



Universität
Basel

Departement
Physik



Tauch ein in die Welt der Quantenphysik, der Nanotech- nologie, der Teilchenphysik und der Kosmologie.

Du interessierst Dich für Physik und Mathematik, hast keine Probleme, Dich in komplexe und anspruchsvolle Themenbereiche einzuarbeiten, hast Spass daran, die Welt zu verstehen und neue Technologien zu entwickeln? Dann bist Du bei uns am Departement Physik an der Universität Basel genau richtig!

Als Physikerin oder Physiker stellst Du Dich grundlegenden Fragen, entwickelst technologische Innovationen und suchst nach originellen und visionären Lösungen. Diese Fähigkeiten sind Schlüsselqualifikationen, die wir in unserem forschungsorientierten Studienprogramm in allen Phasen fördern. Das Physikstudium in Basel ist exzellent betreut, verbindet Experiment und Theorie und deckt alle wichtigen Aspekte der modernen Physik ab.

physik.unibas.ch

Bild: Quantum Sensing Group



Regula Oppliger

BIZ Berufsberatungs- und Informationszentren, Bern
Verantwortliche Fachredaktorin dieses «Perspektiven»-Heftes

Titelbild

Eine Plasmakugel oder Plasmalampe (Bild Vordergrund) ist eine durchsichtige Glaskugel, die mit einer Mischung von Argon, Neon und Stickstoff bei niedrigem Druck gefüllt ist und der Untersuchung von Plasma dient. In der Fotomontage von Viviane Wälchli wurde sie vor mathematische Formeln projiziert, um die Verbindung von Naturphänomenen mit Mathematik zu illustrieren.

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Bei der Entwicklung neuer Technik, in der Natur, um unseren Platz im Universum besser zu verstehen – überall nutzen wir die Errungenschaften der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik. Kaum ein Bereich unseres Lebens ist nicht in irgendeiner Form mit den drei Fachgebieten verknüpft.

Möchten Sie selber neue und unerwartete Zusammenhänge aufspüren und kreative Lösungen entwickeln? Möchten Sie lernen, Phänomene und Muster in der universellen Sprache der Wissenschaft zu beschreiben und ergründen, was tatsächlich real ist? Interessieren Sie sich zum Beispiel für den Aufbau von Quantencomputern, die Entstehung von Sonnenuntergängen oder sind Sie fasziniert von der Schönheit geometrischer Figuren? Bringen Sie darüber hinaus eine Begabung in abstrakt-logischem Denken mit sowie Freude und Ausdauer beim Knacken von komplexen Aufgabenstellungen? Dann könnte ein Studium in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften oder Physik zu Ihnen passen.

Im vorliegenden Heft erfahren Sie mehr über die vielfältigen Fragen der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik. Das Heft bietet zudem einen Überblick über die Studiengänge und Berufsfelder der drei Fachgebiete. Ergänzend dazu erhalten Sie durch Porträts einen Einblick in den Alltag von Studierenden und Berufsleuten.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und inspirierende Lektüre!

Regula Oppliger

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

ALLE INFORMATIONEN IN ZWEI HEFTREIHEN

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

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

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

> Editionsprogramm Seiten 68/69

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



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

Weitere Informationen zu den Heftreihen finden sich auf:

www.chancen.sdbb.ch

www.perspektiven.sdbb.ch

INHALT

MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN, PHYSIK

6 FACHGEBIET

- 7 Den grundlegenden Phänomenen der Welt auf der Spur
- 11 Besuch in der Welt von Alessio Figalli
- 12 Das Geheimnis der geometrischen Formen in der Natur
- 13 Die Rolle der Mathematik in der Pandemie
- 14 Mit Mathematik Menschen retten
- 15 Autobahn für Elektronen
- 17 Moderne Fälscher entlarven
- 18 Die Entstehung des Sonnensystems in zwei Schritten
- 19 Eine rekordverdächtige Quelle für Einzelphotonen
- 20 Beispiele von Forschungsprojekten an Schweizer Hochschulen

14

Mit Mathematik Menschen retten: Forschende der ETH Zürich und des MIT haben eine Berechnungsmethode entwickelt, um die Suche bei der Seenotrettung zu beschleunigen. Mit dem neuen Algorithmus lässt sich voraussagen, wohin Objekte oder Menschen an der Meeresoberfläche getrieben werden.



22 STUDIUM

23 **Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften oder Physik studieren**

- 26 Studienmöglichkeiten in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften, Physik
- 33 Verwandte Studienfächer und Alternativen zur Hochschule
- 34 Kleines ABC des Studierens

38 **Porträts von Studierenden:**

- 38 Fanny Almy, Mathematik
- 40 Florence Hofmann, Physik
- 42 Jérôme Egger, Physik
- 44 Philippe Knecht, Mathematik
- 46 Ronan Lindörfer, Rechnergestützte Wissenschaften
- 48 Stephanie Maier, Computational Sciences

23

Studium: Die Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik greifen die grundlegenden Fragen unserer Welt auf. Sie bieten mögliche Antworten darauf, warum etwas ist, wie es ist und vermitteln Kenntnisse, um theoretische und praktische Probleme zu analysieren und zu lösen.



50 WEITERBILDUNG

52 BERUF

53 Berufsfelder und Arbeitsmarkt

55 Berufsporträts:

- 56 Erika Kienast-Sjögren, Senior Business Analyst Finanzen, Helsana Versicherungen AG
- 58 Julia Wysling, Projektmanagerin Analysis Simulation Engineering (ASE) AG
- 60 Lucas Thiel, IT-Consultant bei der AWK Group AG
- 62 Michael Spreng, Software Engineer, AutoForm Development GmbH
- 64 Daniela Domeisen, Assistenzprofessorin für Atmosphärische Vorhersagbarkeit an der ETH Zürich

44

Studierendenporträts: Philippe Knecht studiert im 4. Semester Mathematik in Freiburg und mag an der Mathematik das Gefühl, wenn man nach stundenlangem Grübeln endlich einen Beweis erbringen kann. Später möchte er die Freude an Mathematik an andere weitergeben und beweisen, dass Mathematik mehr zu bieten hat, als viele denken.



66 SERVICE

- 66 Adressen, Tipps und weitere Informationen
- 67 Links zum Fachgebiet
- 68 Editionsprogramm
- 69 Impressum, Bestellinformationen

64

Berufsporträts: Daniela Domeisen interessiert sich nicht nur für die physikalischen Hintergründe, sondern auch für die globalen Auswirkungen von Wetter und Klima auf Mensch, Gesellschaft und Wirtschaft. An der ETH Zürich erforscht sie mit ihrem Team, wie sich das atmosphärische Geschehen über mehrere Monate vorhersagen lässt.



ERGÄNZENDE INFOS AUF WWW.BERUFSBERATUNG.CH

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



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

Weiterbildung

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

Laufbahnfragen

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

Adressen und Anlaufstellen

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

DEN GRUNDLEGENDEN PHÄNOMENEN DER WELT AUF DER SPUR

Von der Entstehung und Erforschung des Universums bis zur Behandlung von Krankheiten – mathematische Modelle, computergestützte Simulationen und physikalische Grundgesetze sind Bestandteil unseres Alltags. Mittels der drei Gebiete werden Antworten auf eine Vielzahl grosser Fragen gesucht.

Obwohl die drei Fachbereiche Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften und Physik unabhängige Disziplinen darstellen, sind sie unweigerlich miteinander verknüpft. Die *Mathematik* kann dabei als grundlegende Sprache zum Ausdruck von technischen oder naturwissenschaftlichen Gegebenheiten angesehen werden. Sie ist somit das Werkzeug, um Gesetzmässigkeiten in den anderen Fachbereichen zu entdecken und zu beschreiben. Die *Physik* als grundlegende Naturwissenschaft erforscht fundamentale Besonderheiten der Natur und leitet daraus allgemeingültige Gesetze ab. Mittels mathematischer Modellierung, numerischer Lösungstechniken und dem Einsatz von Computern werden in den *Rechnergestützten Wissenschaften* (auch *Computational Sciences*) naturwissenschaftliche und technische Probleme analysiert und gelöst. Ihr wichtigstes Werkzeug ist die Computersimulation.

TEILGEBIETE DER MATHEMATIK

Die Mathematik betrachtet allgemein Strukturen und Figuren, um darin Gesetzmässigkeiten zu entdecken und zu beschreiben. Als eigenständige Wissenschaft entwickelt sie neue Theorien und Methoden, als Hilfswissenschaft liefert sie anderen Disziplinen viele Lösungsansätze. Mathematik lässt sich grob in *Reine Mathematik* und *Angewandte Mathematik* unterteilen. Zur Reinen Mathematik gehören z.B. Algebra, Lineare Algebra, Analysis, Geometrie und Topologie. Der Angewandten Mathematik können z.B. die Biostatistik und die Versicherungsmathematik sowie deren Grundlagen in Numerik, Stochastik und weiteren Gebieten zugeordnet werden. Da einzelne Gebiete sehr eng miteinander verknüpft sind und ineinander einfließen, herrscht über die Zuordnung zu angewandten und reinen Gebieten keine Einigkeit. Im Folgenden wird eine Auswahl der verschiedenen Teilgebiete etwas detaillierter beschrieben.

Algebra befasst sich seit ihren Anfängen mit dem Auflösen von Gleichungen. Inzwischen erforscht sie auch Verknüpfungen einer gegebenen Menge. Eine Verknüpfung legt fest, wie mathematische Objekte miteinander ein weiteres Objekt bestimmen. Eine derartige Struktur einer Menge nennt sich dann algebraische Struktur. Viele in der abstrakten Algebra untersuchte Strukturen wie Gruppen, Ringe oder Körper sind spezielle algebraische Strukturen.

Lineare Algebra vereint dagegen geometrische und algebrai-

sche Strukturen. Zum einen geht es dabei um das Lösen von linearen Gleichungssystemen mit vielen Gleichungen und vielen Unbekannten, zum anderen darum, Fragen der mehrdimensionalen Geometrie mithilfe von Koordinatensystemen (Vektoren) zu lösen.

Hauptgegenstand der *Analysis* bilden die Differential- und Integralrechnung, welche ursprünglich unabhängig voneinander entstanden sind. Während die Differentialrechnung auf die Ableitung (Steigung) einer Funktion zielt, geht es bei der Integralrechnung um die Berechnung von Flächen und Volumen. Die Analysis liefert auch die mathematischen Grundlagen, mit der die meisten Modelle in Natur-, Ingenieur- und den übrigen zahlenbasierten Wissenschaften operieren.

Geometrie macht sich zur Aufgabe, den Anschauungsraum und höhere dimensionale Räume mathematisch zu beschreiben. Aus ihr ist auch die *Topologie* hervorgegangen. Sie untersucht Eigenschaften von geometrischen Gebilden, die bei elastischen Verformungen wie Dehnen, Stauchen, Verbiegen oder Verzerren erhalten bleiben. Entsprechende Gebilde werden als homöomorph oder topologisch äquivalent bezeichnet.

Numerik wiederum entwickelt und untersucht Algorithmen (definierte Rechenschritte) zur zahlenmässigen Lösung von mathematischen Problemen. Diese Probleme stammen meist aus den Ingenieur-, Natur-, Wirtschafts- oder Sozialwissenschaften und erfordern ein möglichst genaues und effizientes Lösen von linearen Gleichungssystemen.

Unter *Stochastik* werden die Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Statistik zusammengefasst. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung liefert Modelle, um den Zufall zu beschreiben. Diese dienen dazu, beobachtete Phänomene zu verstehen und vorauszusagen. In umgekehrter Weise stützt sich Statistik auf vorhandene Daten und schliesst daraus auf ein Modell. Neben der gezielten Auswertung von Daten, um vorab gestellte Fragen zu beantworten, befasst sich die Statistik auch mit der Suche nach interessanten Strukturen in einem Datensatz (Data-Mining).

Um Fragestellungen aus Medizin, Biologie und verwandten Wissenschaften zu bearbeiten, greift *Biostatistik* auf statistischen Methoden zurück und entwickelt sie weiter. Biostatistische Methoden ermöglichen etwa, die Wirksamkeit bestimmter Medikamente oder Behandlungsverfahren zu überprüfen, Daten aus biologischen Grundlagenexperimenten auszuwerten

oder Zusammenhänge zwischen genetischen Merkmalen und klinischen Symptomen aufzudecken.

In der *Versicherungsmathematik* stehen Risiken bei Banken und Versicherungen im Fokus. Um Risiken erkennen, einschätzen und bewerten zu können, setzt sie komplexe Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Statistik ein.

TEILGEBIETE DER RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN

Die Rechnergestützte Wissenschaften oder Computational Sciences verwenden Computersimulationen, um Einblicke in Bereiche jenseits des gesicherten Wissens zu erhalten. Mittels Simulationen können sie reale Experimente und Prototypen ersetzen oder Ideen zum Verfeinern von Theorien und Experimenten liefern. Als interdisziplinäre Wissenschaften bewegen sich die Rechnergestützte Wissenschaften an der Schnittstelle von Mathematik, Informatik, Natur- und Ingenieurwissenschaften. Grob lassen sich folgende Teilgebiete unterscheiden: Rechnergestützte Biologie, Rechnergestützte Chemie, Rechnergestützte Mathematik und Rechnergestützte Physik.

Molekulare, zelluläre und gesamtorganismische Prozesse bilden eine Vielzahl

von biologischen Daten. Die Simulation dieser Prozesse als Teil der *Rechnergestützten Biologie* ermöglicht, die darunterliegenden Bauprinzipien und wechselseitigen Regulationsmechanismen zu erkennen und nutzbar zu machen. Anwendung findet sie unter anderem in der Analyse von neuronalen Netzen, in der Strukturvorhersage von Proteinen oder in der Entwicklung von bio-inspirierten Robotern.

Eine häufige Anwendung der *Rechnergestützten Chemie* ist die Entwicklung von Wirkstoffen oder Materialien. Wie chemische Substanzen reagieren, hängt wesentlich von ihren atomaren und molekularen Eigenschaften ab. Mittels Simulation können diese Eigenschaften gezielt verändert und die Reaktionsweise bzw. Wirkungsweise von chemischen Substanzen berechnet werden.

Naturwissenschaften, Technik und Wirtschaft verlangen zunehmend genauere quantitative Messungen, um Fortschritte zu erzielen. In der *Rechnergestützten Mathematik* werden dafür mathematische Lösungsmethoden für den Computer entwickelt und optimiert. Zu den direkten Anwendungen zählt unter anderem auch die Preisberechnung im Optionengeschäft.

Viele Gleichungen zur Beschreibung

komplexer Naturphänomene können nur mit numerischen Methoden gelöst werden. Computersimulationen spielen daher in allen Bereichen der Physik eine wichtige Rolle. *Rechnergestützte Physik* kommt unter anderen bei der Erforschung des Universums, bei der Berechnung von Strömungen oder der Entwicklung von bildgebenden Verfahren zur Anwendung.

MODELL UND SIMULATION

Ein *Modell* stellt die Realität vereinfacht dar. Es ermöglicht, ein vorhandenes System abzubilden und zu verstehen. Eine *Simulation* erzeugt Daten unter Anwendung von Modellen. Damit lassen sich Systemreaktionen nachprüfen oder vorhersagen.

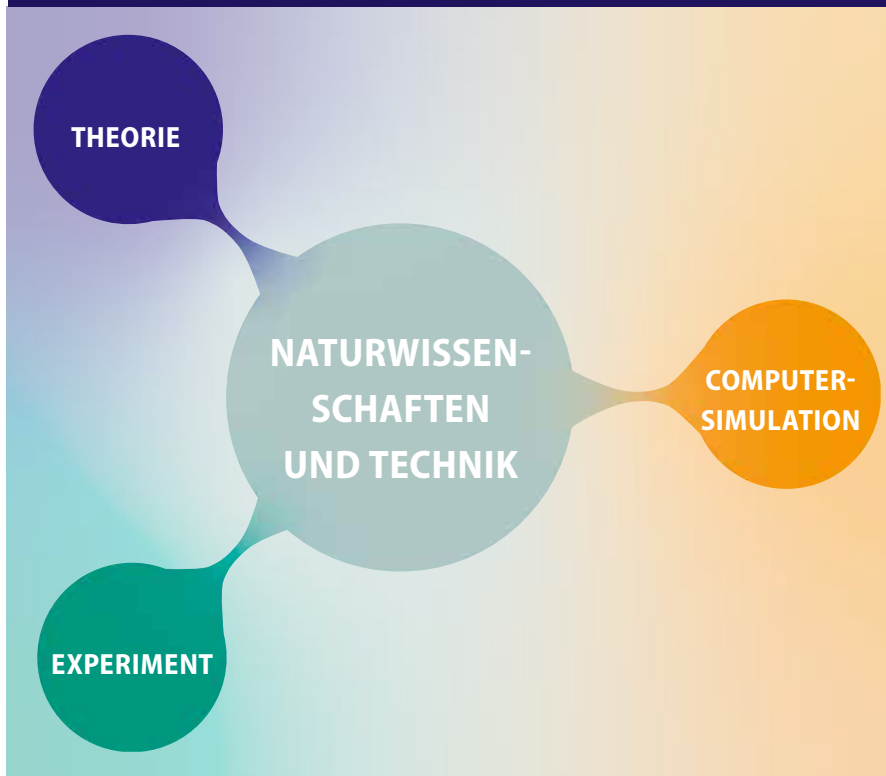
TEILGEBIETE DER PHYSIK

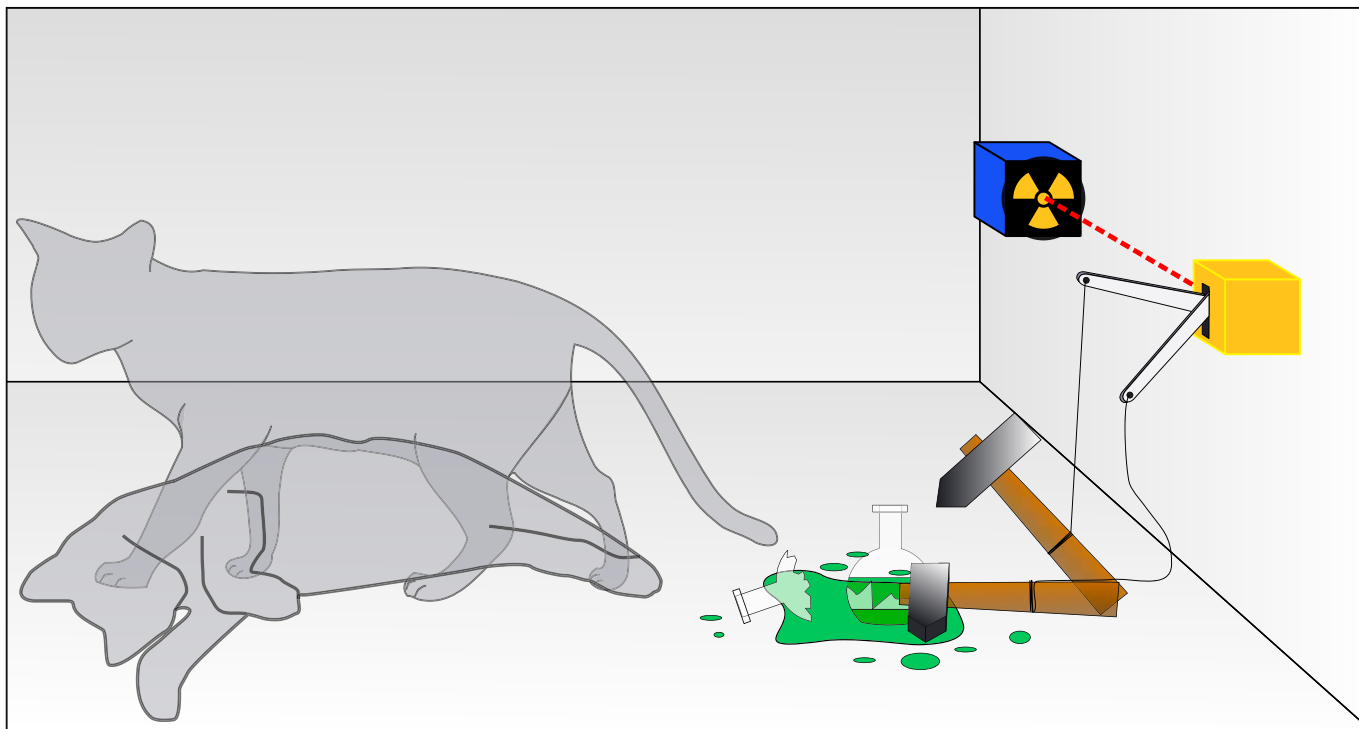
Grundsätzlich unterscheidet man in der Physik zwischen *Experimentalphysik* und *Theoretischer Physik*. Die Theorien der Physik finden auf verschiedenen Gebieten Anwendung, die sich oft auch mit anderen Naturwissenschaften überschneiden. Die folgende (unvollständige) Auswahl illustriert die eindrucksvolle Breite der physikalischen Forschung. Die bekannten klassischen Gebiete wie Mechanik, Akustik, Elektrodynamik oder Optik sind dabei nicht aufgeführt. *Astronomie* erforscht den Weltraum außerhalb der Erdatmosphäre und die ihn erfüllende Materie im Hinblick auf ihre räumliche Verteilung, ihre Bewegungsverhältnisse und ihre physikalischen Eigenschaften in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. *Astrophysik* und *Kosmologie* bilden Teilgebiete.

