzer Zeit gefällt wird. Das Buch **«Fokus Studienwahl»** begleitet die Ratsuchenden durch diesen Prozess.

Das zum Buch gehörende Heft **«Fokus Studienwahl: Arbeitsheft»** (CHF 5.–) regt zur aktiven Auseinandersetzung mit den entsprechenden Themen an. Das Paket eignet sich sowohl als Instrument für den Studienwahlunterricht, das Selbststudium von Maturandinnen und Maturanden, wie auch für den Beratungsalltag in der Studienberatung.

Auflage: 6. aktualisierte
Auflage 2024
Umfang: 76 Seiten
Art.-Nr: LI1-3022
ISBN: 978-3-03753-291-1
Preis: **CHF 18.–**

«Fokus Studienwahl» orientiert sich an der Systematik des Studienwahlprozesses und gliedert sich in vier Teile:

- Interessen, Fähigkeiten, Wertvorstellungen
- Sich informieren
- Entscheiden
- Realisieren

Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung | Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB
Centre suisse de services Formation professionnelle | orientation professionnelle, universitaire et de carrière CSFO
Centro svizzero di servizio Formazione professionale | orientamento professionale, universitario e di carriera CSFO

SDBB Verlag | Belpstrasse 37 | Postfach | 3001 Bern | Tel. 031 320 29 00 | info@sdbb.ch | www.sdbb.ch
SDBB Vertrieb | Industriestrasse 1 | 3052 Zollikofen | Tel. 0848 999 001 | vertrieb@sdbb.ch



SDBB | CSFO

Online bestellen: www.shop.sdbb.ch

**Barbara Kunz**

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

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Dieses Heft stellt Ihnen Studiengänge vor, die Sie aus der Schule nicht kennen. Sie sind spannend, weil sie Verbindungen und Grenzgebiete erforschen. Wenn Sie sich nicht zwischen Mathematik, Chemie, Physik und Biologie entscheiden wollen, so lohnt es sich, dieses Heft genauer anzuschauen.

Eine Gemeinsamkeit von Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik ist die Interdisziplinarität. Dies gilt sowohl für das Studium (Seite 25) als auch für den Beruf (Seite 46). Ebenfalls für alle drei gilt, dass es darum geht, die kleinsten, winzigsten, innersten Strukturen von Materialien zu verstehen, zu beeinflussen und zu bearbeiten. Wenn Sie also neugierig sind auf die ganze Breite der Naturwissenschaften und ihre technische Nutzbarkeit, bieten die hier beschriebenen Studiengänge spannende Optionen.

Die Anwendungsmöglichkeiten der genannten Fächer sind unglaublich vielfältig: von der Raumfahrt über Medizintechnik und Architektur bis zu Kommunikationstechnologie und vielem mehr. Wer also die technische Entwicklung weiterbringen will, findet in diesem Heft viel Inspirierendes.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Barbara Kunz

Titelbild

Beispielhaft für Interdisziplinarität: Monokristalline Siliziumscheiben mit Mikrochips, die bei der Herstellung elektronischer Schaltungen verwendet werden.

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

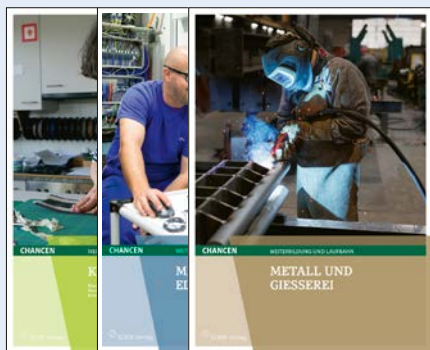
Die Heftreihe «**Perspektiven: Studienrichtungen und Tätigkeitsfelder**» informiert umfassend über alle Studiengänge, die an Schweizer Hochschulen (Universitäten, ETH, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen) studiert werden können.

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 «Perspektiven»-Heft.

› Editionsprogramm Seiten 66/67

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



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

Weitere Informationen zu den Heftreihen finden sich auf:

www.chancen.sdbb.ch

www.perspektiven.sdbb.ch

INHALT

MATERIALWISSENSCHAFT, MIKROTECHNIK, NANOWISSENSCHAFTEN

6 FACHGEBIET

- 7 Grenzenlose Innovation: Materie im Mikro- und Nanokosmos
- 12 Beispiele aus der Forschung
- 14 Einmal tief einatmen, bitte!
- 15 Kohlenstoff im Beton: auf CO₂ bauen
- 17 Die Grenzen der Optik sprengen
- 18 Eine unerwartete Antenne für Nano-Lichtquellen
- 19 In Niederwangen wird radioaktives Gas rezykliert
- 20 Neuartige Beschichtung verhindert Kalkablagerung
- 22 Neue Horizonte
- 23 Wunden lóten mit Licht und Nano-Thermometer

15

Kohlenstoff im Beton: auf CO₂ bauen. Die Bauwirtschaft als CO₂-Senke? Daran arbeiten Forschende des «Concrete & Asphalt Labs» der Empa. Mit dem Einbringen von Pflanzkohle in Beton loten sie das Potenzial von CO₂-neutralem oder gar CO₂-negativem Beton aus. Für optimale Praxistauglichkeit verarbeiten sie die Kohle vorab zu Pellets.



24 STUDIUM

25 **Materialwissenschaft, Mikrotechnik oder Nanowissenschaften studieren**

- 29 Studienmöglichkeiten
- 33 Besonderheiten an einzelnen Studienorten
- 34 Verwandte Studienrichtungen und Alternativen zur Hochschule

35 **Porträts von Studierenden:**

- 35 Sara Noaman, Materialwissenschaft
- 37 Lukas Heer, Materialwissenschaft
- 39 Mauro Settimo, Precision Engineering mit Schwerpunkt Optical Engineering
- 41 Sarah Vogel, Nanowissenschaften
- 42 Elaine Schneider, Nanowissenschaften

25

Studium: Neue Materialien und Techniken sind Voraussetzung für technologischen Fortschritt. Wer daran arbeiten will; wer sich für naturwissenschaftliche Fächer interessiert, ohne sich für eines davon entscheiden zu wollen; wer Interdisziplinarität sucht, ist bei den Fachgebieten Materialwissenschaft, Mikrotechnik oder Nanowissenschaften richtig.



44 WEITERBILDUNG

46 BERUF

47 Berufsfelder und Arbeitsmarkt

50 Berufsporträts:

- 51 Murielle Schreck, Doktorat in Materialwissenschaft, Start-up-Gründerin, qCella AG
- 54 Thomas Geldmacher, Master in Materialwissenschaft, Prozessentwicklungsingenieur für Medizinalprodukte
- 56 Lydie Blaettler, Bachelor in Microtechniques, Laboringenieurin, MPS Watch
- 58 Milan Liepelt, Master in Nanowissenschaften, New Technology Lead, ARTIDIS AG
- 61 Arne Barfuss, Doktorat in Nanowissenschaften, Manager im Bereich Produktentwicklung, Robert Bosch GmbH

35

Studierendenporträts: Sara Noaman (22) studiert Materialwissenschaft an der ETHZ. Zurzeit ist sie in der Lernphase: Sie muss den gesamten Stoff des Semesters durchgehen und die Übungen noch einmal durcharbeiten. Nach den Prüfungen beginnt sofort das nächste Semester. Im Sommer wird sie dann nur etwa drei Wochen freihaben, bevor das Masterstudium anfängt.



64 SERVICE

- 64 Adressen, Tipps und weitere Informationen
- 65 Links zum Fachgebiet
- 66 Editionsprogramm
Impressum, Bestellinformationen

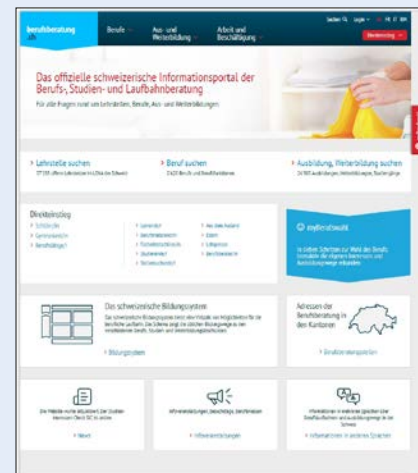
58

Berufsporträts: Wenn die ARTIDIS AG in neue wissenschaftliche Felder vorstösst, neuste Technologien anwendet und Prototypen von Analysegeräten für die schnellere Krebsdiagnostik entwickelt, so tut sie dies aufgrund der Vorarbeit von Milan Liepelt (31). So trägt er grosse Verantwortung für das Fortkommen der Firma.



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. www.berufsberatung.ch/materialwissenschaft
www.berufsberatung.ch/mikrotechnik
www.berufsberatung.ch/nanowissenschaft

Weiterbildung

Die grösste Schweizer Aus- und Weiterbildungsdatenbank enthält über 30 000 redaktionell betreute Weiterbildungsangebote.

Laufbahnfragen

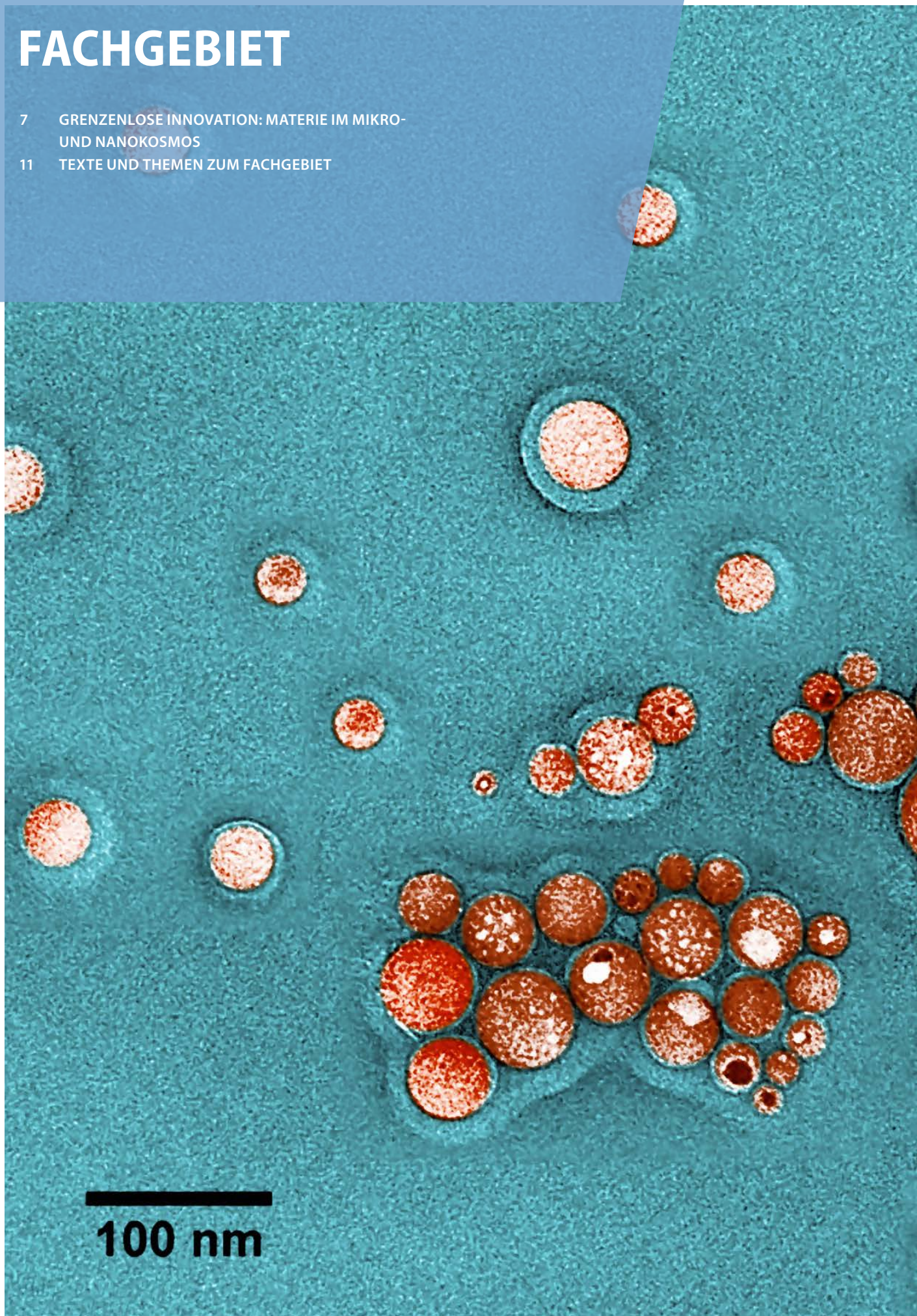
Welches ist die geeignete Weiterbildung für mich? Wie bereite ich mich darauf vor? Kann ich sie finanzieren? Wie suche ich effizient eine Stelle? Tipps zu Bewerbung und Vorstellungsgespräch, Arbeiten im Ausland, Um- und Quereinstieg u. v. m.

Adressen und Anlaufstellen

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

FACHGEBIET

- 7 GRENZENLOSE INNOVATION: MATERIE IM MIKRO- UND NANOKOSMOS
- 11 TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET



GRENZENLOSE INNOVATION: MATERIE IM MIKRO- UND NANOKOSMOS

Materialwissenschaft, Mikrotechnik und Nanowissenschaften führen uns von den Geheimnissen der atomaren Strukturen bis zur Entwicklung intelligenter Werkstoffe. Dabei bewegen sie sich in einer Welt mit unvorstellbar winzigen Dimensionen und verbinden Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Die hier vorgestellten Fachbereiche beschäftigen sich – wie viele Naturwissenschaften – mit dem, was die Welt im Innersten zusammenhält. Wie die Physik, wie die Chemie richten sie den Fokus auf die kleinsten Teile der Materie. Was die Materialwissenschaft, die Mikrotechnik und die Nanowissenschaften besonders auszeichnet, ist ihre Interdisziplinarität.

In der Materialwissenschaft werden neben den Naturwissenschaften (Chemie, Physik, Biologie) und materialwissenschaftlichen Fächern verfahrenstechnisches Know-how in Forschung und Entwicklung eingebracht. Die Materialwissenschaft bildet damit eine Brücke zwischen den Natur- und den Ingenieurwissenschaften. Bei den Nanowissenschaften handelt es sich um einen interdisziplinären naturwissenschaftlichen Fachbereich mit den Disziplinen Biologie, Physik und Chemie.

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

Die Zusammenarbeit verschiedener Fachbereiche ist oft entscheidend für die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren, sei es die Optimierung der Speicherkapazität von Batterien, die Konzeption eines Laser-Operationsroboters oder die Realisierung eines Quantencomputers. Die Erkenntnisse aus Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und der Mikrotechnik führen zu Fortschritten in zahlreichen Gebieten. Zum Beispiel wurde für Medizin und Medizintechnik ein Pflaster entwickelt, das im Dünndarm gefährliche Läsionen entdeckt und verschliesst. Gesucht wird auch nach CO₂-neutralem oder gar CO₂-negativem Beton, günstigeren und nachhaltigeren Solarzellen und vielem anderem mehr.

MATERIALWISSENSCHAFT – EIGENSCHAFTEN BEEINFLUSSEN

Ob im Sport, im Transportwesen, in der Medizin, der Bekleidung oder der Elektronik: Werkstoffe spielen eine entscheidende Rolle. Ohne das materialwissenschaftliche Know-how gäbe es zahlreiche Produkte des täglichen Lebens nicht in ihrer aktuellen Form. 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.

Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler erforschen und entwickeln, produzieren, formen und prüfen Werkstoffe, um sicherzustellen, dass sie die gewünschten Eigenschaften besitzen. Sie wählen die passenden Stoffe für ein Einsatzgebiet aus, berechnen den Preis, bestimmen Sicherheitswerte, schätzen die Lebensdauer und analysieren Schadstoffe. Die Materialwissenschaft verbessert alte Werkstoffe und entwickelt neue im Spannungsfeld zwischen perfekter und bezahlbarer Lösung.

Die Materialwissenschaft arbeitet mit einer breiten Palette von Werkstoffen: von Polymeren, Keramiken, Metallen über Materialien mit speziellen optischen und elektronischen Eigenschaften und Verbundwerkstoffen bis hin 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. Auf dieser Grundlage können Ingenieurinnen und Ingenieure den Werkstoff beeinflussen und ihm spezifische Eigenschaften verleihen. Das Verhältnis zwischen der Mikrostruktur und den Eigenschaften eines Werkstoffs wird durch modernste Untersuchungsformen wie (Raster-)Elektronenmikroskopie und spektroskopische Verfahren erforscht. Die Ergebnisse fließen in computergestützte Werkstoffmodelle ein.

Interdisziplinarität

Das Verhalten eines Werkstoffes in Produktion und Einsatz wird durch das Zusammenspiel chemischer, physikalischer und teilweise biologischer Faktoren bestimmt. Die Optimierung der Werkstoffe zielt darauf ab, ihre Leistungsfähigkeit zu verbessern und dabei wirtschaftliche und ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Werkstoffe sind nie ein Endprodukt, sondern sie erfüllen eine Funktion innerhalb eines mehr oder minder komplexen Systems.

Materialwissenschaftliche Probleme überschreiten oft die traditionellen Grenzen zwischen Fachgebieten, und die Zusammenarbeit mit Vertreterinnen und Vertretern anderer Disziplinen ist von grosser Bedeutung.

Für spezifische Anwendungen werden massgeschneiderte Werkstoffe entwickelt. In Zukunft wird es vermutlich immer



Forschende der ETH Zürich, der Empa und der EPFL entwickeln eine 3D-gedruckte Einlegesohle mit integrierten Sensoren, die das Messen des Sohlendrucks im Schuh und damit während beliebiger Aktivitäten erlaubt. Dies hilft Athletinnen oder Patienten, Leistungs- und Therapiefortschritte zu bestimmen.

mehr sogenannte intelligente Werkstoffe geben, die ihre Eigenschaften den Umständen ihrer Nutzung und auch den äusseren Einflüssen anpassen können.

Beispiele von Forschungsprojekten:

- additive Fertigung von bioresorbierbaren Mg-Legierungen
- Identifizierung des Ladungszustands einzelner Adsorbate
- massgeschneiderte Schnittstellen für neue Materialien
- Struktur der auffällig blauen Federn des Rotkehl-Hüttensängers

MIKROTECHNIK- HIGHTECH AUF KLEINSTEM RAUM

Klein, präzise, intelligent: In der Mikrotechnik geht es um Verfahren zur Herstellung von Körpern und Strukturen im Bereich von Tausendstel Millimetern – das heisst Mikrometern. Bei Strukturgrössen ab etwa 100 nm (Nanometer 1 nm ist der millionste Teil eines Millimeters) spricht man von Nanotechnologie.

Die Mikrotechnik hat in der Schweiz vor allem im Rahmen der Uhrenindus-

trie eine lange Tradition. Kein Wunder, suchen Firmen der Medizintechnik, der Robotik, der Weltraumtechnik, der Automobiltechnik und anderer innovativer Gebiete das Know-how von Schweizer Mikrotechnikerinnen und Mikrotechnikern. Vom PC bis hin zum künstlichen Herzen oder der Weltraumrobotik: Es gibt heute kaum noch Geräte, welche auf mikrotechnische Bestandteile verzichten können.

Auch bei der Mikrotechnik handelt es sich um ein interdisziplinäres Gebiet. Sie bewegt sich an den Schnittstellen zwischen Maschinenbau, Medizintechnik, Elektronik, Materialwissenschaft, Informatik, Physik und Chemie. Mikrotechnikingenieurinnen und -ingenieure 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 und so weiter. 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, der Vermessung 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

Bei der *Mechatronik* handelt es sich um die Ingenieurwissenschaft, die Mechanik, Elektronik, Informatik so-

wie 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 Herstellung von Aktuatoren und Sensoren für medizinische Anwendungen sind Thema.

Photonik ist ein Spezialgebiet der modernen *Optik*, in dem optische Schaltelemente zur Signalübertragung und -verarbeitung entwickelt werden. Hochpräzise optische Sensoren, die berührungslos messen, werden in vielen Bereichen eingesetzt.

Die *Robotik* beinhaltet Entwurf, Konstruktion und Programmierung von industriellen und mobilen Robotern, Entwicklung und Anwendung von Produktions- und Montageeinrichtungen für die Mikrotechnik.

Die *Sensortechnik* 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.

Die *Mikrofluidik* schliesslich findet sich in vielen Bereichen, vom chemischen Mikroreaktor für die Produktion, über biotechnologische, analytische Lab-on-a-Chip-Systeme, bis hin zu Pumpen und Tintenstrahl-Druckköpfen.

Die *Nanotechnologie* kann als Fortsetzung und Erweiterung der Mikrotechnik angesehen werden, doch erfordert eine weitere Verkleinerung von Mikrometerstrukturen meist völlig unkonventionelle neue Ansätze.

Anwendungsfelder der Mikrotechnik

- Automobiltechnik: kratzfeste Decklacke, Leichtbau (Schäume, Polymere), Verschleißung, Korrosionsschutz, Sensoren, Katalyse (Verbrennung, Abgas)
- Bauindustrie: Baustoff-Verstärkung, saubere Oberflächen, schaltbare Verschleißung, Wärmedämmung, Korrosionsschutz
- Chemie: Wirkstoffsuche, Synthese/

Katalyse, Sensoren, Prozessüberwachung

- Elektronik, IT, Druck: Displays (OLED, FED), Polymerelektronik, Prozessoren, Speicher (GMR), Sensoren, Biochips, Passivierung
- Energiespeicherung/-wandlung: Batterien, Superkondensatoren, Brennstoff- und Solarzellen, Thermische Kraftwerke, IR-Reflexion/Verschleißung
- Medizin/Gesundheit: Diagnostik, Therapie, Wirkstoff-Freisetzung, Tissue Engineering
- Optik: Ophthalmik, Entspiegelung, Photonik, Laser, Wellenleiter, optische Speicher, Lichttechnik
- Umwelt: Abwasserreinigung, Wertstoffabtrennung, Photokatalyse, Luftreinhaltung, Umweltüberwachung, Entsalzung
- Verbraucherprodukte: Kosmetik, Sonnenschutz, Antimikrobielle Textilausrüstung, Verpackungen

Interdisziplinarität

Damit Lösungen für technische und medizinische Probleme gefunden werden, wirken mehrere technische Disziplinen zukunftsweisend zusammen: Mikrotechnik, Optotechnik und Me-



Ein Forscher arbeitet in einem Labor für Quantenoptik mit Lasern.

chatronik, Elektronik, Informatik, Mechanik, Sensorik und Messtechnik.

NANOWISSENSCHAFTEN – DAS UNVORSTELLBAR KLEINE NUTZEN

Die Nanowissenschaften sind ein interdisziplinärer naturwissenschaftlicher Fachbereich mit Fokus auf die Nanowelt. Ein Nanometer ist ein Millionstel Millimeter. Ein Atom hat etwa einen Durchmesser von 0,1 Nanometer (nm). Diese Größenordnung bezeichnet einen Grenzbereich, in dem die Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien eine immer grössere Rolle spielen. Verhalten und Eigenschaften von Nanomaterialien werden nämlich nicht nur durch ihre Zusammensetzung bestimmt, sondern auch durch ihre Grösse, ihre Form (zylindrisch, sphärisch, plättchenartig usw.), ihren Zustand (ungebundene Partikel, Aggregat oder Agglomerat) sowie durch ihre besonders grosse spezifische Oberfläche (Verhältnis von Oberfläche zu Volumen). Die Vermutung ist, dass in dieser Grösse Quanteneffekte ausschlaggebend sind. Dadurch verändern sich wesentliche Eigenschaften des Stoffes wie Löslichkeit, Farbe, Transparenz und Leitfähigkeit. Auch die Aufnahme in den Körper und die

Mobilität in Organismen ist bei kleineren Partikeln erhöht, was zur Folge haben kann, dass Nanopartikel von der Lunge in die Blutbahn gelangen. Tatsächlich überwinden sie sogar die Blut-Hirn-Schranke.

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.

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 ebenfalls interdisziplinäre Fragestellungen. Die Nanowissenschaften sind damit mehr als die Vereinigung von Physik, Chemie und Biologie.

Teilgebiete der Nanowissenschaften

Die *Nanobiologie* ist ein junger Zweig der Naturwissenschaften und zeichnet sich durch besondere Interdisziplinarität aus. Sie nutzt, anders als die Genetik oder Molekularbiologie, neue Methoden der Nanotechnologie (Rasterkraftmikroskopie, Nanoma-

terialien wie Quantenpunkte und nanoskalige Oberflächen), um biologische Prozesse zu manipulieren, zu analysieren und nachzubauen. Diese Prozesse sind nanoskalig, das heisst alle Längenausdehnungen sind unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts, im Allgemeinen kleiner als 100 Nanometer.

Die *Nanophysik* erforscht experimentell die elektronischen und optischen Eigenschaften sowie die Oberflächen einer Vielzahl interessanter und neuartiger Materialien. Diese Forschung basiert auf der Entwicklung und ständigen Verfeinerung von Bildgebungsverfahren im Nanomassstab, deren Auflösung bis in den atomaren Bereich reicht. Das Know-how der Nanophysik fliesst in neue Materialien und verschiedene Technologiebereiche ein: Sensoren im Nanomassstab, Instrumente für die medizinische Diagnostik, Energieeffizienz und -speicherung sowie Solartechnik. Nahe verwandt mit der Nanophysik ist die Quantenphysik.

Unter *Nanochemie* versteht man die chemischen Methoden zur Synthese, Analyse und Charakterisierung chemischer Verbindungen im Nanometerbereich, um zum Beispiel Nanomaterialien herzustellen. Die Forschung be-



Nanowissenschaften eröffnen unter anderem zukunftssträchtige medizinische Anwendungen. Im Bild ein KI-generiertes Foto eines Nanobots, der mit menschlichen Zellen interagiert.



Fragen aus Materialwissenschaft, Computertechnologie und Medizin münden immer häufiger in Fragestellungen der Nanowissenschaften. Im Bild: Mikrochips.

schäftigt sich mit der Synthese neuer funktioneller Nanomoleküle und nanostrukturierter Oberflächen. Dabei sind Ziel, Form, Struktur und Zusammensetzung 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, die Wirkstoffe direkt ans Ziel im Körper bringen. Fluoreszierende, halbleitende Nanokristalle – eine Unterklasse der Quantenpunkte – dienen der biologischen Markierung.

Beispiele der Nanoforschung:

- Grundlegende Prinzipien und funktionelle Beziehungen zwischen molekularer Mechanik, Selektivität und Transport in biologischen Systemen
- Methoden zur Modellierung und Simulation von dreidimensionalen Proteinstrukturen, um die Funktionen von Proteinen auf atomarer Ebene aufzuklären
- Erforschung der Gitterdynamik und dem Photonentransport auf Nanoebene
- Verbleib und Auswirkungen von landwirtschaftlich relevanten Nanomaterialien

VERWANDTE FACHGEBIETE

Mit Materialwissenschaft, Mikrotechnik und Nanowissenschaften verwandt sind Studiengänge wie Chemie, Physik, Maschinenbau, Elektrotechnik oder auch Informatik. Alle hier erläuterten Fachgebiete finden häufig in der Medizintechnik Anwendung. 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.