In der *Atmosphärenphysik* werden physikalische Prozesse in der Erdatmosphäre, vom Erdboden bis zur Hochatmosphäre, unter Anwendung physikalischer Methoden aus Thermodynamik, Fluidodynamik, Strahlungstheorie u.ä. erforscht. Atmosphärenphysik ist wichtig für das Verständnis globaler Umweltprobleme wie Ozonabbau oder Treibhauseffekt.

Atomphysik beschäftigt sich mit dem Aufbau der Atome aus Atomkern und Elektronenhülle und der Wechselwirkung der Atome und Ionen mit anderen Atomen oder Ionen, mit Festkörpern,

DAS GEBIET DER RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN (ETH ZÜRICH)





Bei Schrödingers Katze handelt es sich um ein Gedankenexperiment aus der Physik. Es problematisiert in Form eines Paradoxons die direkte Übertragung quantenmechanischer Begriffe auf die makroskopische Welt (siehe auch Kasten unten).

mit elektromagnetischer Strahlung, mit elektrischen und magnetischen Feldern. Atomphysik und Theoretische Chemie überschneiden sich. Im Unterschied zur Kernphysik, die sich mit der Struktur des Atomkerns beschäftigt, betrachtet Atomphysik den Atomkern als nicht weiter unterteilbaren Baustein.

Biophysik versucht, mithilfe physikalischer Gesetze und Messmethoden Prozesse in biologischen Systemen zu untersuchen und zu beschreiben. Aktuell damit verknüpfte Themen sind z.B. Transportvorgänge durch Zellmembranen oder die Informationsverarbeitung im Nervensystem.

In der *Geophysik* als Teilgebiet der Erdwissenschaften werden die natürlichen Erscheinungen und Vorgänge der Erde und ihrer Umgebung erforscht. Sie untersucht den Aufbau des Erdinneren und alle seismischen, elektrischen, thermischen und magnetischen Phänomene der Erde, z.B. Erdbeben.

Kernphysik studiert alle mit dem Atomkern zusammenhängenden Phänomene und Kräfte, die Kernstruktur (Protonen und Neutronen) und die Kernreaktionen (z.B. Kernspaltung zur Energiegewinnung oder Radioaktivität). Aus ihr heraus entwickelten sich die *Teilchen-* und *Hochenergiephysik* und die *Reaktorphy-*

TOT UND LEBENDIG

Das wohl bekannteste Gedankenexperiment der Welt hat der Physiker Erwin Schrödinger 1935 in die Welt gesetzt. Es problematisiert die Übertragung quantenmechanischer Begriffe auf die makroskopische Welt mit einem Paradox. Dieses handelt von einer Katze in einer verschlossenen Box (siehe auch Bild oben). Zu einem willkürlichen Zeitpunkt, etwa wenn ein radioaktives Element zerfällt (ein quantenmechanischer Prozess), öffnet sich ein Giftgefäß in der Box, und die Katze stirbt. Von aussen betrachtet lässt sich nicht erkennen, wann das geschieht. Beschreibt man die beiden möglichen Zustände der Katze – tot oder lebendig – so wie in der Quantenmechanik üblich, wäre die Katze in der Box tot und lebendig zugleich. Denn Quantenmechanik macht nur Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Natur. Sie sagt nicht, in welchem Zustand sich die Wirklichkeit tatsächlich befindet. Die gleichzeitig tote und lebendige Katze würde erst dann eindeutig auf «lebendig» oder «tot» festgelegt, wenn man sie beobachtete, also eine Messung durchführte. Das widerspricht der Anschauung und Alltagserfahrung mit makroskopischen Systemen.

Mit der sogenannten «Viele-Welten-Interpretation» liesse sich das Paradox lösen. Demnach ist – um in Schrödingers Bild zu bleiben – die Katze in der Box nicht tot und lebendig zugleich, sondern in einem Universum tot, in einem anderen – parallel existierenden – Universum lebendig.

sik, die sich mit der technischen Beherrschung von Kernreaktionen in Kernreaktoren beschäftigt.

Kondensierte Materie nennt man Materie im festen oder flüssigen Aggregatzustand. Die Physik der kondensierten Materie unterscheidet sich grundlegend von der Physik der freien Teilchen in Gas oder Plasma. Teilgebiete sind *Festkörperphysik* und *Halbleiterphysik*, *Physik der Flüssigkristalle* und *Physik der weichen Materie*.

In der *Laserphysik* werden verschiedene Lasertypen (z.B. Röntgenlaser) entwickelt, die dann z.B. als Laserpointer zur Anwendung kommen. Mithilfe von Lasern werden auch Materialien mit bisher nicht gekannten Eigenschaften erforscht.

Medizinphysik wendet physikalische Gesetze, Konzepte und Methoden in der Medizin an. Dazu gehören Röntgendiagnostik, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschalldi-



Manchmal bilden sich im Nahbereich eines Blitzschlages mehrere fadenartige sichtbare Plasmastränge, die vom Erdboden nach oben streben und eine Länge von einigen Zentimetern bis hin zu mehreren Metern haben. Mit solchen Plasmafäden beschäftigt sich u.a. die Plasmaphysik.

agnostik, Laser- und UV-Strahlen, elektronische Biosignalverarbeitung, Strahlentherapie und Nuklearmedizin.

Molekülphysik untersucht als Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie die chemische Struktur und das Verhalten von Molekülen. Grundlagen sind die Erkenntnisse der Atomphysik und der Quantenmechanik.

Mit physikalischen Eigenschaften von Plasmen beschäftigt sich *Plasmaphysik*. Mit steigender Temperatur gehen alle Stoffe gewöhnlich vom festen in den flüssigen und dann in den gasförmigen Zustand über. Wird die Temperatur noch weiter erhöht, entsteht ein Plasma. Die Atome des Gases spalten Elektronen ab und bleiben als geladene Teilchen zurück. Beispiele für Plasmen aus dem Alltag sind die Plasmasäule in einer Neonröhre oder der Plasmafaden eines Blitzes.

Statistische Physik beschreibt Naturphänomene, an denen eine grosse Anzahl von Teilsystemen beteiligt sind. Die Grundlage bilden mathematische Sätze aus der Wahrscheinlichkeitstheo-

rie und der Statistik sowie einige wenige physikalische Hypothesen. Mit ihrer Hilfe werden u.a. Gesetze der Thermodynamik abgeleitet und begründet.

Teilchen- und Hochenergiephysik erforscht insbesondere Elementarteilchen als die kleinsten bekannten Bausteine der Materie. Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik beschreibt alle bekannten Elementarteilchen und die wichtigsten Wechselwirkungen zwischen ihnen. Überprüft werden sollen die Theorien u.a. durch Experimente in Teilchenbeschleunigern (z.B. am CERN). *Tiefemperaturphysik* interessiert sich für jene Ordnungsphänomene und Vorgänge in der Materie, die sich durch Abkühlen bis hin zum Bereich des absoluten Nullpunkts (d.h. wenig über minus 273.15 Grad Celsius) verändern, z.B. für Supraleiter.

Quellen

- Websites der universitären Institute
- www.mathematik.de
- www.wikipedia.org
- Martin Pohl: *Physik für alle*; Wiley-VCH, 2014

TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET

Punktuelle Einblicke in die vielfältigen Fachgebiete der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik.

Was haben Wolken, Seifenblasen und Kristalle mit Transportkosten zu tun? **Besuch in der Welt des Mathematikers Alessio Figalli.** (S. 11)

Mathematiker Ian Stewart spürt dem **Geheimnis der geometrischen Formen in der Natur** nach. (S. 12)

Weltweit fällen zur Zeit Regierungen Entscheide von enormer Tragweite aufgrund von Modellrechnungen. Was ist dabei **die Rolle der Mathematik in der Pandemie?** (S. 13)

Mit Mathematik Menschen retten: Forschende der ETH Zürich und des MIT helfen dabei, die Suche bei der Seenotrettung zu beschleunigen. (S. 14)

Homogene Materialien, die Strom leiten und gleichzeitig isolieren: Der Physiker Titus Neupert sucht die **Autobahn für Elektronen.** (S. 15)

Mit physikalischen Verfahren **Moderne Fälscher entlarven.** (S. 17)

Ein Forscherteam der Universität Zürich sagt, dass **die Entstehung des Sonnensystems in zwei Schritten** passierte. (S. 18)

Eine rekordverdächtige Quelle für Einzelphotonen haben Forschende der Universitäten Basel und Bochum gefunden. (S. 19)

Eine Auswahl von **Forschungsprojekten an Schweizer Hochschulen.** (S. 20)

BESUCH IN DER WELT VON ALESSIO FIGALLI MATHEMATIK

Für seine Forschung über den optimalen Transport hat Alessio Figalli die Fields-Medaille gewonnen. Was haben Wolken, Seifenblasen und Kristalle mit Transportkosten zu tun? Ein Blick ins Denken eines Mathematikers, der das Problemlösen zum Beruf gemacht hat.

«Mathematik ist überall. Man muss sie nur sehen», sagt Alessio Figalli und blickt zum Himmel. Wolken ziehen über die Stadt Zürich. Einige gross, andere klein. Keine behält ihre Gestalt für lange. Solche Veränderungen der Form interessieren den Mathematiker. Sie bieten ihm die Anschauung, um die Mathematik dahinter zu verstehen. Die Mathematik, für die er die höchste Auszeichnung für einen Mathematiker unter 40 Jahren erhalten hat. Die Internationale Mathematische Union (IMU) hat Alessio Figalli, der seit 2016 Professor für Mathematik an der ETH Zürich ist, am Internationalen Mathematikkongress 2018 (ICM 2018) in Rio de Janeiro mit der

Fields-Medaille ausgezeichnet. Die Medaille gilt als die wichtigste wissenschaftliche Anerkennung für Mathematikerinnen und Mathematiker.

OPTIMALER TRANSPORT

Die IMU würdigt Alessio Figalli für seine Beiträge zur Theorie des optimalen Transports und deren Anwendung auf spezielle partielle Differentialgleichungen, metrische Geometrie und Wahrscheinlichkeit. Er hat unter anderem ein über 20 Jahre lang bestehendes Problem gelöst, das die sogenannte Monge-Ampère-Gleichung betrifft. Diese berühmte partielle Differentialgleichung wurde im 19. Jahrhundert eingeführt und findet heute Anwendung in so unterschiedlichen Gebieten wie Stadtplanung, Bildgebung oder Meteorologie. Im Kern besagt die Gleichung, dass die Gesamtkosten eines Transports so minimal wie möglich zu halten sind.

DAS GEHEIMNIS DER WOLKEN

Doch was hat das mit Wolken zu tun? Zusammen mit anderen Mathemati-



Das Problemlösen zum Beruf gemacht: der Mathematiker Alessio Figalli.

kern konnte Figalli beweisen, dass sich gewisse Veränderungen der Form von Wolken mathematisch wie ein «optimaler Transport» berechnen lassen. Es sind daher dieselben – oder verwandte – Gleichungen auf Wolken anwendbar, wie man sie zur Berechnung eines möglichst günstigen Transportwegs von Ressourcen oder Personen verwendet.

Wenn eine Wolke abrupt ihre Gestalt ändert, bewegen sich unzählige Wolkenteilchen aus ihrer Position in eine andere. Man kann sich diese Bewegung auch so vorstellen, als würden die Partikel von einem Ort zu einem anderen transportiert. Das trifft namentlich auf die Wolkenformationen einer Grosswetterfront zu. Diese verändern sich oft so sprunghaft und plötzlich, dass es sehr anspruchsvoll ist, sie mathematisch zu beschreiben. Als Figalli 2005 an dieses «semigeostrophische Problem» herantrat, war der Zusammenhang zwischen Transportoptimierung und Meteorologie seit den 1990er-Jahren bekannt. Im Detail fehlten aber wichtige Resultate. So machte er sich daran, die sehr komplexen Differentialgleichungen und ihre Eigenschaften und Abhängigkeiten zu untersuchen.

DIE KOSTEN DER VERÄNDERUNG

Eine bekannte Differentialgleichung ist die erwähnte Monge-Ampère-Gleichung. Gaspard Monge (1746–1818) war ein französischer Mathematiker und Minister unter Napoleon. Er woll-



Gewisse Veränderungen der Form von Wolken lassen sich mathematisch wie ein «optimaler Transport» berechnen, haben Alessio Figalli und Kollegen herausgefunden.

te wissen, wie sich das benötigte Baumaterial möglichst kostengünstig zu den Baustellen für Befestigungsanlagen transportieren liess. Oder umgekehrt gefragt: Zu welchem Standort bringt man das Baumaterial am besten, wenn man die Transportkosten minimieren will? Auf die Wolken übertragen heisst das: Wenn man weiss, dass die Partikel auf dem Weg von der Anfangsverteilung zur Endverteilung die «Transportkosten» minimieren, kann man ihren optimalen Weg berechnen. Auf diese Weise erhält man Informationen, wie die Wolken ihre Form verändern.

Sieben Jahre lang untersuchten Figalli und seine Weggefährten die Monge-Ampère-Gleichung. 2012 konnten sie für diese Gleichung grundlegende Resultate über die Eigenschaften von Lösungen beweisen. Ausserdem zeigten sie, dass sich die Gleichung eignet, um die Veränderung von Wolkenformationen zu beschreiben. «Bei der Anwendung der Theorie des optimalen Transports auf physikalische und chemische Beispiele spielt es eine wichtige Rolle, dass sich der Begriff der minimalen «Kosten» in vielen Fällen auf die Energie bezieht», erklärt Figalli, «denn die Natur minimiert Energie.»

Neben den Wolken hat Figalli auch Formveränderungen von Gebilden wie Seifenblasen und Kristallen untersucht. Sowohl Seifenblasen als auch Kristalle streben nach einer Form, die ihre Oberflächenenergie möglichst gering hält. Physikalisch handelt es sich zwar um verschiedene Arten von Energie, mathematisch jedoch sind die Gleichungen sehr ähnlich. Man kann die Theorie des optimalen Transports auf beide anwenden, um zu beschreiben, wie sich ihre Form verändert, wenn man Energie zuführt. Danach lässt sich untersuchen, wie die Partikel von der Konfiguration mit minimaler Energie zu derjenigen mit erhöhter Energie transportiert werden.

Quelle

Florian Meyer, in ETH Zürich Globe, Nr. 3/2018 (gekürzt)

DAS GEHEIMNIS DER GEOMETRISCHEN FORMEN IN DER NATUR MATHEMATIK



«Eine verwirrende Mischung aus Regelmässigkeit und Zufälligkeit, aus Ordnung und Unordnung, aus Muster und heillosem Durcheinander»: Der Mathematiker Ian Stewart untersucht Muster in der Natur wie Schneeflocken und Bienenwaben.

Der Mathematiker Ian Stewart erklärt in seinem Buch «Die Schönheit der Schneeflocke», was die faszinierende Regelmässigkeit einer Schneeflocke mit Symmetrie und Chaos zu tun hat.

Muster begegnen uns in der Natur zuhauf: die sechseckigen Waben in den Stöcken von Bienen und Wespen, die Streifen oder Flecken im Fell vieler Tiere, die spiralförmigen Häuser mancher Schnecken, die Anordnung der Samen in einer Sonnenblume oder die Wellen, die ein laufender Tausendfüssler mit seinen Beinchen schlägt. Diese und andere Muster haben es dem mittlerweile emeritierten britischen Mathematiker Ian Stewart angetan. Insbesondere die sechsfache Symmetrie des Schneekristalls mit den farnartigen Strukturen an jedem der sechs Strahlen ist für ihn ein winziges geometrisches Juwel. Eine Schneeflocke «zeigt eine verwirrende Mischung aus Regelmässigkeit und Zufälligkeit, aus Ordnung und Unordnung, aus Muster

und heillosem Durcheinander», so Stewart in seinem Buch.

Keine Schneeflocke, heisst es, gleicht der anderen. Oder gibt es irgendwo, irgendwann doch einen Doppelgänger? Auf jeden Fall bringt die Schneeflockenfabrik in den Wolken eine enorme Vielfalt an Mustern hervor. In seinem Buch geht Stewart der alles andere als einfachen Frage nach, woher die Symmetrie und die farnartige Struktur des Schneekristalls kommen und erläutert auf der Suche nach einer Antwort alle möglichen Musterbildungsprozesse in der Natur. Schritt für Schritt «entdeckt» er die mathematischen, physikalischen und biologischen Prinzipien, die hinter den reizvollen und faszinierenden Mustern stecken.

SPIEGELSYMMETRISCHE ORCHIDEEN

Von zentraler Bedeutung ist die Symmetrie. Oft findet sich eine Rechts-Links-Symmetrie, wie sie Gesichter aufweisen. Ein Schneekristall ist in der Regel rotationssymmetrisch: Eine Drehung um 60, 120, 180, 240, 300

oder 360 Grad verändert das Objekt nicht. Auch viele Blüten sind rotations-symmetrisch. Andere, etwa Orchideen, sind spiegelsymmetrisch wie Gesichter.

Ebenso wichtig wie die Symmetrie ist deren Brechung. Schon eine kleine Abweichung von der Rechts-Links-Symmetrie kann sich im Laufe des Wachstums zu grossen Differenzen verstärken. So ist ein Seestern zu Beginn seines Lebens spiegelsymmetrisch. Dann bilden sich auf einer Seite drei Arme und brechen diese Symmetrie. Die drei Arme wachsen und führen letztlich zu einer fünffachen Rotations-symmetrie des Seesterns. Die eine Symmetrie wird gebrochen, eine neue Symmetrie entsteht. Erstaunlich ist zum Beispiel, dass dem Muster von Sanddünen in einer Wüste und den Streifen im Fell eines Tigers auch eine solche Symmetriebrechung zugrunde liegt.

Stewart erkennt, dass die faszinierende Regelmässigkeit einer Schneeflocke auf eine tiefere Symmetrie hindeutet: auf die der Naturgesetze. Auch Naturgesetze können zum Beispiel gegenüber einer Rotation des Raumes unverändert bleiben. Doch die Symmetrie der Naturgesetze ist nicht immer perfekt: Es kommt zu Symmetriebrechungen, die wiederum gewisse Lösungsmuster erzeugen. Die nicht perfekte, gebrochene Symmetrie, so Stewart, sei ein universeller Musterbildungsmechanismus. Gerade die Verbindung von Symmetrie und deren Brechung, von Regelmässigkeit und Regellosigkeit mache auch die Schneeflocke so interessant und vielfältig. Schneeflocken sind demnach eine Art symmetrisches Chaos.

DIE ROLLE DER MATHEMATIK IN DER PANDEMIE MATHEMATIK

Weltweit fallen Regierungen in der Corona-Krise Entscheide von enormer Tragweite aufgrund wackliger Modellrechnungen. Das spricht nicht gegen die Regierungen oder gegen die Modelle, aber es spricht für viel Demut.

Zu viele Schüler und Schülerinnen wissen nicht, weshalb sie Rechnen lernen sollen. Eltern und Lehrpersonen auf der Suche nach Begründungen mögen sagen, dass wir alle ohne Mathematik viel ärmer wären – dass es weder Brücken noch Computerspiele gäbe, weder Autos noch Smartphones, weder Pyramiden noch Raketen. Oder zumindest gäbe es all dies und vieles mehr nicht in der gleichen Qualität.

Dies mag allerdings in manchen Ohren etwas verstaubt oder abstrakt klingen. Immerhin liefert derzeit die Corona-Krise eine brandaktuelle und knallige Illustration für die Bedeutung der Mathematik. Weltweit fallen Regierungen Entscheide von enormer Tragweite für die breite Bevölkerung

aufgrund von mathematischen Modellrechnungen über mögliche bis wahrscheinliche Entwicklungen der Corona-Pandemie. Mathematik kann hier buchstäblich Leben retten oder wirtschaftliche Kosten in zwei- bis dreistelliger Milliardenhöhe verhindern, oder im Idealfall beides zusammen.

Doch Modelle sind nur eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit und oft mit grosser Unsicherheit verbunden. Auch in dieser Corona-Krise gibt es nicht das eine «wahre» Modell. So findet sich zum Beispiel auf einer spezialisierten Website eine Auflistung von über 30 veröffentlichten Modellen über diese Pandemie, und das dürfte nur die Spitze des Eisbergs sein.

UNGERECHTFERTIGTER GRAD VON GEWISSHEIT

Eine neue Analyse von fünf Forschern aus den USA und Deutschland liefert eine nützliche Erinnerung an die Wackligkeit solcher Modelle, die typischerweise auf Basis von gewissen Beobachtungen und Annahmen eine



Mathematik hilft weiter, oft schon in der einfachsten Form. Modellrechnungen müssen aber transparent und breit abgestützt sein, wenn damit Voraussagen gemacht werden sollen.

Quelle

«Sonntagszeitung», 4.3.2018; Autor: Joachim Laukenmann

Abschätzung über die künftige Entwicklung der Pandemie erlauben sollen. Aufgrund einer näheren Betrachtung einer Handvoll von besonders prominenten Modellrechnungen kommen die genannten Forscher zu einem ernüchternden Schluss: «Insgesamt suggeriert die Sprache in diesen Papieren einen Grad von Gewissheit, der schlicht nicht gerechtfertigt ist.»

Oft können Schätzungen aufgrund unterschiedlicher (aber jeweils plausibel klingender) Annahmen um den Faktor zehn oder mehr auseinandergehen. Liegt zum Beispiel die Zahl aller bisher Infizierten in der Schweiz auf dem Fünf- oder Fünfzigfachen der offiziell gemeldeten Werte? Werden die Schweden und Schwedinnen mit ihrem Kurs von relativ geringen Einschränkungen des öffentlichen Lebens in einigen Wochen 50 000 bis 100 000 Tote beklagen müssen oder nur einen kleinen Bruchteil davon? Alle genannten Werte und viele mehr sind schon mittels Modellen geschätzt worden.

WICHTIGKEIT VON MODELLSCHÄTZUNGEN

All dies spricht nicht gegen die Verwendung von Modellen. Denn eine wacklige Modellschätzung mit offengelegten Annahmen ist immer noch viel besser als die realistische Alternative – Entscheide aufgrund von Bauchgefühlen ohne offengelegte Annahmen. Die grosse Unsicherheit legt aber vor allem vier Verhaltensweisen nahe. Erstens: Man verwende verschiedene Modelle zur besseren Abstützung von Entscheidungen und zur Spiegelung der Unsicherheiten. Zweitens: Man lege offen, auf welchen Modellrechnungen die Regierungsentscheide beruhen, damit der wissenschaftliche Diskurs vorankommen kann. Drittens: Man sammle möglichst viele Daten, um die Modellqualität laufend zu verbessern. Und viertens: Man zeige Demut.

Quelle

Hansueli Schöchli, NZZ online, 21.04.2020

MIT MATHEMATIK MENSCHEN RETTEN MATHEMATIK



Forschende der ETH Zürich und des Massachusetts Institute of Technology MIT haben eine Berechnungsmethode entwickelt, um die Suche bei der Seenotrettung zu beschleunigen. Mit dem neuen Algorithmus lässt sich voraussagen, wohin Objekte oder Menschen an der Meeresoberfläche getrieben werden.

Jedes Jahr ertrinken bei Schiffsunfällen oder Flugzeugabstürzen Menschen auf dem offenen Meer. Seenotrettern bleibt nur wenig Zeit, Menschen zu bergen, die auf dem Wasser treiben, denn die Wahrscheinlichkeit, eine Person lebend zu finden, sinkt nach sechs Stunden signifikant. Neben den Gezeiten und wechselhaften Wetterbedingungen erschweren instabile Küstenströmungen die Rettungsaktionen.

Ein internationales Team von Forschenden unter der Leitung von George Haller, Professor für Nichtlineare Dynamik an der ETH Zürich, hat die heute angewendeten Suchstrategien mit neuen Erkenntnissen zu solchen instabilen Strömungen erweitert. Mit-

tels Werkzeugen aus den dynamischen Systemtheorien sowie Daten der Küstenwache hat das Team einen Algorithmus entwickelt, der voraussagen kann, wohin Menschen und Objekte an der Meeresoberfläche getrieben werden. «Wir hoffen, dass unsere Arbeit hilft, mehr Menschenleben zu retten», sagt Mattia Serra, ehemaliger Postdoktorand an der ETH Zürich und nun Postdoc-Stipendiat in Harvard sowie Erstautor der kürzlich in der Fachzeitschrift «Nature Communications» publizierten Studie.

ALGORITHMUS FÜHRT ZU DEN VERMISSTEN

Bei heutigen Seenotrettungseinsätzen wird anhand von aufwändigen Modellen der Meeresdynamik und des Wetterberichts der Weg, den ein treibendes Objekt zurücklegt, vorausgesagt. Jedoch sind diese Vorhersagen in sich schnell verändernden Küstengewässern aufgrund unsicherer Parameter und fehlender Daten oft ungenau. Dies kann zur Folge haben, dass eine Suche am falschen Ort gestartet wird und dadurch viel Zeit verloren geht.

Durch mathematische Berechnungen haben die Forschenden entdeckt, dass sich Objekte, die an der Meeresoberfläche treiben, an bestimmten kurvenähnlichen Linien sammeln. Diese sogenannten TRansient Attracting Profiles (TRAPs), also Profile mit vorübergehender Anziehung, sind von blossen Auge nicht erkennbar, können aber mit dem neuen Algorithmus des ETH-Teams aus den Strömungsdaten der Meeresoberfläche ermittelt werden. Sie ermöglichen eine schnelle und präzise Planung der Routen für Rettungseinsätze, die weniger empfindlich auf unsichere Angaben zum Unfallzeitpunkt und -ort reagieren.

EIN NEUES WERKZEUG FÜR DIE SEENOTRETTUNG

In zwei getrennten Experimenten in der Nähe von Martha's Vineyard vor der amerikanischen Nordostküste testeten die Forschenden in Zusammenarbeit mit einem Team des Maschinenbaudepartements des MIT, einer Gruppe des Woods Hole Oceanographic Institution und der amerikanischen Küstenwache den neuen Suchalgorithmus. Sie verwendeten dieselben Echtzeitdaten wie die amerikanische Küstenwache und beobachteten, wie sich die ausgesetzten Bojen und Testpuppen entlang der berechneten Kurven sammelten. «Wir testeten mehrere Ansätze und dies war der einzige, der vor Ort durchgehend funktionierte», betont Haller.

«Unsere Ergebnisse sind leicht interpretierbar, schnell verfügbar und günstig umzusetzen», sagt Serra. Zudem könnten mit der Methode auch grössere auf der Meeresoberfläche treibende Objekte berechnet werden, wie beispielsweise die Ausbreitung eines Ölteppichs. In einem nächsten Schritt soll die Methode in weiteren Meeresregionen getestet werden. «Wir hoffen, dass diese Methode zu einem Standardwerkzeug der Küstenwache wird», sagt Haller.

Quelle

ETH Zürich, Medienmitteilung, 26.05.2020

AUTOBAHN FÜR ELEKTRONEN PHYSIK



Sucht mithilfe von Mathematik und Quantenphysik nach Kristallen mit interessanten physikalischen Eigenschaften: Titus Neupert, Assistenz-Professor für theoretische Festkörperphysik an der Uni Zürich.

Homogene Materialien, die Strom leiten und gleichzeitig isolieren: Der theoretische Physiker Titus Neupert stösst zuweilen auf paradoxe Eigenschaften, wenn er atomare Strukturen von Festkörpern am Computer durchrechnet.

Titus Neuperts Labor ist sein eigener Kopf. Der 33-jährige theoretische Physiker sucht mithilfe von Mathematik und Quantenphysik nach Kristallen mit interessanten physikalischen Eigenschaften. Und er geht dabei ganz neue Wege. Denn früher wurden solche für Wissenschaft und Technologie spannenden Materialien aufgespürt, indem natürlich auftretende Kristallstrukturen aufgeklärt und ihre Eigenschaften studiert wurden. Wissenschaftler wie Titus Neupert drehen nun den Spieß um: Sie erdenken quantenmechanisch spannende Zustände und versuchen in der Folge, real existierende Materialien zu finden, die sich ähnlich verhalten wie die abstrakten Modelle, welche die passenden Eigenschaften haben.

FANTASTISCHE EIGENSCHAFTEN

Interessant sind beispielsweise Kristalle, die isolieren, aber an der Oberfläche Strom leiten – das klingt zuerst einmal ziemlich paradox, zumindest aus Sicht der klassischen Festkörperphysik. Wenn man jedoch durch die Brille der Quantenphysik schaut, in der Paradoxien und Seltsamkeiten gang und gäbe sind, werden solche sogenannte topologische Materialien möglich.

Genau das macht der junge Professor, wenn er am Computer sitzt und rechnet. Denn es zeigt sich immer öfter, dass manche der errechneten Strukturen ziemlich fantastische Eigenschaften haben, besonders an den Rändern, wo die schöne Ordnung plötzlich abbricht. Da schlägt die Quantenphysik dann sozusagen Purzelbäume, die man nicht mit klassischer Chemie oder Metallkunde erklären kann. Diese Purzelbäume sind eine Spezialität des Physikers, der 2017 einen der begehrten ERC Starting Grants der EU für seine Forschung erhielt.

Nun hat Neupert zusammen mit Kol-

legen und Kolleginnen aus den USA, Spanien und Deutschland eine neue Klasse von topologischen Materialien erforscht, die nicht an den Oberflächen, sondern an den Kristallkanten Strom leiten können. Diese sind besonders interessant, weil die elektrisch leitenden Kanten äusserst robust sind: Verunreinigungen oder Unordnung im Kristall halten den Fluss der Elektronen nicht auf, der Strom fliesst einfach um das Hindernis herum. Die Kanten müssen zudem nicht besonders präpariert werden, um leitfähig zu sein. Bricht der Kristall, sind auch die neuen Kanten automatisch wieder leitend. «Das Spannendste aber ist, dass Strom auf diese Art zumindest theoretisch widerstandsfrei geleitet werden kann», sagt Titus Neupert. «Man kann sich die Kristallkanten wie eine Autobahn für Elektronen vorstellen. Sie können nicht einfach umkehren.» Diese Eigenschaft der widerstandsfreien Leitfähigkeit, die vor allem von Supraleitern bei tiefen Temperaturen bekannt ist, lässt sich bei den bisher bekannten topologischen Isolatoren mit leitenden Oberflächen nicht finden.

BISMUT MACHTS MÖGLICH

Mittlerweile haben Neupert und seine Kollegen die ersten Kristalle in der realen Welt gefunden, die Strom leitende Kanten haben. Elementares Bismut hielt man lange für «topologisch trivial», wie es die Experten nennen, es galt deshalb als wenig interessant. Doch als Neupert und seine Kollegen die Sache quantenmechanisch exakt durchrechneten, entdeckten sie die eigenartige «Kantenleitfähigkeit», die sich dann tatsächlich auch im Experiment bestätigte.

Die Forscher suchten gezielt nach Kristallstrukturen, die an den Kanten «freie Moden» aufweisen, wie der Quantenphysiker sagt. Diese Freiheiten lassen den Fluss von Elektronen zu, aber eben nur an den Enden eines solchen quantenmechanischen Systems, im Inneren bleibt alles «zu». Diese Eigenschaft ist dann so fest in den Kristall eingeschrieben, dass man von aussen daran gar nichts ändern kann, etwa durch Verschmutzungen oder Zerkratzen. «Man müsste schon die ganze in-



Neben seiner Lehrtätigkeit an der Universität Zürich erforscht der Physiker Titus Neupert zur Zeit etwa Materialien, die nicht an den Oberflächen, sondern an den Kristallkanten Strom leiten können.

nere Struktur umkrepeln, um diese Eigenschaft zu zerstören», sagt Neupert. Bestenfalls haben diese Strukturen so perfekte quantenphysikalische Eigenschaften, dass diese Kanten sogar verlustlos leitend sind.

Bislang ist das aber bloss Theorie, «wir haben noch kein Material gefunden, in dem das wirklich funktioniert, vor allem nicht bei Raumtemperatur». Immerhin gibt es in den einschlägigen Materialdatenbanken gegen 10000 mögliche Kandidaten, die jeweils durch Legierungen noch weiter «feingetunt» werden können.

MATHEMATISCHE PHANTOME

Aufregende Möglichkeiten ergeben sich im Zusammenhang mit topologischen Materialien vor allem für das Feld des Quantencomputings. Kurz nachdem sie ihre Arbeit veröffentlicht hätten, seien schon erste Vorschläge für elektronische Bauteile mit Bismut eingegangen, erzählt Neupert. Tatsächlich könnte es sein, dass sich dank der neu entdeckten Bismut-Eigenschaft eine einfache Variante zur Schaffung eines Pseudoteilchens auf tut.

Und damit willkommen zurück in der seltsamen Welt der Quantenphysik: Hier lassen sich Teilchen hervorzubereiten, die eigentlich nur mathematische Phantome sind, aber trotzdem sehr nützliche Eigenschaften haben.

Und die man sonst nur in den grossen Teilchenbeschleunigern sucht. Eines dieser Teilchen namens Majorana-Fermion gilt als einer der heissesten Kandidaten bei der konkreten Realisierung eines Quantencomputers. Es könnte als simples und leicht zu handhabendes Schaltelement – als sogenanntes Qubit – dienen, wie Modellrechnungen gezeigt haben. Und ebenso könnte ein besonderes Fermion plötzlich in Festkörpern auftauchen, wenn man Bismut passend integriert. Doch bis es so weit ist, braucht es noch einiges an Forschung. «Da ist noch viel Kreativität gefragt», meint Neupert. An Ideen fehlt es den Physikern und Physikerinnen jedenfalls nicht.

Quelle

UZH Magazin 3/18; Autor: Roland Fischer, freier Journalist

MODERNE FÄLSCHER ENTLARVEN

PHYSIK

Forschende der ETH Zürich haben ein Verfahren entwickelt, mit dem moderne Fälschungen von Bildern zweifelsfrei nachgewiesen werden können, selbst wenn der Fälscher alte Materialien verwendete. Für den Nachweis brauchen sie weniger als 200 Mikrogramm Farbe.

Kunstfälschungen sind seit der Antike bekannt, doch der Kunstmarkt wächst und die Kommerzialisierung hat rasant zugenommen. Das verleitet den einen oder anderen dazu, ein historisches Bild nachzumalen und das schnelle Geld zu machen. Solche Fälschungen sind am einfachsten aufzudecken, wenn sich nachweisen lässt, dass das verwendete Material jünger ist, als das Bild datiert wurde.

Moderne Fälscher verwenden deshalb oft alte Materialien, um die Fälschung besser zu kaschieren, oder übermalen historische Gemälde. Der berühmte Han Van Meegeren (1889–1947), der sich auf das Fälschen von Vermeer-Gemälden spezialisiert hatte, war bekannt dafür, die Farbe älterer Gemälde abzuschaben und wiederzuverwenden, um so die Illusion eines natürlich gealterten Gemäldes zu erwecken.

C14-METHODE CHEMISCH ERWEITERT

Die Datierung mit Radiokarbon, die sogenannte C14-Methode, die seit den 1940er-Jahren bekannt ist, erlaubt es, Fälschungen zu erkennen. Sie basiert auf der Tatsache, dass ^{14}C -Atome in einer feststehenden Gesetzmässigkeit zerfallen. Bestimmt man das Verhältnis von ^{12}C - und ^{14}C -Atomen in einer Probe und vergleicht es mit Referenzwerten, lässt sich das Alter der Probe bestimmen. Das Labor für Ionenstrahlphysik der ETH Zürich hat mit diesem Verfahren bereits verschiedentlich international für Aufsehen gesorgt, weil es die Echtheit von histo-

rischen Gegenständen bestätigen oder widerlegen konnte.

Allerdings hat die Methode einen grossen Nachteil: Die Probe kann durch alte Materialien verfälscht sein, was sich mit der C14-Methode nur schwer entdecken lässt. Laura Hendriks, die gleichzeitig sowohl am Labor für Ionenstrahlphysik als auch am Laboratorium für Anorganische Chemie doktriert, hat nun für dieses Problem eine elegante Lösung gefunden. Sie publizierte das neue Verfahren in der Fachzeitschrift PNAS.

In einem ersten Schritt gilt es, eine ideale Probestelle zu finden, die nur anorganische Pigmente enthält. Diese Probe wird danach mit chemischen Verfahren so gereinigt, dass nur noch 10 Mikrogramm reiner Kohlenstoff übrigbleiben. Dieser lässt sich dann wie bisher mit der C14-Methode analysieren. «Wir haben neu die bekannte physikalische Methode mit chemischen Methoden kombiniert, um so ein eindeutiges Resultat zu bekommen», sagt Hendriks.