Quellen

www.bag.admin.ch
www.berufsberatung.ch
www.bfh.ch
www.epfl.ch
www.ethz.ch
www.ivam.de
<https://nanopartikel.info/forschung>
www.nanoscience.ch
www.photonikforschung.de
www.studienwahl.de
www.wikipedia.ch

TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET

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

Beispiele aus der Forschung:

Forschende entwickeln einen Roboterregenwurm, Pflaster für den Darm, Nanotextilien, ein Lab-on-the-Chip, Ultraschallrotoren u.v.a.m. (S. 12)

Einmal tief einatmen, bitte! Die Lungenflüssigkeit ist sehr wichtig für uns und sehr komplex. (S. 14)

Kohlenstoff im Beton: Auf CO₂ bauen. Die Betonproduktion ist CO₂-intensiv. Kann sie CO₂-neutral oder gar -negativ werden? (S. 15)

Die Grenzen der Optik sprengen. 2D-Nanostrukturen ermöglichen neue Bildgebungstechnologien. (S. 17)

Eine unerwartete Antenne für Nano-Lichtquellen. Eine Entdeckung von ETH-Forschenden dient der effizienten Herstellung von Lasern und Nano-LEDs. (S. 18)

In Niederwangen wird radioaktives Gas recycelt. Dieses kann zur Produktion von Glimmlaternen verwendet werden. (S. 19)

Neuartige Beschichtung verhindert Kalkablagerung. Kalk ist nicht nur für Haushaltgeräte lästig, sondern auch ein teures Problem in thermischen Kraftwerken. (S. 20)

Neue Horizonte. Forschende verschieben Grenzen in der Nanowelt, fünf Beispiele. (S. 22)

Wunden löten mit Licht und Nano-Thermometer. Ein neuartiges Lötverfahren mit Nanopartikeln verhindert Komplikationen. (S. 23)

BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Aus den Fachgebieten dieses Hefts werden laufend Forschungsergebnisse publiziert. Sie bewegen sich von Grundlagenforschung bis zu Lösungsansätzen für aktuelle Probleme. Hier ein kleiner Einblick.

MATERIALWISSENSCHAFTEN

In Bier verpackt: Bioabbaubare Materialien

Empa-Forschende haben aus einem Abfallprodukt des Bierbrauens Nanocellulose gewonnen und diese zu einem Aerogel verarbeitet. Dank seiner porösen Struktur ist das entstandene Aero-



gel leicht und verfügt über hohe Wärmeisolation. Der hochwertige Werkstoff könnte in Lebensmittelverpackungen zum Einsatz kommen.

www.empa.ch

Alles ohne fossile Brennstoffe

Forscherinnen und Forscher der Tessiner Universität SUPSI entwickeln für das europäische Projekt «Hydrosol Beyond» Systeme zur Rückgewinnung von Wärme nach der Wasserspaltung (Hydrolyse). Dabei wird aus Wasser reiner Wasserstoff und Sauerstoff gewonnen. Ziel ist, die bei diesem Prozess entstehende Wärme zurückzugewinnen und sie zum Vorheizen der Einheit für die Wasserspaltung zu nutzen. Dafür stellen die Forschenden

eine neue Generation von Wärmeaustauschern her, die bei sehr hohen Temperaturen von etwa 1200 Grad Celsius arbeiten und sehr kompakt sein müssen. Genau das bieten keramische Strukturen.

www.supsi.ch

Entwicklung eines intelligenten Pflasters

In der Forschungsgruppe für Nanopartikeluläre Systeme hat der Materialwissenschaftler Alexandre Anthis an der



Entwicklung eines intelligenten Pflasters für Operationen am Darm mitgearbeitet. Das Pflaster vermeidet und erkennt undichte Stellen.

www.ethz.ch

Dünne Schichten, hohe Ziele

Der Forscher Yaroslav Romanyuk arbeitet an der Empa seit rund 15 Jahren an komplexen Dünnschicht-Technologien für Solarzellen, gedruckte Schaltungen, neuartige Festkörperbatterien und andere Anwendungen. Mit seinem Team verfolgt er ehrgeizige Ziele – von innovativen Materialien über ein Start-up bis zu künstlicher Intelligenz für künftige Experimente.

www.empa.ch

Bachelorarbeiten in Materialwissenschaft

– Multi-material 3D printing: combining active and structural metals

- Metal oxide nanoparticle based aerogels for photothermal catalysis
- Characterization of bacterial cellulose produced by different strains of *A. Xylinum* cells
- Optical control of polarization in ferroelectric thin films
- Process and material optimization for production of dielectric elastomer actuators

www.ethz.ch

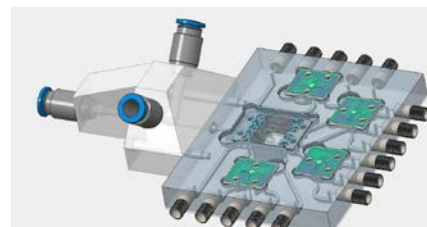
MIKROTECHNIK

Zerstören statt filtern

Gewässer, die mit Pestiziden oder Pharmazeutika belastet sind, stellen eine Gefahr für die Ökosysteme und für die Gesundheit des Menschen dar. Das ETH-Spin-off Oxyle will solche Mikroverunreinigungen dort bekämpfen, wo sie entstehen: bei Herstellern von industriellen Chemikalien, Pharmafirmen oder Krankenhäusern. Die Technologie des Cleantech-Unternehmens filtert nicht Schadstoffe aus dem Wasser, sondern zerstört sie mithilfe eines Katalysators ganz.

www.oxyle.ch, www.ethz.ch

Systemintegration

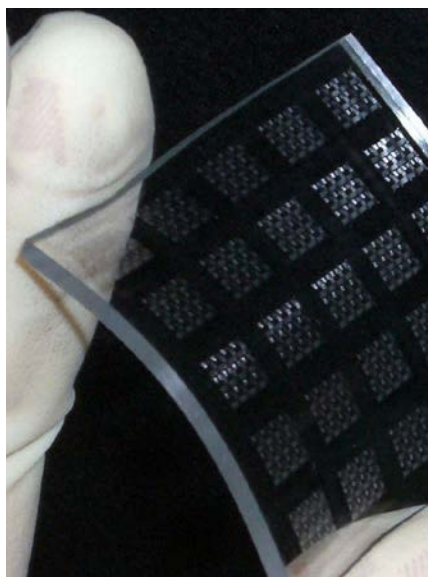


Eine wichtige Herausforderung bei der Entwicklung von Lab-on-a-Chip-Systemen ist die Ankopplung elektronischer und fluidischer Anschlüsse für den Medien- und Datenaustausch. Bei einem Lab-on-a-Chip-System wird die gesamte Funktionalität eines makroskopischen Labors auf einem wenige Zentimeter grossen Substrat untergebracht. Ein Team der Fachhochschule Ost integriert mikromechanische Systeme in die makroskopische Umgebung in einer Kombination von Materialien wie Glas, Silizium, Kunststoff und Silikon. Dadurch wird es möglich, komplexe mikrofluidische Netzwerke als kompakte und robuste Bauteile zu produzieren.

www.ost.ch

Micro-Contact-Printing (μCP)

Der Mikrokontaktdruck (engl. micro-contact printing; μCP) ist eine einfache und flexible Methode, um einzelne Moleküle oder komplexe Substanzen (z.B.



Klebstoffe, Lacksysteme, Pasten, ...) strukturiert auf Oberflächen zu übertragen. So können auf ein und derselben Oberfläche unterschiedliche chemische Funktionen im Mikro- bis Nanometer-Bereich über grosse Flächen erzeugt werden. Beim Mikrokontaktdruck werden die Moleküle durch einen elastischen Silikon-Stempel auf die Zielloberfläche durch Kontakt übertragen.

www.ost.ch

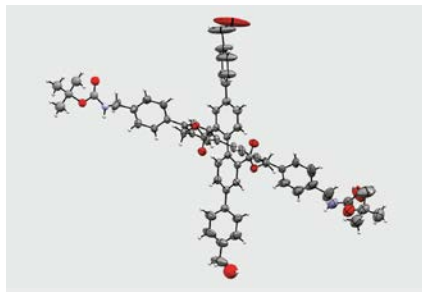
Bachelorarbeiten in Mikrotechnik

- Visuelle Sehhilfe für widrige Bedingungen
- Résistance des montres à l'environnement actuel
- Schichtdickensensor zur Detektion von Schichtablagerungen in Prozesskammern
- Mikro-Schleifmaschine für ophthalmologische Instrumente
- LCP-based Packaging of Microelectronics for Bio-Electronic Implants

NANOWISSENSCHAFTEN

Molekül für Nanotextilien

Die Struktur von gewebten Stoffen – stabil und doch flexibel – wollen Chemikerinnen und Chemiker der Universität Basel im Nanobereich nachbauen: Sie entwarfen kreuzförmige Moleküle, die sie auf einer Wasseroberfläche flach



anordnen und zu einem Gitter zusammenfügen wollen. Wird an Kreuzungspunkten die Verbindung zwischen längs und quer laufenden Fäden gelöst, entsteht ein molekulares Gewebe.

www.horizonte-magazin.ch,

www.nanoscience.ch

Sepsis rascher detektieren

Wie Borsten auf einer Zahnbürste, nur millionenfach kleiner, so werden die DNA-Fäden auf einem winzigen Siliziumstreifen beschrieben. Sie sind das Herzstück eines neuen Nanosensors, mit dem sich Blutvergiftungen (Sepsis) innert weniger Stunden nachweisen lassen. Die sonst dafür nötige tagelange Kultivierung von Bakterien entfällt. An den Borsten lagern sich spezifisch kleine Stücke der Bakterien an, wodurch sich der Streifen um Millionstel eines Millimeters verbiegt, was ein Laserstrahl detektiert. Der Test schlägt schon bei 20 Bakterien pro Milliliter Blut an. Die Methode eignet sich für den Nachweis jeder Infektion.

Mitentwickelt haben den Sensor das Universitätsspital Basel, das Universitäts-Kinderspital beider Basel und das Swiss Nanoscience Institute.

www.horizonte-magazin.ch

Schwebend dank Schallwellen



Forschende aus dem Nanoforschungsnetzwerk untersuchen Methoden, um Partikel mithilfe von Schallwellen in der Luft zu halten (akustische Levitation) – beispielsweise für kristallographische Untersuchungen von Proteinen. In ihrer jüngsten Studie untersuchen sie Ultraschallrotoren als Probenhalter. Sie zeigen den Einfluss von Grösse und Form der Rotoren, mit deren Hilfe eine kontrollierte Rotation der akustisch in der Schwebe gehaltenen Proben möglich ist.

www.nanoscience.unibas.ch

Masterarbeiten in den Nanowissenschaften

- 3D printed axonal guidance for human stem cell-derived neuronal culture
- Vibrio cholerae Bakterien im Inneren eines Biofilms
- Biological Characterization of Functionalized Black Phosphorus Nanosheets
- Edge passivation of vicinal surfaces for controlled growth and substrate transfer of graphene nanoribbons
- Towards Artificial Cells: Producing & Manipulating Liposomes On-Chip

www.nanoscience.unibas.ch

EINMAL TIEF EINATMEN, BITTE!

Die Lunge beherbergt eine komplexe Flüssigkeit: das Surfactant. Es kann bei Frühgeborenen oder Covid-Betroffenen auf der Intensivstation über Leben und Tod entscheiden. Eine ETH-Materialwissenschaftlerin will etwas Licht in die trübe Substanz bringen.

Maria Novaes Silva giesst vorsichtig eine trübe Flüssigkeit in eine kleine Kammer aus Plexiglas. «Diese komplexe Flüssigkeit heisst Surfactant und wurde aus der Lunge von Tieren gewonnen.» Im Rahmen ihrer Doktorarbeit will Maria die Eigenschaften dieser besonderen Flüssigkeit besser verstehen.

SURFACTANT ERLEICHTERT DAS EINATMEN

Spezielle Lungenzellen produzieren das Surfactant. Es erleichtert das Einatmen und verhindert am Ende des Ausatmens, dass die Lungenbläschen

kollabieren. Medizinisch hat das Surfactant eine grosse Bedeutung. Kommen Frühgeborene zur Welt, bevor ihre Lunge ausgereift ist, sind ihre Überlebenschancen deutlich kleiner. Mit einer Surfactant-Injektion in die Lunge versucht die Medizin, das Organ zu retten. Und bei Covid-Patientinnen und -Patienten, die beatmet werden müssen, sind die Lungenzellen, die das Surfactant produzieren, beeinträchtigt.

Jan Vermant, ETH-Professor für weiche Materialien und Mitglied des Kompetenzzentrums für Materialien und Prozesse (MaP), ist viel in Kontakt mit Medizinerinnen und Ärztinnen. Von ihnen weiss er, dass bei der Beatmung ab und an eine tiefe Atmung stattfinden muss. Wäre die Beatmung konstant regelmässig, würde sich die Lungenfunktion verschlechtern. Warum es für die Lunge wichtig ist, dass sie sich immer mal wieder vollständig füllt, versteht die Medizin noch nicht im Detail.

Maria Novaes Silva vermutet, dass die Oberflächenspannung des Surfactants damit zu tun hat. Molekulare Kräfte sorgen bei Flüssigkeiten dafür, dass ihre Oberfläche so klein wie möglich gehalten wird. In der Oberflächenspannung liegt auch der Grund, warum Wassertropfen rund sind. Um diese Vermutung zu prüfen, simuliert Maria in der gefüllten Plexiglaskammer durchschnittliche Atemzüge und misst dabei die Spannung der Oberfläche des Surfactants. Im ersten Experiment

«Ein tiefer Seufzer von Zeit zu Zeit ist wichtig für unsere Atmung», weiss Maria Novaes Silva.

führt sie die Luft gleichmässig zu und ab. Sie simuliert die Ruheatmung. Dabei misst die Materialwissenschaftlerin eine Oberflächenspannung von 25 Millinewton pro Meter. Maria Novaes Silva hilft, diese Zahl einzuordnen: «Dies ist eine hohe Oberflächenspannung, wenn es um die Atmung geht. Wenn wir immer dagegen anatmen müssten, wäre das sehr anstrengend.» In einem zweiten Experiment stört sie die gleichmässige Ruheatmung jeweils nach etwa vier Zyklen durch eine einmalige grössere Luftzufuhr. Strömt die Luft danach wieder gleichmässig ein und aus, sinkt die Spannung von 25 auf 15.

BIS ZUM TIEFEN SEUFZER

Im Labor füllt Maria Novaes Silva das tierische Surfactant in eine andere Versuchsanlage. Sie erinnert an eine riesige Spinne mit edlen, silbernen Beinen. In der Mitte hängt von oben eine dünne Nadel scheinbar schwebend über dem Surfactant. Weltweit gibt es nur eine Handvoll dieser einzigartigen Apparaturen, entwickelt im Labor an der ETH. Hier simuliert sie mehrere Atemzüge der leichteren Ruheatmung, dann graduell immer tiefere Atemzüge, zuletzt die tiefen Seufzer. Durch das Dehnen und Zusammenziehen ändert sich die Fläche des Surfactants. Dabei misst die Nadel die Oberflächenspannung. So kann die Forscherin herausfinden, welchen Ein-



Die Materialwissenschaftlerin Maria Novaes Silva untersucht im Labor das Lungensurfactant.

fluss die Atemtiefe hat. Im Moment scheint es so, dass die Ausdehnung jener Faktor ist, der die Oberflächenspannung senkt und das Atmen erleichtert.

«Die Situation in der Lunge ist natürlich viel komplexer», erklärt die Doktorandin. «Aber wir sind Materialwissenschaftler und Materialwissenschaftlerinnen und wollen die einzelnen Eigenschaften eines Materials möglichst präzise charakterisieren. Wir entkoppeln deshalb das komplexe Zusammenspiel der verschiedenen Kräfte mit Absicht.»

Die dritte Versuchsanlage: Unter dem Mikroskop liegt ein kleiner Ring mit einem Loch in der Mitte. Er ist umgeben von kleinsten Poren. Auch er ist mit dem Surfactant gefüllt. Übt Maria nun über eine Apparatur Druck auf die Flüssigkeit aus, wird der Film dünner – bis er irgendwann reisst. «Das ist so gewollt», sagt Maria Novaes Silva schmunzelnd. Denn es könnte sein, dass bei der Atmung der dünne Surfactant-Film reisst, um den Druck innerhalb der Alveolen, der kleinen Lungenbläschen, via Poren auszugleichen.

INHALIEREN STATT INJIZIEREN

Das Surfactant ist eine geheimnisvolle Flüssigkeit, die Maria Novaes Silva sichtlich fasziniert. Bei ihren materialwissenschaftlichen Experimenten treiben sie immer auch die medizinischen Fragestellungen an. Es gibt Ansätze, das Surfactant bei Frühgeborenen nicht über eine Injektion, sondern nicht-invasiv über eine Atemmaske in Form von Aerosolen in die Lunge zu bringen. «Wir wollen mit unserer Forschung herausfinden, was die besten Parameter sind, um diese Technik zu verbessern», fasst Maria Novaes Silva zusammen. «Wenn wir die Mechanismen verstehen, können wir den Medizinerinnen und Medizinern helfen, ihre Werkzeuge zu verbessern.»

Quelle

Corinne Johannssen, www.ethz.ch/globe 2/2023, S. 40–44 (gekürzt)

KOHLENSTOFF IM BETON: AUF CO₂ BAUEN



20 Volumenprozent Kohlenstoff-Pellets (schwarz) resultieren in Beton mit Netto-Null-Emissionen.

Die Bauwirtschaft als CO₂-Senke? Daran arbeiten Forschende des «Concrete & Asphalt Labs» der Empa. Mit dem Einbringen von Pflanzenkohle in Beton loten sie das Potenzial von CO₂-neutralem oder gar CO₂-negativem Beton aus. Für optimale Praxistauglichkeit verarbeiten sie die Kohle vorab zu Pellets und ersetzen damit handelsübliche Gesteinskörnungen.

Um das Ziel einer klimaneutralen Schweiz bis 2050 zu erreichen, sind Strategien und Prozesse nötig, die eine negative CO₂-Bilanz aufweisen. Diese sogenannten Negativemissionstechnologien (NET) bilden das Gegengewicht zu den voraussichtlich verbleibenden Emissionsausstössen im Jahr 2050 und sollen dazu beitragen, dass das

Resultat der Emissionsrechnung letztlich «Netto Null» sein wird. Rund acht Prozent der globalen Treibhausgasemissionen werden durch die Zement-Herstellung verursacht. Gleichzeitig keimen erste Bestrebungen, den Bausektor mit seinem massiven Ressourcenverbrauch als mögliche Kohlenstoffsенke zu nutzen. Was paradox klingt, gelingt dann, wenn wir beginnen «mit CO₂ zu bauen» – beziehungsweise den Kohlenstoff zur Herstellung von Baumaterialien zu verwenden und dadurch langfristig der Atmosphäre zu entziehen.

Damit solche Visionen dereinst Realität werden, braucht es grosse wissenschaftliche Vorarbeit – so wie sie momentan im «Concrete & Asphalt Lab» der Empa geleistet wird. Ein Team rund um Abteilungsleiter Pietro Lura



Beton ohne Emissionen: Empa-Forscher Mateusz Wyrzykowski (rechts) und Nikolajs Toropovs ersetzen herkömmliche Gesteinskörnungen durch Pellets aus Pflanzenkohle.

entwickelt ein Verfahren, wie Pflanzenkohle praxistauglich in Beton integriert werden kann.

SCHWIERIGKEITEN AUFGRUND DER POROSITÄT

Pflanzenkohle entsteht durch einen pyrolytischen Verkohlungsprozess unter Luftabschluss und besteht zu einem sehr grossen Teil aus reinem Kohlenstoff – jenem Kohlenstoff, den die Pflanzen beim Wachsen in Form von CO_2 der Atmosphäre entnommen haben. Während bei der Verbrennung von Pflanzen das CO_2 wieder entweicht, bleibt es in der Pflanzenkohle langfristig stabil.

Bereits heute gibt es erste Betonprodukte mit integrierter Pflanzenkohle auf dem Markt. Dabei wird die Kohle aber häufig unbehandelt in den Beton eingebracht, was zu einigen Schwierigkeiten führen kann. «Die Pflanzenkohle ist sehr porös und absorbiert deshalb nicht nur viel Wasser, sondern auch teure Zusatzmittel, die bei der Betonherstellung verwendet werden», erklärt der Empa-Forscher Mateusz Wyrzykowski. «Ausserdem ist die

Handhabung schwierig und auch nicht ganz ungefährlich. Der Kohlenstaub ist problematisch für die Atemwege und birgt eine gewisse Explosionsgefahr.»

Aus diesen Gründen schlagen die Forschenden die Verarbeitung der Pflanzenkohle in Pellets vor. «Solche leichten Gesteinskörnungen gibt es heute bereits aus anderen Materialien wie Blähton oder Flugasche. Das Know-how im Umgang mit diesen Stoffen ist in der Branche vorhanden und damit steigen auch die Chancen, dass das Konzept in die Praxis übergeht», sagt Wyrzykowski.

NETTO-NULL BEI 20%-ANTEIL

Zur Fertigung der Pellets nutzte das Team einen Rotationsmischer, vermengte darin die Pflanzenkohle mit Wasser und Zement und erhielt durch die Rotation kleine Kügelchen mit einem Durchmesser zwischen vier und 32 Millimetern. Diese Pellets wiederum nutzten sie zur Herstellung von Normalbeton der Festigkeitsklassen, die heute die grösste Verbreitung im Hoch- und Tiefbau haben. «Bei einem

Anteil von 20 Volumenprozent Kohlenstoffpellets im Beton erreichen wir Netto-Null-Emissionen», sagt Mateusz Wyrzykowski. Das heisst, die gespeicherte Menge Kohlenstoff kompensiert alle Emissionen, die bei der Produktion der Pellets wie auch des Betons anfallen. Während man wohl auch beim Normalbeton (Dichte zwischen 2000 bis 2600 kg/m^3) mit 20 Volumenprozent die Grenze noch nicht erreicht hat, wird das negative Emissionspotenzial bei Leichtbeton (Dichte ca. 1800 kg/m^3) besonders sichtbar: Ein Anteil von 45 Volumenprozent Kohlenstoffpellets im Beton führen zu insgesamt negativen Emissionen von minus 290 $\text{kg CO}_2/\text{m}^3$. Zum Vergleich: Ein herkömmlicher Beton schlägt mit plus 200 $\text{kg CO}_2/\text{m}^3$ zu Buche.

KOHLENSTOFF AUS DER ATMOSPHERE

Für Abteilungsleiter Pietro Lura ist die Forschung in seinem Labor ein entscheidender Beitrag zur Erreichung der Klimaziele. Als wichtigste Kohlenstoffquelle sieht er nicht in erster Linie die Pflanzenkohle, die bei der aktuellen Forschung als Modellmaterial gedient hat. Vielmehr lenkt er den Blick auf das breit angelegte Konzept «Mining the Atmosphere», das mehrere Forschungsabteilungen an der Empa verfolgen: die Produktion von synthetischem Methangas mithilfe von Sonnenenergie, Wasser und CO_2 aus der Atmosphäre in sonnenreichen Regionen der Erde und die anschliessende Pyrolyse des Gases. «Dadurch erhält man Wasserstoff, den man als Energieträger in der Industrie oder der Mobilität nutzen kann und festen Kohlenstoff, den wir – wie die Pflanzenkohle – zu Pellets verarbeiten und in den Beton einbringen können», erklärt Lura.

Quelle

www.empa.ch/de/web/s604/news-portal,
Stephan Kälin, 08.01.2024 (gekürzt)

DIE GRENZEN DER OPTIK SPRENGEN

Sie können, was Glas nicht kann: Blau und Rot auf zwei unterschiedliche Punkte fokussieren. 2D-Nanostrukturen ebnen den Weg für neue Bildgebungstechnologien.

Wenn ein Lichtstrahl ein transparentes Material durchquert, ist seine Reise komplexer, als es scheint: Die Lichtwelle schubst die Elektronen der Atome. Kurzzeitig gestört, kehrt die elektrische Ladung wieder ins Gleichgewicht zurück und erzeugt dabei von Neuem Licht, das sich von der ursprünglichen Quelle nicht unterscheiden lässt. Dieser Vorgang wiederholt sich quer durch das Material von Atom zu Atom, bis die Welle auf der anderen Seite wieder heraustritt. Was den Anschein eines kontinuierlichen Flusses erweckt, ist in Wirklichkeit eher ein Staffellauf. Zusätzlich wird bei jeder Übergabe das Licht etwas abgelenkt: So entsteht die Lichtbrechung, das Phänomen, das einen halb ins Wasser getauchten Stock geknickt erscheinen lässt.

PHYSIKALISCHE GRENZEN VERSCHIEBEN

Das gleiche Phänomen tritt auch bei Metamaterialien auf. Das sind Platten, auf die in Schichten regelmässige Muster aus Kupfer, Gold oder Silber aufgedruckt sind. Diese künstliche Struktur bricht das Licht auf ähnliche

Weise wie die Atomstruktur in einem transparenten Material. Die Muster werden deshalb auch als «künstliche Atome» bezeichnet. Durch Veränderungen von Form, Grösse und Anordnung dieser Muster können gezielt elektromagnetische Strahlen mit einer bestimmten Wellenlänge beeinflusst werden – UV-Licht, sichtbares Licht, Infrarotlicht oder Mikrowellen. Ausserdem lässt sich die Stärke der Brechung festlegen. Damit können neue Bildgebungstechniken entwickelt und die physikalischen Grenzen der Auflösung herkömmlicher glasbasierter Optik verschoben werden.

Noch ist die Miniaturisierung allerdings eine hohe Hürde: Die aufgedruckten Muster müssen fünf- bis zehnmal kleiner sein als die betreffende Wellenlänge. Mit einer Länge von rund einem Dutzend Zentimetern sind Mikrowellen kein Problem. Die vielversprechendsten Anwendungen liegen aber im Spektrum des sichtbaren Lichts zwischen 390 und 780 Nanometern Wellenlänge. Hier müssten die Motive kleiner als 100 Nanometer sein – ein Tausendstel eines Haardurchmessers.

MANIPULATION DES LICHTS

«Wir wissen noch nicht, wie wir genügend kleine 3D-Nanostrukturen herstellen können, mit denen wir sichtba-

res Licht beeinflussen können», erklärt Olivier Martin, Leiter des Labors für Nanophotonik und Metrologie der EPFL. Aus diesem Grund arbeitet der Forscher mit zweidimensionalen Flächen, die sich einfacher herstellen lassen. Diese Metaflächen sind zwar weniger effizient als 3D-Materialien, ermöglichen aber bereits interessante Manipulationen des Lichts.

Eines dieser Metamaterialien sieht aus wie Glas, auf das U-förmige Silbermotive gedruckt sind. Die grössten Motive interagieren mit rotem Licht, die kleinsten mit blauem Licht. Über die Anordnung und die Form der Motive kann für jede Farbe ein unterschiedlicher Brechungsindex erzeugt werden. Mit anderen Worten: Die Farben können auf zwei unterschiedliche Punkte fokussiert werden. «Dieser Effekt ist absolut neu, ohne Gegenstück in der klassischen Optik», erklärt Olivier Martin.