BINDEMittel VERRÄT FÄLSCHER

Für die Publikation hat Hendriks ihre Methode an einem bekannten Fall getestet: Robert Trotter malte ein Gemälde im amerikanischen primitiven Volkskunststil, signierte es mit «Sarah Honn» und datierte es auf 5. Mai 1866 n.Chr. Bereits früher gestand Trotter in einem Prozess, die Sarah-Honn-Fälschung 1985 gemalt zu haben.

Die ETH-Forschenden haben nun zwei Mikroproben von diesem Gemälde analysiert: eine Leinwandfaser und einen Farbpartikel mit einem Gewicht von weniger als 200 Mikrogramm. «Dank neuer Entwicklungen im Labor für Ionenstrahlphysik können wir heute deutlich kleinere Proben messen als früher», erklärt Hendriks. Die Datierung der Leinwand passt zwar zur angeblichen Zuschreibung zum 19. Jahrhundert. Doch die Datierung der Farbe deckt die Fälschung auf. Auch wenn ein Fälscher zur Tarnung alte Farbpartikel verwendet, muss er sie nämlich mit einem neuen Bindemittel mischen. Und genau diesen Umstand machen sich die ETH-Forschenden nun zunutze.

FALSCHES ÖL VERWENDET

Die Analyse des Bindemittels ist eine komplexe Aufgabe, weil es eine heterogene Mischung ist. Doch die Ergebnisse sind eindeutig: Das verwendete Öl



Fälschungen von Gemälden werden zukünftig dank Analyse der Farbbindemittel leichter entlarvt werden können. Sicher gestellte Gemälde des Fälschers Wolfgang Beltracchi: «Frauenporträt mit Hut», angeblich von Kees van Dongen, im Hintergrund «La Horde» angeblich von Max Ernst.

im Bindemittel enthält einen Überschuss an ^{14}C , der charakteristisch für das 20. Jahrhundert ist. Denn durch den Einsatz von Kernwaffen stieg die ^{14}C -Konzentration in der Atmosphäre enorm an, sodass sich Proben aus dieser Zeit sehr genau datieren lassen. Die Samen, aus denen das Öl für das Bindemittel gewonnen wurde, wurden zwischen 1958 und 1961 oder 1983 und 1989 geerntet. Das widerspricht der Datierung der Leinwand und beweist, dass das Bild nach 1950 produziert wurde – es handelt sich also zweifelsfrei um eine moderne Fälschung. «Anhand dieses bekannten Falls können wir nun zeigen, dass unsere Methode wirklich funktioniert», sagt Hendriks.

Ob mit der neuen Methode nun routinemässig Fälscher und Fälscherinnen zur Strecke gebracht werden können, ist allerdings noch unklar. Es ist nicht ganz einfach, eine geeignete Stelle für die Probenahme zu finden, und auch das Messverfahren ist sehr aufwändig, da es einige komplexe und kostspielige Schritte beinhaltet. Dennoch dürfte das neue Verfahren in der Kunstwelt auf grosses Interesse stossen, wenn es darum geht, die Echtheit von berühmten Gemälden zuverlässig nachzuweisen.

DIE ENTSTEHUNG DES SONNENSYSTEMS IN ZWEI SCHRITTEN PHYSIK



Ein zweistufiger Entstehungsprozess: Die inneren terrestrischen Protoplaneten bilden sich früh und haben Eisenkerne. Die Planeten des äusseren Sonnensystems bilden sich später weiter draussen.

Auf manchen Planeten herrschen erdähnliche Verhältnisse, auf anderen nicht. Ein Team mit Forschenden der Universität Zürich entdeckt den Grund dafür in einem zweistufigen Entstehungsprozess, der den variierenden Wasser- und Isotopengehalt des inneren und äusseren Sonnensystems erklären kann.

Forschende der Universitäten Zürich und Oxford, der ETH Zürich, der LMU München sowie des BGI Bayreuth haben eine neue Theorie für die Entstehung und Struktur des Sonnensystems entwickelt. Damit lassen sich mehrere Schlüsselmerkmale terrestrischer Planeten wie Erde, Venus und Mars sowie des äusseren Sonnensystems mit Jupiter erklären, ebenso die Zusammensetzung von Asteroiden und Meteoritenfamilien.

TROCKENES INNERES UND FEUCHTES ÄUSSERES SYSTEM

Die Arbeit stützt sich auf die jüngsten Beobachtungen anderer Sonnensysteme während ihrer Entstehung und auf Laborexperimente zum Isotopen-, Eisen- und Wassergehalt in Meteorite. Die Kombination von astro- und geo-

physikalischen Phänomenen während der Entstehungsphase von Sonne und Sonnensystem verdeutlicht, warum die Planeten des inneren Sonnensystems klein und trocken sind – also wenig Wasser pro Masse beinhalten –, während die Planeten des äusseren Sonnensystems grösser und feuchter sind. Sie erklärt auch die äusserst zahlreiche Meteoritenbildung in zwei verschiedenen Schritten: In einem ersten, frühen Schritt bildeten sich die inneren terrestrischen Protoplaneten. Sie wurden durch starken radioaktiven Zerfall innerlich aufgeheizt und ausgetrocknet.

In einem zweiten Schritt spalteten sich die inneren, trockenen Planeten von der äusseren, feuchten Planetenpopulation ab – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung und die Entstehungsbedingungen von Planeten wie etwa der Erde. «Das trockene innere Sonnensystem, das sich zuerst gebildet hat, und das spätere, feuchte äussere Sonnensystem wurden schon sehr früh in ihrer Geschichte auf zwei unterschiedliche Entwicklungspfade gesetzt», fasst Letztautor Thomas Hands vom Institut für Computational Science der Universität Zürich zusammen.

Quelle

ETH Zürich, Medienmitteilung, 03.06.2019

VOM STAUBKORN ZUM PLANETEN

Numerische Experimente zeigten, dass sich diese Entstehungsprozesse durch zwei unterschiedliche Phasen der Planetenentstehung erklären lassen. So ergaben jüngste Beobachtungen von protoplanetaren Scheiben um junge Sterne, dass diese relative geringe Turbulenz in ihrem Inneren aufweisen. Unter solchen Bedingungen können die im Gas eingebetteten Staubteilchen effektiv zu deutlich grösseren Körnern anwachsen und so schon früh die ersten Planetenbausteine im inneren Sonnensystem bilden. Eine zweite Phase der effektiven Entstehung solcher Bausteine – Planetesimale genannt – erfolgte dann später weiter draussen im äusseren Sonnensystem.

DEN URSPRUNG ERDÄHNLICHER PLANETEN BESSER VERSTEHEN

Die beiden Populationen von Planetenbausteinen zogen weiteres Material aus der umgebenden Scheibe und durch gegenseitige Kollisionen an. So entstanden zwei geophysikalisch verschiedene Arten von sich bildenden Protoplaneten, die durch ihre unterschiedliche Entstehungszeit eine sehr unterschiedliche Menge an radioaktivem Material beinhalteten. Planetesimale des inneren Sonnensystems wurden so stark aufgeheizt, sehr heiss und schmolzen auf. Dadurch bildeten sich schnell Eisenkerne, und flüchtige Verbindungen wie Wasser verdampften, was schliesslich zu einer trockenen Planetenzusammensetzung im inneren Sonnensystem führte.

Im Vergleich dazu bildeten sich die Planetesimale des äusseren Sonnensystems später und erfuhren daher eine wesentlich geringere innere Erwärmung und somit eine begrenzte Eisenkernbildung und eine geringere Freisetzung flüchtiger Stoffe. «Diese Erkenntnisse eröffnen neue Wege, um den Ursprung und die Häufigkeit erdähnlicher Planeten in unserer Galaxie zu verstehen», sagt Thomas Hands.

Quelle

Universität Zürich, Medienmitteilung
22.01.2021 (gekürzt)

EINE REKORDVERDÄCHTIGE QUELLE FÜR EINZELPHOTONEN PHYSIK

Forschende der Universität Basel und der Ruhr-Universität Bochum entwickelten eine Quelle für einzelne Photonen, die Milliarden an Quantenteilchen pro Sekunde produzieren kann. Mit ihrer rekordverdächtigen Effizienz stellt die Quelle ein neues, leistungsfähiges Element für Quantentechnologien dar.

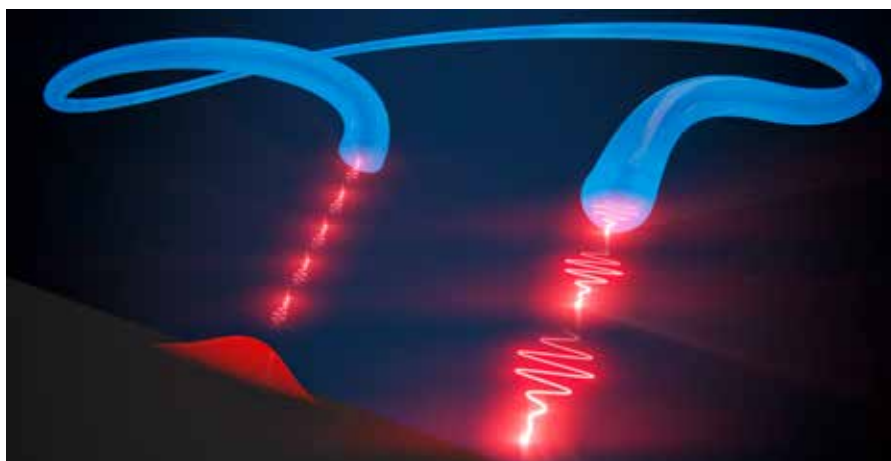
Quantenkryptografie verspricht absolut abhörsichere Kommunikation. Eine Schlüsselkomponente sind dabei einzelne, aneinandergereihte Photonen. In den Quantenzuständen dieser Lichtteilchen lassen sich Informationen speichern und über grosse Distanzen übertragen. Künftig könnten entfernte Quantenprozessoren über einzelne Photonen miteinander kommunizieren. Und vielleicht wird der Prozessor selbst Photonen als Quantenbits zum Rechnen verwenden. Eine Grundvoraussetzung für derlei Anwendungen sind jedoch effiziente Einzelphotonenquellen. Ein Forschungsteam um Prof. Dr. Richard Warburton, Natasha Tomm und Dr. Alisa Javadi von der Universität Basel berichtet nun gemeinsam mit Kollegen

aus Bochum im Fachblatt «Nature Nanotechnology» von der Entwicklung einer Einzelphotonenquelle, die bisher bekannte Systeme an Effizienz deutlich übertrifft.

«TRICHTER» LENKT LICHTTEILCHEN

Jedes Photon wird dabei durch die Anregung eines einzelnen «künstlichen Atoms» (eines Quantenpunkts) innerhalb eines Halbleiters erzeugt. Normalerweise verlassen diese Photonen den Quantenpunkt in alle möglichen Richtungen, und so geht ein Grossteil verloren. Bei der nun vorgestellten Photonenquelle haben die Forschenden dieses Problem gelöst, indem sie den Quantenpunkt in einem «Trichter» positioniert haben, um alle Photonen in eine bestimmte Richtung zu schicken. Bei dem «Trichter» handelt es sich um einen neuartigen Mikro-Hohlraum, der die eigentliche Innovation des Forschungsteams darstellt: Der Mikro-Hohlraum fängt fast alle Photonen ein und leitet sie dann in eine optische Faser. Die jeweils etwa zwei Zentimeter langen Photonen treten am Ende der optischen Faser aus.

Der Wirkungsgrad des gesamten Systems – also die Wahrscheinlichkeit,



Die neue Einzelphotonenquelle beruht auf Anregung eines Quantenpunkts (dargestellt als Wölbung unten links), der daraufhin Photonen aussendet. Ein Mikro-Hohlraum sorgt dafür, dass die Photonen in eine optische Faser geleitet werden und an deren Ende wieder austreten.

dass die Anregung des Quantenpunkts tatsächlich zu einem verwendbaren Photon führt – ist mit 57 Prozent mehr als doppelt so hoch wie bei bisherigen Einzelphotonenquellen. «Das ist ein besonderer Moment für uns», sagt Studienleiter Warburton. «Wir wissen schon seit ein oder zwei Jahren, was im Prinzip möglich ist. Jetzt haben wir es geschafft, unsere Ideen in die Praxis umzusetzen.»

ENORM GESTEIGERTE RECHENLEISTUNG

Die Effizienzsteigerung habe bedeutende Konsequenzen, so Warburton weiter: «Verdoppelt man die Effizienz für die Generation eines einzelnen Photons, summiert sich diese Verbesserung bei einem String aus beispielsweise 20 Photonen auf den Faktor eine Million. In Zukunft möchten wir unsere Einzelphotonenquelle noch besser machen: Wir möchten sie vereinfachen und einige ihrer unzähligen Anwendungen in Quantenkryptografie, Quantenrechnern und anderen Technologien verfolgen.»

BEISPIELE VON FORSCHUNGSPROJEKTEN

Die folgende Zusammenstellung von Projekten bietet einen kurzen Einblick in die interdisziplinäre Forschungstätigkeit von Computational Scientists.

COMPUTATIONAL AND SYSTEMS BIOLOGY

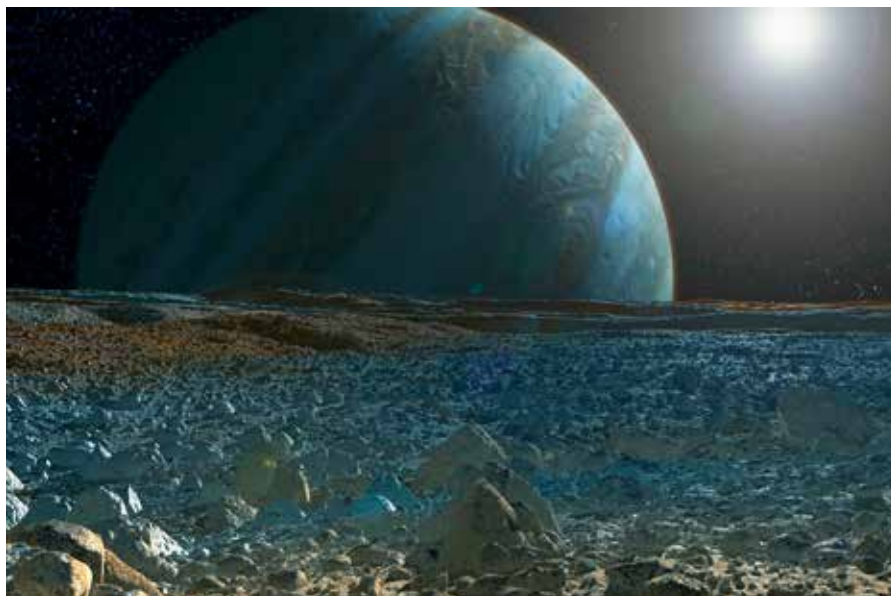
Gleich mehrere Forschungsgruppen der Universität Basel beschäftigen sich mit Forschungsthemen im Bereich Computational and Systems Biology. Eine der Gruppen erforscht z.B. die Prinzipien von genetischen Regelkreisen. Mathematische Vorhersagen werden dabei in computergestützte Modelle überführt und mithilfe von Experimenten überprüft. Im Endeffekt wird untersucht, inwiefern Gene in Hefe- und Säugetierzellen verknüpft sind und welche Mechanismen die Netzwerke steuern. Ziel der Forscherinnen und Forscher ist es schlussendlich, ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln, wie die Zelldifferenzierung funktioniert.

www.biozentrum.unibas.ch

COMPUTATIONAL SCIENCE AND MODELLING (COSMO)

Die bahnbrechenden Forschungsergebnisse des Forschungslabors COSMO der EPFL (in Zusammenarbeit mit Forschenden der University of Cambridge und IBM Zürich) helfen wesentlich mit, das Verhalten von Wasserstoff auf den Planeten Saturn und Jupiter zu erklären. Anstatt wie in der bisherigen Forschung zu versuchen, die atmosphärischen Bedingungen von Riesenplaneten in einem Labor nachzubilden, verwendeten sie zur Simulation der Gegebenheiten hochpräzise Computermodelle. Durch die Nutzung ihres Fachwissens auf dem Gebiet der Computersimulation und der auf maschinellem Lernen basierenden Modelle war es möglich, die Zeitskala der Simulationen zu erweitern und damit einen Einblick in die Mechanismen zu gewinnen, die beim Wasserstoffübergang wirken.

Die Resultate der Simulationen konnten zeigen, dass die bisherigen Forschungsergebnisse stark von der Auswahl der



Wie verhält sich Wasserstoff auf den Planeten Saturn und Jupiter? Das untersucht eine Studie der EPFL. Blick vom Satelliten Europa auf den Jupiter mit der Sonne in der Ecke.

Quelle

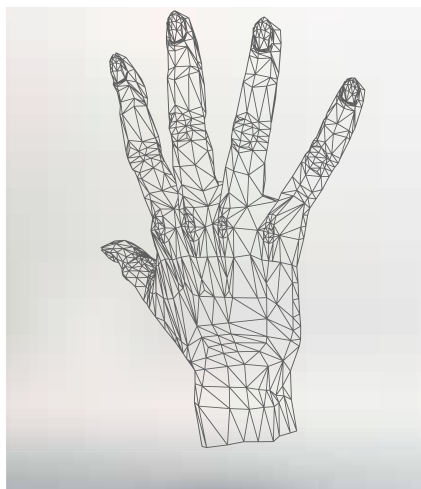
Universität Basel, Netzwoche, 7.2.2021 (gekürzt)

Beobachtungskriterien abhingen. Damit können auch die unterschiedlichen Ergebnisse erklärt werden. Dank den Computersimulationen ist man nun einen Schritt näher dran, das Geheimnis der riesigen Gasplaneten im Sonnensystem und möglicherweise auch der Exoplaneten zu lüften.

www.epfl.ch/labs/cosmo

COMPUTATIONAL SHAPE ANALYSIS

Am Institute of Computational Sciences (ICS) der Università della Svizzera italiana forscht eine Gruppe zum Thema «3D Hand Biometrics». Grundlage der Forschung bildet die von den Forschenden wahrgenommene Marktlücke an biometrischen Instrumenten für die Sammlung von geometrischen Daten in der Handerkennung. Verschiedene auf dem Markt vorhandene 3D-Kameras werden auf die Bedürfnisse in der Forschung hin überprüft. Daraus soll ein 3D-Handerkennungssystem entwickelt werden, das neben den geometrischen Eigenschaften



Forschende der USI wollen ein optimales 3D-Handerkennungssystem entwickeln.

auch Informationen zur Oberflächenbeschaffenheit der Hand liefert.

www.ics.usi.ch

ERDBEBEN VERSTEHEN

Gemeinsam mit dem Weizmann Institute of Science haben Forschende des LSMS (Computational Solid Mechanics Laboratory) der EPFL ein Modell

für den Beginn des Schlupfes (Schlupf: das Abweichen der Geschwindigkeiten miteinander in Reibkontakt stehender mechanischer Elemente oder Fluide unter tangentialer Belastung) zwischen zwei Körpern in Reibungskontakt entwickelt. Mit Hochleistungscomputern simulierten sie seismische Brüche auf Grundlage allgemeiner Reibungsgesetze und konnten so die Änderung der Reibungskraft in Abhängigkeit von der zwischen verschiedenen Materialtypen gemessenen Schlupfgeschwindigkeit nachbilden. Mithilfe der Theorie des dynamischen Bruchs und ihrer Anwendung auf die Reibung konnten die Forschenden überprüfen, ob ihre Vorhersagen korrekt waren. Die daraus hervorgehenden theoretischen Modelle könnten helfen, besser zu verstehen, warum bestimmte Erdbeben in der Natur schnell und heftig sind, während sich andere langsam ausbreiten und über längere Zeiträume auftreten.

www.epfl.ch/labs/lms

Inserat



**Universität
Basel**
Swiss Nanoscience Institute



SNi
SWISS
NANOSCIENCE
INSTITUTE
ENE INITIATIVE DER UNIVERSITÄT BASEL
UND DES KANTONS AARGAU



Naturwissenschaften sind deine Stärke?
Dann ist das Nanowissenschaftsstudium an der Universität Basel genau das Richtige!

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



STUDIUM

- 23 MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK STUDIEREN
- 26 STUDIENMÖGLICHKEITEN IN MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK
- 33 VERWANDTE STUDIENFÄCHER UND ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE
- 34 KLEINES ABC DES STUDIERENS
- 38 PORTRÄTS VON STUDIERENDEN



MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK STUDIEREN

Die Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik greifen die grundlegenden Fragen unserer Welt auf. Sie bieten mögliche Antworten darauf, warum etwas ist, wie es ist und vermitteln Kenntnisse, um theoretische und praktische Probleme zu analysieren und zu lösen.

Idealerweise bringen angehende Studentinnen und Studenten der drei Studiengänge Freude an logischem und abstraktem Denken sowie am Experimentieren mit. Sie wollen einen Sachverhalt von Grund auf verstehen und fühlen sich von dessen Komplexität herausgefordert.

Ebenso interessieren sie sich für die Herleitung von grundlegenden Prinzipien sowie für die Modellierung von Vorgängen aus Naturwissenschaft und Technik. Sie besitzen Ausdauer und Geduld, um fachbezogene Probleme zu lösen. Zudem verfügen sie über gute Englischkenntnisse. Ein Grossteil der Fachliteratur ist nur in Englisch verfügbar und Arbeiten müssen häufig in Englisch verfasst werden.

STUDIENINHALTE MATHEMATIK

Das Bachelorstudium vermittelt Grundlagen in Algebra, Linearer Algebra, Analysis, Geometrie/Topologie, Numerik, Statistik und Wahrscheinlichkeit. An den beiden ETH besteht zudem eine enge Verbindung zwischen Mathematik und Phy-

sik. Je nach Hochschule variieren der Umfang und die Breite der jeweiligen Inhalte (siehe Tabelle Monofachprogramme im Vergleich auf Seite 24).

Im Masterstudium lassen sich auch Spezialgebiete wie beispielsweise Zahlentheorie (Universität Basel), Logik (Universität Bern), Hyperbolische Geometrie (Universität Freiburg), Codierungstheorie und Kryptographie (Universität Zürich) oder Kombinatorik (ETH Zürich) vertiefen. Zudem werden auch alternative Studiengänge angeboten, welche sich mit besonderen Anwendungen der Mathematik befassen.

Das Masterstudium in *Statistik* umfasst z.B. wichtige Modelle und Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie (z.B. Wahrscheinlichkeitsverteilungen), behandelt aber auch Gebiete der Reinen Mathematik (z.B. Analysis) und weitere Anwendungen der Mathematik (z.B. Finanzmathematik). Gegenstand des Masterstudiums in *Biostatistik* bilden vor allem statistische Methoden (z.B. Regressionsmodelle), die in der klinischen Forschung, Epidemiologie oder Genetik zur Anwendung kommen. Im Masterstudium Actuarial Science werden Theorien und Methoden der Mathematik (z.B. Algebra), Ökonomie (z.B. Finanztheorie), Versicherungswissenschaft (z.B. Versicherungsarten und -produkte) und Informatik (z.B. Programmieren) vermittelt.

STUDIENINHALTE RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN

Das Bachelorstudium in Rechnergestützten Wissenschaften festigt einerseits theoretische Grundlagen in Mathematik, Informatik, Physik und weiteren Natur- bzw. Ingenieurwissenschaften. Andererseits vermittelt es mathematische Methoden und rechnerorientierte Verfahren, insbesondere für die Softwareentwicklung und die Hochleistungsrechnung. Die Universität Basel bietet Vertiefungen in Rechnergestützter Biologie, Chemie, Mathematik und Physik an, die ETH Zürich in Rech-

VORBEREITUNG MATHEMATIK

Bereits vor dem Studium können interessierte Schülerinnen und Schüler an mathematischen Förderprogrammen (Universität Basel, Universität Zürich, ETH Zürich) teilnehmen und Einblick in die Welt der Wissenschaft gewinnen. Studienanfängerinnen und -anfänger können ihre Mathematikkenntnisse in freiwilligen Vorbereitungskursen auffrischen. Diese einwöchigen Kurse finden jeweils vor Beginn des Herbstsemesters an den Universitäten Basel, Bern, Freiburg und Zürich statt. Die ETH Zürich lädt alle angehenden Studentinnen und Studenten zum freiwilligen «Selbsteinschätzungstest Mathematik» ein. Dieser Online-Test zeigt auf, ob die aktuellen Kenntnisse für ein Bachelorstudium ausreichen. Bei allfälligen Lücken schafft er Zugang zum ebenfalls freiwilligen Brückenkurs. Er vermittelt die modular aufgebauten Lerninhalte online.



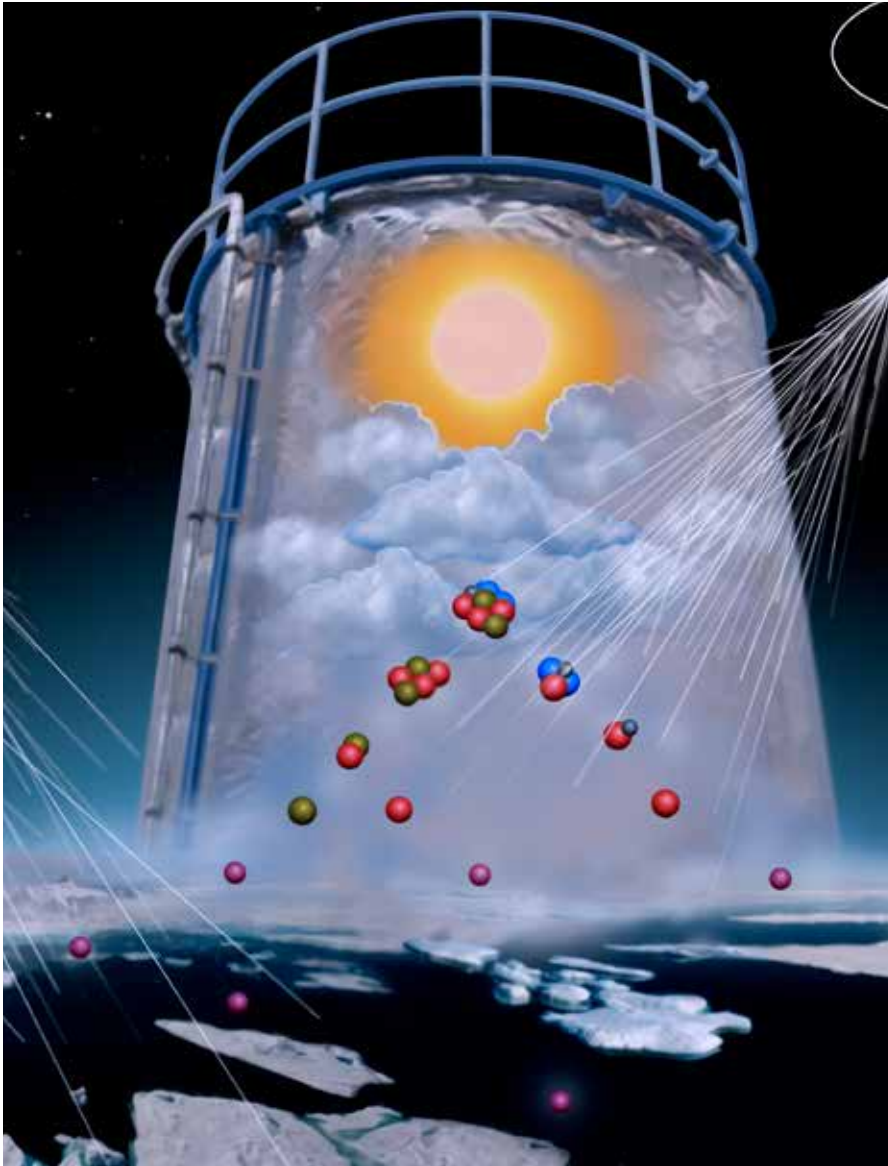
<https://ethz.ch/de/studium/bachelor/studien-start/fachliche-vorbereitung/brush-up-mathematik.html>

Genauere Angaben zu den Vorbereitungsmöglichkeiten finden sich auf den Websites der mathematischen Institute (siehe Folgeseiten).

KLEINES ABC DES STUDIERENS

Was sind ECTS-Punkte? Wie sind die Studiengänge an den Hochschulen strukturiert? Was muss ich bezüglich Zulassung und Anmeldung beachten? Was kostet ein Studium?

Im Kapitel «Kleines ABC des Studierens», ab Seite 34, haben wir die wichtigsten Grundinformationen zu einem Studium zusammengestellt.



Physik untersucht und beschreibt das Verhalten und die Wechselwirkungen von Energie und Materie in allen ihren Erscheinungsformen. Im Bild wird aus dem Meer und dem Eis emittiertes Jod durch Ozon und Sonnenlicht in Jodsäure und andere Verbindungen umgewandelt. Diese bilden neue Partikel und erhöhen die Wolkenbildung, wodurch sich das polare Klima erwärmt.

nergestützter Biologie, Chemie, Physik und weiteren Anwendungsgebieten (z.B. Computational Finance oder Robotik).

Im Masterstudium stehen Vertiefungen in Mathematik und Informatik sowie rechnerorientierte Anwendungen im Fokus. An der EPF Lausanne und ETH Zürich umfassen diese verschiedene Natur- und Ingenieurwissenschaften (z.B. Biologie, Geophysik oder Regelungstechnik), an der Universität Zürich Bioinformatik, computergestützte Astrophysik, molekulare Dynamik und Teilchenphysik. An der Universität der italienischen Schweiz bildet die Entwicklung von wissenschaftlicher Simulationssoftware – auch für Medizin, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften – einen zentralen Inhalt.

STUDIENINHALTE PHYSIK

Die Inhalte, welche im Studium der Physik vermittelt werden, umschreiben allgemeingültige Gesetzmässigkeiten, die das Verhalten und die Wechselwirkungen von Energie und Materie in allen ihren Erscheinungsformen beschreiben. Ihr Forschungsfeld umfasst die gesamte messbare Natur vom Mikro- bis zum Makrokosmos, vom Elementarteilchen bis zum Weltall.

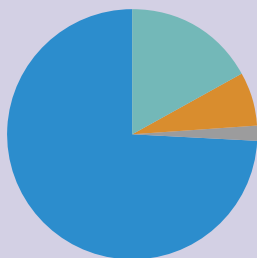
Theoretische Physik versucht mithilfe mathematischer Methoden und Denkwerkzeugen verschiedene Naturphänomene zu beschreiben. Sie formuliert Prognosen, Hypothesen und Gesetze und erarbeitet theoretische Modelle, die

BACHELORSTUDIUM MATHEMATIK: MONOFACHPROGRAMME IM VERGLEICH (AUSWAHL)

PFLICHTFÄCHER UND -MODULE	UNIVERSITÄT BASEL	UNIVERSITÄT ZÜRICH	ETH ZÜRICH
Inhalte 1. Studienjahr	<ul style="list-style-type: none"> – Analysis – Lineare Algebra – Numerik – Statistik 	<ul style="list-style-type: none"> – Analysis – Lineare Algebra – Numerik 	<ul style="list-style-type: none"> – Analysis – Lineare Algebra – Numerik – Informatik – Physik
Umfang	50 ECTS	48 ECTS	59 ECTS
Inhalte 2.–3. Studienjahr	<ul style="list-style-type: none"> – Algebra – Reelle Analysis – Numerik der Differentialgleichungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Algebra – Analysis – Geometrie/Topologie – Stochastik 	<ul style="list-style-type: none"> – Algebra – Funktionentheorie – Mass und Integral – Methoden der mathematischen Physik – Algorithmen und Komplexität – Numerische Mathematik – Wahrscheinlichkeit und Statistik
Umfang	mind. 62 ECTS	36 ECTS	60 ECTS

GRUNDLAGEN DER ERSTEN BEIDEN STUDIENJAHRE IM BACHELOR

MATHEMATIK



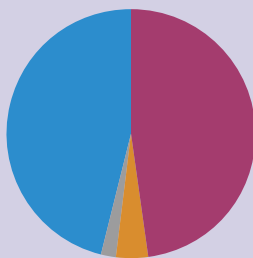
Fächerverteilung

- Physik (17%)
- Informatik (7%)
- Chemie (0%)
- Biologie (0%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (2%)
- Mathematik/studiengangsspezifische Fächer (74%)

Studiengangsspezifische Fächer:

Algebra, Analysis, Funktionentheorie, Geometrie, Lineare Algebra, Mass und Integral, Methoden der mathematischen Physik, Numerische Mathematik, Topologie, Wahrscheinlichkeit und Statistik

PHYSIK



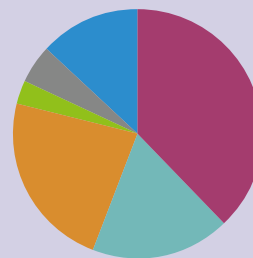
Fächerverteilung

- Mathematik (48%)
- Informatik (4%)
- Chemie (0%)
- Biologie (0%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (2%)
- Physik/studiengangsspezifische Fächer (46%)

Studiengangsspezifische Fächer:

Allgemeine Mechanik, Elektrodynamik, Physik I–III, Physikpraktika, Theorie der Wärme

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN



Fächerverteilung

- Mathematik und Statistik (38%)
- Physik (18%)
- Informatik (23%)
- Chemie (3%)
- Biologie (0%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (5%)
- Studiengangsspezifische Fächer (13%)

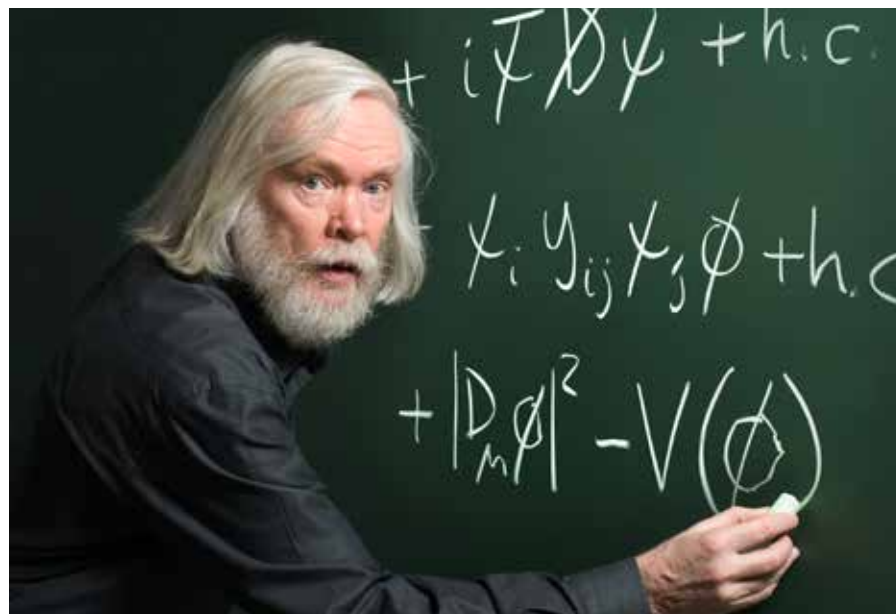
Studiengangsspezifische Fächer:

Numerische Methoden für CSE, Numerical Methods for Partial Differential Equations

durch *Experimentelle Physik* (wo überhaupt möglich) praktisch überprüft werden. Die Resultate der Experimente können zu neuen Theorien und Hypothesen führen, die dann wiederum durch Experimente verifiziert oder falsifiziert werden. Technisch anwendbare Erkenntnisse werden durch die *Ange-*

wandte Physik in den Industriebereich überführt.

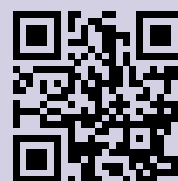
Im Masterstudium wird ein Gebiet der Physik noch mehr vertieft. Die verschiedenen Hochschulen bieten Vertiefungsrichtungen wie Astronomie, Experimentalphysik, Physik der kondensierten Materie oder Theoretische Physik an.



Der britische Physiker Jonathan R. Ellis forscht am CERN und entspricht im Aussehen in etwa dem Physiker, wie man ihn sich klischeemässig so vorstellt.

LEHRDIPLOM FÜR MATHEMATIK ODER PHYSIK

Das Lehrdiplom für Maturitätsschulen besteht aus einem Fachstudium (Master) und einer pädagogischen Zusatzausbildung. In der Regel erfolgt die Zusatzausbildung an einer Pädagogischen Hochschule. Sie entspricht einem Jahr Vollzeitstudium und kann während oder nach Abschluss des Masterstudiums erworben werden: www.berufsberatung.ch/sek2



Quellen
Websites der Hochschulen

STUDIENMÖGLICHKEITEN IN MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN, PHYSIK

Die folgenden Tabellen zeigen auf, wo in der Schweiz Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik angeboten werden. Es werden alle Bachelor-, danach alle Masterstudiengänge und schliesslich einige interdisziplinären Studienprogramme und Spezialmaster vorgestellt. Ebenfalls wird auf die Besonderheiten der einzelnen Studienorte und die Alternativen zur Hochschule eingegangen.

Die Grundlagen der Bachelorstudiengänge sind an den einzelnen Hochschulen 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 empfehlens-

wert, 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 interdisziplinären Master zu wählen. Aktuelle und weiterführende Informationen finden Sie auf www.berufsberatung.ch sowie auf den Websites der Universitäten und der ETH.