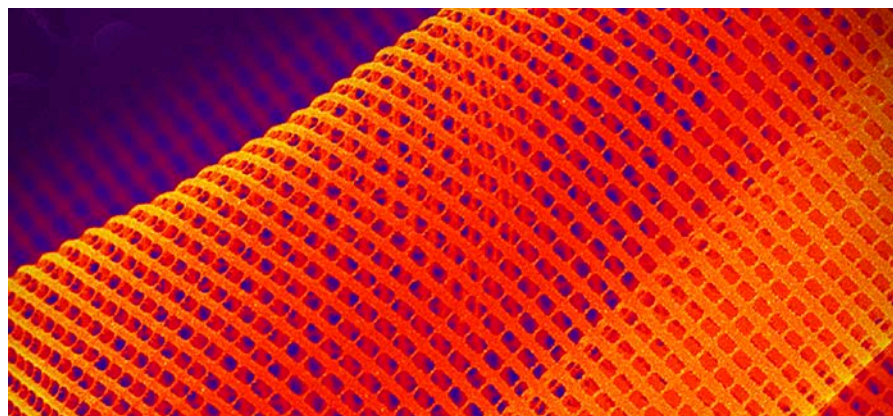
INNOVATION (NOCH) OHNE ANWENDUNG

«Das ist zweifellos ein bemerkenswerter Fortschritt im Bereich der Metaoberflächen», kommentiert Juejun Hu, Materialforscher am Massachusetts Institute of Technology (MIT), der nicht an den Arbeiten beteiligt war. «Im Gegensatz zu traditionellen optischen Vorrichtungen und ihrer Wirkung auf Breitbandlicht interagiert dieser Prototyp mit Licht einer ganz bestimmten Farbe – also Wellenlänge –, ohne den Rest des Spektrums zu beeinflussen, was zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten eröffnet.»

Künftig wird Olivier Martin mit anderen Forschenden der EPFL zusammenarbeiten, um potenzielle Anwendungen für seine Metamaterialien zu erkunden. Er könnte sich Bildgebungsgeräte zur Erkennung von Hauterkrankungen vorstellen oder Anwendungen zur Überwachung des Wachstums von landwirtschaftlichen Kulturen oder auch in der Hydrologie. Gebiete, in denen heute spezialisierte hyperspektrale Kameras nötig sind.

Quelle

Lionel Pousaz, Horizonte 130, September 2021, S. 41



Metamaterialien haben ungewöhnliche und nützliche optische Eigenschaften. Hier ein eingefärbtes elektronenmikroskopisches Bild eines flexiblen Gitters aus Silber und Magnesiumfluorid.

EINE UNERWARTETE ANTENNE FÜR NANO-LICHTQUELLEN

ETH-Forschende haben mithilfe eines ungewöhnlich platzierten Halbleitermaterials eine Antenne für winzige Lichtquellen auf einem Chip geschaffen. In Zukunft könnten auf diese Weise effiziente Nano-LED und -Laser hergestellt werden.

Auf dem schnellen Schalten und Modulieren von Licht beruht unter anderem die moderne Datenübertragung, bei der Informationen in Form modulierter Lichtstrahlen durch Glasfasern geschickt werden. Lichtmodulatoren können schon seit einigen Jahren miniaturisiert und in Chips integriert werden, doch die Lichtquellen selbst – Leuchtdioden (LED) oder Laser – machen den Ingenieurinnen und Ingenieuren noch Probleme. Forschende der ETH Zürich unter der Leitung von Lukas Novotny, Professur für Photonik, haben nun gemeinsam mit Forschenden der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt Empa in Dübendorf

und des ICFO – Institute of Photonic Sciences in Barcelona einen neuen Mechanismus gefunden, mit dessen Hilfe in Zukunft winzig kleine, aber dennoch effiziente Lichtquellen hergestellt werden könnten. Die Ergebnisse ihrer Forschungen wurden kürzlich im Fachjournal *Nature Materials* veröffentlicht.

DAS UNERWARTETE PROBIEREN

«Um das zu erreichen, mussten wir zunächst einmal das Unerwartete probieren», sagt Novotny. Schon seit einigen Jahren arbeiten er und seine Mitarbeitenden an Mini-Lichtquellen, die auf dem Tunneleffekt basieren. Zwischen zwei Elektroden (in diesem Fall aus Gold und Graphen), die durch ein isolierendes Material getrennt sind, können Elektronen nach den Regeln der Quantenmechanik tunneln. Unter bestimmten Umständen – wenn der Tunnelvorgang inelastisch ist, die Energie der Elektronen also nicht erhalten bleibt – kann dabei Licht entstehen.

«Leider ist die Ausbeute dieser Lichtquellen gering, da die Abstrahlung sehr ineffizient ist», erklärt Postdoktorand Sotirios Papadopoulos. Das Abstrahlungsproblem ist in anderen Gebieten der Technik wohlbekannt. In Mobiltelefonen etwa sind die Chips, welche die zur Übertragung nötigen Mikrowellen erzeugen, nur einige Millimeter gross. Die Mikrowellen selbst dagegen haben eine Wellenlänge von etwa 20 Zentimetern und sind damit fast hundert Mal grösser als der Chip. Um diesen Grössenunterschied zu überbrücken, braucht es eine Antenne (die allerdings bei modernen Telefonen von aussen nicht mehr sichtbar ist). Auch in den Experimenten der Zürcher Forschenden ist die Lichtwellenlänge viel grösser als die Lichtquelle.

HALBLEITER AUSSERHALB DES TUNNELKONTAKTS

«Nun könnte man meinen, wir hätten bewusst nach einer Antennenlösung gesucht – aber so war es nicht», sagt Papadopoulos. Wie schon andere Gruppen vor ihnen untersuchten die Forscher dicke Schichten aus Halbleitermaterialien wie Wolframdisulfid, die zwischen den Elektroden der Tunnelbarriere liegen, um auf diese Weise Licht zu erzeugen. Im Prinzip würde man vermuten, dass sich die optimale Position dafür irgendwo zwischen den beiden Elektroden befindet, vielleicht etwas näher an einer als an der anderen. Stattdessen probierten sie etwas ganz anderes und brachten den Halbleiter oberhalb der Graphen-Elektrode auf – also komplett ausserhalb des Tunnelkontakts.

ÜBERRASCHENDE ANTENNENWIRKUNG

Überraschenderweise funktionierte diese eigentlich widersinnige Position sehr gut. Warum das so war, fanden die Forschenden heraus, indem sie die an den Tunnelkontakt angelegte Spannung variierten und den Strom durch den Tunnelkontakt massen. Dabei sahen sie eine deutliche Resonanz, die mit einer sogenannten Exziton-Resonanz des Halbleitermaterials übereinstimmte. Exzitonen bestehen aus einem positiv geladenen Loch, also einem fehlenden Elektron, und einem



Physik im Acrylgemälde: eine künstlerische Darstellung des ETH-Experiments, in dem ein Halbleitermaterial (orange/blau) als Antenne wirkt.

durch das Loch gebundenen Elektron und können unter anderem durch Lichteinstrahlung angeregt werden. Die Exziton-Resonanz zeigte klar, dass der Halbleiter nicht direkt durch Ladungsträger angeregt wurde – schliesslich flossen ja keine Elektronen durch ihn –, sondern dass er die im Tunnelkontakt erzeugte Energie aufnahm und dann abstrahlte. Er wirkte also ähnlich wie eine Antenne.

ANWENDUNG IN NANO-LICHTQUELLEN

«Noch ist diese Antenne allerdings nicht sehr gut, da im Halbleiter sogenannte dunkle Exzitonen entstehen und daher nicht viel Licht abgestrahlt wird», räumt Novotny ein: «Das zu verbessern, ist unsere Bastelarbeit für die nächste Zeit.» Gelingt es, die Lichtabstrahlung durch den Halbleiter effizienter zu machen, so sollte es möglich sein, Lichtquellen herzustellen, die nur wenige Nanometer gross sind und damit tausendmal kleiner als die Wellenlänge des von ihnen erzeugten Lichts.

Auf dem schnellen Schalten und Modulieren von Licht beruht unter anderem die moderne Datenübertragung, bei der Informationen in Form modulierter Lichtstrahlen durch Glasfasern geschickt werden.

Dadurch, dass keine Elektronen durch den Antennen-Halbleiter fliessen, gibt es keine unerwünschten Effekte, die normalerweise an Grenzflächen auftreten und die Effizienz schmälern können. «In jedem Fall haben wir hier eine Tür zu neuen Anwendungen aufgestossen», so Novotny. Das Unerwartete zu probieren hat sich also gelohnt.

Quelle

Oliver Morsch,
<https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen>,
03.07.2023

IN NIEDERWANGEN WIRD RADIOAKTIVES GAS REZYKLIERT



Strahlen in fast allen Farben.

Leuchten ohne Strom: MB-Microtec produziert Glimmstäbchen, die jahrelang ohne Strom leuchten. Dafür wird Tritium eingesetzt.

Cockpitanzeigen, Waffenvisiere oder Uhren sollen auch ohne Strom leuchten, damit sie im Dunkeln gebraucht werden können. Wie ist das möglich? Mit Tritium, einem schwach radioaktiven Gas. Bei dieser Technologie weltweit führend ist MB-Microtec, ein Unternehmen, das mit rund 100 Angestellten in Niederwangen produziert.

MIKROSKOPISCH DÜNNE GLASRÖHRCHEN

Für die kleinen Glimmlichter werden Glasröhrchen mit Tritiumgas gefüllt. Die dünnsten Röhrchen sind bloss 0,3 Millimeter dick. Der Innenraum hat einen Durchmesser von 0,1 Millimetern: Das entspricht etwa der

Dicke eines Haars. Die Röhrchen werden mit Zinksulfid beschichtet. Diese Schicht bringt Elektronen, die das Tritium ausstrahlt, jahrzehntelang zum Leuchten. Die Glasröhrchen werden mit Lasergeräten auf die gewünschte Länge zugeschnitten. Die kürzesten Röhrchen messen 2 Millimeter. Neben runden sind auch eckige Formen und fast alle Farben möglich.

VERGLEICH MIT STRAHLENDOSIS VON BANANEN

Ist Tritiumgas gefährlich? «Es ist ein radioaktives Gas», räumt Roger Siegenthaler (50), der Chef von MB-Microtec, ein, «aber ein schwach radioaktives, ein sogenannter Betastrahler, der vom Glas vollständig abgeschirmt wird und auch die Haut nicht durchdringen kann.»

Selbst wenn man alles Tritiumgas in den Mikroleuchten einer Uhr einatmen

würde, nähme man nur eine Strahlendosis auf, wie wenn man ein Jahr lang alle zwei Tage eine Banane essen würde. Denn Bananen enthalten ein radioaktives Kaliumisotop, ergänzt Siegenthaler.

Das Tritiumgas bezieht MB-Microtec aus Kanada, wo es im Betrieb bestimmter Atomkraftwerke (Schwerwasserreaktoren) anfällt. Obwohl es sehr kostbar ist, lässt sich in der Leuchtenproduktion ein gewisser Ausschuss nicht vermeiden, zum Beispiel in Reststücken. Diese tritiumhaltigen Abfälle wurden bisher in gasdichte Zylinder eingeschweisst und zwischengelagert. Die Strahlung von Tritium halbiert sich alle gut zwölf Jahre – deutlich schneller als bei vielen anderen radioaktiven Abfällen aus Atomkraftwerken.

DAS RECYCLING SELBER ENTWICKELT

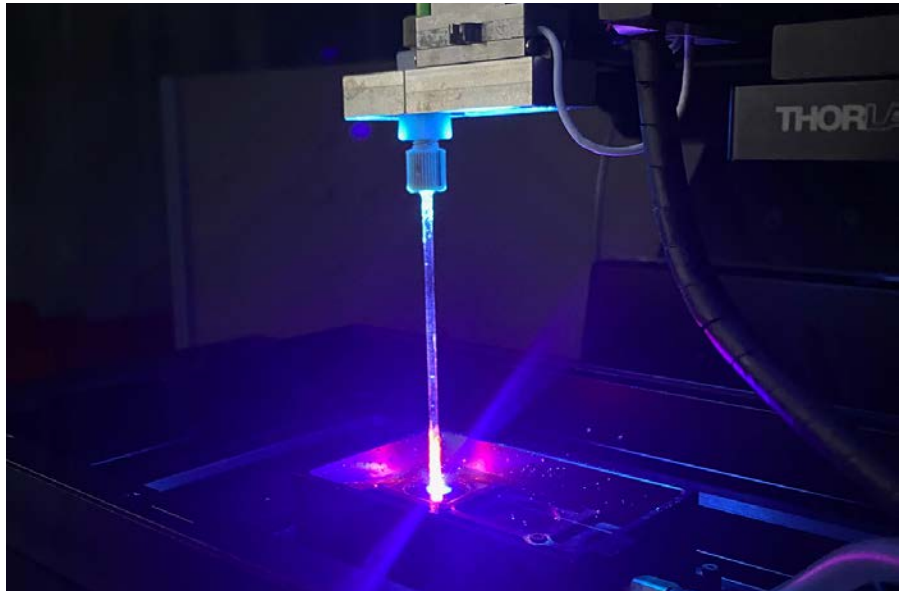
Wie das kostbare Tritium aus den Reststücken und von zurückgegebenen Leuchten gewonnen werden könnte, beschäftigt das Unternehmen schon lange. Nach intensiver Planung habe eine einzigartige Recyclinganlage in Betrieb genommen werden können, sagt Roger Siegenthaler. Sie funktioniere im Prinzip wie die Abwasserreinigung: Das Tritium werde gefiltert und könne vollumfänglich wiederverwendet werden. Die Qualität sei identisch mit jener von eingekauftem Tritium.

15 Millionen Tritiumgasleuchten stellt MB-Microtec pro Jahr her. Sie gehen weltweit an Kunden in der Sicherheits- und Autoindustrie, in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Uhrenbranche.

Quelle

Julian Witschi, Der Bund, 17.02.2023, S. 18 (gekürzt)

NEUARTIGE BESCHICHTUNG VERHINDERT KALKABLAGERUNG



Testanordnung, mit der die Forschenden prüfen, wie Kalkkristalle auf verschiedenen Oberflächen anhaften.

Wo heisses Wasser fliesst, ist der Kalk nicht weit. In Haushalten ist das lästig, in thermischen Kraftwerken ein teures Problem. Jetzt haben ETH-Forschende eine Lösung dafür gefunden.

Heisswassertanks, Waschmaschinen, Wasserkocher – jedes Haushaltsgerät, das mit (heissem) Wasser in Kontakt kommt, verkalkt, besonders in Gegenden mit hartem, also kalkreichem Wasser. Oft hilft dann nur der Griff zum Essig oder Spezial-Entkalker, um den steinharten Belag aufzulösen und das Gerät wieder funktionstüchtig zu machen. Im Haushalt ist das in erster Linie lästig, in thermischen Kraftwerken jedoch ein grosses, teures Problem. Denn auch solche Kraftwerke, beispielsweise zur Stromerzeugung, kämpfen gegen die Verkalkung. Besonders in den Wärmetauschern bildet sich viel Kalk und mindert die Effizienz der Anlagen erheblich: Bereits eine nur ein Millimeter dicke Kalkschicht in den Leitungen des Wärmetauschers senkt

die Effizienz der Stromproduktion um zirka 1,5 Prozent. Um den europaweiten Verlust auszugleichen, müssten 8,7 Millionen Tonnen Steinkohle zusätzlich verbrannt werden. Das ist schlecht für die CO₂-Bilanz, das Klima und teuer für die Stromproduzenten.

NEUARTIGE KALKABWEISENDE OBERFLÄCHE

Ein Forschungsteam der ETH Zürich und der Universität Berkeley hat nun eine mögliche Lösung für dieses Problem gefunden: eine spezielle kalkabweisende Beschichtung, die mikroskopisch kleine Rippen aufweist und die Anhaftung von Kalkkristallen verhindert. Die entsprechende Studie ist soeben in der Fachzeitschrift *Science Advances* erschienen.

Da es bis anhin kaum Grundlagen für die Entwicklung von kalkabweisenden Oberflächen gegeben hat, haben die Forschenden um den ehemaligen ETH-Professor Thomas Schutzius im Detail untersucht, wie einzelne wachsende Kalkkristalle, die umgebende Wasser-

strömung und die Oberfläche auf mikroskopischer Ebene wechselwirken. Darauf basierend entwickelte Schutzizus' Doktorand Julian Schmid und weitere Team-Kollegen/-innen mehrere Beschichtungen aus verschiedenen weichen Materialien und testeten sie im Labor an der ETH Zürich.

HYDROGEL MIT MIKROSTRUKTUR IST AM WIRKSAMSTEN

Als wirksamste Beschichtung entpuppte sich ein Polymer-Hydrogel, dessen Oberfläche die Forschenden mittels Fotolithografie hergestellter Formen mit mikroskopisch kleinen Rippen versehen haben.

Die Mikrostruktur des Hydrogels erinnert an jene von natürlichen Vorbildern wie Haischuppen, welche ebenfalls eine Rippenstruktur haben, was bei Haien die Bildung von Oberflächenbelägen unterdrückt.

Im Wasserkocher oder Heizkessel sorgen die Rippen dafür, dass die Kalkkristalle weniger Kontakt zur Oberfläche haben, sich nicht festsetzen können und sich deshalb besser ablösen lassen. Wasser, das über das Hydrogel und durch die Rippenstruktur fliesst, trägt

sie fort. Die Beschichtung kann zwar nicht verhindern, dass sich einige Kalkkristalle bilden. Durch das ständige passive Abtragen der mikroskopischen Kristalle wird jedoch vermieden, dass die Kristalle zu einer hartnäckigen Schicht zusammenwachsen.

In den verschiedenen Beschichtungen variierten die Forschenden in erster Linie den Polymeranteil. Je geringer dieser ist und je höher der Wasseranteil, desto schlechter haften die Kalziumkarbonat-Kristalle auf der Oberfläche.

Versuche mit Modellpartikeln aus Polystyrol zeigen, dass die Oberflächenstrukturen der Beschichtung kleiner sein muss als die Partikel, die sich auf ihr ablagern. Dadurch wird die Kontaktfläche und somit die Adhäsionskraft reduziert. «Wir variierten die Oberflächenstruktur des Materials, um die grösste Effizienz zu erzielen und führten die Kristallexperimente mit dieser optimalen Strukturgrösse durch», sagt Schmid.

Ihre Experimente zeigen, dass die Hydrogel-Beschichtung sehr effektiv ist: Bis zu 98 Prozent aller Kalkkristalle mit einer Grösse von etwa 10 Mikrome-

tern, die zuvor auf einer mit Hydrogel beschichteten Oberfläche gewachsen sind, wurden abgetragen.

UMWELTSCHONENDE LÖSUNG

Die Forschenden betonen, dass ihre Lösung umweltschonender und effizienter ist als bisherige Ansätze zur Entkalkung. Dafür werden bis heute teilweise giftige und aggressive Chemikalien verwendet. Das Hydrogel ist hingegen biokompatibel und umweltfreundlich. Die Technik wäre auch skalierbar. Die Beschichtung aufzutragen wäre auf verschiedene Arten möglich, die die Industrie schon heute anwendet.

Auf ihre Entwicklung haben die Forschenden bislang kein Patent erhoben, sondern entschieden sich bewusst für eine Publikation in einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift. Damit steht es allen Interessierten offen, die neue Beschichtung weiterzuentwickeln und nutzbar zu machen.

Quelle

Peter Rüegg, ETH-News, 09.02.2024



Ein Arbeiter reinigt einen Wärmetauscher: Nicht nur deren Verkalkung an sich kostet viel, sondern auch, dass die gesamte Anlage für die Reinigung ausser Betrieb gesetzt werden muss.

NEUE HORIZONTE

In der Welt der winzigen Strukturen verschmelzen Disziplinen wie Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Materialwissenschaften. Fünf Beispiele, wo Forschende in der Nanowelt an Grenzen stossen und diese verschieben.

1. JENSEITS DES VORSTELLBAREN

In der Welt der einzelnen Atome, Moleküle und winzigen Strukturen in einer Grössenordnung von 1 bis 100 Nanometern stösst die klassische Physik an ihre Grenzen. Auf atomarer Ebene sind es die Gesetze der Quantenphysik, die verschiedene Phänomene der Nanowelt beschreiben und uns an den Rand des Vorstellbaren bringen. Im Gegensatz zur klassischen Physik liefert die Quantentheorie statt eindeutiger Ergebnisse oft nur Wahrscheinlichkeiten. Zudem gibt es Phänomene wie Überlagerung, bei der sich ein Teilchen vor der Messung scheinbar gleichzeitig in mehreren klassischen Zuständen befinden kann, oder Verschränkung, bei der Messresultate an zwei Teilchen voneinander abhängen können. Einstein sprach von «spukhafter Fernwirkung».

2. FOKUS AUF OBERFLÄCHEN

In den Nanowissenschaften spielen Oberflächeneigenschaften eine wichtige

Rolle, da winzige Strukturen im Verhältnis zu ihrem Volumen grosse Oberflächen besitzen. Das fördert chemische Reaktionen, die vor allem an Oberflächen ablaufen. Forschende der Universität Basel untersuchen in diesem Kontext beispielsweise neue Verbindungen, die sich als Katalysatoren eignen.

An den Grenzflächen zwischen verschiedenen Materialien oder Phasen (fest, flüssig oder gasförmig) zeigen manche Nanomaterialien zudem ganz neue und besondere Eigenschaften. Forschende aus Basel untersuchen unter anderem Materialien, die sich im Inneren wie Isolatoren verhalten, an der Oberfläche Strom aber verlustfrei leiten.

3. GRENZEN DES SICHTBAREN

Einzelne Atome und Moleküle von der Grösse weniger Nanometer lassen sich nicht wie grössere Objekte mit einem Lichtmikroskop abbilden. Sie wurden erst mit der Entwicklung der Elektronen- und Rastersondenmikroskopie «sichtbar». Unterschiedliche Arten dieser Hightech-Mikroskope kommen an der Universität Basel zum Einsatz. Mikroskopie-Spezialistinnen und -Spezialisten entwickeln sie hier stetig für spezifische Anwendungen weiter, um die Grenzen des Sichtbaren zu verschieben. Anhand elektronenmikroskopischer

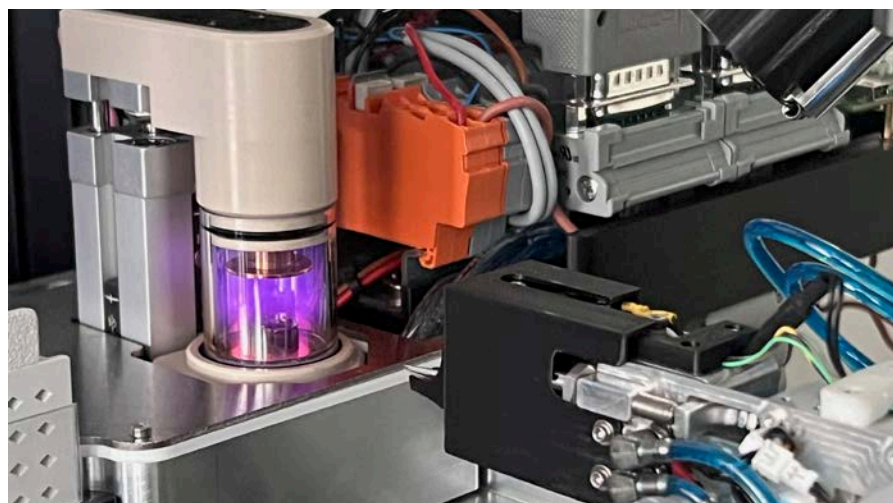
Aufnahmen lässt sich etwa die dreidimensionale Struktur einzelner Proteine herausfinden – eine wichtige Grundlage beispielsweise für die Wirkstoffentwicklung. Rastersondenmikroskope können einzelne Atome abbilden oder sogar filmen, wie natürliche Nanomaschinen in Zellen arbeiten.

4. AM LIMIT DES MESSBAREN

Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler stossen auch an die Grenzen des Machbaren, wenn sie in den von ihnen untersuchten Nanostrukturen Messungen vornehmen. Die zwischen einzelnen Molekülen wirkenden Kräfte lassen sich nicht mit Methoden aus der Makrowelt erfassen. Auch magnetische oder elektrische Felder sowie die extrem kleinen elektrischen Ströme in Nanostrukturen erfordern neue, empfindlichere Sensoren. Oft kommen bei derartigen Untersuchungen Rastersondenmikroskope zum Einsatz, da diese nicht nur abbilden, sondern auch verschiedene chemische und physikalische Parameter erfassen können. Forschende der Universität Basel haben zum Beispiel die schwächsten Bindungskräfte zwischen einzelnen Atomen analysiert, die es in der Natur gibt. Diese Van-der-Waals-Kräfte spielen in der Natur eine wichtige Rolle und helfen beispielsweise dem Gecko, an der Decke zu «kleben».

5. ANALYSE MIT FAST NICHTS

In manchen Fällen stossen Forschende an die Grenze der Verfügbarkeit dessen, was sie erforschen möchten. Daher entwickeln Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler Methoden, die mit winzigen Probenmengen auskommen. Ein Beispiel sind Miniaturlabore: Systeme aus winzigen Kanälen von wenigen Mikro- oder Nanometern Durchmesser auf einem Chip. Darin werden die geringen Probenmengen verarbeitet und analysiert. Vor allem in der Diagnostik bedeuten solche Lab-on-a-Chip-Systeme eine vielversprechende Neuerung, um kleinste Proben in kurzer Zeit zuverlässig zu analysieren.



Mit der Lab-on-a-Chip-Methode genügen bereits 2 Nanoliter (etwa 1/25 000 eines Wassertropfens), um die Proteine einer verarbeiteten Zelle zu untersuchen. Siehe Punkt 5.

Quelle

Christine Möller, UNI NOVA, 02/2023, S. 32–33

Weitere Informationen:

www.nanoscience.unibas.ch

WUNDEN LÖTEN MIT LICHT UND NANO-THERMOMETER



Oscar Cipolato und Inge Herrmann im «Particles Biology Interactions»-Labor der Empa in St. Gallen.

Nicht jede Wunde lässt sich mit Nadel und Faden verschliessen. Empa-Forschende haben nun ein Lötverfahren mit Nanopartikeln entwickelt, bei dem Gewebe sanft verschmolzen wird. Die Löttechnik soll Wundheilungsstörungen und lebensbedrohliche Komplikationen bei undichten Nähten verhindern.

Irgendwann vor mehr als 5000 Jahren kam der Mensch auf die Idee, eine Wunde mit Nadel und Faden zu vernähen. Seither hat sich an diesem chirurgischen Prinzip nicht viel geändert: Abhängig vom Fingerspitzengefühl der operierenden Person und der Ausrüstung lassen sich Schnitte oder Risse im Gewebe mehr oder weniger perfekt aneinanderfügen. Sind dann beide Seiten einer Wunde sauber aufeinander fixiert, kann der Körper beginnen, die Gewebelücke auf natürliche Weise dauerhaft zu schliessen.

Doch nicht immer erreicht die Naht, was sie soll: Bei sehr weichen Geweben kann der Faden durch das Gewebe schneiden und zusätzliche Verletzungen verursachen. Und wenn der Wundverschluss an inneren Organen nicht dichthält, können durchlässige Nähte ein lebensbedrohliches Problem darstellen. Forschende der Empa und der ETH Zü-

rich haben nun einen Weg gefunden, Wunden mittels Laser zu verlöten.

TEMPERATUR IN ECHTZEIT STEUERN

Beim Löten werden üblicherweise Werkstoffe mittels Hitze über ein schmelzendes Verbindungsmittel aneinandergefügt. Dass diese thermische Reaktion bei biologischen Materialien in engen Grenzen bleiben muss und gleichzeitig die Temperatur auf nicht-invasive Weise schwierig zu messen ist, war bisher ein Problem für die Anwendung von Lötverfahren in der Medizin. Das Team um Oscar Cipolato und Inge Herrmann vom «Particles Biology Interactions»-Labor der Empa in St. Gallen und dem «Nanoparticle Systems Engineering Laboratory» der ETH Zürich tüftelte daher an einem smarten Wundverschluss-System, bei dem sich das Laser-Löten schonend und effizient steuern lässt. Es entwickelte hierzu ein Verbindungsmittel mit Metall- und Keramik-Nanopartikeln und setzte ein Nanothermometrie-Verfahren zur Temperaturkontrolle ein.

Die Eleganz des neuen Lötverfahrens beruht dabei auch auf dem Zusammenspiel der zwei Nanopartikel-Arten in der verbindenden Eiweiss-Gelatine-Paste. Während die Paste mittels Laser bestrahlt wird, wandeln Titanitrid-Nano-

partikel das Licht in Wärme um. Die eigens synthetisierten Bismutvanadat-Partikel in der Paste wirken hingegen als winzige fluoreszierende Nanothermometer: Sie strahlen temperaturabhängig Licht spezifischer Wellenlänge ab und erlauben so eine äusserst präzise Temperaturregulierung in Echtzeit. Damit ist die Methode besonders geeignet für die Anwendung in der minimal invasiven Chirurgie, da sie ohne Berührung auskommt und Temperaturdifferenzen mit feinsten räumlicher Auflösung in oberflächlichen und tiefen Wunden ermittelt.

SCHONENDES INFRAROTLICHT

Nachdem das Team die Bedingungen für das «iSoldering» (Englisch für «intelligentes Löten») über mathematische Modellierungen «in silico» optimiert hatte, konnten die Forschenden die Leistungsfähigkeit des Kompositmaterials untersuchen. Gemeinsam mit Chirurgen und Chirurginnen des Universitätsspital Zürich, der «Cleveland Clinic» (USA) und der tschechischen Karls-Universität erzielte das Team in Labortests mit verschiedenen Gewebeproben eine schnelle, stabile und bioverträgliche Verbindung von Wunden beispielsweise an Organen wie der Bauchspeicheldrüse oder der Leber. Ebenso erfolgreich und schonend verlief das Versiegeln von besonders anspruchsvollen Gewebestücken etwa der Harnröhre, des Eileiters oder des Darms mittels iSoldering. Mittlerweile ist das Nanopartikel-Kompositmaterial denn auch zum Patent angemeldet.

Doch damit gaben sich die Forschenden noch nicht zufrieden: Es gelang ihnen, die Laser-Lichtquelle durch schonenderes Infrarotlicht zu ersetzen. Dies bringt die Löttechnologie einen weiteren Schritt näher zur Anwendung im Spital: «Würde mit bereits medizinisch zugelassenen Infrarotlampen gearbeitet, liesse sich die innovative Löttechnik ohne zusätzliche Laser-Schutzmassnahmen in herkömmlichen Operationssälen verwenden», sagt Empa-Forscherin Inge Herrmann.

Quelle

Andrea Six, EMPA-Medienmitteilung 16.01.2024
www.empa.ch/web/s604/news-portal

STUDIUM

- 25 MATERIALWISSENSCHAFT, MIKROTECHNIK, NANOWISSENSCHAFTEN
STUDIEREN
- 29 STUDIENMÖGLICHKEITEN
- 33 BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN
- 34 VERWANDTE STUDIENRICHTUNGEN UND ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE
- 35 PORTRÄTS VON STUDIERENDEN



MATERIALWISSENSCHAFT, MIKROTECHNIK, NANOWISSENSCHAFTEN STUDIEREN

Neue Materialien und Techniken sind Voraussetzung für technologischen Fortschritt. Wer daran arbeiten will; wer sich für naturwissenschaftliche Fächer interessiert, ohne sich für eines davon entscheiden zu wollen; wer Interdisziplinarität sucht, ist bei den Studiengängen Materialwissenschaft, Mikrotechnik oder Nanowissenschaften richtig.

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 EPF Lausanne angeboten. Die EPF Lausanne bietet zudem die Möglichkeit, einen Mikrotechnikbachelor und einen Mikrotechnikmaster abzuschliessen. An der ETH Zürich wird kein Bachelor angeboten, dafür ein Spezialmaster zum Thema Mikro- und Nanosysteme, für den man sich von verschiedenen Bachelors aus bewerben kann. Die Universität Basel ermöglicht als einzige Hochschule in der Schweiz einen Bachelor- und einen Masterstudiengang in Nanowissenschaften.

An den Fachhochschulen der Westschweiz (HES-SO) gibt es Studiengänge in Mikrotechnik mit verschiedenen Spezialisierungen. Teilweise besteht innerhalb der Fachhochschulstudiengänge in Maschinentechnik 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 in den Perspektivenheften «Maschineningenieurwissenschaften, Automobil- und Fahrzeugtechnik» bzw. «Interdisziplinäres Ingenieurwesen» vorgestellt. Studiengänge der Medizintechnik werden im Perspektivenheft «Life Sciences» vorgestellt. Medizintechnik ist auch eine Spezialisierungsmöglichkeit in oder nach Abschluss eines Mikrotechnikstudiums.

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 weg anwendungsorientiert. Auch an der ETH werden in diesen Studiengängen im Verlauf der Ausbildung Fragestellungen aus der Praxis immer wichtiger. An den Fachhochschulen ist der Bachelorabschluss berufsqualifizierend. An der ETH braucht es für die Berufsqualifikation den Masterabschluss.

Eine Gemeinsamkeit der hier vorgestellten Studiengänge ist ihre Interdisziplinarität.

UNTERRICHTSFORMEN

In der Materialwissenschaft gibt es als Unterrichtsform neben den Vorlesungen die Übungen, zum Beispiel in

Analysis oder in Programmier Techniken. 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 Nanowissenschaften anwenden. Blockkurse verschaffen ausserdem eine erste Mitarbeit in unterschiedlichen Forschungsgruppen. Diese ermöglichen es den Studierenden herauszufinden, an welchen Bereichen am meisten Interesse besteht. Im Mikrotechnikstudium der beiden ETH gehört, wie auch in der Materialwissenschaft, ein obligatorisches Industriepraktikum zur Ausbildung. Es findet im Masterstudium statt und dauert bei der ETH Zürich zwölf Wochen, bei der EPF Lausanne zwei bis sechs Monate. Zum Mikrotechnikstudium an der Fachhochschule gehören ebenso Vorlesungen, Blockkurse, Übungen und Labor. Praktika sind keine vorgeschrieben.

FACHSPEZIFISCHE ZULASSUNGSBEDINGUNGEN

Die Zulassung zu ETH und Universitäten ist mit der gymnasialen Maturität oder mit der Berufsmaturität und bestandener Passerellenprüfung gewährleistet.

Für die Zulassung zum Bachelorstudium der Fachhochschulen müssen Bewerberinnen und Bewerber mit einer gymnasialen Maturität in der Regel eine einjährige Praxiserfahrung vorweisen. Beispielsweise können sie vor dem Studium ein 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

ONLINE-INFORMATIONEN RUND UMS STUDIEREN

Was sind ECTS-Punkte? Wie sind die Studiengänge an den Hochschulen strukturiert? Was muss ich bezüglich Zulassung und Anmeldung beachten? Was kostet ein Studium? Weitere wichtige Informationen rund ums Studieren finden Sie auf www.berufsberatung.ch/studium.

in den folgenden fünf technischen Berufen: Informatiker/in EFZ, Elektrotechniker/in EFZ, Automatischer/in EFZ, Konstrukteur/in EFZ, Polymechaniker/-in EFZ.

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.

Personen ohne Maturität, die über 25 Jahre alt sind, können sich für eine Zulassung «sur dossier» bewerben.

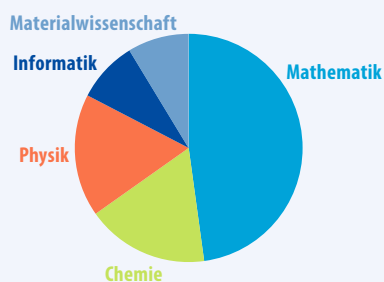
PERSÖNLICHE VORAUSSETZUNGEN

Materialwissenschaft, Nanowissenschaften und Mikrotechnik sind für Personen interessant, die sich für naturwissenschaftliche 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 Materialwissenschaften wichtig.

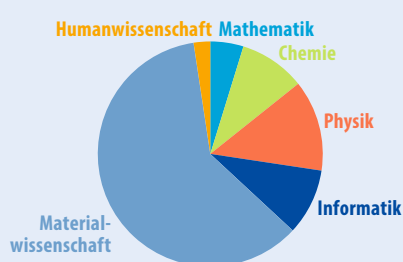
Konzentration, Ausdauer, hohe Belastbarkeit, ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen, ein Flair für Arbeiten im Labor, ein gewisser Tüftler- und Erfindergeist sowie Offenheit für interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Fachleu-

MATERIALWISSENSCHAFT Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der ETH Zürich

1. JAHR



2. – 3. JAHR



ten 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.

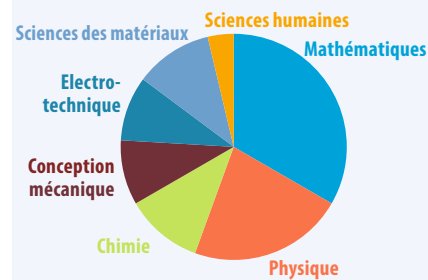
STUDIENINHALTE

Materialwissenschaft

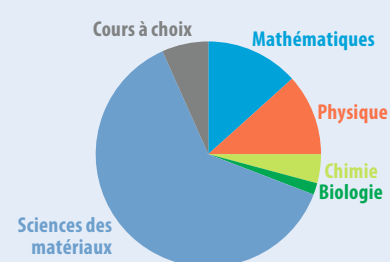
In 3D gedruckter Knorpel, energieeffizientere Solarzellen, biobasierte Polymide und Polymilchsäure als Ver-

MATERIALWISSENSCHAFT Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der EPF Lausanne

1. JAHR



2. – 3. JAHR



packungsmaterialien – hinter fast allen Produkten stehen Werkstoffe, die über spezielle Eigenschaften verfügen. Ob Medizin, Mikroelektronik oder Batterieforschung: Neue Werkstoffe und Materialien sind die Voraussetzung für jeden technologischen Fortschritt. 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. Mehr zu den Forschungsthemen finden Sie ab Seite 6, mehr zu den Berufsmöglichkeiten ab Seite 46.

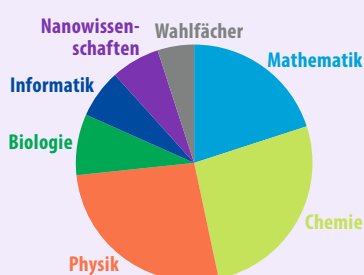
Materialwissenschaft an der

ETH Zürich und der EPF Lausanne

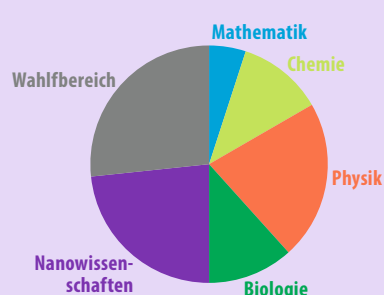
Das Bachelorstudium in Materialwissenschaft folgt einem weitgehend festgelegten Studienprogramm. Die ersten beiden Jahre dienen vor allem dem Auf- und Ausbau des Fundaments in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Mathematik, Chemie und Physik sowie dem Erwerb der Grundlagen in der Materialwissenschaft. Ab dem

NANOWISSENSCHAFTEN/Fächerverteilung im Bachelorstudiengang der Uni Basel

1. JAHR



2. – 3. JAHR



zweiten Studienjahr stehen materialwissenschaftliche Fragestellungen und Probleme im Zentrum. Es geht um die Vertiefung in die Eigenschaften, Verarbeitung und Auswahl von Materialien (zum Beispiel Metalle, Polymere, Halbleiter). Programmier- und Simulationstechniken gehören ebenfalls zur Ausbildung.

Im Master Materialwissenschaft werden die materialwissenschaftlichen Kenntnisse vertieft und erweitert. Dabei besteht ein grosser Gestaltungsspielraum, da ein Grossteil der Kurse aus einem breiten Angebot ausgewählt werden kann.

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

Mikrotechnik

Das Studium der Mikrotechnik verbindet Fachgebiete aus Informatik, Mikrooptik und -elektronik sowie der Mikromechanik und ist daher in hohem Masse interdisziplinär angelegt.

Die Mikrotechnik beschäftigt sich mit Verfahren und Methoden, die es erlauben, Geräte, Systeme und Bestandteile im Mikrometerbereich ($1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$) oder gar im Nanometerbereich ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$) 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, Informatik, Physik, Chemie. Auch 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.

Im Master kann das Studium durch ein Nebenfach ergänzt werden.

Neben dem konsekutiven Master an der EPFL können sich Bachelorabsolventinnen und -absolventen auch für den spezialisierten Master «Precision Engineering MSc» bewerben. Dieser Master wird von der Berner Fachhochschule und der Universität Bern gemeinsam angeboten.

Mikrotechnik an Fachhochschulen

Das Studium der Mikrotechnik an der Westschweizer Fachhochschule 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 Ingénierie horlogère, Bio-ingénierie, Robotique et conception microtechnique (siehe Tabellen ab S. 29).

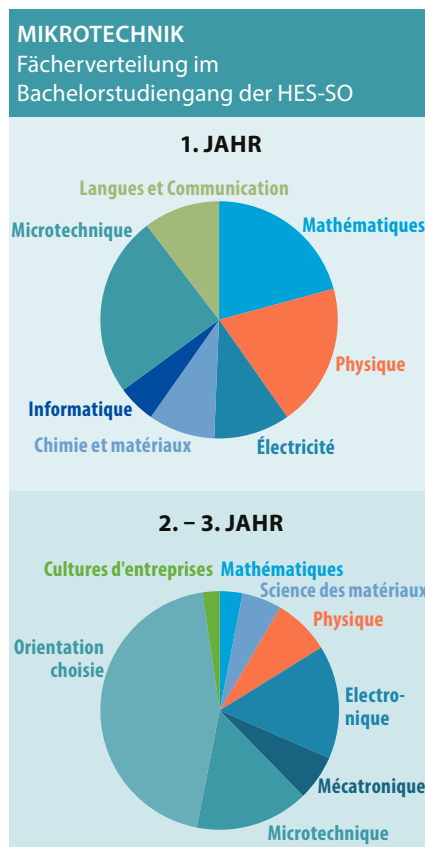
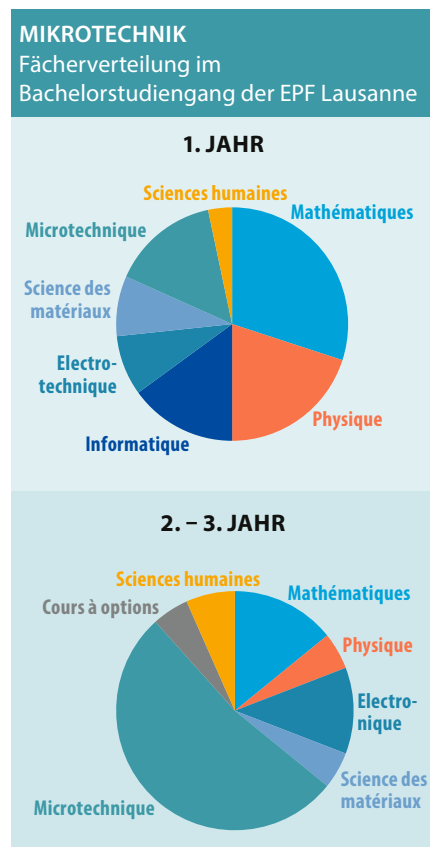
Auf dem Bachelor baut der gesamtschweizerische Master Engineering MSc auf. Als Vertiefung bietet sich das Profil Microengineering an, in dem aus einer Reihe von Spezialisierungen ausgewählt werden kann.

Mit dem Fachhochschulbachelor können sich Absolventinnen und Absolventen auch für den Master Precision Engineering MSc bewerben. Dieser Master wird von der Berner Fachhochschule und der Universität Bern gemeinsam angeboten und öffnet den Zugang zum Doktorat.

Der Master Precision Engineering MSc ist von einer grossen Zahl verschiedener Bachelorabschlüsse zugänglich, zum Beispiel Automotive and vehicle technology, Chemical engineering, Electrical engineering, Mechanical engineering, Materials science, Medical technology, Microtechnology oder Photonics.

Nanowissenschaften

Nanowissenschaften sind ein interdisziplinäres naturwissenschaftliches Fachgebiet mit Fokus auf Strukturen und Phänomene im Nanobereich. Im Nanometerbereich verschwinden die



Grenzen zwischen den klassischen naturwissenschaftlichen Disziplinen. Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler 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 tiefen 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 naturwissen-

schaftlichen 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 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, Physik und Medizinische Nanowissenschaften ein Vertiefungsfach. Das Studium bleibt mit einem grossen Wahlbereich interdisziplinär. Es umfasst dazu zwei praktische, zweimonatige Projektarbeiten auf verschiedenen Forschungsgebieten. Die Studierenden arbeiten innerhalb einer Forschungsgruppe, sodass sie die selbstständige wissenschaftliche Tätigkeit lernen. Aufbauvorlesungen und Seminare erweitern die theoretischen Kenntnisse im Vertiefungsfach.

Quellen

www.berufsberatung.ch
Websites der Hochschulen



Im Studiengang Nanowissenschaften lernen Studierende die Grundlagen in allen Naturwissenschaften, inklusive Labortechniken.

STUDIENMÖGLICHKEITEN IN MATERIALWISSENSCHAFT, MIKROTECHNIK, NANOWISSENSCHAFTEN

Die folgenden Tabellen zeigen auf, wo in der Schweiz Materialwissenschaft, Mikrotechnik und Nanowissenschaften studiert werden können. Es werden zuerst die Studiengänge der Fachhochschulen, anschliessend jene der Universitäten/ETH, 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/mikrotechnik



www.berufsberatung.ch/nanowissenschaft

BACHELORSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

BSc = Bachelor of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
MIKROTECHNIK			
Fachhochschule Westschweiz HES-SO: www.hes-so.ch – Haute école Arc HE-Arc > Haute Ecole Arc Ingénierie: www.he-arc.ch/ingenierie – HES-SO Genève > hepia Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève: www.hesge.ch/hepia/bachelor – HEIG-VD > Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud: www.heig-vd.ch/formations/bachelor			
Microengineering/ Microtechniques BSc	Neuenburg	Vollzeit	– Ingénierie biomédicale – Ingénierie horlogère
Microengineering/ Microtechniques BSc	Genf	Vollzeit	– Bio-ingénierie – Conception électronique – Matériaux et horlogerie
Microengineering/ Microtechniques BSc	Yverdon-les-Bains (VD)	Vollzeit, Teilzeit, berufsbegleitend	– Robotique et conception microtechnique

MASTERSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

Nach erfolgreichem Abschluss des Bachelorstudiums kann man eine Stelle suchen oder in die bisherige Tätigkeit zurückkehren. Wer sich fachlich weitervertiefen will, kann einen Master erlangen – mit einem Master hat man bestimmt die besseren Karten auf dem Arbeitsmarkt. 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 Microengineeringbachelor anbieten. Der Masterstudiengang Precision Engineering ist

von einer grossen Anzahl verschiedener Bachelorstudiengängen von Fachhochschulen und Universitäten zugänglich.

Über Details zu diesen Masterstudiengängen gibt die betreffende Hochschule gerne Auskunft.

MSc = Master of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
MIKROTECHNIK			
Fachhochschule Westschweiz HES-SO: www.hes-so.ch/domaines/ia/mse/mic			
Engineering, Profil Microengineering MSc	Différentes sites HES-SO selon les modules choisis Delsberg Freiburg Genf Lausanne Le Locle Neuenburg Sitten (VS) St-Imier Yverdon-les-Bains (VD)	Vollzeit, Teilzeit	Diverses spécialisations à choix, p.ex. – Développement de microsystemes – Ingénierie biomédicale – Ingénierie horlogère – Production et fabrication microtechniques
Berner Fachhochschule: www.bfh.ch/ti ; Universität Bern: www.sbpe.unibe.ch/studies/index_eng.html			
Precision Engineering MSc	Bern Masterthesis in Bern, Biel oder Burgdorf	Vollzeit, Verlängerung und Teilzeit möglich	– Optical Engineering – Ultraprecision Engineering

BACHELORSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

BSc = Bachelor of Science

Studiengang

MATERIALWISSENSCHAFT

EPF Lausanne: <https://sti.epfl.ch/smx>

Science et génie des matériaux BSc

ETH Zürich: <https://mat.ethz.ch>

Materials Science and Engineering/Materialwissenschaft BSc

MIKROTECHNIK

EPF Lausanne: <https://sti.epfl.ch/smt>

Microtechnique BSc

NANOWISSENSCHAFTEN

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

Nanosciences/Nanowissenschaften BSc

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. Der Masterabschluss eröffnet den Zugang zu einem Doktorat. Mit dem Master wird üblicherweise auch ein Spezialgebiet gewählt, das dann im Berufsleben weiterverfolgt und mit entsprechenden Weiterbildungen vertieft werden kann.

Es gibt folgende Master:

Konsekutive Masterstudiengänge bauen auf einem Bachelorstudiengang auf und

vertiefen das fachliche Wissen. Mit einem Bachelorabschluss einer schweizerischen Hochschule wird man zu einem konsekutiven Masterstudium in derselben Studienrichtung, auch an einer anderen Hochschule, zugelassen. Es ist möglich, dass bestimmte Studienleistungen während des Masterstudiums nachgeholt werden müssen.

Spezialisierte Master sind meist interdisziplinäre Studiengänge mit spezialisiertem Schwerpunkt. Sie sind mit Bachelorabschlüssen aus verschiedenen Studienrichtungen zugänglich. Interessierte müssen sich für einen Studienplatz bewerben; es besteht keine Garantie, einen solchen zu erhalten.

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

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele für Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem Studium der Materialwissenschaft, Mikrotechnik und Nanowissenschaften anbieten. Über Details zu diesen Masterstudiengängen gibt die betreffende Hochschule gerne Auskunft.

MSc = Master of Science

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATERIALWISSENSCHAFT	
EPF Lausanne: https://sti.epfl.ch/smx	
Materials Science and Engineering/Science et génie des matériaux MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Materials research and development Wahl eines Minors, z.B. – Biomedical technologies – Computational science and engineering – Energy – Engineering for sustainability – Management, technology and entrepreneurship – Mechanical engineering – Space technologies
ETH Zürich: https://mat.ethz.ch	
Materials Science and Engineering/Materialwissenschaft MSc	
MIKROTECHNIK	
EPF Lausanne: https://sti.epfl.ch/smt	
Microengineering/Microtechnique MSc	
NANOWISSENSCHAFTEN	
Universität Basel: https://nanoscience.unibas.ch	
Nanosciences/Nanowissenschaften MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Chemie – Medizinische Nanowissenschaften – Molekularbiologie – Physik

INTERDISZIPLINÄRE STUDIENGÄNGE UND SPEZIALMASTER

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 Bachelorab-

schlüssen verschiedener Studienrichtungen gewählt werden können.

Die in folgender Tabelle aufgeführten Masterstudiengänge werden in englischer Sprache angeboten.

MSc = Master of Science

Studiengang	Inhalte
EPF Lausanne: www.epfl.ch/education/master/programs Universität Lausanne: Study>Master">https://unil.ch/hec>Study>Master IMD Business School Lausanne: www.imd.org/msc/master-degree/sustainable-management-technology	
Sustainable Management and Technology/ Management durable et technologie MSc	The Master of Science in Sustainable Management and Technology aims at equipping the entrepreneurs and intrapreneurs of the future with the knowledge and skills enabling them to contribute to the transition toward a more resilient, environmentally responsible and inclusive economy while harnessing the power of technology.
EPF Lausanne: www.epfl.ch/education/master/programs	
Management, Technology and Entrepreneurship/ Management, technologie et entrepreneuriat MSc	The Master provides training in strategy, finance, accounting, human resource management and economics Specializations: – business analytics – operations management and systems modeling – strategy, innovation and entrepreneurship
ETH Zürich: https://master-micronano.ethz.ch ; https://istp.ethz.ch	
Micro- and Nanosystems/Mikro- und Nanosysteme MSc	Maschinenbau und Elektrotechnik, Physik, Materialwissenschaften, Mikrosystemtechnik, Rechnergestützte Wissenschaften und Prozesstechnik für chemische und biologische Systeme. Zum Programm gehört eine mindestens zwölfwöchige Industriepraxis.
Science, Technology and Policy MSc	Vertieft das ingenieurwissenschaftliche Wissen und ergänzt es durch Fähigkeiten in der Politikanalyse. Die Kenntnisse werden auf Fragestellungen aus der Praxis angewendet.
Universität Bern: www.sbpe.unibe.ch/studies/index_eng.html Berner Fachhochschule: www.bfh.ch/ti	
Precision Engineering MSc	Vermittelt umfassende Kenntnisse des Precision Engineering für die Forschung und für die Anwendung im Beruf. Vertiefungsrichtungen sind «Ultraprecision Engineering» und «Optical Engineering». Zugang mit Universitäts- oder Fachhochschulbachelor verschiedener Fachrichtungen.

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN



Auch in naturwissenschaftlich-technischen Fächern wird ein Teil der Inhalte nach wie vor noch im Rahmen von Vorlesungen vermittelt.

Berner Fachhochschule

Die Hochschule Technik der Berner Fachhochschule bietet einen Bachelorstudiengang *Mechatronik und Systemtechnik* an mit den Vertiefungsrichtungen *Medizintechnik* und *Robotik*.

Neben dem Spezialmaster *Precision Engineering* bietet die Berner Fachhochschule mit der Universität Bern auch den Spezialmaster *Biomedical Engineering* an. Die Vertiefungsrichtungen sind *Biomechanics*, *Electronic Implants*, *Image-Guided Therapy*.

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, die die Vertiefungsrichtung *Physique appliquée* anbietet. Diese beinhaltet unter anderem Themen der angewandten Kernenergie, insbesondere in den Bereichen Strahlenschutz und Anwendung in der Medizin.

Die Studiensprache ist Französisch, einzelne Veranstaltungen werden in Englisch angeboten.