STUDIENMÖGLICHKEITEN AN FACHHOCHSCHULEN

An den Fachhochschulen bilden weder Mathematik noch Physik einen eigenständigen Studiengang. Die Fachhochschule Graubünden FHGR bietet ab Herbstsemester 2021 einen Studiengang in Rechnergestützten Wissenschaften an: www.fhgr.ch > Computational and Data Science

Weitere Informationen



www.berufsberatung.ch/mathematik



www.berufsberatung.ch/rechnerwissenschaft



www.berufsberatung.ch/physik

BACHELORSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

BA = Bachelor of Science

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATHEMATIK	
EPF Lausanne: http://bachelor.epfl.ch/mathematiques	
Mathematics/Mathématiques BSc	
ETH Zürich: www.math.ethz.ch	
Mathematik BSc	
Universität Basel: https://dmi.unibas.ch	
Mathematik BSc	
Universität Bern: www.math.unibe.ch	
Mathematik BSc	
Universität Freiburg: www.unifr.ch/math	
Mathematik/Mathématiques BSc	

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
Universität Genf: http://unige.ch/math	
Mathématiques BSc	
Mathématiques, Informatique et sciences numériques BSc	
Universität Neuenburg: http://unine.ch/math	
Mathématiques BSc	
Universität Zürich: www.math.uzh.ch	
Angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik (nur Minor)	
Mathematik/Mathematics BSc	
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN	
ETH Zürich: https://rw.ethz.ch	
Rechnergestützte Wissenschaften BSc	Diverse Vertiefungsrichtungen, z.B.: – Robotik – Computational Finance – Geophysik
Universität Basel: http://cccs.unibas.ch	
Computational Sciences BSc	– Computational Biology – Computational Chemistry – Computational Mathematics – Computational Methods – Computational Physics
Universität Zürich: www.ics.uzh.ch	
Computational Science (nur Minor)	
Simulationen in den Naturwissenschaften/Simulations in the Natural Sciences (nur Minor)	
PHYSIK	
EPF Lausanne: http://bachelor.epfl.ch/physique	
Physics/Physique BSc	
ETH Zürich: www.phys.ethz.ch	
Physik BSc	
Universität Basel: www.physik.unibas.ch	
Physik/Physics BSc	
Universität Bern: www.physik.unibe.ch	
Physik BSc	– Schwerpunkt Astronomie wählbar
Universität Freiburg: www.unifr.ch/phys	
Physik/Physique BSc	
Universität Genf: www.unige.ch/sciences/physique	
Physique BSc	
Universität Zürich: www.physik.uzh.ch	
Astrophysik (nur Minor)	
Physik 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. 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 die Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem Studium der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik anbieten. Über Details zu diesen Masterstudiengängen gibt die betreffende Hochschule gerne Auskunft.

MA = Master of Science

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATHEMATIK	
EPF Lausanne: www.epfl.ch/education/master	
Applied Mathematics/Ingénierie mathématique MSc	
Mathematics/Mathématiques MSc	
ETH Zürich: www.math.ethz.ch	
Mathematics and Applied Mathematics/Mathematik und Angewandte Mathematik MSc	
Universität Basel: https://dmi.unibas.ch	
Mathematik MSc	
Universität Bern: www.math.unibe.ch ; www.imsv.unibe.ch	
Mathematik MSc	
Statistik und Data Science MSc	
Universität Freiburg: www.unifr.ch/math	
Mathématiques/Mathematik MSc	
Universität Genf: http://unige.ch/math	
Mathematics/Mathématiques MSc	
Mathematics and Computer Science/Mathématiques et sciences informatiques MSc	
Statistics/Statistique MSc	
Universität Neuenburg: http://unine.ch/math ; www.unine.ch/mscstat	
Mathématiques MSc	
Statistique MSc	
Universität Zürich: www.math.uzh.ch	
Angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik/Applied Probability and Statistics (nur Minor)	
Mathematik/Mathematics MSc	
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN	
ETH Zürich: https://rw.ethz.ch	
Rechnergestützte Wissenschaften/Computational Science and Engineering MSc	Diverse Vertiefungsrichtungen, z.B.: – Electromagnetics – Systems and Control – Physics

Studiengang

Vertiefungsrichtungen

Universität der italienischen Schweiz: www.usi.ch

Computational Science MSc

Universität Zürich: www.ics.uzh.ch

Simulationen in den Naturwissenschaften/Simulations in the Natural Sciences (nur Minor)

PHYSIK

EPF Lausanne: <http://master.epfl.ch/physique>

Applied Physics/Physique appliquée MSc

Physics/Physique MSc

ETH Zürich: www.phys.ethz.ch

Physik MSc

Universität Basel: www.physik.unibas.ch

Physik MSc

Universität Bern: www.physik.unibe.ch

Physik MSc

- Experimentalphysik, Angewandte Physik, Astronomie
- Theoretische Physik

Universität Freiburg: www.unifr.ch/phys

Physik/Physics MSc

Universität Genf: www.unige.ch/sciences/astro; www.unige.ch/sciences/physique

Astrophysics/Astrophysique MSc

- Exoplanetology
- From stars to the Universe
- Instrumentation and data analysis

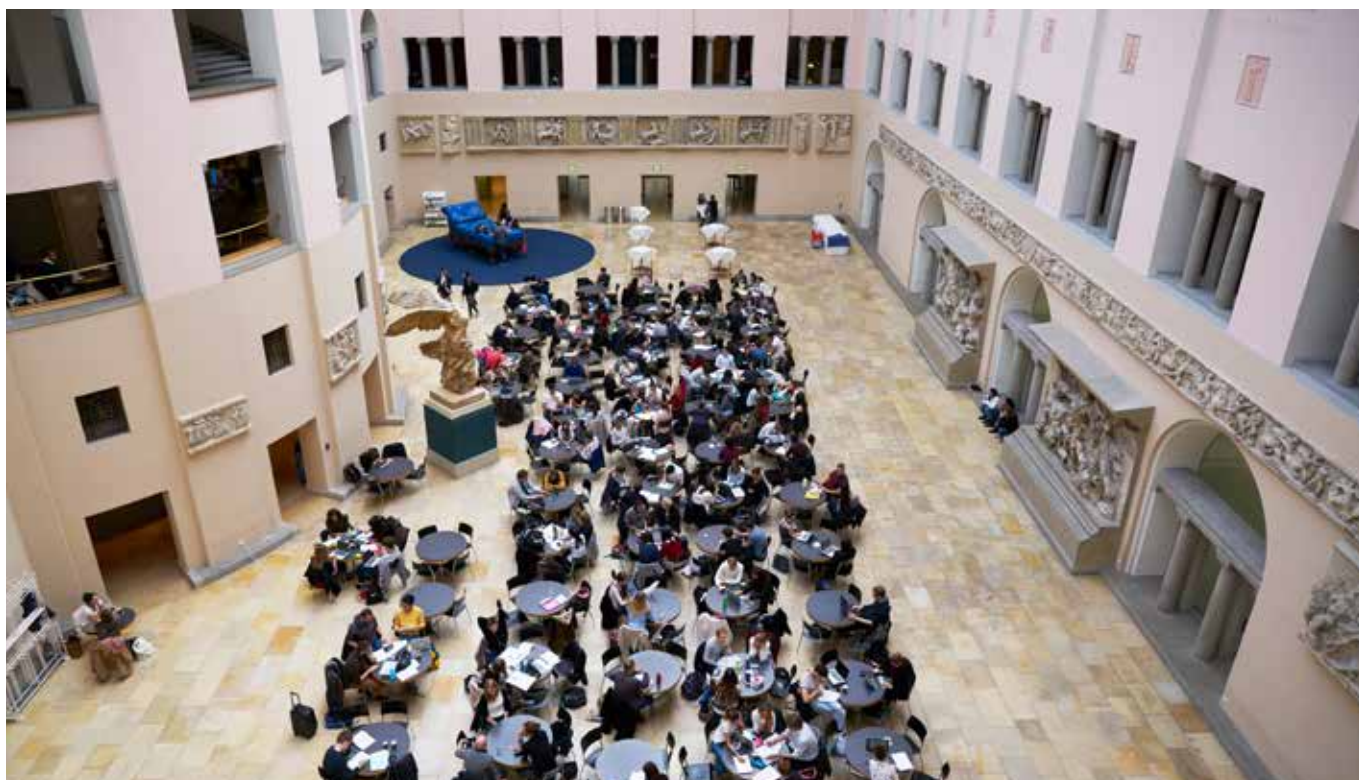
Physics/Physique MSc

- Elementary particle and nuclear physics
- Quantum matter physics
- Theoretical physics
- Applied physics
- Cosmology and Astrophysics of Particles

Universität Zürich: www.physik.unizh.ch

Physik MSc

- Physik der kondensierten Materie
- Elementarteilchenphysik
- Astrophysik und Kosmologie
- Bio- und Medizinphysik



INTERDISZIPLINÄRE STUDIENGÄNGE UND SPEZIALISIERTE MASTER

Die folgenden Beispiele interdisziplinärer Studiengänge sind nach einem Bachelor in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften oder Physik wählbar. Zum Teil bestehen

spezielle Zulassungsbedingungen. Informationen dazu finden Sie auf den in der Tabelle angegebenen Websites oder unter www.berufsberatung.ch/uniinfo.

MSc = Master of Science

spez. MSc = spezialisierter Master of Science

spez. Joint MSc = spezialisierter Master of Science, der von verschiedenen Hochschulen gemeinsam angeboten wird

Studiengang

EPF Lausanne: <http://master.epfl.ch>

Computational Science and Engineering/Science et ingénierie computationnelles spez. MSc

Nuclear Engineering/Génie nucléaire spez. Joint MSc (mit ETHZ)

ETH Zürich: www.erdw.ethz.ch; www.cbb.ethz.ch; www.math.ethz.ch; www.phys.ethz.ch; www.chab.ethz.ch

Atmospheric and Climate Science/Atmosphäre und Klima spez. MSc

Computational Biology und Bioinformatics spez. Joint MSc (mit UNIBAS und UZH)

Data Science spez. MSc

High Energy Physics/Hochenergiephysik spez. Joint MSc (mit École Polytechnique Paris)

Interdisciplinary Sciences/Interdisziplinäre Naturwissenschaften MSc

Nuclear Engineering/Génie nucléaire spez. Joint MSc (mit EPFL)

Quantitative Finance spez. MSc

Quantum Engineering MSc

Statistics/Statistik spez. MSc

Universität Basel: <https://dmi.unibas.ch>; <https://computational.philnat.unibas.ch>

Actuarial Science/Versicherungswissenschaft spez. Joint MSc

Computational Biology und Bioinformatics spez. Joint MSc (mit ETHZ und UZH)

Universität Bern: www.philnat.unibe.ch; www.climatestudies.unibe.ch

Bioinformatics and Computational Biology spez. Joint Master (mit UNIFR)

Klimawissenschaften/Climate Sciences spez. MSc

Universität Freiburg: www.unifr.ch

Bioinformatics and Computational Biology spez. Joint Master (mit UNIBE)

Chemie und Physik der weichen Materie spez. MSc

Universität Genf: <http://unige.ch/math>

Bi-disciplinaire en sciences MSc

Universität Lausanne: www.unil.ch/hec/masters/mscas

Actuarial Science/Sciences actuarielles MSc

Universität St. Gallen: www.unisg.ch

Quantitative Economics and Finance/Quantitative Ökonomie und Finanzen MSc

Universität Zürich: www.physik.unizh.ch, www.biostat.uzh.ch, www.math.uzh.ch, www.cl.uzh.ch

Astronomie und Astrobiologie/Astronomy and Astrobiology (nur Minor)

Biostatistics spez. MSc

Computational Biology und Bioinformatics, spez. Joint MSc (mit ETHZ und UNIBAS)

Computerlinguistik und Sprachtechnologie/Computational Linguistics and Language Technology MSc

Digitale Linguistik (nur Minor)

Theoretical Astrophysics and Cosmology, spez. MSc

BACHELORSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

BSc = Bachelor of Science

Studiengang

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN

Fachhochschule Graubünden FHGR: www.fhgr.ch

Computational and Data Science BSc (ab Herbstsemester 2021)

BESONDERHEITEN AN EINZELNEN STUDIENORTEN

EPF Lausanne

Mathematik wird nur als Monofach angeboten. Um fremdsprachigen Studierenden den Einstieg ins Studium zu erleichtern, wird ein dreiwöchiger, kostenloser Französisch-Intensivkurs angeboten. Im Masterstudium können Mathematics mit einem zusätzlichen Minor (Nebenfach) und Applied Mathematics mit einem komplementären Minor kombiniert werden. Applied Mathematics sowie Computational Science and Engineering sehen ein Praktikum in der Industrie vor.

Mathématiques pour l'enseignement ist ein gemeinsames Programm der EPF Lausanne und der Fachhochschule Westschweiz HES-SO. Die pädagogische Ausbildung ist Bestandteil des Masterstudiums und muss nicht zusätzlich erworben werden.

Während des Bachelorstudiums der *Physik* werden die Studierenden auch in die Grundlagen anderer Wissenschaften eingeführt: Biologie, Chemie, Elektronik, Telekommunikation, Computerwissenschaft sowie Sozial- und Geisteswissenschaften. Anstelle einer Spezialisierung in Physik oder eines Industriepraktikums in der Angewandten Physik können Studierende im Masterstudium auch einen der fünf folgenden Minors wählen: Biomedical Technologies, Energy, Management, Technology and Entrepreneurship oder Space Technologies.

ETH Zürich

Mathematik und *Rechnergestützte Wissenschaften* werden nur als Monofä-

cher angeboten. Das erste Jahr in Rechnergestützten Wissenschaften kann auch in einem anderen Studiengang der ETH erfolgen. Je nach gewähltem Fokus wird das Fach Mathematik im Masterstudium in Mathematik oder in Angewandter Mathematik abgeschlossen. Für Statistics (spezialisierte Master) gelten besondere Aufnahmebedingungen.

Aufgrund der engen Verbindung zwischen den Fächern Physik, Mathematik und Informatik können Studierende im ersten Jahr zwischen diesen Studiengängen wechseln. Studierende können ohne weitere Auflagen auch Veranstaltungen der Universität Zürich besuchen und dort Kreditpunkte erwerben.

Universität Basel

Mathematik, *Computational Science* und *Physik* werden als Monostudiengang ohne weitere Fächer studiert. Studierende der Philosophisch-Historischen oder der Geisteswissenschaftlichen Fakultät bzw. der Sportwissenschaften können Mathematik oder Physik jedoch auch als ausserfakultäres Nebenfach wählen (z.B. im Hinblick auf ein Lehrdiplom für Maturitätsschulen). Im Masterstudium werden Mathematik resp. Physik in diesem Fall zum Minor.

Computational Sciences wird nur auf Bachelorstufe als eigenständiger Studiengang angeboten. Das Masterstudium wird in anderen Studiengängen fortgesetzt. Dabei können die folgenden Masterstudiengänge vertieft

werden: Computational Biology and Bioinformatics (Joint Master), Molekularbiologie, Chemie, Mathematik, Physik, Computer Science. Für Actuarial Science (spezialisierte Master) gelten besondere Aufnahmebedingungen. Dazu gehört auch das Absolvieren eines mehrmonatigen Praktikums in einem Versicherungsbetrieb oder einer verwandten Institution. Das Mobilitätsprogramm EUCOR bietet Studierenden die Möglichkeit, Veranstaltungen in Karlsruhe, Freiburg i.B., Mulhouse oder Strasbourg zu besuchen.

Universität Bern

Mathematik wird im Bachelorstudium als Hauptfach (Major) oder Nebenfach (Minor) angeboten. Ein Monofachstudium ist nicht möglich. Im Masterstudium können Mathematik und Statistik als Mono- oder Nebenfach belegt werden. Das Mobilitätsprogramm BENEFRI der Universitäten Bern, Neuenburg und Freiburg ermöglicht Studierenden, ausgewählte Lehrveranstaltungen an einer Partneruniversität zu besuchen. Die dort erbrachten Studienleistungen werden angerechnet und die angefallenen Reisekosten rückerstattet.

Nur in Bern kann bereits im Bachelorstudium der *Physik* ein Schwerpunkt auf Astronomie gelegt werden.

Universität Freiburg

Mathematik wird im Bachelorstudium als Hauptfach (Hauptprogramm) oder Nebenfach (Nebenprogramm) angebo-

ten. Ein Monofachstudium ist nicht möglich. Der Unterricht erfolgt abwechselungsweise in Deutsch oder Französisch, die Studierenden können sich immer in ihrer jeweiligen Sprache ausdrücken. Im Masterstudium kann Mathematik als Mono- oder Nebenfach gewählt werden. Im Rahmen des Programms BENEFRİ lässt sich das Studienangebot erweitern.

Im Studium der *Physik* werden 30 ECTS-Punkte in einem Nebenprogramm nach Wahl erarbeitet. Es besteht die Möglichkeit, Wahlunterrichtseinheiten an benachbarten Universitäten und an der EPFL zu belegen. Ab dem dritten Studienjahr werden die Studierenden aktiv in Forschungsgruppen beteiligt.

Universität Genf

Mathématiques et sciences informatiques und *Mathématiques* sind Monofächer. Sie können nicht als Nebenfach gewählt werden. Im Masterstudium wird das Angebot der Monofächer ergänzt durch Statistics. Mit der Wahl des Studiums Bi-disciplinaire en science ist es jedoch möglich, Mathematik mit einem weiteren Fach der naturwissenschaftlichen Fakultät zu kombinieren.

Ein *Physikbachelor* ermöglicht auch die Zulassung in die interdisziplinären Masterprogramme Chemische Biologie, Neurowissenschaften oder Umweltwissenschaften. Physik lässt sich zudem mit einem Zweitfach (als Minor) zu einem Master «bi-disciplinaire en sciences» kombinieren.

Universität der italienischen Schweiz

Computational Science kann nur als Monofach gewählt werden.

Universität Neuenburg

Mathematik entspricht einem Monofach. Studierende der Geistes- und Humanwissenschaftlichen Fakultät können Mathematik jedoch als Nebenfach belegen. *Mathématiques*- und *Statistics*-Programme werden im Masterstudium als Monofach angeboten. Optional kann *Mathématiques* mit einem komplementären Mineur (Nebenfach) kombiniert werden. Im Rahmen von BENEFRİ (siehe Universität

Bern) lässt sich das Studienangebot erweitern.

Universität Zürich

Mathematik kann als Mono-, Haupt- oder Nebenfach gewählt werden. Die Nur-Nebenfächer Angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik, Simulationen in den Naturwissenschaften sowie Computational Science erlauben eine Fächerkombination von Mathematik und Rechnergestützten Wissenschaften. Im Masterstudium können Biostatistics und Computational Sciences als Monofach oder Hauptfach gewählt werden, angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik sowie Simulationen in den Naturwissenschaften als Nebenfach. Biostatistics und Computational Science (spezialisierte Master) unterliegen besonderen Zulassungsvoraussetzungen.

Physik kann auf der Bachelorstufe als Monofach oder als Nebenfach studiert werden. Um den Mastertitel zu erhalten, sind 90 ECTS-Punkte erforderlich. Freiwillig kann ein Nebenfach mit zusätzlichen 30 ECTS-Punkten

studiert werden. Studierende können ohne weitere Auflagen auch Veranstaltungen der ETH besuchen und dort Kreditpunkte erwerben.

Das Masterstudium lässt sich auch als Fast-Track-Programm absolvieren. Das Programm richtet sich an herausragende Studierende, die eine akademische Karriere ins Auge fassen und bereits während des Masterstudiums für ihre Doktorarbeit forschen wollen. Bedingung ist ein Bachelorabschluss der Universität Zürich mit einer Hauptfachnote von mindestens 5.5 oder eine entsprechende Empfehlung einer anderen Universität.

Fernstudium

Die Fernuniversität Hagen und die UniDistance Suisse bieten je einen Bachelorstudiengang in Mathematik an, die Fernuniversität Hagen auch einen Masterstudiengang. Allerdings führen diese Studiengänge zu einem deutschen bzw. französischen Hochschulabschluss:

www.fernuni-hagen.de

<https://unidistance.ch>



BEISPIELE VERWANDTER STUDIENFÄCHER

Die nebenstehenden Studiengänge be-
fassen sich teilweise mit ähnlichen
Themen wie Mathematik, Rechnerge-
stützte Wissenschaften oder Physik.
Informationen zu den aufgeführten
Studiengängen finden sich in den ent-
sprechenden «Perspektiven»-Heften:
www.perspektiven.sdbb.ch.