EPF Lausanne

Die EPFL bietet einen kostenlosen Französisch-Intensivkurs vor dem Semester an sowie weitere Kurse

während des Semesters. Im ersten Semester werden in allen Ingenieur-Studienrichtungen die zwei wichtigsten Vorlesungen (Analysis und Physik) auf Deutsch angeboten. Zudem gibt es im ersten Jahr eine Auswahl an Vorlesungen auf Englisch. Das Masterstudium ist in Englisch.

Mit einem universitären Bachelorabschluss in *Mikrotechnik* kann zum Master *Robotics/Robotique MSc* zugelassen werden, wer exzellente akademische Resultate mitbringt.

ETH Zürich

Der grösste Teil der Lehrveranstaltungen im ersten Studienjahr des *Bachelors Materialwissenschaft* 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.

Universität Basel: Nanowissenschaften

Im dritten Studienjahr werden Blockkurse aus Angeboten des Biozentrums, der Departemente Chemie und Physik der Universität Basel und externen Institutionen wie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), dem Paul Scherrer Institut (PSI), der Empa und dem Adolph Merkle Institut (AMI) ausgewählt.

Unter speziellen Bedingungen kann nach einem Master in Nanowissenschaften das *Lehrdiplom für Maturitätsschulen* erworben werden. Die PH der FHNW legt allfällige Zusatzstudienleistungen fest. Weitere Informationen unter: www.fhnw.ch/ph oder <https://nanoscience.unibas.ch>

Master of Science in Engineering MSE

Auf Masterstufe wird von den Schweizer Fachhochschulen gemeinsam ein Kooperationsmaster mit verschiedenen Vertiefungsrichtungen angeboten (siehe auch www.msengineering.ch), z.B.

- Mechanical Engineering
- Mechatronics and Automation
- Medical Engineering
- Microengineering
- Photonics and Laser Engineering.

Voraussetzungen sind ein guter bis sehr guter Bachelorabschluss und Berufserfahrung im Bereich der gewählten fachlichen Vertiefung.

Die Theoriemodule werden zentral in Zürich, Lausanne oder Lugano angeboten. Die Unterrichtssprache der Theoriemodule ist in der Regel Englisch. Die Module der fachlichen Vertiefung und die Masterarbeit werden an der zuvor gewählten Fachhochschule absolviert. Das Studienprogramm lässt sich stark individualisieren und an die eigenen Bedürfnisse anpassen.

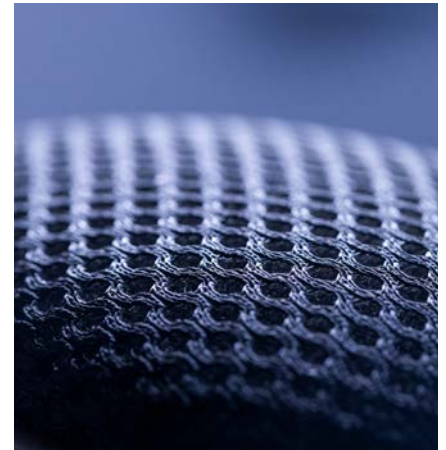
VERWANDTE STUDIENRICHTUNGEN

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

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

«PERSPEKTIVEN»-HEFTE

Biologie
Chemie, Biochemie
Elektrotechnik, Informationstechnologie
Informatik, Wirtschaftsinformatik
Interdisziplinäre Ingenieurwissenschaften
Maschineningenieurwissenschaften, Automobil- und Fahrzeugtechnik
Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik
Medizin
Physik
Umweltwissenschaften



Die Wissenschaft ermöglicht auch bei Textilien hohe Qualität und vielseitige Anwendungen.

ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE

Zu vielen 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 Berufsinformationaltblätter 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 (www.adressen.sdbb.ch).

Nebstehend einige Beispiele von alternativen Ausbildungen zu einem Hochschulstudium, welche in einen materialwissenschaftlichen, mikrotechnischen oder nanowissenschaftlichen Arbeitsbereich führen können.

AUSBILDUNGEN

Anlage- und Apparatebauer/in EFZ
Automatiker/in EFZ
Automatikfachmann/-fachfrau BP
Chemie- und Pharmatechnologe/-login EFZ
Elektroniker/in EFZ
Feinwerkoptiker/in EFZ
Informatiker/in EFZ
Konstrukteur/in EFZ
Kunststofftechnologe/-login EFZ
Medizintechniker/in HF
Mikromechaniker/in EFZ
Mikrotechniker/in HF
Physiklaborant/in EFZ
Polymechaniker/in EFZ
Produktionsfachmann/-frau BP
Qualitätsfachmann/-frau in Mikrotechnik EFZ
Techniker/in HF Mikrotechnik
Techniker/in HF Systemtechnik
Uhrmacher/in EFZ

PORTRÄTS VON STUDIERENDEN

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

SARA NOAMAN

Materialwissenschaft,
Bachelorstudium,
ETH Zürich

LUKAS HEER

Materialwissenschaft,
Masterstudium,
ETH Zürich

MAURO SETTIMO

Precision Engineering mit
Schwerpunkt Optical Engineering,
Masterstudium,
Berner Fachhochschule/Universität
Bern

SARAH VOGEL

Nanowissenschaften,
Bachelorstudium,
Universität Basel

ELAINE SCHNEIDER

Nanowissenschaften,
Masterstudium,
Universität Basel



Sara Noaman, Materialwissenschaft, Bachelorstudium, 5. Semester, ETH Zürich

MATERIALWISSENSCHAFT STUDIEREN IST ZEITINTENSIV

Sara Noaman (22) studiert Materialwissenschaft an der ETH. Zurzeit ist sie in der Lernphase: Sie muss den gesamten Stoff des Semesters durchgehen und die Übungen noch einmal durcharbeiten. Nach den Prüfungen beginnt sofort das nächste Semester. Im Sommer wird sie dann nur etwa drei Wochen freihaben, bevor das Masterstudium anfängt.

Wie haben Sie Ihr Studium bisher erlebt?

Ich studiere Materialwissenschaft an der ETH Zürich. Im Bachelor ist klar vorgegeben, welche Fächer zu belegen sind. Im Master werde ich aus einer

Auswahl an Fächern meinen Stundenplan zusammenstellen und meine Interessen vertiefen können.

An der Uni ist es sehr anders als am Gymnasium. Niemand achtet darauf, ob ich die Vorlesungen besuche oder die

Übungen löse. Ich musste viel selbstständiger sein und Disziplin an den Tag legen. Seit ich meinen Rhythmus gefunden habe, ist es nicht mehr so schlimm. Ich kann mich noch an die Chemie-I-Vorlesung im ersten Semester erinnern. Diese eine Vorlesung hat den gesamten Chemiestoff des Gymnasiums abgedeckt. Je weiter man mit dem Studium kommt, desto anspruchsvoller werden die Themen und das Tempo bleibt.

Im Basisjahr baut man sein Grundwissen auf mit viel Mathematik (Analysis und Lineare Algebra), Physik und Chemie. Je weiter ich komme, desto mehr haben die Vorlesungen mit Materialwissenschaft zu tun. Thermodynamik und Quantenmechanik sind stete Begleiter und zum Programmieren und Simulieren komme ich auch.

Was mussten Sie fürs Studium mitbringen?

Für diejenigen, die am Gymnasium etwas Naturwissenschaftliches als Schwerpunkt hatten, ist der Einstieg einfacher. Besonders wichtig aber ist Fleiss. Wer sich in den Lernphasen zum Lernen nicht motivieren kann, wird nicht bestehen. Ist man jedoch schon während des Semesters aktiv bei den Vorlesungen und macht die Übungen, sollte man es hinbekommen. Wer neugierig und fleissig ist, kann Materialwissenschaft studieren.

Wie viele Veranstaltungen besuchen Sie?

Im fünften Semester besuche ich etwa zwölf Stunden Vorlesung und sechs Stunden Übungen pro Woche. Der gesamte Freitag ist für das Schlussprojekt reserviert. Dieses Semester ist – zeit- nicht stoffmässig – bei Weitem das entspannteste.

Dazu kommen ein bis zwei Stunden pro Tag Lernzeit, also 7 bis 14 Stunden pro Woche, je nachdem, ob eine Abgabe fällig ist oder ich ein Thema nachbearbeiten möchte. Das meiste «wirkliche» Lernen ist für die Lernphase reserviert, wo ich jeden Tag sechs bis acht Stunden lerne.

Dieses Studium ist wirklich zeitintensiv. Ich möchte es in der Regelzeit von drei Jahren Bachelor, zwei Jahren Master schaffen, deshalb kann ich nebenbei

nicht arbeiten. Es ist ein Vollzeitstudium. Ich brauche auch freie Zeit, um den Kopf zu lüften, ansonsten rennt man ziemlich schnell in ein Burnout. Ich könnte mit dem Lernen ewig weitermachen: Inhalte zusammenfassen, die von den Dozierenden empfohlene Literatur lesen usw. Jede/r muss für sich selbst entscheiden, wann es genug ist.

Wie schwierig ist das Studium?

Es ist «normal», etwas in der Vorlesung nicht zu verstehen und erst in der Lernphase zu durchschauen. Vor allem jetzt im fünften Semester, wo der Stoff teilweise wirklich anspruchsvoll wird und man sich langsam auf Forschungsniveau befindet. Aber wenn ich mit Mitstudierenden spreche, merke ich, dass es allen gleich geht.

Was gefällt Ihnen am Studium, was nicht?

Mir gefällt es, dass der Studiengang klein ist. Bei 30 bis 60 Nasen pro Semester kennen sich alle untereinander und das Studieren macht viel mehr Spass. Während des Semesters veranstaltet unser Studiengang jeden Monat eine Feier mit Motto, zum Beispiel Karaoke, Glühwein oder Pub-Quiz. Dort konnte ich Studierende aus anderen Semestern kennenlernen. Der Kontakt zu Mitstudierenden aus höheren Semestern ergibt sich auch bei Laborversuchen, denn die werden von Studierenden geleitet. Ich selbst habe dieses Semester einen Versuch betreut. Es hat mir Spass gemacht, die Erstsemestrigen beim ersten Versuch zu unterstützen.

Ausserdem gefällt mir, dass ich so viele Projekte und Praktika habe. Es ist etwas anderes, ein Thema in der Vorlesung erklärt zu bekommen und es selbst zu versuchen. Wir bauten zum Beispiel Schienenzeppeline, Spektrometer und Solarzellen. Im Schlussprojekt habe ich mit Mikrogelen gearbeitet und war in einer Forschungsgruppe dabei. Mikrogele sind kleine Polymerkugeln, deren Grösse von Temperatur- und pH-Änderungen abhängt. In der Forschung verwendet man sie als Sensoren oder Microswimmers und um Medikamente gezielt im Körper freizulassen. Ich konnte diese Mikrogele synthetisieren und analysieren.

Ich wusste bereits im Voraus, dass das Studium physiklastig wird. Ich bin kein Fan von Physik, aber wenn ich in anderen Kursen merke, dass ich das Ganze nicht umsonst lerne, bin ich doch recht gut motiviert. Im Master werde ich die Fächer wählen können.

Wie ist der Kontakt mit den Dozierenden?

Bis auf Mathematik-Vorlesungen im ersten und zweiten Jahr, die man zusammen mit den Maschinenbaustudierenden besucht, sind in den Vorlesungen fast nur Materialwissenschaftler/-innen, bloss etwa 50 Leute. Da kann man gut während der Vorlesung oder in der Pause Fragen stellen. Alle Dozierenden freuen sich über Interesse und Austausch mit Studierenden.

Haben Sie schon Prüfungen gehabt?

Ich habe bald vier Prüfungssessionen hinter mir. Nach dem Semester folgt die Lernphase. Da muss ich jeweils den gesamten Stoff durchgehen und die Übungen noch einmal durcharbeiten. Danach schreibe ich die Prüfungen und schon fängt das Semester wieder an. Im Sommer gibt es etwa drei Wochen Ferien. Dieser Ferienmangel ist typisch für Studiengänge an der ETH.

Wie haben Sie Ihr Studienfach gewählt?

Ich habe ein Zwischenjahr dazu genutzt, um mich nach dem Gymnasium zu entspannen und zu überlegen, was mich interessiert. Ich habe mir per Zoom angehört, wie sich die verschiedenen Studiengänge vorstellten. Durch Zufall kam ich zur Materialwissenschaft. Der Vortrag hat mich so inspiriert, dass ich mich entschied, mich dafür einzuschreiben. Mich reizte die Tatsache, dass das Fach so interdisziplinär ist und ich mich nicht auf eine Naturwissenschaft beschränken muss. Mit diesem Studiengang werden sich mir viele Türen öffnen und ich werde mich in viele verschiedene Richtungen spezialisieren können.

Interview
Barbara Kunz



Lukas Heer, Materialwissenschaft, Masterstudium, 2. Semester, ETH Zürich

MATERIALIEN VERSTEHEN, VERBESSERN UND VERWENDEN

Lukas Heer (25) hat nach dem Bachelor in Materialwissenschaft ein Zwischenjahr eingelegt, um das vorgeschriebene Industriepraktikum zu machen. Jetzt ist er im konsekutiven Master, in dem er seinen Stundenplan relativ frei gestalten kann. Es warten auch ein Semesterprojekt und die Masterarbeit auf ihn.

«Ich studiere im zweiten Semester des Masters Materialwissenschaft. Für den Eintritt in den Bachelor hat meine gymnasiale Maturität gereicht. Der Übergang vom Bachelor Materialwissenschaft zum Master Materialwissenschaft verlief reibungslos.

Zwischen Bachelor und Master habe ich ein Zwischenjahr eingelegt, unter anderem, um mein Industriepraktikum zu machen. Es war eine deutliche Umstellung vom Praktikum zurück zum Studium. Im Praktikum waren die Arbeitszeiten klarer geregelt und es gab nicht so

viele verschiedene Dinge, um die ich mich gleichzeitig kümmern musste. Im Praktikum hatte ich mein Hauptprojekt und bekam zusätzliche Aufgaben von meinem Team. Das Team blieb immer gleich und wenn ich mich am Abend ausgeloggt hatte, war normalerweise Ruhe.

MEHR IST IMMER MÖGLICH

Im Studium muss ich in sechs verschiedenen Vorlesungen dem Stoff folgen, Vorträge vorbereiten, Laborarbeiten machen oder Übungsaufgaben lösen. Gruppenarbeiten zu koordinieren ist anspruchsvoll, da man ja nicht nur eine Gruppenarbeit hat und alle in einer Gruppe verschiedene Stundenpläne haben. Ich könnte mich also jeden Abend hinsetzen, um etwas fürs Studium zu tun.

Im vergangenen Semester besuchte ich zirka 19 Stunden Vorlesungen pro Woche. Dies kann aber von Semester zu Semester stark variieren. Im Schnitt komme ich neben den Vorlesungen auf etwa 15 Stunden produktiver Zeit neben den Vorlesungen. Also ca. 35 Stunden Arbeit pro Woche.

Es kommt in den Vorlesungen auch mal vor, dass ich nicht mitkomme. Manchmal hilft es, mit meinen Mitstudierenden darüber zu diskutieren. Vielleicht haben sie es besser verstanden oder wir finden in der Diskussion eine Erklärung. Manchmal muss ich mich nochmals hinsetzen und das Thema durchgehen, bis ich es verstanden habe. Neben dem Vorlesungsmaterial haben wir meist auch Übungsaufgaben, die beim Verständnis helfen. Die Dozierenden beantworten unsere Fragen gerne, entweder in der Pause mündlich oder per E-Mail.

Der Bachelor ist aktuell als Vollzeitstudium konzipiert. Wer arbeiten muss oder will, sollte das zu den Randzeiten oder am Wochenende tun. Unter der Woche muss man sich rund um die Vorlesungen und Praktika organisieren. Im Master dagegen bin ich erheblich flexibler und kann die Belastung durch das Studium reduzieren, damit ich Zeit habe, einer Arbeit nachzugehen, mich zu engagieren oder um mich etwas zu entlasten.

SICH FÜRS STUDIUM ENGAGIEREN

Der Ausgleich neben dem Studium ist sehr wichtig. Der SMW ist der Fach-

verein der Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler. Der SMW organisiert mehrere Stämme, Ausflüge zu Firmen, Anlässe und Partys mit anderen Fachvereinen sowie ein Skiweekend. Daneben vertritt der SMW die Studierenden gegenüber dem Departement. Als Active im SMW lege ich allen, die sich für die Materialwissenschaft entscheiden, ans Herz, sich im SMW zu engagieren, sei es, um die Studierenden in verschiedenen Gremien zu repräsentieren, an den Events zu helfen, für unser Magazin «Materialist» zu schreiben oder im Vorstand des Vereins. Studierende profitieren vom breiten Angebot des Akademischen Sportverbandes Zürich ASVZ, der mehrere Sportcenter in Zürich hat, eines auf dem Höggerberg. Es gibt über 120 Sportarten und gut ausgestattete Gyms.

Der Bachelor dient dazu, ein gutes Basiswissen aufzubauen und wichtige praktische Fertigkeiten zu vermitteln. Entsprechend sind die Fächer fix vorgegeben. Es gibt lediglich Auswahl bei den sogenannten GESS-Fächern, offiziell: «Wissenschaft im Kontext», von denen man etwa zwei während des ganzen Bachelors belegen muss. Die Auswahl an der ETH ist extrem gross.

AUSWAHL IM MASTER

Im Master bin ich nun sehr frei: Ich habe eine Auswahl an Kernfächern, von denen ich einige belegen muss. Daneben kann ich Wahlfächer belegen, das heisst Vorlesungen auf Master-niveau der ganzen ETH wählen. Auch Teil des Masters sind ein Industriepraktikum, ein Semesterprojekt und die Masterarbeit.

Das Industriepraktikum ist kein normales Praktikum bei einer Firma. Es muss einen klaren materialwissenschaftlichen Bezug haben und mindestens drei Monate dauern. Man bewirbt sich selbstständig bei Industriefirmen, in der Schweiz oder – falls man das will – auch im Ausland.

Das Semesterprojekt sollte etwa acht Wochen dauern: Es ist ein wissenschaftliches Projekt, das man in einer Forschungsgruppe durchführt.

Die Masterarbeit dauert ein halbes Jahr und ist ebenfalls ein selbstständiges Forschungsprojekt.

Semesterprojekte, Bachelor- und Masterarbeiten werden von den verschiedenen Forschungsgruppen ausgeschrieben. Wer eine eigene Idee hat, kann sie Professorinnen und Professoren vorschlagen.

Das Studium der Materialwissenschaft ist praktisch und theoretisch. Es gibt Mathe-, Physik-, Chemie- und weitere Vorlesungen, die einem die theoretischen Grundlagen vermitteln. Daneben gibt es aber auch noch einen stark praktischen Teil. Im Bachelor waren wir schon ab dem ersten Semester regelmässig im Labor, um zuerst die Grundfertigkeiten aufzubauen und das in Vorlesungen Gelernte anzuwenden. Daneben gab es mehrere Engineering-Projekte, bei denen wir in Gruppen verschiedene Probleme lösten.

METHANOL ZU WASSERSTOFF

Meine Bachelorarbeit hat den sehr deskriptiven Titel: «Optimizing Transparency and Gas Permeability of Nanoparticle-based Titania-Palladium Aerogel Monoliths for Gas-phase Photocatalytic Hydrogen Production from Methanol.

– Material: Titania-Palladium

– Struktur: Nanopartikel-basiertes Aerogel

– Form: Monolith (kleiner Zylinder)

Was habe ich damit gemacht? Ich habe bei der Probenherstellung zwei Parameter variiert, um Transparenz und Gaspermeabilität des Aerogels für die Reaktion zu optimieren, bei der mithilfe von UV-Licht aus Methanol Wasserstoff hergestellt wird. Die relevanten Grundlagen dafür habe ich im Studium gelernt und mich mit aktuellen wissenschaftlichen Artikeln ins Thema eingelesen. Dabei wurde ich von meinem Betreuer unterstützt.

Im vergangenen Semester musste ich für eine Vorlesung einen Vortrag über Bremsschwellen halten. Es ging darum, Materialien für eine Bremsschwelle vorzuschlagen, die weich sind, wenn ein Auto unterhalb der Höchstgeschwindigkeit über die Schwelle fährt, und hart werden, wenn ein Auto über der Höchstgeschwindigkeit über die Schwelle fährt.

FAMILIÄRE ATMOSPHERE

Im Bachelor starten etwa 60 Studierende pro Jahr, von denen etwa 40 den Ba-

chelor erfolgreich abschliessen. Einerseits gehen nach dem Bachelor manche ins Ausland, andererseits kommen auch neue Studierende von extern hinzu, so dass es im Master auch etwa 40 Studierende pro Jahrgang sind, wobei im Master nicht mehr alle die gleichen Vorlesungen besuchen. In einem so kleinen Studiengang kennt und unterstützt man sich untereinander. Ältere Studierende führen Mathematikurse für Einsteigerinnen und Einsteiger sowie Prüfungsvorbereitungskurse vor den ersten Jahresprüfungen durch.

Mit den meisten Dozierenden ist der Kontakt sehr direkt und angenehm. Sie nehmen sich gerne Zeit, um Fragen zu beantworten und antworten zeitnah auf E-Mails. Ich habe zum Beispiel dem Dozenten für organische Chemie während der Prüfungsvorbereitung wöchentlich einen Fragekatalog geschickt mit den Problemen und Unklarheiten, die wir in der Lerngruppe hatten und jeweils ausführliche Antworten erhalten.

Die meisten Prüfungen, die ich erlebt habe, waren gut organisiert und verliefen fair. Es wurde geprüft, was in der Vorlesung behandelt wurde. Gute Dozierende kommunizieren schon vor der Prüfung, wo sie ihre Schwerpunkte legen und geben auch gerne Beispielaufgaben, damit man sich besser vorbereiten kann.

Ich weiss noch nicht, ob ich nach dem Master ein Doktorat machen will oder in welche Branche ich sonst gehen würde. Das Studium ist breit und bietet viele Richtungen, in die man sich vertiefen kann. Ich war schon auf einigen Networking-Events des Departements, bei denen ehemalige Studierende Vorträge über ihre Berufstätigkeit hielten: Da habe ich gesehen, dass ich nach dem Studium sehr viele Möglichkeiten habe.

Ob die Materialwissenschaft die absolut richtige Wahl war, kann ich nicht abschliessend sagen, da ich nicht weiss, wie mein Leben aussehen würde, hätte ich etwas anderes studiert. Aber ich bin mit meinem Studium glücklich.»

Porträt

Barbara Kunz



Mauro Settimo, Precision Engineering mit Schwerpunkt Optical Engineering, Masterstudium, 4. Semester, Berner Fachhochschule/Universität Bern

«ICH KANN VON EXPERTEN KENN- NISSE IM BEREICH OPTIK ERWERBEN»

Mauro Settimo (24) hat im noch relativ neuen Masterstudiengang Precision Engineering genau das gefunden, was er suchte. Er kann sein Fachwissen im Bereich Optik erweitern und praktische Erfahrungen im Labor sammeln. Was er besonders schätzt, ist der anregende Austausch unter den Studierenden und den Dozierenden.

Wo stehen Sie in Ihrem Studium?

Ich bin Student im Bereich Precision Engineering mit Schwerpunkt Optical Engineering im vierten, also letzten Semester und arbeite an meiner Masterarbeit.

Wie sind Sie auf Ihr Studienfach gekommen?

Ich suchte nach einer Hochschule, die Kurse in optischer Ingenieurwissenschaft anbietet und der Masterstudiengang in Precision Engineering bot

genau das. Er ist einzigartig in der Schweiz.

Jetzt, da ich meinen Master fast abgeschlossen habe, kann ich mit Sicherheit sagen, dass meine Wahl die richtige war. In diesen zwei Jahren hatte ich die Gelegenheit, Fachkenntnisse im Bereich Optik von Branchenexperten zu erwerben.

Was mussten Sie fürs Studium mitbringen?

Um für diesen Masterstudiengang zugelassen zu werden, muss man einen Bachelorabschluss in Natur- oder Ingenieurwissenschaften erlangt haben. Der Bachelor muss mit mindestens einem Notendurchschnitt von 5,0 oder der Note C abgeschlossen worden sein.

Wie haben Sie den Einstieg ins Studium erlebt?

Am Anfang empfand ich eine Mischung aus Angst und Aufregung, da ich neuen Herausforderungen und Möglichkeiten gegenüberstand. Doch dank meiner Entschlossenheit und meiner Lernbereitschaft gelang es mir, jedes Hindernis zu überwinden. Ich bin auch dankbar für die Unterstützung von meinen Mitstudierenden, Professorinnen und Professoren, die dazu beitrugen, mein Studentenleben zu einer aussergewöhnlichen und bereichernden Erfahrung zu machen.

Wie viele Veranstaltungen besuchen Sie?

Die Arbeitsbelastung des Masterstudiums konzentriert sich auf drei Wochentage, was es den Studierenden ermöglicht, Teilzeit zu arbeiten. Je nach Semester hatte ich täglich sechs bis acht Stunden Unterricht. Dazu kommt die Zeit zu Hause für Hausaufgaben und Projekte. Je nach Arbeitsbelastung und meinen organisatorischen Möglichkeiten habe ich mindestens sechs zusätzliche Stunden pro Woche ins Selbststudium investiert.

Dieser Master ist praxisorientiert. Während des zweiten und dritten Semesters werden an mindestens vier Stunden pro Tag und an drei Tagen pro Woche praktische Arbeiten im

Labor durchgeführt, bei denen ein grosses Gruppenprojekt bearbeitet wird.

Doch das Leben ist nicht nur Studium: Bern bietet vielfältige Freizeitmöglichkeiten und Unterhaltung für junge Menschen. An der Universität Bern kann ich zusätzlich aus zahlreichen Sportaktivitäten in moderner Infrastruktur auswählen.

Als wie anstrengend empfinden Sie Ihr Studium?

Das Schwierigkeitsniveau hängt natürlich von den eigenen Fähigkeiten und Kenntnissen ab. Es ist sehr wichtig, eine solide Grundlage in den wichtigsten naturwissenschaftlichen und technischen Fächern zu haben. Falls jemand Lücken hat, hilft das erste Semester: Darin werden die grundlegenden ingenieurwissenschaftlichen Themen wiederholt, um alle auf den gleichen Stand zu bringen.

Was gefällt Ihnen besonders am Studium?

Das Beste an diesem Master ist die anregende Atmosphäre zwischen den Studierenden und den Dozierenden. Ich habe auch die Möglichkeit geschätzt, das Wissen aus den Vorlesungen während der Laborstunden in die Praxis umzusetzen.

Können Sie eine typische oder besonders zentrale Veranstaltung nennen?

Ab dem zweiten Semester müssen die Studierenden zwischen Precision Engineering und Optical Engineering wählen, um sich zu spezialisieren. Eine der zentralen Vorlesungen ist dann die Spezialisierung, in meinem Fall: Optik. Dieses Fach hat die meisten Wochenstunden, in denen alle Aspekte des Themas in 360°-Detail vertieft werden.

Was ist das Thema Ihrer Masterarbeit?