Mehr Infos zu entsprechenden Stu-
diengebieten finden sich auch unter:
www.berufsberatung.ch/studiengebiete

«PERSPEKTIVEN»-HEFTE

Biologie
Elektrotechnik und Informationstechnologie
Geowissenschaften
Informatik, Wirtschaftsinformatik
Life Sciences/Interdisziplinäre Naturwissen- schaften
Maschinenbau, Maschineningenieurwesen
Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik
Medizin
Pharmazeutische Wissenschaften
Philosophie
Umweltwissenschaften
Wirtschaftswissenschaften

ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE

Vielleicht sind Sie nicht sicher, ob Sie
überhaupt studieren wollen. Zu den
meisten Fachgebieten der Hochschulen
gibt es auch alternative Ausbildungs-
wege. Zum Beispiel kann eine (ver-
kürzte) berufliche Grundbildung mit
Eidgenössischem Fähigkeitszeugnis
EFZ als Einstieg in ein Berufsfeld die-
nen.

Nach einer EFZ-Ausbildung und eini-
gen Jahren Berufspraxis stehen ver-
schiedene Weiterbildungen in der hö-
heren Berufsbildung offen: höhere
Fachschulen HF, Berufsprüfungen
(BP), höhere Fachprüfungen (HFP).
Über berufliche Grundbildungen sowie
Weiterbildungen in der höheren Be-
rufsbildung informieren die Berufsin-

formationsfaltblätter und die Heftrei-
he «Chancen. Weiterbildung und Lauf-
bahn» des SDBB Verlags. Sie sind in
den Berufsinformationszentren BIZ
ausleihbar oder erhältlich beim SDBB:
www.shop.sdbb.ch.

Auf der Berufs-, Studien- und Lauf-
bahnberatung erhalten alle – ob mit
EFZ-Abschluss mit oder ohne Berufs-
maturität, mit gymnasialer Maturität
oder Fachmaturität – Informationen
und Beratung zu allen Fragen mögli-
cher Aus- und Weiterbildungswege
(Adressen: www.adressen.sdbb.ch/).
Nebenstehend einige Beispiele von al-
ternativen Ausbildungen zu einem
Hochschulstudium.

AUSBILDUNGEN

Chemie- und Pharmatechnologe/-login EFZ
Elektroniker/in EFZ
Feinwerkoptiker/in EFZ
Geomatiktechniker/in (BP)
Informatiker/in EFZ
Kunststofftechnologie/-login EFZ
Laborant/in EFZ
Physiklaborant/in EFZ
Wirtschaftsinformatiker/in HF

KLEINES ABC DES STUDIERENS

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

Weitere Informationen



www.berufsberatung.ch



www.swissuniversities.ch



ANMELDUNG ZUM STUDIUM

Universitäre Hochschulen

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

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

Fachhochschulen

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

ren Sie sich direkt bei den Fachhochschulen.

Pädagogische Hochschulen

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

AUSLÄNDISCHER VORBILDUNGS-AUSWEIS > s. Zulassung zum Bachelor

AUSLANDSEMESTER > s. Mobilität

BACHELOR UND MASTER

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

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

BERUFSBEGLEITENDES STUDIUM

> s. Teilzeitstudium

DARLEHEN

> s. Finanzierung des Studiums

EUROPEAN CREDIT TRANSFER SYSTEM ECTS

> s. Studienleistungen bis zum Abschluss

FINANZIERUNG DES STUDIUMS

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

Gesamtkosten eines Studiums

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

Folgende Posten sollten in einem Budget berücksichtigt werden:

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

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

Zusätzlich für auswärtiges Wohnen:

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

Beitrag der Eltern

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

Stipendien und Darlehen

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

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

HAUPTFACH, NEBENFACH

> s. Struktur des Studiums

HOCHSCHULTYPEN

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

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

KREDITPUNKTE

> s. Studienleistungen bis zum Abschluss

MASTER

Übergang Bachelor–Master innerhalb desselben Hochschultyps

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

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

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

Wechsel des Hochschultyps

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

MASTER OF ADVANCED STUDIES (MAS)

sind nicht zu verwechseln mit konsekutiven und spezialisierten Masterstudiengängen. Es handelt sich hierbei um Weiterbildungsmaster, die sich an berufstätige Personen mit Studienabschluss richten (siehe Kapitel «Weiterbildung», Seite 50). Sie werden im Umfang von mindestens 60 ECTS angeboten.



MOBILITÄT

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

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

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

MAJOR, MINOR, MONOFACH

> s. Struktur des Studiums

PASSERELLE

> s. Zulassung zum Bachelor

STIPENDIEN

> s. Finanzierung des Studiums

STRUKTUR DES STUDIUMS

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

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

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

Ergänzungsfächer bestehen aus weiterführenden Lehrveranstaltungen ausserhalb der gewählten Vertiefung.

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

STUDIENFINANZIERUNG

> s. Finanzierung des Studiums

STUDIENLEISTUNGEN (ECTS) BIS ZUM ABSCHLUSS

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

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

STUDIERN IM AUSLAND

> s. Mobilität

TEILZEITSTUDIUM

(berufsbegleitendes Studium)

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

Universitäten

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

Fachhochschulen

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

Pädagogische Hochschulen

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

Fernhochschulen

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

ZULASSUNG ZUM BACHELOR

Universitäre Hochschulen

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

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

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

Fachhochschulen

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

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

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

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

Pädagogische Hochschulen

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

Studieninteressierte mit ausländischem Vorbildungsausweis

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

ZULASSUNG ZUM MASTER

> s. Master



PORTRÄTS VON STUDIENDEN

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

FANNY ALMY

Mathematik, Bachelorstudium,
Universität Zürich

FLORENCE HOFMANN

Physik, Masterstudium,
Universität Bern

JÉRÔME EGGER

Physik, Bachelorstudium,
Universität Basel

PHILIPPE KNECHT

Mathematik, Bachelorstudium,
Universität Freiburg

RONAN LINDÖRFER

Rechnergestützte Wissenschaften,
Masterstudium, ETH Zürich

STEPHANIE MAIER

Computational Sciences,
Bachelorstudium, Universität Basel



Fanny Almy, Mathematik, Bachelorstudium, 8. Semester, Universität Zürich

«MATHEMATIK BESTEHT NICHT NUR AUS RECHNEN ODER FORMELN»

Fanny Almy (23) studiert im achten Semester Mathematik an der Universität Zürich. Sie befindet sich am Übergang zum Masterstudium an der ETH Zürich und ist immer wieder erstaunt, wie vielfältig, anregend und kreativ ihr Studium ist.

Was fasziniert Sie an der Mathematik?

Die Mathematik umfasst unglaublich faszinierende Konzepte, mächtige Strukturen und überraschende Vernetzungen. Ich bin immer wieder er-

staunt, wie vielfältig die Mathematik ist und wie unterschiedlich die Gedankengänge je nach Gebiet sind.

Mit Mathematik lassen sich Objekte erforschen, die wir uns als Mensch nicht einmal vorstellen können, und

dennoch erlauben solche starken Abstrahierungen das Lösen von Problemen aus der echten Welt. ISBN-Nummern (Internationale Standardbuchnummern) sind z.B. so konstruiert, dass das Vertauschen zweier Ziffern nie zu einer anderen ISBN-Nummer führt. Um auf einer Weltkarte jedes Land einzufärben, ohne dass sich zwei benachbarte Länder eine Farbe teilen, braucht es nur vier Farben. Es gibt einen Bereich der Mathematik, der sich nur mit dem Verknüpfen von Aussagen, deren logischen Beziehungen und Eigenschaften auseinandersetzt. Durch solche Beispiele realisiert man erst, wie anregend und kreativ Mathematik ist und nicht nur aus Rechnen oder Formeln besteht.

Wie verbringen Sie eine typische Semesterwoche?

Am Ende des vierten Semesters habe ich angefangen, neben dem Studium zu arbeiten. Seitdem plane ich meine Woche je nach vorhandenen Kapazitäten. Wenn ich nicht am Arbeiten bin, dann besuche ich Vorlesungen oder Übungsstunden und umgekehrt. Die Abende und Wochenenden reserviere ich grundsätzlich fürs Studium, wobei ich mir bewusst mehr oder weniger Freizeit nehme.

Die meisten meiner Vorlesungen behandeln entweder wöchentlich ein neues Thema oder gestalten sich als über das ganze Semester hinweg aufbauende Theorieblöcke. Wenn mir Themen schon besser bekannt sind, wird die Woche weniger anstrengend. Bei vielen obligatorischen Abgaben wiederum kann ein Semester sehr intensiv werden. Mein Alltag ist also stark abhängig vom Inhalt der Vorlesungen, ob es Zwischenprüfungen, Abgaben oder sonstige Deadlines gibt.

Was war bis jetzt besonders interessant?

Speziell interessant finde ich Themen aus dem Bereich der Stochastik, welche sich mit Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematischer Statistik beschäftigen. Fragen nach der Wahrscheinlichkeit, ob mindestens eine Sechs bei zehnmal Würfeln kommt, sind einfach. Aber wie lange muss man

denn durchschnittlich würfeln, um eine Sechs zu erhalten? Lohnt es sich, bei Wettspielen mitzumachen? Wie kann man Aktienkurse abstrahieren und untersuchen? Wie quantifiziert man wachsende Risiken in diversen Bereichen? Wie lernen Systeme aus Daten? Solche Bereiche faszinieren mich.

Mich motiviert zu sehen, dass sich die harte Arbeit lohnt. Mit der Zeit ändert sich die eigene Art des Denkens, und das spürt man deutlich. Die Aufmerksamkeit und Belastbarkeit wachsen stark. Das ist fürs weitergehende Studium notwendig, aber auch praktisch für Aufgaben ausserhalb der Uni. Mir hat das Studium auch eine Ruhe gelehrt, sodass mich komplexe Sachverhalte nicht so schnell einschüchtern.

Entspricht das Studium bisher Ihren Erwartungen?

Ich konnte mir am Anfang nichts Genaues vorstellen und genauso wenig wusste ich, was für Leute mit mir studieren werden. Daher war ich offen und wurde dementsprechend positiv überrascht. Inhaltlich ist es eine absolute Bereicherung und das Umfeld ist sehr inspirierend. Die meisten meiner Mitstudierenden sind coole, offene, neugierige Menschen. Ich finde es auch immer wieder toll zu sehen, wie viele Leute Mathematik aus purer Leidenschaft studieren. Das motiviert sehr.

Was erleben Sie als eher schwierig?

Der Anfang war extrem hart. Ich musste auf den Grossteil meiner Freizeit verzichten, und meiner Erfahrung nach braucht es vor allem in den ersten Semestern genau diese intensive Aufmerksamkeit. Ansonsten wird man dem Stoff nicht gerecht und die Umstrukturierung im Denken funktioniert vermutlich nicht wirklich. Das Gute ist aber, dass man nicht alleine ist und sich an die Intensität gewöhnt. Der Stoff wird nicht einfacher, aber dennoch fühlt sich das Studium mittlerweile lockerer an. Es braucht viel Durchhaltewillen und Selbstdisziplin. Aber alle schwierigen Phasen sind es absolut wert!

Was würden Sie studieren, wenn es das Fach Mathematik nicht gäbe?

Mir gefallen Sprachen, die haben ja auch eine Logik im Aufbau. Ebenso Programmiersprachen. Vermutlich hätte ich aber einen wirtschaftlichen Zweig eingeschlagen, mit so viel Mathematik wie eben möglich.

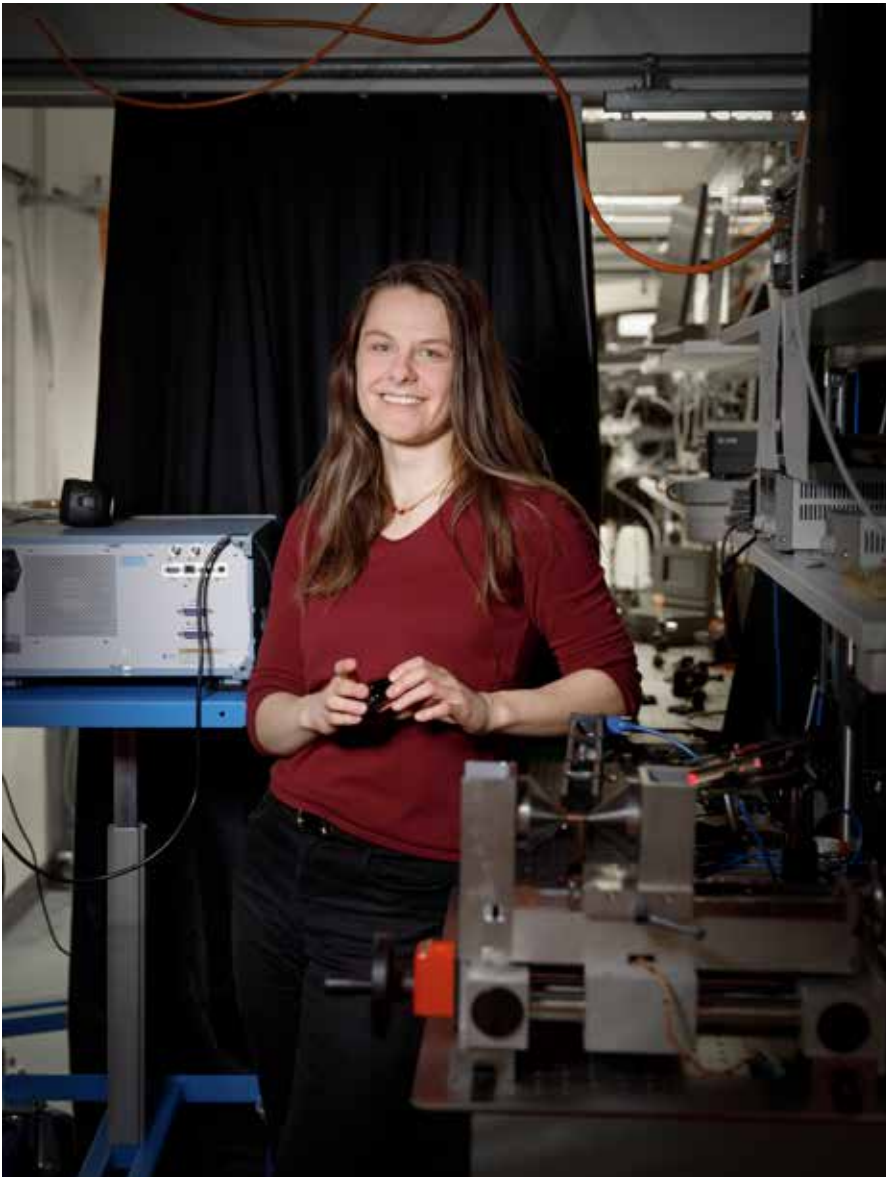
Wie ist die Studienatmosphäre an der Universität Zürich?

Die Atmosphäre ist sehr familiär. Man kennt sich von den Kursen und vom Lernen, auch jahrgangsübergreifend. Gerade in den ersten Semestern lernt man durch Lerngruppen neue Leute kennen. Wenn man sich alleine fühlt, dann hilft etwas Mut, um jemanden anzusprechen. Meiner Erfahrung nach wird man immer aufgenommen. Die Menschen im Studium sind sehr unterschiedlich. Sie haben sich aus unterschiedlichen Gründen für das Mathematikstudium entschieden, unterscheiden sich aber auch sonst bezüglich ihrer Interessen, dem Alter oder der Herkunft. Der stereotypischen Auffassung entgegen freut es mich auch, dass an der Uni Zürich viele Frauen Mathematik studieren.

Haben Sie Tipps für angehende Studierende?

Gib dir Zeit, dich einzuleben, mach dir keinen unnötigen Druck und lass dich nicht verunsichern – weder von einer schlechten Aufgabenserie noch von deinen Mitstudierenden. Falls du am Anfang Zweifel hast, dann warte erst ein paar Wochen ab, bevor du ein endgültiges Urteil fällst. Geniess es und mach das, was sich für dich richtig anfühlt. Und organisiere dir nicht extra einen Taschenrechner, so, wie ich es damals gemacht habe. Du wirst ihn höchstwahrscheinlich nie brauchen.

Interview
Regula Oppliger



Florence Hofmann, Physik, Masterstudium, letztes Semester, Universität Bern

«WENN EINE VARIABLE TATSÄCHLICH ETWAS BESCHREIBT»

Florence Hofmann (23) steht kurz vor dem Abschluss ihres Masterstudiums in Experimentalphysik an der Universität Bern. Da sie Sterne schön findet, wählte sie zu Beginn des Studiums den Schwerpunkt Astronomie und hat das nie bereut.

Welche Überlegungen führten zu Ihrer Studienwahl?

Lange Zeit wollte ich gar nicht studieren, sondern nach dem Gymnasium Rettungssanitäterin werden. Da war ich nach der Matura aber noch zu jung dafür. Plötzlich war ein Studium doch

eine Option. Ich hätte mir von Deutsch und Philosophie bis Geographie oder Medizin alles vorstellen können. Bei den Studienfachwahltagen wurde immer wieder gesagt, dass Physik und Mathematik herausfordernde Fächer sind, das fand ich super.

Eher per Zufall habe ich meine Maturarbeit im Fach Mathematik geschrieben, was mir gefallen hat. Mathe schien mir aber etwas zu abstrakt, weshalb ich mich für Physik angemeldet habe. Schlussendlich war es eine Bauchentscheidung. Bei der Anmeldung habe ich gesehen, dass man den Schwerpunkt Astronomie wählen kann. Da ich Sterne schön finde, habe ich einfach diesen Schwerpunkt angekreuzt und das bis heute keine Sekunde bereut.

Welches Masterprogramm haben Sie gewählt und warum?

Im Masterprogramm Physik an der Uni Bern kann man sich zwischen einer Vertiefung in Experimenteller oder Theoretischer Physik entscheiden. Ich habe mich für den experimentalen Schwerpunkt entschieden. Im Bachelor war ich zwar notenmässig in den Vorlesungen der theoretischen Physik oft besser, ich liebe es aber, im Labor zu arbeiten. Ausserdem habe ich immer mit dem Ziel studiert, einmal an sehr praxisorientierten Problemen zu arbeiten, da schien mir der experimentelle Master besser zu passen.

Das Masterprogramm besteht zu 50 Prozent aus Vorlesungen und Praktika. Viele Vorlesungen kann man selbst wählen und dadurch seinen eigenen Schwerpunkt setzen. Die zweite Hälfte des Programms umfasst die Masterarbeit, die sich ungefähr über ein Jahr streckt. Da kann man die Themenwahl stark selber beeinflussen. Ich beschäftige mich z.B. mit Laser, etwas vom Coolsten, was die Physik zu bieten hat! Ich schaue mir an, wie der Laserstrahl nach einer Reflektion auf einer Oberfläche aussieht und versuche dadurch, etwas über die Oberfläche herauszufinden.

Können Sie eine typische Mastervorlesung nennen?