Meine Masterarbeit konzentriert sich auf die Verwendung eines Optical Coherence Tomography Systems, um die Sicherheit und Effektivität eines modernen YAG-Lasers bei der Behandlung von Floatern im Auge zu verbessern. Ich baue ein OCT-Test-Setup auf und entwickle ein vereinfachtes biomechanisches Modell, um die Wirksamkeit dieser Technik bei der Sicherstellung der Behandlungssicherheit und der präzisen Lokalisierung von Floatern im Glaskörper zu bewerten.

Wie viele Studierende sind in Ihrem Semester?

Da es sich um einen neuen Master handelt, ist die Anzahl der Studie-

renden nicht gross. In meinem Semester waren wir etwa ein Dutzend. So ist es einfach, Kontakte zu knüpfen und die Kommilitonen auch ausserhalb des akademischen Umfelds kennenzulernen.

Dieser Master ist praxisorientiert. Während des zweiten und dritten Semesters werden an mindestens vier Stunden pro Tag und an drei Tagen pro Woche praktische Arbeiten im Labor durchgeführt, bei denen ein grosses Gruppenprojekt bearbeitet wird.

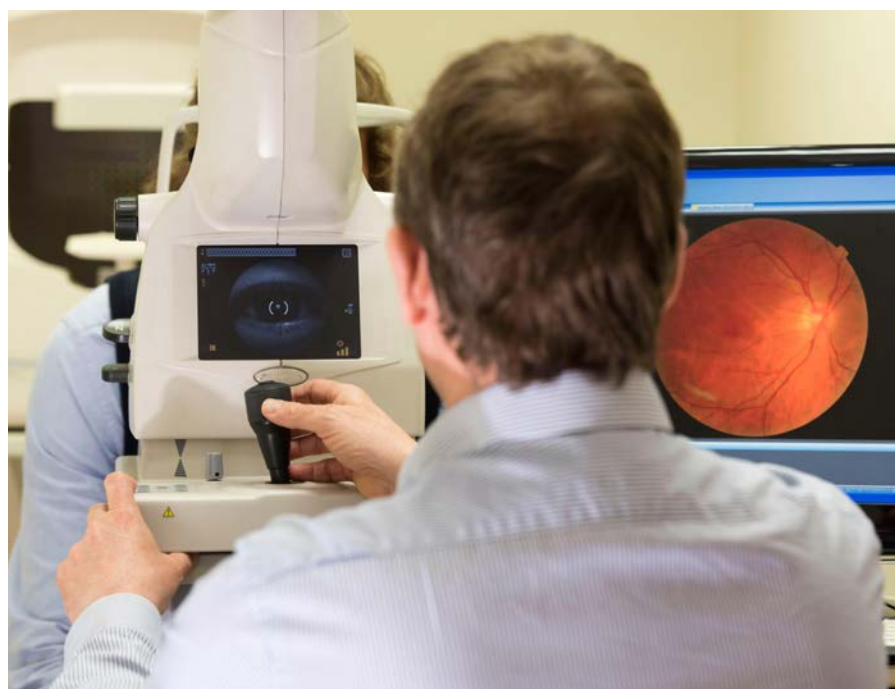
Dank der kleineren Klassengrösse habe ich auch persönliche Beziehungen zu den Dozierenden aufbauen können. Dies ermöglicht einen fruchtbaren Ideenaustausch während und nach den Unterrichtsstunden.

Wie geht es für Sie weiter?

Im Moment liegt mein Fokus zu 100 Prozent auf meiner Abschlussarbeit, aber natürlich denke ich gelegentlich darüber nach, ob ich eine Forschungskarriere mit einem PhD fortsetzen oder eine berufliche Laufbahn beginnen soll.

Ausserdem hatte ich während des Masters die Möglichkeit, unabhängig an Projekten in Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen zu arbeiten. Diese Erfahrung wird äusserst nützlich sein, egal ob ich mich für die Promotion oder den Einstieg ins Berufsleben entscheide. Die erworbenen Fähigkeiten und die praktische Erfahrung während des Masterstudiums werden es mir ermöglichen, Herausforderungen und Chancen mit grösserer Sicherheit und Kompetenz anzugehen und mich bestmöglich auf jeden beruflichen Weg vorzubereiten, den ich einschlagen möchte.

Interview
Barbara Kunz



Ein Optical Coherence Tomography System spielt die Hauptrolle in Mauro Settimos Masterarbeit. Dank diesem Tool werden Floater im Glaskörper des Auges sicht- und therapierbar.



Sarah Vogel, Nanowissenschaften, Bachelorstudium, 4. Semester Universität Basel

VOM SCHWERPUNKTFACH MUSIK ZU DEN NANOWISSENSCHAFTEN

Interesse für Naturwissenschaften ist die einzige Voraussetzung für das Studium der Nanowissenschaften, findet Sarah Vogel (22). Durchhaltevermögen und Selbstdisziplin sind sicher auch nötig, um die 50- bis 60-Stunden-Wochen durchzustehen. Eine Lerngruppe hilft Sarah Vogel durch belastende Phasen des Studiums.

«Ich studiere im 4. Semester Nanowissenschaften. Dieser Studiengang ist interdisziplinär aufgestellt. Das Studium hat am meisten Ähnlichkeit mit einem Physikstudium, jedoch kann ich im Wahlbereich ab dem zweiten Studienjahr zwischen Biologie-, Chemie- und Mathematikvorlesungen frei

wählen. Die meisten Vorlesungen sind jedoch Hauptvorlesungen und bereits festgelegt. Die Hauptvorlesungen kann man auf der Website für Nanowissenschaften, www.nanoscience.ch, nachschauen, um sich ein Bild zu verschaffen, ob dieses Studium die gewünschten Interessen abdeckt.

EIN VOLLZEITSTUDIUM

Das Studium braucht keine besonderen Voraussetzungen, jedoch sollte ein grosses Interesse für die Naturwissenschaft vorhanden sein, denn man beschäftigt sich tagtäglich mit der Bewegung von Teilchen, mathematischen Vektorfeldern, chemischen Spektren oder der Gen-Aktivierung in Bakterien. Ich selber habe in meiner Gymnasialzeit Musik als Schwerpunktfach gewählt und Biologie als Nebenfach. Wer sich am Gymnasium bereits mit naturwissenschaftlichen Fächern intensiver auseinandergesetzt hat, ist zu Beginn bestimmt im Vorteil, jedoch sieht man an meinem Beispiel, dass das nicht ausschlaggebend ist: Ich konnte das nötige Wissen nachholen.

Nanowissenschaften ist ein Vollzeitstudium, das sehr viel Zeit in meinem Leben einnimmt. Von Montag bis Freitag bin ich in den verschiedenen Vorlesungen und Übungen. Am Abend oder am Wochenende bin ich in der Bibliothek zu finden und löse mit meiner Lerngruppe Mathematik- und Physikübungen oder schreibe Berichte über physikalische Versuche. Ich investiere zwischen 50 bis 60 Stunden pro Woche für mein Studium. Diese zeitliche Belastung ist typisch für naturwissenschaftliche Studiengänge und fordert viel Selbstdisziplin und Hingabe.

FREUNDSCHAFTEN ENTSTEHEN

Neben der Arbeit fürs Studium bleibt leider nicht viel Zeit für andere Aktivitäten. Ich arbeite am Wochenende noch in einem Restaurant und einem Eventlokal, während meine Studienfreunde diese Zeit für ein bisschen Sport, Erholung oder sonstige Freizeitaktivitäten nutzen. Ich habe für mich das Unigym entdeckt, da ich mich sehr flexibel einteilen kann und Bewegung ein guter Ausgleich nach einem langen Tag an der Uni ist.

Das Studium kann sehr (über-)fordern und stellt einen immer wieder vor grosse Herausforderungen. Die Vorlesungen überfüllen mich mit neuem Wissen, während die Prüfungszeit mit sehr viel Druck verbunden ist. Meine Lern- und auch Freundesgruppe hilft mir, all dieser Anforderungen zu bewältigen. Diese Freunde habe ich im

Studium gefunden. Täglich versuchen wir, die Problemstellungen zu bearbeiten, und falls nötig legen wir einen Pausenspaziergang ein. Der Studiengang ist sehr klein und ermöglicht einen guten Kontakt zu den Mitstudierenden und die anspruchsvolle Zeit schweisst die Freundschaften enger zusammen.

ABWECHSLUNG STATT EINSEITIGKEIT

Das Nanostudium ist das richtige für mich, weil es viele Disziplinen miteinander vereint. Dies ermöglicht mir, in viele Bereiche Einblick zu erhalten und das Studium wird durch die vielen verschiedenen Fachrichtungen nie einseitig. Ein Nanostudium ist für alle richtig, die sich für jegliche naturwissenschaftlichen Thematiken begeistern können und auf der Suche nach einer Herausforderung sind.

«Das Studium hat am meisten Ähnlichkeit mit einem Physikstudium, jedoch kann ich im Wahlbereich ab dem zweiten Studienjahr zwischen Biologie-, Chemie- und Mathematikvorlesungen frei wählen.»

Mein Tipp für neue Studierende ist es, den Kontakt zu älteren Studierenden zu suchen und ungeniert nach Hilfestellungen und Tipps zu fragen. Niemand kann dir besser helfen als Studierende, die bereits die gleichen Problematiken erlebt haben.»

Porträt

Barbara Kunz



Elaine Schneider, Nanowissenschaften, Masterstudium, 3. Semester, Universität Basel

EINSTIEG IN DIE PHARMAINDUSTRIE ODER MEDIZINTECHNIK

Elaine Schneider (23) arbeitet im letzten Studienabschnitt im Master Nanowissenschaften Vollzeit im Labor: Sie recherchiert, plant Experimente, führt sie durch und erarbeitet so neue Erkenntnisse, die sie schliesslich in der Masterarbeit beschreiben wird.

Im dritten Mastersemester Nanowissenschaften mit Vertiefung medizinische Nanowissenschaften besucht Elaine Schneider keine Vorlesungen mehr. Projektarbeiten umfassten zuvor zwei mal zwei Monate Laborpraktikum, vor ihr liegen sechs weitere Monate Laborpraktikum für die

Masterarbeit und die Masterprüfung. Und danach? «Mir steht ein breites Feld offen, ich kann in die Pharmaindustrie, die Medizintechnik, die Materialwissenschaft oder ...» Wahrscheinlich werde sie ein Doktorat machen, doch es sei noch nicht klar wo.

ZEITLICHE BELASTUNG

Elaine Schneider hat das Studium in der regulären Studienzeit als Vollzeitstudium absolviert. Als Ausgleich neben dem Studium spielt sie aktiv Volleyball, für Arbeit zusätzlich wäre aber keine Zeit geblieben.

Im Bachelor musste Elaine Schneider neben den ca. 30 Stunden Vorlesungen pro Woche mindestens 15 Stunden für Übungen, Zusammenfassungen, Lernen und so weiter investieren. Während Prüfungsphasen waren es mindestens 30 Stunden pro Woche.

Im Master hatte sie mehr Vorlesungen, für die sie Essays schreiben oder Präsentationen vorbereiten musste. Bei den Laborarbeiten war der Zeitaufwand sehr abhängig von Gruppe und Projekt.

Elaine Schneider sagt dazu: «Ich habe mittlerweile ein recht gutes System und Zeitmanagement.» Im Bachelor hingegen musste sie zuerst lernen, «richtig» zu lernen, und ein gutes Zeitmanagement finden, um Übungen zu lösen.

BREITE AUSWAHL

Im Bachelor waren die Grundlagenvorlesungen vorgeschrieben, doch daneben konnte Elaine Schneider vergleichsweise viele Vorlesungen selbst wählen. Mehrere kurze Laborpraktika in unterschiedlichen Bereichen halfen ihr zu entscheiden, was sie nach dem Bachelor machen wollte.

Insgesamt ist der Bachelor thematisch breit aufgestellt und vermittelt viel Grundwissen, vor allem in Chemie, Biologie, Physik und Mathematik. Die Interdisziplinarität hat aus Sicht von Elaine Schneider Vor- und Nachteile: «Man hat genug Grundwissen, um sich überall schnell einzuarbeiten. Ich verstehe zum Beispiel viele Methoden besser als «reine» Biologinnen oder Chemiker, aber man muss sich für eine Spezialisierung viel selbst erarbeiten.»

Bei den Mastervorlesungen ist der Vertiefung entsprechend vorgeschrieben, aus welchem Fachbereich gewählt werden muss, aber nicht welche Vorlesungen. Es gibt Vorlesungen mit unterschiedlichen Arten der Leistungsüberprüfung (z.B. Prüfungen,

Präsentationen, Essays). «Das hilft, die Arbeit etwas besser übers Semester zu verteilen und nicht alles in der Prüfungsphase machen zu müssen.»

Auch bei den Praktika gibt es eine sehr breite Auswahl. Es sind auch Praktika in Gruppen möglich. Sie können an der Uni, aber auch in der Industrie stattfinden.

«Man hat genug Grundwissen, um sich überall schnell einzuarbeiten. Ich verstehe zum Beispiel viele Methoden besser als «reine» Biologinnen oder Chemiker, aber man muss sich für eine Spezialisierung viel selbst erarbeiten.»

Elaine Schneider belegte viele Vorlesungen im Bereich Pharma: Wirkstoffe, Wirkmechanismen, Krankheitsmechanismen usw. Ein Laborpraktikum absolvierte sie im Neurobiolabor zur Untersuchung der Auswirkung von Hormonen auf ein Alzheimermodell. Bei einem weiteren arbeitete sie im Bereich der Biophysik mit an der Strukturaufklärung eines Proteins, das in Parkinson involviert ist.

FAMILIÄRER STUDIENGANG

«Mir gefällt an den Nanowissenschaften besonders, dass es ein kleiner Studiengang ist: Man kennt alle», sagt Elaine Schneider. Meist sind es nicht mehr als 20 Studierende pro Jahrgang. «Die Fachgruppe organisiert Events, bei denen man sich kennenlernt. Ich bin seit Studienbeginn gut befreundet mit einigen Kommilitoninnen und Kommilitonen, mit denen ich mich auch ausserhalb der Uni treffe. Durch die Teilnahme an Events und der Mitarbeit in der Fachgruppe kenne ich auch recht viele Nanos aus anderen Jahrgängen.»

Der Kontakt mit den Dozierenden ist einfach: «Mastervorlesungen sind klein, man kann in oder nach der Vorlesung Fragen stellen, und Dozentinnen und Dozenten sind in der Regel gut per Mail erreichbar. Der Kontakt bei den Projekt- und der Masterarbeit ist abhängig von der Gruppe. Ich hat-

te immer Betreuerinnen und Betreuer, zu denen ich einfach ins Büro laufen konnte.»

RICHTIGE WAHL

Elaine Schneider suchte nach dem Gymnasium mit Schwerpunkt Bio und Chemie ein naturwissenschaftliches Studienfach, war aber an allen Naturwissenschaften und an der praktischen Anwendung der Naturwissenschaften interessiert. So passten die Nanowissenschaften perfekt. Jetzt – bei der Masterarbeit – vertieft sich Elaine Schneider hauptsächlich in Biophysik, Proteinbio und Methoden.

Sie ist von der Richtigkeit ihrer Studienwahl überzeugt: «Ja klar, sonst hätte ich während oder nach dem Bachelor das Studienfach wechseln können.»

Porträt

Barbara Kunz

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 Weiterbildungsbereich 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 Informationen: www.berufsberatung.ch/studienkosten

WEITERBILDUNGSMÖGLICHKEITEN NACH EINEM STUDIUM IN MATERIALWISSENSCHAFT, MIKROTECHNIK ODER NANOWISSENSCHAFTEN

Für viele Absolventinnen und Absolventen dieser Studienrichtungen 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 Medicine and Biomedical Entrepreneurship (MAS, SITEM)

Die Teilnehmenden 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, Mar-

kets and Technology; Information and Operations Management; Financial Management usw.
www.ethz.ch > Studium > Weiterbildung

BETRIEBSWIRTSCHAFT IM TECHNOLOGIEUMFELD (CAS, BFH)

Betriebswirtschaft im Technologieumfeld (CAS, BFH)

Die Weiterbildung richtet sich an Personen im Technologieumfeld, die sich zunehmend mit betriebswirtschaftlichen Aufgaben auseinandersetzen müssen. Teilnehmende lernen Rechnungswesen als Führungsinstrument einzusetzen und Überlegungen zur künftigen Positionierung des Unternehmens sowie zum Marktauftritt und effizienten Prozessen umzusetzen.
www.bfh.ch/ti/de > Weiterbildung
> CAS

Weitere Weiterbildungsangebote:
www.berufsberatung.ch/weiterbildung

BERUF

- 47 BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT
- 50 BERUFSPORTRÄTS



BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT

Lehre, Forschung und Entwicklung sind die häufigsten Arbeitsbereiche von Material- sowie Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern. Ihre wichtigsten Arbeitgeber sind denn auch Forschungs- und Entwicklungsabteilungen von Hochschulen, Forschungsinstituten und Industrieunternehmen. Dies gilt weitgehend auch für Fachpersonen mit Abschluss in Mikrotechnik.

Für Absolventinnen und Absolventen der Mikrotechnik ist der direkte Berufseinstieg nach Studienabschluss leicht möglich. Bei den Nanowissenschaften und der Materialwissenschaft führt der Weg oft 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

Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler 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. Die Berufsaussichten sind durch die breite Grundausbildung vielfältig und die Chancen auf dem Arbeitsmarkt sehr gut – ob in der Medizintechnik, der Energietechnik, der Raumfahrt, der chemischen Industrie, der Analytik, in der Verwaltung oder im akademischen Umfeld.

Typische Arbeitsorte sind neben der Hochschule Forschungs- und Entwicklungsabteilungen unterschiedlichster Branchen. Dazu bieten Fachpersonen aus den Materialwissenschaften ihr Forschungs- und Entwicklungsfachwissen auch als Selbstständige oder Mitarbeitende von Ingenieurbüros an. Sie sind zum Beispiel als Produktmanager, als Prozessentwicklerinnen, als Forscher, als Projektleiterinnen, als Qualitätsingenieure, als Berater oder als Geschäftsleiterinnen tätig.

Zahnimplantate und Baustoffe

Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler 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 und Beschichtungen unterschiedlichster Produkte wie chirurgischer Instrumente, Pfannen, superschneller Lei-

tungen und Speichermedien, metallischer Schäume, Zahnimplantaten, Düsentriebwerken, Recyclingstoffen, Lebensmittelverpackungen oder Baustoffen.

Im Zentrum stehen dabei Werkstoffe, die zugleich technisch und wirtschaftlich interessant sind, mit geringem Energieaufwand produziert werden können und gut recyclebar sind. Der effektive Umgang mit Materialien wird aufgrund der geringer werdenden Ressourcen immer wichtiger. Oft arbeiten diese Absolventinnen und Absolventen mit Konstrukteuren sowie Maschinen- und Verfahreningenieurinnen 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, zwischen Entwicklung und Konstruktion. Sie wirken zudem bei der Entwicklung von Verfahren mit, dank derer neue Materialien produziert werden können. Das setzt voraus, dass sie die technischen Aspekte der Herstellung und Verwendung von Werkstoffen kennen.

Produkte entwickeln

Fachleute aus den Materialwissenschaften arbeiten in Forschungslabors und Entwicklungsabteilungen der Maschinenindustrie, der Automobilindustrie, in der Luft- und Raumfahrt, in der biomedizinischen Technik, in der Powerelektronik, der Spezialitätenchemie, der kunststoff- oder metallverarbeitenden Industrie oder in der Bau- und Keramikindustrie. 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.

Qualitätsprüfung, Schadenanalyse, Patentierung

Weitere Arbeitsfelder der Materialwissenschaft sind die Prüfung und Schadensanalyse. Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftler überprüfen und kontrollieren die Zusammensetzung und das Verhalten von Werkstoffen und schätzen ihre Lebensdauer ein («Life Cycle Analysis»). Dazu gibt es eine Vielzahl von Untersuchungs-



Auch Strassenbeläge sind ein Anwendungsfeld der Materialwissenschaft. Aktuelle Entwicklungen zielen hier beispielsweise auf mehr Lärmschutz in Siedlungsgebieten ab.

methoden, 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. Risiken, 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 vernetz-

ter Datenbanken lässt sich eine Liste geeigneter Werkstoffe mit optimalen Eigenschaften erstellen.

MIKROTECHNIK

Ingenieurinnen und Ingenieure des Fachbereichs Mikrotechnik arbeiten vor allem in Herstellerbetrieben für mikro- und nanotechnologische Produkte, optische Bauteile und Komponenten, zum Beispiel für die Informations- und Telekommunikationsbranche, die Unterhaltungselektronik, die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, die Energietechnik und Halbleiterproduktion, die Umwelttechnik, die Sensortechnik, die Gen- und Medizintechnologie, die chemische- und pharmazeutische Industrie, die Fertigungs- und Montagetechnik, die Haushaltsgerätetechnik, die Sicherheitstechnik sowie den Fahrzeugbau.

Projektleitung in der Entwicklung

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 spezialisierte Fachleute koordinieren und führen müssen, meist als Projektleiter oder Projektleiterinnen. Mikrotechniker/-innen finden ihre Stellen – ausser in den oben genannten Industriebranchen – im Bereich der privaten Dienstleistungen, das heisst in Planungs- und Ingenieurbüros. 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 und Nanotechnologinnen 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.

Herzschrittmacher und Datenspeicher

Eine typische Funktion von Mikrotechnikerinnen und Mikrotechnikern ist die Projektleitung für die 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 und dem Gebot der Effizienz möglichst optimal entspricht.

Beispiele solcher Produktionsentwicklungen sind etwa Beschleunigungssysteme zur Auslösung von Airbags, Herzschrittmacher, Mobiltelefone, Chipkarten und so weiter.

Im Dienste von Industrieunternehmen

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

NANOWISSENSCHAFTEN

Mögliche Tätigkeitsfelder für Nanowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler liegen in den Bereichen Forschung, Lehre und Entwicklung. Ihre wichtigsten Arbeitgeber sind Hochschulen (Universitäten/ETH/FH), Forschungsinsti-

tute ausserhalb der Hochschulen sowie Industrieunternehmen. Ihre naturwissenschaftliche Ausbildung ist extrem breit. Entsprechend gut sind die Beschäftigungsprognosen.

Nanowissenschaftler/innen befassen sich mit Systemen der Biologie, Chemie und Physik im Nanometerbereich. Mithilfe von Rastersondenmikroskopen sowie speziellen Materialien und Techniken erforschen sie neue Anwendungsbereiche in Hightechindustrie, Medizin und Informatik und entwickeln molekulare Maschinen, Nanoroboter, Sensoren und Quantencomputer, Nanomaterialien von biologischen Systemen und vieles mehr.

Biosensoren und Quantencomputer

In den Nanowissenschaften werden Grundlagen für neue Technologien erforscht. So planen Forschende den 3D-Druck von Zellen und den Aufbau von Organen auf einer Mikrometeroberfläche (Body-on-Chip) zu realisieren, um beispielsweise die Auswirkungen von Medikamenten auf verschiedene Organsysteme auf einem Chip untersuchen zu können. Schon länger im Gespräch ist die Entwicklung eines Quantencomputers. Dazu könnten künstliche Atome (Quantendots) für die Realisierung eines Quantencomputers genutzt werden. Allerdings gibt es zahlreiche experimentelle Probleme zu lösen, bevor die Theorie in die Praxis umgesetzt werden kann.

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.



Im Zero Carbon Building Systems Lab können Forschende verschiedene klimatische Bedingungen simulieren, um neue Gebäudesysteme, -teile und -materialien zu testen.

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 sowie 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, etwa 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 Nanowissen-

schaftlerinnen und -wissenschaftler in der Informations- und Kommunikationstechnologie, in der chemisch-pharmazeutischen Forschung, in der Energie- und Umwelttechnik, in der Biotechnologie und -medizin oder auch in der Automobil- und Luftfahrttechnik tätig. In engem Zusammenhang mit der Forschung und Entwicklung bestehen auch Beschäftigungsmöglichkeiten im Dokumentations- und Patentwesen. Weitere wichtige Berufsfelder sind Beratung, Planung, Kontrolle oder Projektleitung in der Verwaltung, in Verbänden, in Organisationen und privaten Betrieben.

Quellen

www.berufsberatung.ch
www.ethz.ch
www.nanoscience.ch
<https://sti.epfl.ch>
www.studienwahl.de
www.ti.bfh.ch

BERUFSPORTRÄTS

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

MURIELLE SCHRECK

Start-up-Gründerin,
qCella AG

THOMAS GELDMACHER

Prozessentwicklungsingenieur für
Medizinprodukte

LYDIE BLAETTLER

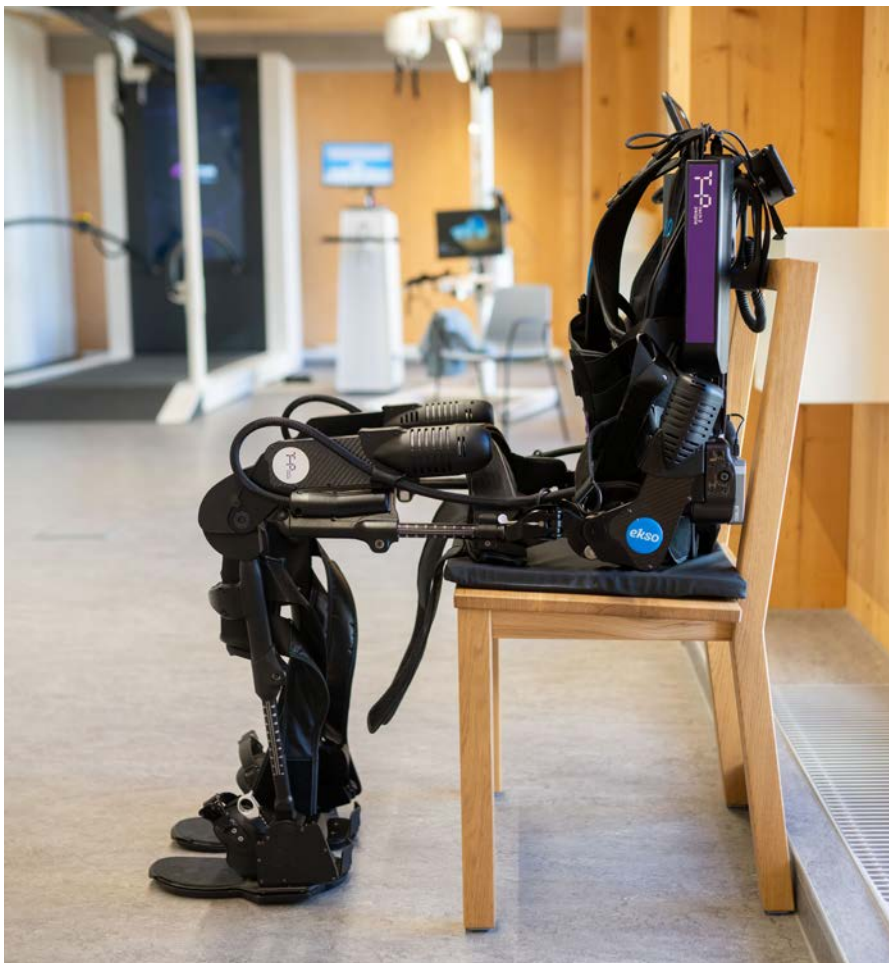
Laboringenieurin,
MPS Watch

MILAN LIEPELT

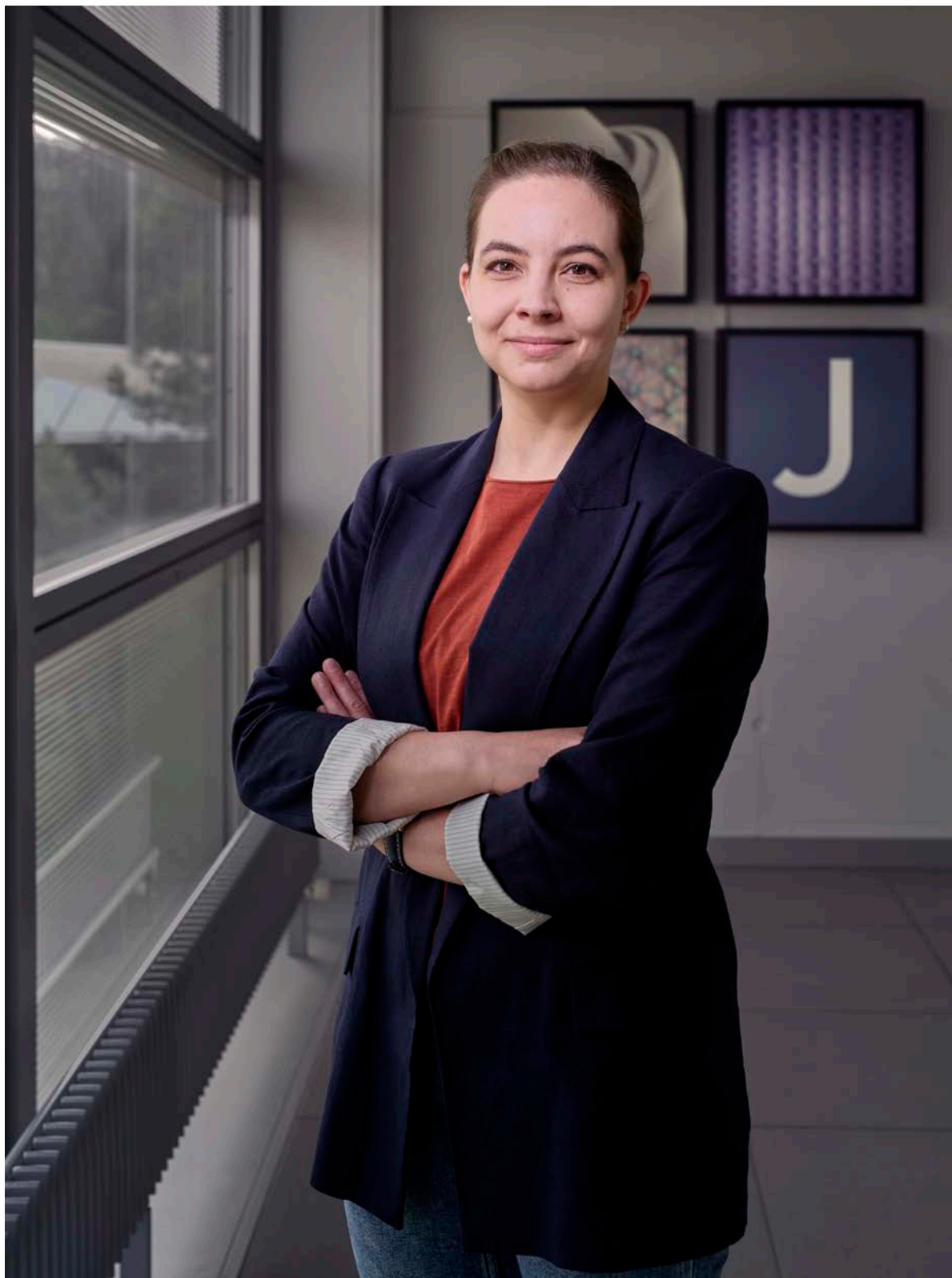
New Technology Lead,
ARTIDIS AG

ARNE BARFUSS

Manager für Produktentwicklung,
Robert Bosch GmbH



Ein attraktives Forschungs- und Berufsfeld für Materialwissenschaftlerinnen und Mikrotechniker gleichermaßen bietet die robotikgestützte Physiotherapie. Im Bild ein Exoskelett.



Murielle Schreck, Doktorat in Materialwissenschaft, Start-up-Gründerin, qCella AG

EIN MATERIAL ERFINDEN – EINE FIRMA GRÜNDEN

Eigentlich erforschte Murielle Schreck (33) während ihrer Doktorarbeit, wie man mit künstlichem Sonnenlicht Wasserstoff produzieren kann. Darüber hinaus erfand sie ein Material, das sich zu einem innovativen Heizsystem weiterentwickeln liess. Nun hat sie dieses Kupfer-Zellulose-Hybridmaterial zum Patent angemeldet, gemein-

sam mit zwei Kollegen ein Start-up gegründet und dabei die Position der CEO übernommen. Sie stellt potenziellen Geldgebern und Kundinnen ihre Firma und ihr Produkt vor.

«Im Moment kümmere ich mich darum, dass unser Start-up qCella bis mindestens Ende 2025 genügend finanzielle Mittel hat, das heisst, ich mache Fundraising und suche Kunden für unsere innovativen Heizmatten. Ich stelle unser Start-up vor, manchmal mit dreiminütigen Präsentationen, manchmal mit einstündigen Gesprächen.

«Ich hatte nie daran gedacht, ein Start-up zu gründen. Aber als mit der Erfindung des Materials die Möglichkeit entstand, etwas aus dem Labor zu kommerzialisieren, hat es mich gepackt. Ich habe nach dem Doktorat während zweier Jahre aus dem neuen Material Heizmattenprototypen entwickelt und das Gründungsteam gesucht. Schliesslich haben wir 2023 die Firma gegründet.»

Die Anlässe oder auch Start-up-Konferenzen finden vor allem in Zürich, Winterthur, Bern, St.Gallen aber auch mal im Ausland statt. Ich nehme gerne persönlich an Veranstaltungen teil, doch vieles ist online. So verbringe ich meine Arbeitszeit vor allem vor dem Laptop. Das kann im Büro oder auf der Büroterrasse sein, im Zug oder zu Hause im Homeoffice. Klar ist, der Laptop ist immer dabei.

VONEINANDER LERNEN

Das Start-up qCella beschäftigt derzeit uns drei Gründerinnen und Gründer, einen Festangestellten sowie drei Praktikantinnen und Praktikanten. Ich habe die Funktion der CEO. Das bedeutet, dass ich manchmal von früh bis spät in Meetings bin, manchmal allein an Bewerbungen für Projektgel-

der arbeite oder die Start-up-Präsentation, also das sogenannte Pitch Deck, aktualisiere. Manchmal bin ich unterwegs, um Kundinnen, Investoren und Industriepartnerinnen zu treffen. Und häufig habe ich von allem etwas. Ich tausche mich auch mit anderen Start-up-Gründerinnen und -Gründern aus. Wir lernen am meisten voneinander.

Im Team kommunizieren wir persönlich oder via Kurznachrichten. Mit anderen Personen schreiben wir E-Mails, treffen uns in geplanten Video-calls oder vor Ort. Ab und zu brauche ich Zeit für mich, um effizient arbeiten zu können. Aber was mich jeden Tag glücklich zur Arbeit gehen lässt, sind Kontakte zum Team und die spannenden Diskussionen mit unseren Partnern.

SICH GUT ORGANISIEREN

Die grösste Herausforderung ist, sich nicht überfordern zu lassen von der Arbeitsmenge, den verschiedenen Tätigkeitsbereichen und den vielen Terminen. Ich muss mich gut organisieren, den Kalender sauber führen, gute Projektmanagement-Tools haben, weit in die Zukunft planen, und doch das Hier und Jetzt Schritt für Schritt angehen.

Unser Start-up wird in den nächsten Jahren wachsen. Deshalb wird sich meine Rolle ändern. Im Moment bin ich trotz CEO-Status einfach Teil eines Teams. Je mehr Leute wir werden, desto mehr werde ich Führungsqualitäten beweisen müssen. Ich werde nicht über jedes Detail informiert sein können, mich mehr auf die anderen im Team verlassen und ihnen vertrauen müssen oder eher dürfen. Ich schlafe ruhiger, wenn ich die Verantwortung für die Firma mit anderen teilen darf.

BERUFLAUFBAHN

- | | |
|----|--|
| 19 | gymnasiale Maturität |
| 26 | Studienabschluss MSc ETH in Materialwissenschaft, ETH Zürich |
| 31 | Doktorat, Dr. sc. ETH in Materialwissenschaft, ETH Zürich |
| 31 | Postdoc, ETH Zürich |
| 32 | Bridge PoC Fellow, ETH Zürich |
| 33 | CEO und Mitgründerin qCella AG |

ANDERS ALS GEDACHT

Doktoriert habe ich am Departement Materialwissenschaft in der Gruppe Multifunktionale Materialien von Professor Markus Niederberger. Mein Hauptprojekt war, Wasserstoff mit Sonnenlicht zu produzieren. Parallel sollte ich Cellulosefasern mit Kupfer beschichten. Statt sie zu beschichten, füllten wir sie komplett mit Kupferpartikeln. Unerwartet war ein Material geboren, für das wir ein Patent anmelden konnten.

«Ich sagte, dass ich alle Naturwissenschaften toll fände. Da riet mir jemand zur Materialwissenschaft, da habe es von allem etwas. Gespräche mit Bachelorstudierenden der Materialwissenschaft an Studieninformationstagen haben meine Wahl bestärkt.»

Während des Doktorats wusste ich noch nicht, was ich danach machen wollte: akademische Laufbahn, in einer kleinen Firma oder einem grossen Unternehmen arbeiten? Ich hatte nie daran gedacht, ein Start-up zu gründen. Aber als mit der Erfindung des Materials die Möglichkeit entstand, etwas aus dem Labor zu kommerzialisieren, hat es mich gepackt. Ich habe nach dem Doktorat während zweier Jahre aus dem neuen Material Heizmattenprototypen entwickelt und das Gründungsteam gesucht. Schliesslich haben wir 2023 die Firma gegründet.

TOLLE NATURWISSENSCHAFTEN

Für mich war schon früh im Gymnasium klar, dass ich an die ETH Zürich wollte. Unser Chemielehrer hatte dort studiert und doktoriert. Sein Unterricht war super, ich liebte Chemie, so war das ein «done deal». Aber fast genauso gut gefielen mir Mathematik und Physik. Ich sprach mit mehreren Personen darüber. Ich sagte, dass ich alle Naturwissenschaften toll fände. Da riet mir jemand zur Materialwissenschaft, da habe es von allem etwas. Gespräche mit Bachelorstudie-



Die Idee, Cellulosefasern komplett mit Kupferpartikeln zu füllen, statt sie mit Kupfer nur zu beschichten, erwies sich als gute Grundlage für die Gründung eines Start-ups.

renden der Materialwissenschaft an Studieninformationstagen haben meine Wahl bestärkt.

Als CEO unseres Start-ups mit Verantwortung für Business Development, Marketing, Verkauf und Fundraising benötige ich das Wissen aus dem Studium kaum oder gar nicht. Falls doch, wende ich vor allem das Wissen aus dem Doktorat an, etwa für Diskussionen mit unserem CTO und den Praktikantinnen und Praktikanten.

KEINE SPEZIALISIERUNG

Das Gelernte aus dem Studium ist nicht das Wichtigste für mich. Es zählen eher die anderen Fähigkeiten, die ich mir angeeignet habe, zum Bei-

spiel Frustrationsresistenz, Durchhaltevermögen, Organisation, Präsentieren, Berichte schreiben. Auch wäre ich heute nicht, wo ich bin, ohne das Studium der Materialwissenschaft.

Es kommt immer anders, als man denkt. Ich hatte mir Materialwissenschaft ausgesucht, weil es mir nach dem Studium viele Optionen für die Berufswahl lassen würde. Nun habe ich meine eigene Firma gegründet. Unabhängig von meinem Werdegang empfehle ich Maturandinnen und Maturanden, sich breit zu informieren, nicht nur eine Universität oder eine Hochschule anzuschauen, aber schliesslich mit dem Bauchgefühl zu gehen. Man kann sonst auch wäh-

rend des Studiums wechseln oder ein anderes neu starten, das ist keine Schande. Während des Studienbeginns entwickelt man sich stark, das kann auch Einfluss auf die Interessen haben. Trotzdem: nicht aufgeben, wenn es mal hart ist. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass sich, wenn mal etwas nicht wie geplant geklappt hat, neue und passendere Möglichkeiten aufgetan haben.»

Porträt

Barbara Kunz



Thomas Geldmacher, Master in Materialwissenschaft, Prozessentwicklungsingenieur für Medizinalprodukte

«MEINE STELLE HABE ICH DANK DES INDUSTRIEPRAKTIKUMS»

Prozessentwicklungsingenieur ist laut Thomas Geldmacher (33) eine gute Beschreibung seiner Tätigkeit. Er ist verantwortlich für Fertigungstechnologien, insbesondere für Beschichtungen, mit denen zum

Beispiel Elektronik vor Umwelt-einflüssen geschützt wird. An seiner Arbeit gefällt ihm am besten, dass er mit verschiedensten Personen mit ganz vielen Hintergründen zu tun hat.

Was tun Sie gerade?

Zuerst habe ich mit dem Projektteam verschiedene auf dem Markt erhältliche Technologien und chemische Zusammensetzungen analysiert, die für unsere Hörgeräte nützlich sein könnten. Wir haben uns für eine Technologie und einen Lieferanten entschieden und eine erste Anlage bestellt. Ich analysiere, wie die Anlage und der Prozess genau funktionieren, zum Beispiel was passiert, wenn ich eine Einstellung verändere, und in welchem Rahmen ich das tun darf, ohne dass ich die Qualität unserer Geräte verschlechtere. Wenn ich den Prozess verstanden habe, definiere ich, wie die Maschine von unseren Produktionsmitarbeiterinnen bedient werden soll. Schliesslich weise ich durch statistisch ausgewertete Proben nach, dass die Leistung und die Qualität der Maschine stimmen, das heisst, dass die Maschine im täglichen Betrieb keine schlechten Teile auswirft. Das nennt sich Qualifikation und ist ein grosser Teil meiner Arbeit.

Was ist für Sie eine typische Woche?

Eine typische Woche gibt es nicht unbedingt. Je nach Projektphase arbeite ich mehrheitlich im Büro an Berichten und Anweisungen. Als Medizinproduktehersteller müssen wir genau dokumentieren, was wir machen. Ausserhalb des Büros bin ich an der Maschine und mache Versuche, die in unserem Labor mit geeigneten Testmethoden

ausgewertet werden. Manchmal bin ich in der Produktion und versuche Probleme zu lösen, die sich bei einem meiner Prozesse eingeschlichen haben. In vielen Meetings gleichen wir etwa den Projektstatus im Team ab oder informieren unsere internationalen Kolleginnen und Kollegen über zukünftige Änderungen. Ein- bis zweimal pro Jahr informiere ich mich an Messen über neue Technologien. Ab und zu besuche ich unsere Lieferanten, etwa um Anlagen abzunehmen oder Versuche vor Ort zu machen.

Wie gross ist das Unternehmen, in dem Sie arbeiten, und mit wem haben Sie zu tun?

Meine Firma hat weltweit etwa 17000 Mitarbeitende, bei uns im Hauptquartier sind wir etwa 1200. Meine Position ist an der Schnittstelle zwischen Entwicklung und Produktion. Somit habe ich mit Entwicklern, Projektleiterinnen, Labortechnikern und Produktionsmitarbeitenden zu tun. Ich pflege möglichst oft den persönlichen Kontakt. Das ist mit Homeoffice und international verteilten Personen nicht immer einfach. Für wichtige Dinge schreibe ich E-Mails, da diese nachverfolgbar sind und ich gleichzeitig viele Personen erreichen kann. Für kurze Fragen chatten wir über Teams oder trinken in der Cafeteria zusammen Kaffee.

Was gefällt Ihnen an Ihrer Arbeit und was weniger?

Mir gefällt der Kontakt mit verschiedensten Personen mit ganz vielen Hintergründen am besten. So entstehen spannende, manchmal aber auch herausfordernde Diskussionen.

Langsame Abläufe in der grossen Firma machen mir Mühe. Manchmal müssen drei bis vier Personen unterschreiben, bis eine kleine und günstige Bestellung getätigt werden darf. Besonders anspruchsvoll ist das «Change-Management»: Mit jedem neuen Prozess, den ich einführen darf, müssen ganz viele Leute ihre tägliche Arbeitsweise ändern. Dies erfordert grosse Geduld. Ich muss die Mitarbeitenden auf die Änderungen vorbereiten und ihnen genau erklären, wieso sie gemacht werden müssen.

Was sind die wichtigsten Stationen Ihres Werdegangs?

Ich habe mich schon früh interessiert, wie die Welt funktioniert und wie alles zusammenhängt. Das führte mich zu den Naturwissenschaften, wobei ich «Nanotechnologie» sehr faszinierend fand. Diese ist in der Materialwissenschaft ein Kernthema, schliesslich lernt man, wie Material «von unten» verändert werden kann, indem die Atome und Moleküle im Material gezielt beeinflusst werden. So schloss ich an der ETH meinen Bachelor und meinen Master in Materialwissenschaft ab. Meine heutige Stelle habe ich dank des Industriepraktikums gefunden. Ich war in meinem jetzigen Team Praktikant. Scheinbar überzeugte ich meine Kolleginnen und Kollegen, dass ich gute Arbeit leiste. Inzwischen bin ich seit etwas mehr als fünfeinhalb Jahren in meiner Position. In wenigen Wochen werde ich bei Entoothiast AG – einem Spin-off einer grösseren Medizinaltechnikfirma – eine neue Stelle als Entwicklungsingenieur antreten. Darauf freue ich mich.

Wie sehen Sie die Beziehung zwischen Studium und Beruf im Rückblick?

Das Studium gab mir einige Dinge mit, die ich heute im Beruf gut brauchen kann, so kann ich dank der wissenschaftlichen Grundlagen neue Prozesse schnell verstehen und bekomme ein gutes Bauchgefühl, welche Prozessparameter eine grössere Auswirkung auf das Endresultat haben könnten. Berichte schreiben habe ich auch im Studium gelernt. Dies hatte ich während des Studiums noch nicht als so wichtig angesehen.

Mein Tipp an angehende Studierende: Macht ein Auslandssemester! Ich habe meines in Norwegen absolviert und habe viele gute Erinnerungen und internationale Freundschaften mitgenommen. Und pflegt euer Netzwerk: Engagiert euch im Studierendenverein, geht an Studierendenpartys und macht Lerngruppen.

Interview
Barbara Kunz

BERUFLAUFBAHN

- 19** gymnasiale Maturität, Schwerpunktfach Latein
- 24** BSc Materialwissenschaft ETH Zürich
- 25** Austauschsemester, Trondheim Norwegen
- 26** MSc Materialwissenschaft ETH Zürich
- 27** Industriepraktikum
- 28** Prozessingenieur für Medizinalprodukte



Lydie Blaettler, Bachelor in Microtechniques, Laboringenieurin, MPS Watch

PRODUKTE FÜR DIE UHRMACHEREI ENTWERFEN, HERSTELLEN UND TESTEN

Für Lydie Blaettler (29) war das Studium nicht ohne Misserfolg zu haben. Schliesslich schaffte sie den Bachelor doch und fand eine Stelle in der Uhrenindustrie. Jetzt macht sie eigentlich genau das, was sie

schon in der Lehre zur Uhrmacherin fasziniert hat: ein Produkt im Bereich der Uhrmacherei entwerfen, herstellen, zusammensetzen und testen.

«MPS Watch ist ein Geschäftsbereich der MPS-Gruppe, der sich auf die Entwicklung und Herstellung von Kugellagern und anderen Rotationsteilen für den Antrieb und die Ausstattung von mechanischen Uhren spezialisiert hat. MPS Micro Precision Systems beschäftigt mehr als 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an vier Standorten. Die vier Einheiten sind MPS Microsystems und MPS Precimed in Biel, MPS Watch in Bonfol und Glovelier, MPS Décolletage in Court. Zurzeit bin ich als Laboringenieurin bei MPS Watch in Bonfol tätig. In unserer Abteilung, dem Labor, sind zwei Personen vollzeitbeschäftigt: mein Vorgesetzter und ich.

PRÄZISION IST ZENTRAL

Kein Tag gleicht bei meiner Arbeit einem anderen. Das gefällt mir. Die Arbeit ist je nach Herkunft der Aufträge unterschiedlich. Ich bearbeite Kundenreklamationen, prüfe Rückmeldungen aus der Produktion, teste neue Technologien und so weiter.

Bei Reklamationen analysiere ich die Teile auf Nichtkonformitäten oder Unregelmässigkeiten und schlage Verbesserungen vor. Für diese Analyse führe ich Messungen in den Produktionsstätten durch. Bei Bedarf entwerfe ich Werkzeuge, um eine vollständige Untersuchung zu ermöglichen. Das Werkzeug entwerfe ich in einer 3D-Software und plane seine Produktion. Die mechanische Werkstatt übernimmt die Bearbeitung des Werkstücks und sendet es an mich zurück. Mit dem Einverständnis der Kundinnen und Kunden werden die Lager zerlegt, um eine vertiefte Analyse des Zustands der

Lagerkomponenten zu ermöglichen. Anschliessend verfasse ich einen Bericht. Manchmal besuche ich die Kundschaft vor Ort, um die Ergebnisse und die verwendeten Geräte zu besprechen.

NEUE ENTWICKLUNGEN

Bei neuen oder speziellen Produkten werden Messgeräte gekauft oder intern entwickelt. In der ersten Phase übernimmt die Laborabteilung diese Geräte und die Werkstücke. Sie führt die verschiedenen Messungen durch. Wenn bestimmte Produkte in grossen Mengen auf den Markt kommen, führe ich eine Schulung für das Produktionspersonal durch, damit sie die Geräte selbstständig bedienen können.

Das Labor arbeitet auch mit der Abteilung Forschung und Entwicklung zusammen, wenn neue Produkte entwickelt werden. Wir machen unter anderem Studien zu neuen Materialien oder neuen Technologien. Anschliessend werden die entwickelten Produkte hergestellt und zusammengebaut. Wenn das Produkt fertig ist, gelangt es in meine Hände. Ich führe eine Reihe von Erstmessungen durch, dann werden die Teile einer beschleunigten Alterung von mehreren Jahren unterzogen. Die Messungen werden wiederholt und mit Messungen von Standardlagern verglichen, um die Innovation zu validieren.

MIT DEN HÄNDEN ARBEITEN

Zu Beginn dieses Jahres wurde ich befördert. Ich bin nicht mehr Junior-Ingenieurin, sondern Ingenieurin mit Erfahrung. Für mich ist dies eine Anerkennung. Ich kann mir vorstellen, bald ein Team zu leiten, Verantwortung zu übernehmen und mich als Ingenieurin weiterzuentwickeln.

Ich habe bei MPS vor drei Jahren angefangen. Es war das einzige Unternehmen, das mir nach einer holprigen Studienzeit und dem Abschluss während der Covid-Phase eine Chance gab. Nach der obligatorischen Schulzeit merkte ich, dass ich gerne mit meinen Händen arbeiten wollte. Deshalb habe ich eine Lehre als Uhrmacherin absolviert. Ich habe gelernt, mich mit Fachleuten auszutauschen und mir Fachwissen anzueignen. Am Ende meiner

Ausbildung hatte ich die Chance, eine «Schuluhr» herzustellen. Nach unzähligen Monaten der Bearbeitung, des Polierens und des Anfassens der Komponenten bin ich stolz auf das Objekt, das ich allein hergestellt habe.

SICH WEITER VERTIEFEN

Leider war die Uhrenbranche bei meinem Lehrabschluss im 2013 nicht in Bestform. Ich dachte daran, mich im Fachgebiet der Uhrmacherei zu vertiefen und interessierte mich für die Konstruktion des Uhrwerks. Deshalb absolvierte ich die technische Berufsmaturität, um an der Fachhochschule HES-SO Ingenieurin für Mikrotechnik mit einer Spezialisierung auf Uhren studieren zu können. Es fiel mir nicht immer leicht, die Inhalte bestimmter Vorlesungen aufzunehmen: das Tempo ist hoch. Leider haben sich einige Misserfolge in meine Studienlaufbahn eingeschlichen. Doch habe ich es geschafft, mich wieder aufzurappeln und den Bachelorabschluss zu machen. Mein Wunschjob nach dem Studium war, ein Produkt im Bereich der Uhrmacherei zu entwerfen, herzustellen, zusammenzusetzen und zu testen. Ein Traum ..., aber schliesslich ist er Realität geworden und ich wende mein Wissen jetzt bei Kugellagern an.

VERTRAUEN IN SICH

Das Studium hat mir ein «savoir-être», also Respekt vor den Kommilitoninnen und Kommilitonen vermittelt, daneben aber auch ein «savoir-faire», das mir erlaubt, selbstständig in der Forschung zu arbeiten. Die Ausbildung zur Uhrmacherin und mein Abschluss als Ingenieurin eröffnen mir viele verschiedene Tätigkeitsfelder.

Man denkt, dass das Leben ein gerader, rosiger Weg ist. So ist es nicht. Wenn man sich jedoch etwas in den Kopf gesetzt hat, muss man es auch zu Ende bringen, auch wenn es etwas länger dauert. Heute bereue ich meinen beruflichen Werdegang nicht.»

Porträt

Barbara Kunz

BERUFLAUFBAHN

19 Uhrmacherin EFZ, Le Locle

21 Technische Maturität, Le Locle

26 Bachelor of Sciences HES-SO Microtechniques, Ingenieurin, Neuenburg

29 Laboringenieurin, bei MPS, 100 Prozent.



Milan Liepelt, Master in Nanowissenschaften, New Technology Lead, ARTIDIS AG

TECHNOLOGIEN UND IHRE NUTZBARKEIT ERFORSCHEN

Wenn die ARTIDIS AG in neue wissenschaftliche Felder vorstösst, neuste Technologien anwendet und Prototypen von Analysegeräten für die schnellere Krebsdiagnostik entwickelt, so tut sie dies aufgrund der Vorarbeit von Milan Liepelt (31). So trägt er grosse Verantwortung für das Fortkommen der Firma. Manchmal fühlt er sich

damit etwas einsam, weil er – wie in diesem Porträt – keine Geschäftsgeheimnisse ausplaudern darf. Dafür entschädigt ihn, dass er immer die Nase im Wind haben und als Projektleiter die Umsetzung seiner Ideen begleiten kann.

Was sind Ihre Aufgaben als New Technology Lead?

Meine Arbeit ist sehr vielfältig, aber zwei Dinge beschäftigen mich gerade hauptsächlich: Ich treibe einerseits zusammen mit einem Hochschulpartner die Entwicklung eines neuen Prototypgeräts für medizinische Gewebeanalysen voran. Andererseits brainstormen wir zur Entwicklung neuer Prototypen, Geräte und Datenverarbeitungsverfahren, die wir später intern oder in Zusammenarbeit mit Hochschulpartnern entwickeln und bauen möchten.

Ich befasse mich mit der Erforschung neuester Technologien, die für unsere Firma relevant sind. Im Brainstorming suchen wir nach Ideen, um neue Geräte und Verfahren basierend auf neuesten Forschungsergebnissen und Entwicklungen zu konzipieren. Weiter leite ich Projekte, in deren Rahmen die Anwendbarkeit von Prototypen vertieft erforscht wird oder diese intern oder in Zusammenarbeit mit externen Forschungspartnern gebaut werden.

Gleichzeitig habe ich die Verantwortung, unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter intern über relevante technologische Entwicklungen und Forschungsergebnisse zu informieren, Technologien einzuführen und gegebenenfalls Weiterbildungen durchzuführen oder zu organisieren. Die ARTIDIS AG beschäftigt 60 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, wächst aber im Moment stark.

Wie sieht Ihr Arbeitstag aus?

Grundsätzlich starte ich meinen Tag vor einem weissen Blatt, überlege mir, was es heute zu tun gibt und priorisiere meine Aufgaben. Dabei überdenke ich, was in den letzten Tagen passiert ist, was erreicht wurde. Ich notiere ein paar Ideen zu den ver-

schiedenen Projekten und Entwicklungen, die in Planung sind, und zu den wissenschaftlichen Publikationen, die ich dazu lesen könnte, um meine Ideen zu vertiefen oder zu konkretisieren.

Je nach Stand der Projekte stehen dann unterschiedliche Aufgaben an: Oft muss ich für die Tasks Teile oder Samples für die aktuelle Prototypenentwicklung beim Hochschulpartner organisieren. Ich erarbeite Experimente, um gewisse Eigenschaften des Prototyps zu testen. Wo die Forschungspartner Hilfe benötigen, arbeite ich mich in Themen ein. Zur Auswertung von Daten oder zur Steuerung von Geräten erarbeite ich Algorithmen oder Signal- und Datenverarbeitungsmethoden. Zu meinen Ideen von neuen Projekten recherchiere ich, strukturiere und dokumentiere die Ergebnisse. Ich plane die Projekte und suche und evaluiere mögliche Forschungs- und Entwicklungspartner.

Am meisten Arbeitszeit verbringe ich zu Hause am PC. Dazu kommt die Zeit im Labor des Forschungspartners, um Unterstützung zu leisten, geplante Experimente durchzuführen oder meine Entwicklungen mit einzubringen. Ins Büro fahre ich für Meetings oder um vor Ort Dinge zu organisieren. Daneben besuche ich verschiedene Labors, die Teile, Geräte oder Samples für uns herstellen, und Konferenzen, um von neuen Technologien zu erfahren.

BERUFSLAUFBAHN

- 20** Lehrabschluss in Informatik und Technische Berufsmaturität
- 25** Bachelor in Informatik an HSLU Informatik (berufsbegleitend), Software Engineer bei Arcade Solutions AG, 60–100 %
- 28** Bachelor in Nanoscience an der Universität Basel (Vollzeit), Software Engineer und Lead DevOps bei ARTIDIS AG, im Durchschnitt 60 %
- 30** Master in Nanoscience an der Universität Basel (Teilzeit), Solution Architect und Data Scientist bei ARTIDIS AG, Praktika und Masterarbeit an der UCLA in Los Angeles, bei QuantumBasel in Arlesheim (BL) und bei IBM Research in Rüschlikon (ZH)
- 31** New Technology Lead, ARTIDIS AG, 100 %

Mit wem arbeiten Sie zusammen?

Mit den Wissenschaftlerinnen der Forschungspartner und unseren internen Wissenschaftlern und Ingenieurinnen und natürlich mit meinem Vorgesetzten, mit dem ich viele der Ideen und Projekte diskutieren kann. Wir kommunizieren intern meist via Teams in Videokonferenzen. Mit den externen Partnern nutzen wir deren bevorzugten Kommunikations- und Chat-Plattformen. Aber auch der persönliche Austausch vor Ort im Labor oder im Büro in Meetings ist wichtig.

«Die grösste Herausforderung während der Erforschung all dieser neuen Entwicklungen ist es, am Boden zu bleiben. Ich verfolge gerne in Begeisterung und sehe schnell, wie gewisse Entwicklungen für neue Technologien nutzbar sind.»

Was gefällt Ihnen besonders an Ihrer Arbeit und was weniger?

Besonders gefällt mir, neue relevante Technologien und wissenschaftliche Fortschritte in wissenschaftlicher Literatur, an Seminaren, Webinars oder Konferenzen zu recherchieren und zu überlegen, wie das für unsere Firma relevant ist und mit welchen Prototypen und Experimenten wir diese Technologien und ihre Nutzbarkeit erforschen und analysieren können. Es ist für mich auch sehr spannend, an der Umsetzung der Experimente und beim Bau der Prototypen direkt beteiligt zu sein.

Leider hat mein Tag zu wenig Stunden und es fällt mir schwer, mich am Abend von der Arbeit zu lösen. Zuweilen bin ich auch einsam und spüre die Verantwortung, da ich mich in wissenschaftlichen Feldern bewege, die ich nicht vollständig beherrsche. Wenn bei uns intern auch niemand den Durchblick hat, muss ich trotzdem Entscheidungen treffen und diese verantworten. Ich kann mich auch nicht mit entsprechenden externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern austauschen, wenn es

um potenzielle Betriebsgeheimnisse geht. Schwierigkeiten bereitet mir auch manchmal, dass ich geduldig sein muss und Dinge ihre Zeit brauchen, bis sie passieren können.

Wo liegen die grössten Herausforderungen in Ihrem Beruf?

Die grösste Herausforderung während der Erforschung all dieser neuen Entwicklungen ist es, am Boden zu bleiben. Ich ver falle gerne in Begeisterung und sehe schnell, wie gewisse Entwicklungen für neue Technologien nutzbar sind. Dann fange ich an, vertieft zu recherchieren, Szenarien zu entwickeln und zu planen. Aber unsere Ressourcen sind begrenzt und wir können nicht alles umsetzen. Darum muss ich immer wieder über die Bücher und das Relevante herausuchen und die anderen Themen wieder loslassen.

In den nächsten Jahren werden wir neue geplante Projekte zur Erforschung und Entwicklung neuer Technologien in Angriff nehmen.

«Erst dachte ich, dass Physik an der ETH der richtige Weg sei, aber ein Freund empfahl mir, dass ich besser und schneller meine Ziele erreiche, wenn ich Nanowissenschaften studiere. Dort käme ich schneller mit der relevanten Materie in Berührung. Das hat sich als wahr herausgestellt.»

Dazu müssen wir diese Projekte im Detail planen, Hochschulpartner finden und Forschungsgelder beantragen. Zusätzlich werde ich möglicherweise ein Industriedoktorat in einer relevanten Technologie aufnehmen, damit ich mich selbst vertieft an der Forschung für das Projekt beteiligen kann und auch die benötigte akademische Unterstützung erhalte.

Können Sie Ihren Werdegang beschreiben?

Ich bin gelernter und studierter Informatiker. Ich habe während meines Studiums immer als Informatiker in

diversen Bereichen gearbeitet. Anfangs mehr in der Software-Entwicklung, später habe ich Cloud-Infrastruktur aufgebaut und geleitet. Später ging es mehr darum, komplexe Features und Funktionen zu entwickeln, die Messgeräte, Cloud-Infrastruktur und Software gleichzeitig tangieren.

Auch bei ARTIDIS AG habe ich oft neue technologische Bereiche in Software und Computerinfrastruktur und Datenverarbeitung erarbeitet und aufgebaut. So war es ein logischer Schritt, nach meinem Masterabschluss in Nanowissenschaften, was ja interdisziplinäre Naturwissenschaften sind, meinen Wirkungsbereich auf mehr naturwissenschaftliche Themen zu erweitern. Die Position als New Technology Lead bekleide ich erst seit ein paar Monaten. Eigentlich entwickelt sich diese Rolle noch.

Wie sehen Sie die Beziehung zwischen Studium und Beruf?

Da ich schon lang wusste, was ich machen möchte, habe ich sehr gezielt meine Fächer gewählt. Alles in allem gibt es kein einziges Fach, von dem ich nicht mindestens indirekt profitiert habe. Von den allermeisten Fächern kann ich sogar sagen, dass ich direkt Gelerntes umsetze. Das Studium hat mir zu einem Gesamtverständnis der Naturwissenschaften verholfen, das in meiner aktuellen Rolle sehr hilfreich ist.

Wie kamen Sie zu Ihrer Studienwahl?

Weil ich schon von Kind an wusste, dass ich später mal Erfinder sein und in Bereichen arbeiten möchte, die zwischen Naturwissenschaften und Computertechnologie liegen, habe ich das gezielt so in Angriff genommen. Ich habe im Computerbereich angefangen und alles über Computer von Grund auf gelernt. Dann habe ich Informatik an der Fachhochschule studiert, damit ich dort meine Fähigkeiten fürs Entwerfen und Programmieren von komplexen Systemen schärfen konnte.

Der Fachhochschulbachelor machte mir den Weg an die Uni oder ETH

frei. Erst dachte ich, dass Physik an der ETH der richtige Weg sei, aber ein Freund empfahl mir, dass ich besser und schneller meine Ziele erreiche, wenn ich Nanowissenschaften studierte. Dort käme ich schneller mit der relevanten Materie in Berührung. Das hat sich als wahr herausgestellt. Über mein Engagement im Vorstand der Nanowissenschaftsstudierenden kam ich zu meiner aktuellen Stelle bei ARTIDIS AG, da es ein Spin-off aus dem Bereich Nanowissenschaften ist und wir «Nanos» gut vernetzt sind.

Haben Sie Tipps für angehende Studierende?

Setzt euch hohe Ziele und kämpft, dass ihr sie erreichen könnt. Auch wenn die Ziele per se nicht erreicht werden, kommt man am Schluss oft viel weiter als man es sich je hätte träumen können. Für mich hat es sich gelohnt, direkt, offen und mutig zu sein.

Interview
Barbara Kunz



Arne Barfuss, Doktorat in Nanowissenschaften, Manager im Bereich Produktentwicklung, Robert Bosch GmbH

DISZIPLINARISCHE UND INHALTLICHE FÜHRUNG

Zeit für dieses Porträt zu finden, war für Arne Barfuss (37) schwierig. Als Manager im Bereich Produktentwicklung in der Robert Bosch GmbH ist er gefordert. Die Firma ist ein wichtiger Zulieferer für die Automobilindustrie. Dort wird kräftig in die Zukunft investiert: Automatisierung, Elektrifizierung, Digitalisierung und Nach-

haltigkeit stehen im Fokus. Arne Barfuss, Nanowissenschaftler mit Schwerpunkt Physik, stieg als Entwicklungsingenieur von neuen Leistungshalbleitern (MOSFETs) in die Firma ein.

«Bei unseren Leistungshalbleitern respektive MOSFETs 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 dreht sich um die Freigabe neuer Produkte. Dabei stellen wir einerseits sicher, dass ein neuer MOSFET die zugesicherten Eigenschaften besitzt: beispielsweise thermische Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand oder Schaltdynamik. Andererseits soll er natürlich auch alle sonstigen Anforderungen des Automobilmarktes erfüllen: etwa zu Lebensdauer, Sicherheit oder Ausfallwahrscheinlichkeit.

In meiner Rolle als Manager im Bereich Produktentwicklung obliegt mir die disziplinarische und inhaltliche Führung meiner sechs Teammitglieder. Im Wesentlichen stelle ich sicher, dass wir als Team über die notwendigen Kompetenzen verfügen, um unsere Aufgaben in der Produktentwicklung effektiv und effizient bewältigen zu können. Ich verteile beispielsweise meine Teammitglieder auf die aktuell zu bearbeitenden Projekte. Ich Sorge für die fachliche und persönliche Weiterentwicklung meiner Kolleginnen und Kollegen, etwa durch die Zuweisung geeigneter Schulungen. Ich bin für die Definition und Umsetzung von GoodPractices in der Produktentwick-

lung verantwortlich, das heisst einer Standardisierung von Entwicklungsmethoden und -prozessen.

Nebenbei arbeite ich an meiner Zertifizierung zum Problem Solving Experten, was mir persönlich sehr viel Spass bereitet. Ziel hier ist, durch methodisches Wissen auftretende Probleme im Arbeitsalltag kosteneffizienter zu bewältigen.

«Nahezu alle meiner Tätigkeiten basieren auf Kommunikation mit anderen Abteilungen oder Kolleginnen und Kollegen mit sehr verschiedenen Hintergründen und Zielen. Mich an dieses hohe Mass an Kommunikation zu gewöhnen, fiel mir nicht schwer, denn auch Studieren ist Teamarbeit, Einzelkämpfer haben geringe Überlebenschancen.»

TECHNIK FÜRS LEBEN

Die Bosch-Gruppe ist ein international führendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen mit weltweit rund 429 000 Mitarbeitern. Sie bietet «Technik fürs Leben» und besteht aus den vier Unternehmensbereichen Mobility, Industrial Technology, Consumer Goods sowie Energy and Building Technology. Ich selbst arbeite im Unternehmensbereich Mobility und dort im Geschäftsbereich Mobility Electronics.

Einen typischen Tag oder eine typische Woche kenne ich nicht. Zwar treten manche meiner Tätigkeiten regelmässig auf. Ich leite etwa Gruppenrunden, während denen wir aktuelle Fragestellungen besprechen. Regelmässig tauschen wir auch auf Managementebene zu zukünftigen Trends aus. Jeder Tag ist aber auch unterschiedlich – das Arbeitsumfeld ist recht dynamisch. So müssen des Öfteren kurzfristig Kundenwünsche erfüllt oder Priorisierungsfragen zur Zufriedenheit aller Stakeholder gelöst werden. Langeweile kommt dabei nicht auf.

Nahezu alle meiner Tätigkeiten basieren auf Kommunikation mit anderen

Abteilungen oder Kolleginnen und Kollegen mit sehr verschiedenen Hintergründen und Zielen. Mich an dieses hohe Mass an Kommunikation zu gewöhnen, fiel mir nicht schwer, denn auch Studieren ist Teamarbeit, Einzelkämpfer haben geringe Überlebenschancen. Die Bandbreite an unterschiedlichen Gesprächspartnerinnen und -partnern ist aber durchaus herausfordernd.

Typischerweise verbringe ich meine Arbeitstage im Büro am Schreibtisch oder im Homeoffice. Etwa 80 Prozent meiner Arbeitszeit sitze ich in Meetings, die seit der Corona-Pandemie grösstenteils hybrid geführt werden. Langsam nimmt aber der Anteil von rein vor Ort stattfindenden Treffen wieder zu. Bei der Arbeit habe ich vor allem mit Kunden aus anderen Geschäftsbereichen von Robert Bosch oder mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Abteilungen am Standort zu tun, etwa aus Logistik, Qualität, Erprobung und Buchhaltung. Dazu kommen natürlich meine direkten Kolleginnen und Kollegen aus der Entwicklung. Ich ziehe generell die direkte Form der Kommunikation vor, also Meetings oder Skype. Das ist einfach schneller und effizienter als per E-Mail.

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 hervorzuheben sind tolle Entwicklungsmöglichkeiten, ein sehr transparenter Karriereweg und umfangreiche Weiterbildungsmöglichkeiten. Ebenso positiv sind umfangreiche Arbeitnehmerrechte und sehr gute Arbeitsbedingungen, zum Beispiel Eltern- beziehungsweise 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. Änderungen sind nur sehr schwer umsetzbar, da bleibt manchmal nur das Hintertürchen. In einer grossen Firma bestehen zudem

BERUFLAUFBAHN

- 26** MSc Nanotechnologie, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- 30** PhD Condensed Matter and Materials Physics, Universität Basel
- 30** Universität Basel, Postdoctoral Researcher
- 32** Robert Bosch GmbH, Power Component Architect for Si/SiC-MOSFET devices
- 36** Robert Bosch GmbH, Team lead product development of Si/SiC-based MOSFET devices

eher lange Kommunikationswege und es kann das Gefühl entstehen, dass die eigene Arbeit scheinbar ein sehr kleines Gewicht am Gesamterfolg hat.

«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.»

Am meisten Freude an meiner Arbeit bereitet mir, dass ich an einem echten Produkt arbeiten kann, das schliesslich verkauft wird. Auch die enge Zusammenarbeit mit meinen Teammitgliedern und anderen Stakeholdern bereitet mir viel Spass. Spannend ist, dass sich für mich eine tolle Mischung

aus technischer Detailarbeit und dem Blick aufs Ganze ergibt.

ORIENTIERUNG AM GEWINN

Nach meinem Studium in Nanostrukturtechnik – mit einem Auslandjahr 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

Inserat



Universität
Basel

Swiss Nanoscience Institute



Swiss Nanoscience Institute
Exzellenzzentrum
der Universität Basel und
des Kantons Aargau

Mit Nano die Zukunft gestalten?



Du interessierst dich für Naturwissenschaften und möchtest dazu beitragen, Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen? Dann ist das Nanowissenschafts-Studium an der Universität Basel genau das Richtige! Die Universität Basel bietet einen interdisziplinären und praxisorientierten Bachelor- und Master-Studiengang in Nanowissenschaften an. In kleinen Gruppen wirst du bestens betreut, bekommst schon früh Einblicke in die Arbeit international führender Forschungsgruppen und knüpfst Kontakte mit der Industrie. www.nanoscience.ch/studium



SERVICE

ADRESSEN, TIPPS UND WEITERE INFORMATIONEN

STUDIEREN



www.berufsberatung.ch/studium

Das Internetangebot des Schweizerischen Dienstleistungszentrums für Berufsbildung, Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB bietet eine umfangreiche Dokumentation sämtlicher Studienrichtungen an Schweizer Hochschulen, sowie Informationen zu Weiterbildungsangeboten und Berufsmöglichkeiten.

www.swissuniversities.ch

Swissuniversities ist die Konferenz der Rektorinnen und Rektoren der Schweizer Hochschulen (universitäre Hochschulen, Fachhochschulen und Pädagogische Hochschulen). Auf deren Website sind allgemeine Informationen zum Studium in der Schweiz zu finden sowie zu Anerkennungsfragen weltweit.

www.studyprogrammes.ch

Bachelor- und Masterstudienprogramme aller Hochschulen.

Weiterbildungsangebote nach dem Studium

www.swissuni.ch



www.berufsberatung.ch/weiterbildung

Hochschulen

Die Ausbildungsinstitutionen bieten auch selbst eine Vielzahl von Informationen an: auf ihren Websites, in den Vorlesungsverzeichnissen oder anlässlich von Informationsveranstaltungen.

Informationen und Links zu sämtlichen Schweizer Hochschulen: www.swissuniversities.ch > Themen > Lehre & Studium > Akkreditierte Schweizer Hochschulen



www.berufsberatung.ch/hochschultypen

Noch Fragen?

Bei Unsicherheiten in Bezug auf Studieninhalte oder Studienorganisation fragen Sie am besten direkt bei der Studienfachberatung der jeweiligen Hochschule nach.

Antworten finden bzw. Fragen stellen können Sie zudem unter www.berufsberatung.ch/forum.

Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung

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

Literatur zum Thema Studienwahl

Publikationen können in den Berufsinformationszentren BIZ eingesehen und ausgeliehen werden. Zudem kann man sie bestellen unter www.shop.sdbb.ch



FACHGEBIET

Allgemeine Links zu den Fachgebieten

www.ingch.ch

Zahlreiche Informationen zu verschiedenen Ingenieurberufen

www.satw.ch

Schweizer Akademie der technischen Wissenschaften

www.psi.ch

Paul Scherrer Institut

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

Mikrotechnik

www.csem.ch

Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique CSEM

www.fsrn.ch

Fondation Suisse pour la recherche en microtechnique

www.ivam.de

Fachverband für Mikrotechnik. Interessantes rund um die Mikrotechnik.

Nanowissenschaften

www.nanoscience.ch

Swiss Nanoscience Institut SNI

Literatur

Technik und Naturwissenschaften – Berufslaufbahnen zwischen Megabytes und Molekülen, Bern, SDBB (2015).



Digitale holotomographische Mikroskopie: Eine Empa-Forscherin analysiert die Veränderungen lebender roter Blutkörperchen in Echtzeit.

PERSPEKTIVEN EDITIONSPROGRAMM

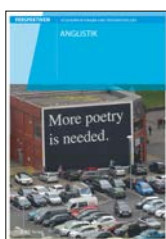
Die Heftreihe «Perspektiven» vermittelt einen vertieften Einblick in die verschiedenen Studienmöglichkeiten an Schweizer Universitäten und Fachhochschulen. Die Hefte können zum Preis von 20 Franken unter www.shop.sdbb.ch bezogen werden oder liegen in jedem BIZ sowie weiteren Studien- und Laufbahnberatungsinstitutionen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



2022 | Agrarwissenschaften, Lebensmittelwissenschaften, Waldwissenschaften



2021 | Altertumswissenschaften



2021 | Anglistik



2022 | Architektur, Landschaftsarchitektur



2023 | Asienwissenschaften und Orientalistik



2022 | Bau



2020 | Biologie



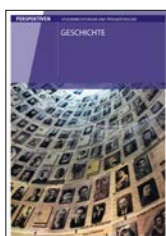
2021 | Chemie, Biochemie



2022 | Geowissenschaften



2023 | Germanistik, Nordistik



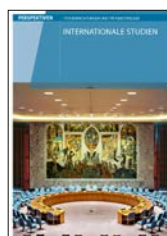
2022 | Geschichte



2020 | Heil- und Sonderpädagogik



2020 | Informatik, Wirtschaftsinformatik



2023 | Internationale Studien



2023 | Interdisziplinäres Ingenieurwesen



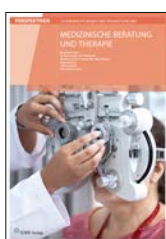
2023 | Kunst, Kunstgeschichte



2020 | Medien und Information



2021 | Medizin



2024 | Medizinische Beratung und Therapie



2022 | Musik, Musikwissenschaft



2021 | Pflege, Geburtshilfe



2023 | Pharmazeutische Wissenschaften



2023 | Philosophie



2023 | Planung



2024 | Soziale Arbeit



2021 | Soziologie, Politikwissenschaft, Gender Studies



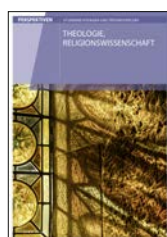
2023 | Sport, Bewegung, Gesundheit



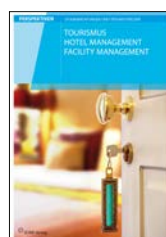
2021 | Sprachwissenschaft, Literaturwissenschaft, Angewandte Linguistik



2021 | Theater, Film, Tanz



2024 | Theologie, Religionswissenschaft



2020 | Tourismus, Hotel Management, Facility Management



2024 | Umweltwissenschaften

«Perspektiven»-Heftreihe

Die «Perspektiven»-Heftreihe, produziert ab 2012, erscheint seit dem Jahr 2024 in der 4. Auflage.

Im Jahr 2024 werden folgende Titel neu aufgelegt:

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



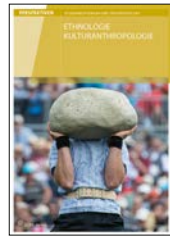
2022 | Design



2020 | Elektrotechnik und Informationstechnologie



2021 | Erziehungswissenschaft, Fachdidaktik



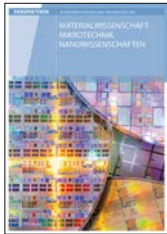
2023 | Ethnologie, Kulturanthropologie



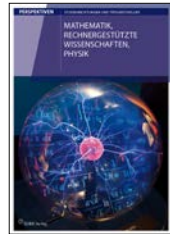
2021 | Life Sciences



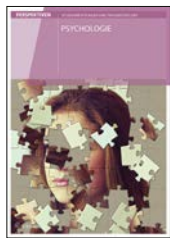
2022 | Maschinenengineeringwissenschaften, Automobil- und Fahrzeugtechnik



2024 | Materialwissenschaft, Mikrotechnik, Nanowissenschaften



2021 | Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik



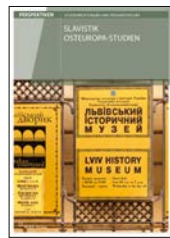
2024 | Psychologie



2023 | Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften



2022 | Romanistik



2022 | Slavistik, Osteuropa-Studien



2023 | Unterricht Mittelschulen und Berufsfachschulen



2022 | Unterricht Volksschule



2022 | Veterinärmedizin



2021 | Wirtschaftswissenschaften

IMPRESSUM

© 2024, SDBB, Bern, 4., vollständig überarbeitete Auflage.
Alle Rechte vorbehalten.
978-3-03753-274-4

Herausgeber

Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung
Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB, Bern, www.sdbb.ch
Das SDBB ist eine Fachagentur der Kantone (EDK) und wird vom Bund (SBFI) unterstützt.

Projektleitung und Redaktion

Susanne Birrer, Roger Bieri, René Tellenbach, SDBB

Fachredaktion

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

Fachlektorat

Christina Ochsner Çanak, Amt für Jugend und Berufsberatung Kanton Zürich; Nadine Bless, Studien- und Laufbahnberaterin

Porträtbilder von Studierenden und Berufsleuten

Dieter Seeger, Zürich

Bildquellen

Titelbild: shutterstock.com/asharkyu;
S. 6: shutterstock.com/Georgy Shafeev; S. 8: EMPA; S. 9: shutterstock.com/Mike_shots; S. 10: Adobe Stock Photo/Wanlaya; S. 11: Adobe Stock Photo/molokot; S. 12: EMPA, Courtesy CorFlow Therapeutics AG; S. 13: ost.ch, Horizonte/Camiel Kroonen, nanoscience.unibas.ch; S. 14: ETHZ/Daniel Winkler; S. 15: EMPA; S. 16: EMPA; S. 17: Keystone/Science Photo Library/John Rogers, University of Illinois; S. 18: ETH Zürich/Sotirios Papadopoulos; S. 19: Berner Zeitung/Nicole Philipp; S. 20: ETHZ/Julian Schmid; S. 21: Adobe Stock Photo/adel; S. 22: C. Möller, Swiss Nanoscience Institute, Universität Basel; S. 23: EMPA; S. 24: EMPA; S. 28: Nanoscience Institute, Universität Basel; S. 33: ETH Zürich/Alessandro Della Bella; S. 34: shutterstock.com/b.asia; S. 40: Alamy Stock Photo/Matthew Horwood; S. 44: Adobe Stock Photo/RHJ; S. 46: shutterstock.com/FXQuadro; S. 48: EMPA; S. 49: ETH Zürich; S. 50: Keystone/APA/Georg Hochmuth; S. 53: qCella AG/Aaron Niederberger; S. 65: EMPA

Gestaltungskonzept

Cynthia Furrer, Zürich

Umsetzung

Andrea Lüthi, SDBB

Druck

Kromer Print AG, Lenzburg

Inserate

Gutenberg AG, Feldkircher Strasse 13, 9494 Schaan
Telefon +41 44 521 69 00, eva.rubin@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 Hefte 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 | Belpstrasse 37 | Postfach | 3001 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