In meinem Masterprogramm gibt es zwei Vorlesungen, die obligatorisch sind. Sie dienen dazu, die theoretischen Grundlagen der Laborarbeit und der Programmierung zu lernen bzw. zu vertiefen. Ich empfinde sie als sehr zentral, da man ohne diese Fähigkeiten als Experimentalphysikerin

aufgeschmissen wäre. Als praktische Ergänzung muss man einen Laborkurs besuchen. Dieser gibt einem die Möglichkeit, in verschiedene Institute der Uni und in verschiedene Forschungsgebiete hineinzusehen und die Laborarbeit kennenzulernen.

Wie schwierig ist das Masterstudium?

Im Masterstudium treffe ich auf eine andere Art von Aufgaben als im Bachelor. Aus dem Bachelor war ich es gewohnt, klassische Rechenaufgaben zu lösen, die als Übungs- und Vertiefungsaufgaben in Ergänzung zu einer Vorlesung dienten. Mittlerweile habe ich Strategien entwickelt, um solche Aufgaben relativ schnell zu lösen.

«Ich finde es sehr faszinierend zu sehen, dass etwas, das theoretisch überlegt und programmiert wurde, in der Realität dann tatsächlich so funktioniert.»

Meist sind sie so konstruiert, dass sie zum aktuellen Vorlesungsstoff passen und man findet alles Nötige in der angegebenen Literatur. Wesentlich komplexer können da Probleme sein, die während der Masterarbeit oder im Labor auftauchen. Meistens verbringe ich dann Stunden mit Recherchieren oder im Gespräch mit anderen Studierenden, Doktorandinnen, Professoren oder Mechanikerinnen. Manchmal sind es Kleinigkeiten, wie z.B. technische Probleme bei einem Messgerät. Der Lösungsfindungsprozess kann sehr aufwändig und zeitintensiv sein. Viele Gebiete sind für mich immer noch neu und ich muss mir das Wissen aneignen. Das kann auch mal frustrierend sein, wenn keine Lösung in Sicht ist. Solche Herausforderungen sind jedoch sehr lehrreich. Man lernt viel Nützliches, z.B. Funktionsweisen von Messinstrumenten oder das Programmieren. Grundsätzlich wird man im Master etwas lockerer. Wenn ich jetzt in der Lektion nur 20 Prozent des Inhalts verstehe, stresst mich das nicht mehr.

Was findet noch Platz neben dem Studium?

Ich gestalte meine Woche sehr abwechslungsreich und besitze viele Freiheiten. Meine produktivsten Zeiten sind morgens bis 11 Uhr und nachmittags ab 15 Uhr. Dazwischen dient mir Sport als wichtiger Ausgleich, gerade in der Prüfungsphase.

Zur Studienfinanzierung und zur Entwicklung weiterer Softskills neben dem Studium übe ich verschiedene Tätigkeiten aus. Um meinem Interesse für Notfallmedizin nachzukommen, unterrichte ich Erste-Hilfe-Kurse in einer Fahrschule. Auch unterrichtete ich letztes Jahr Mathematik am Gymnasium. Zusätzlich begleite ich jeweils zwei bis drei Schülerinnen und Schüler zur Berufsmaturität oder zur Passerellen-Prüfung. Obwohl meine ersten Erfolge im Programmieren auf sich warten liessen und ich im Bachelor zum ersten Mal in meinem Leben programmiert habe, unterstütze ich unterdessen eine kleine Firma auf Stundenbasis bei der Softwareentwicklung.

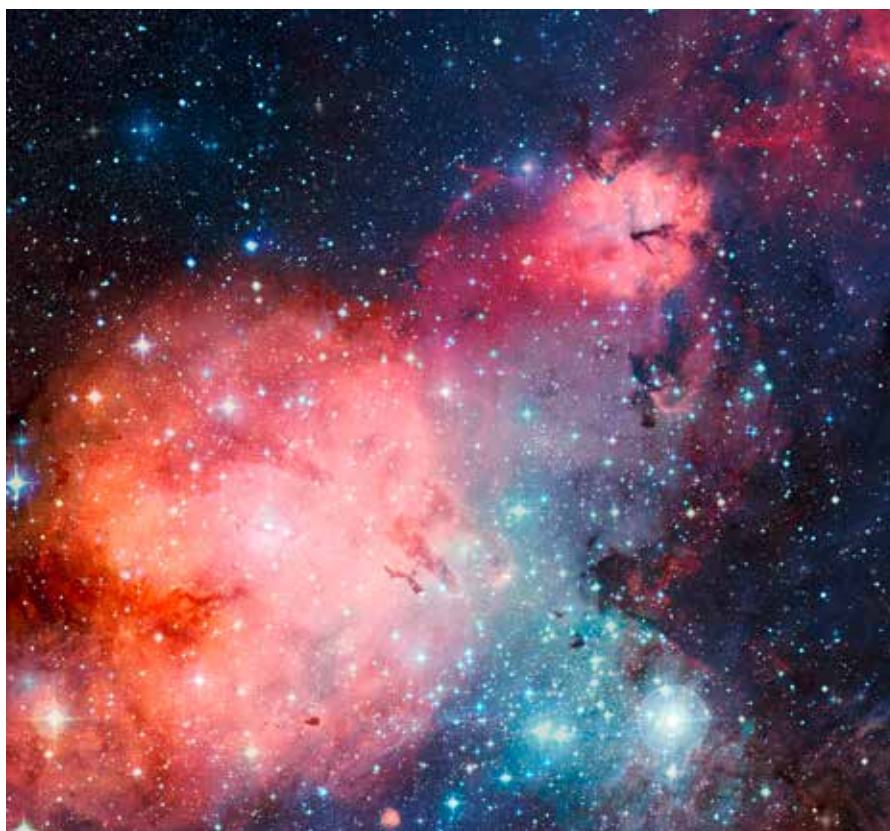
Ich liebe die Physik, aber ich hatte immer Respekt davor, irgendwann in ei-

ner Blase festzustecken. Meine Nebentätigkeiten erlauben mir, mit den verschiedensten Generationen, Lebensfragen und Lebensentwürfen in Berührung zu bleiben.

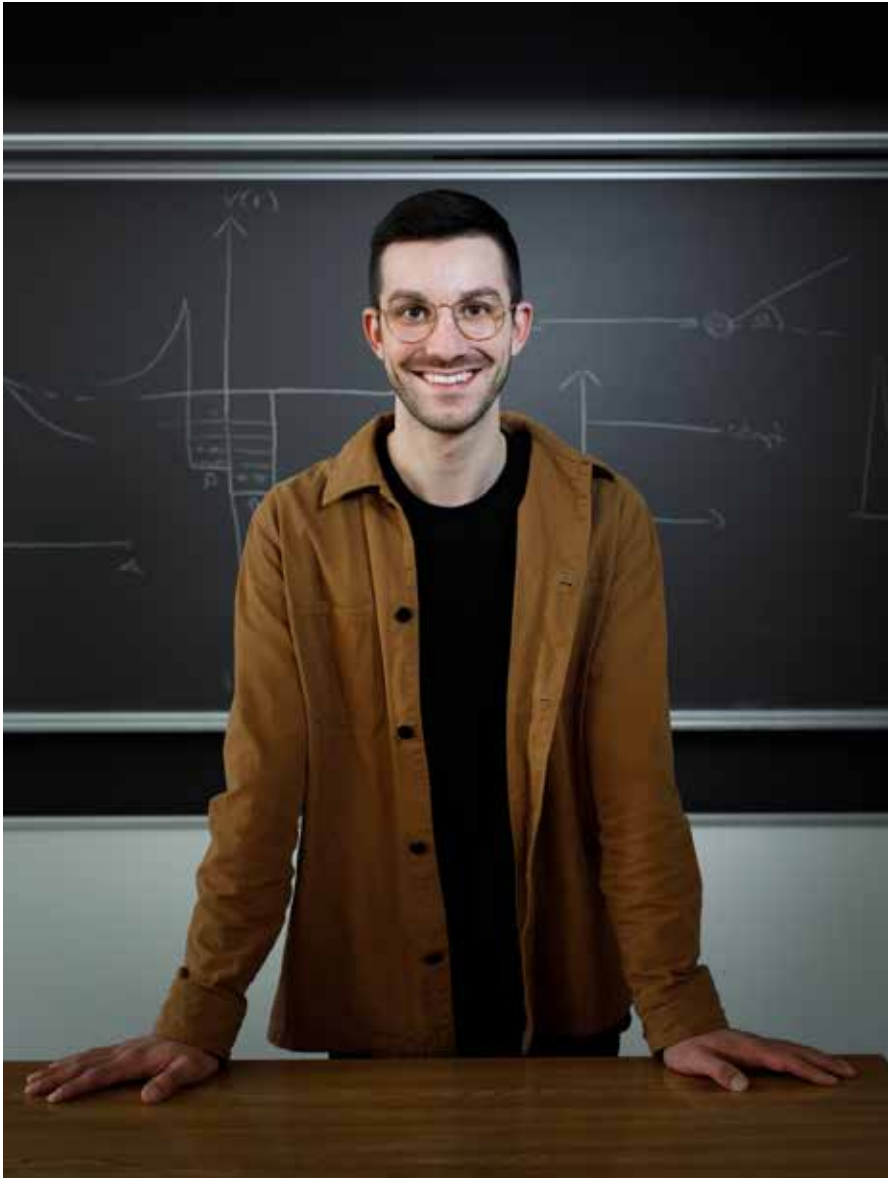
Was sind die Vor- und Nachteile Ihres Studiums?

Übungsaufgaben, wo man einfach mal rechnen muss, machen mir nach wie vor Spass. Es ist ein bisschen wie Knobelrätsel lösen. Ausserdem finde ich es sehr faszinierend zu sehen, dass etwas, das theoretisch überlegt und programmiert wurde, in der Realität dann tatsächlich so funktioniert. Wenn die Formel auf dem Blatt plötzlich Hand und Fuss hat und eine Variable nicht mehr nur ein Buchstabe ist, sondern tatsächlich etwas beschreibt. Ich wurde an einem Bewerbungsgespräch mal gefragt, was mir nicht gefällt am Studium. Ich konnte die Frage damals nicht wirklich beantworten und das ist bis heute so geblieben.

Interview
Regula Opliger



Die faszinierende Welt der Sterne animierte Florence Hofmann zur Wahl des Schwerpunkts Astronomie in ihrem Physikstudium an der Universität Bern.



Jérôme Egger, Physik, Bachelorstudium, 7. Semester, Universität Basel

«ES BRAUCHT EHRGEIZ, UM AM BALL ZU BLEIBEN»

Jérôme Egger (25) befindet sich im Bachelorstudium der Physik an der Universität Basel. Zunächst wollte er eigentlich Architekt oder Pilot werden. Dann hat er gemerkt, dass die Physik sowohl im Baugewerbe als auch in der Flugzeugkonstruktion eine wichtige Rolle spielt.

Was hat Sie zur Physik geführt?

Als Kind und Jugendlicher wollte ich Architekt werden. Nach dem Schnuppern in einem Architekturbüro fand ich den Beruf aber nicht mehr so interessant. Weiterhin interessiert hat mich aber die Konstruktion. Während dem Militär habe ich eine Bewerbung

für die Ausbildung zum Piloten geschrieben. Auf meiner anschliessenden Weltreise merkte ich plötzlich, dass ich nicht Pilot werden will.

Physik ist sehr fundamental und wird überall eingesetzt. Auch im Baugewerbe und bei der Flugzeugkonstruktion spielt sie eine wichtige Rolle. Am

Gymnasium mochte ich das Fach auch und hatte gute Noten, und so fiel die Wahl schliesslich aufs Physikstudium. In Basel bin ich gelandet, weil zwei meiner Freunde, die an der Uni Basel studieren, mit mir eine WG gründen wollten.

Was gefällt Ihnen besonders am Studium, was nicht?

Man lernt schnell, im Team zu arbeiten und bei einer Challenge nicht gleich aufzugeben, sondern weiterzumachen, bis man sie überwunden hat. Im Grossen und Ganzen gibt es nichts, was mir nicht gefällt. Klar gibt es manchmal Phasen, in denen man unzufrieden ist, aber ich bin sehr froh, dass ich mich für diesen Studiengang entschieden habe. Die familiäre Atmosphäre am Physikinstitut in Basel gefällt mir ausgesprochen gut. Die interne Fachbibliothek, in der zu praktisch jeder Tageszeit Studierende anzutreffen sind, dürfen wir selbst gestalten. Auch die Fachgruppe der Physik leistet gute Arbeit und organisiert für uns Events wie einen Fondue-Plausch oder einen Badetag, geht auf neue Studierende zu und unterstützt sie in den ersten Wochen.

Können Sie eine typische Vorlesung nennen?

Da kommt mir sofort die Hauptvorlesung «Einführung in die Physik 3: Quanten- und Atomphysik» in den Sinn. Im ersten und zweiten Semester hat man auch Einführungsvorlesungen, da geht es aber um bereits aus dem Gymnasium bekannte Themen wie Mechanik und Thermodynamik bzw. Elektrodynamik und Optik. In Physik 3 werden komplett neue Themen behandelt und man muss sich mit neuen Konzepten und Schreibweisen anfreunden. Das stellte eine grosse Herausforderung dar und führte dazu, dass ich die Prüfung zum Abschluss der Vorlesung erst beim zweiten Anlauf bestanden habe. Mittlerweile finde ich dieses Thema der Physik sehr spannend.

Auch die Lineare Algebra ist eine sehr zentrale Vorlesung. Ihre Konzepte und mathematischen Methoden begleiten uns bis zum Ende unseres Studiums.

Wie hoch ist der Anteil an Selbststudium?

Für jede Vorlesung müssen Übungen gemacht, abgegeben und in der Übungsstunde besprochen werden. Für das Praktikum muss man ein Protokoll zum Experiment schreiben. Insgesamt kommen etwa 25 Stunden hinzu. Dafür werden sehr viel Disziplin und Fleiss abverlangt. Anstatt mit Freunden im Rhein schwimmen zu gehen, muss man zuerst die Übungen lösen. Da kommt es nicht selten vor, dass wir uns auch am Wochenende in der Physikbibliothek treffen, um weiter an diesen zu arbeiten.

«Zu Beginn verstand man oft gar nichts, nicht mal die Aufgabenstellung. Mit Nachlesen und Selbststudium konnten wir die Aufgaben dann aber lösen.»

Die Teamarbeit unter den Mitstudierenden hilft mir da sehr. Man tauscht sich aus, ergänzt und unterstützt sich. Zu Beginn verstand man oft gar nichts, nicht mal die Aufgabenstellung. Mit Nachlesen und Selbststudium konnten wir die Aufgaben dann aber lösen.

Haben Sie schon Prüfungen gehabt?

Ich habe das Gefühl, dass man in der Physik gut einschätzen kann, wie eine Prüfung gelaufen ist. In der Regel bereitet man sich auf die Prüfungen vor, indem man die Übungsaufgaben wieder und wieder löst, bis man sie verinnerlicht hat. Eine gewisse Nervosität gehört da dazu und legt sich auch wieder. Bei den mündlichen Prüfungen – und das sind einige – ist die Nervosität noch stärker. Da lernt man sehr viel, ohne genau zu wissen, was gefragt wird. Das anschließende Gefühl, wenn man erfährt, dass man bestanden hat, ist unbeschreiblich.

Was findet noch Platz neben dem Studium?

Trotz hohem zeitlichem Aufwand habe ich bisher keine meiner Freunde

verloren. Obwohl ich wusste, dass es ein zeitintensives und anspruchsvolles Studium ist, wurde ich im ersten Semester etwas überrumpelt. Das zweite Semester verlief bereits viel besser. Während meiner gesamten Studienzzeit habe ich nebenbei im Unispital Basel gearbeitet, und in den Semesterferien blieb neben der Arbeit genug Zeit für Ferien. Im Verlaufe der Zeit konnte ich neben Studium und Arbeit auch noch ehrenamtliche Tätigkeiten im Vorstand des Vereins Offener Hörsaal und im Sportverein Roundnet Club Basel ausüben.

Was haben Sie nach Abschluss des Bachelorstudiums vor?

Viele machen nach dem Bachelor gleich weiter mit dem Masterstudium. Ich möchte zuerst etwas Abstand von der Universität bekommen und werde ein Praktikum oder ein Traineeprogramm absolvieren. Bereits mit einem Bachelor in Physik gibt es Einstiegsmöglichkeiten in viele Tätigkeitsbereiche, z.B. bei Banken, Versicherungen, bei der Bundesverwaltung, der Post oder den SBB. Falls es danach

zurück an die Universität geht, ziehe ich neben dem Physikmaster auch andere Masterstudiengänge in Betracht. Vor allem die ETH bietet viele interdisziplinäre Masterstudiengänge an. So ist der Physikbachelor zum Beispiel ein qualifizierter Abschluss für den Masterstudiengang Atmospheric and Climate Science.

Was raten Sie angehenden Physikstudierenden?

Habt keine Angst vor älteren Studierenden. Sie zeigen sich immer sehr hilfsbereit. Gebt auch nicht zu schnell auf und lasst euch nicht abschrecken. Es braucht einen gewissen Ehrgeiz, um am Ball zu bleiben. Zu Beginn ist es anstrengend und man versteht nicht alles. Es empfiehlt sich, vor dem Studium die Wegleitung zu studieren, damit man die Namen der Vorlesungen schon mal gesehen hat. Wichtig ist auch, dass man neben der Physik auch Mathematik mag, da sie für die Physik grundlegend ist.

Interview
Regula Oppliger



Die familiäre Atmosphäre an der Universität Basel, insbesondere am Physikinstitut, entspricht Jérôme Egger.



Philippe Knecht, Mathematik, Bachelorstudium, 4. Semester, Universität Freiburg

«MAN WIRD ZUM LOGIKER UND PROBLEMLÖSER AUSGEBILDET»

Philippe Knecht (21) studiert im 4. Semester Mathematik an der Universität Freiburg. Er mag an der Mathematik das Gefühl, wenn man nach stundenlangem Grübeln endlich einen Beweis erbringen kann. Später möchte er die Freude an Mathematik an andere weitergeben und beweisen, dass Mathematik mehr zu bieten hat, als viele denken.

Weshalb studieren Sie Mathematik?

Schon als ich klein war, faszinierte mich die Welt der Zahlen. Ein phänomenaler Lehrer in der Oberstufe weckte dann das Bestreben in mir, Kalküle

nicht nur auszuführen, sondern auch den Sinn dahinter verstehen zu wollen und der Sache auf den Grund zu gehen. Als ich mich entschied, die Matura zu erlangen, stand für mich ziemlich schnell fest, dass es mich in die

Zunft der Mathestudierenden verschlagen wird.

Wie sieht eine typische Woche bei Ihnen aus?

Durchschnittlich verbringe ich etwa 20 Stunden pro Woche mit dem Bearbeiten von Vorlesungen: Analysis, Algebra, Topologie, Statistik, Numerik. Das klingt im Vergleich zur Kantonschule nach wenig. Begleitend stehen pro Vorlesung aber jede Woche obligatorische Übungsaufgaben an, wo oftmals mathematische Sätze bewiesen werden wollen. Solch eine Aufgabe kann irgendwo zwischen zehn Minuten und mehreren Tagen Denkarbeit verlangen, die auch des Öfteren erst in einer kleinen Gruppe wirklich floriert. Multipliziert man diesen Zeitaufwand mit der Anzahl Aufgaben, heisst das ca. 30 pro Woche, so habe ich trotz den wenigen Vorlesungen auch am Wochenende noch alle Hände voll zu tun.

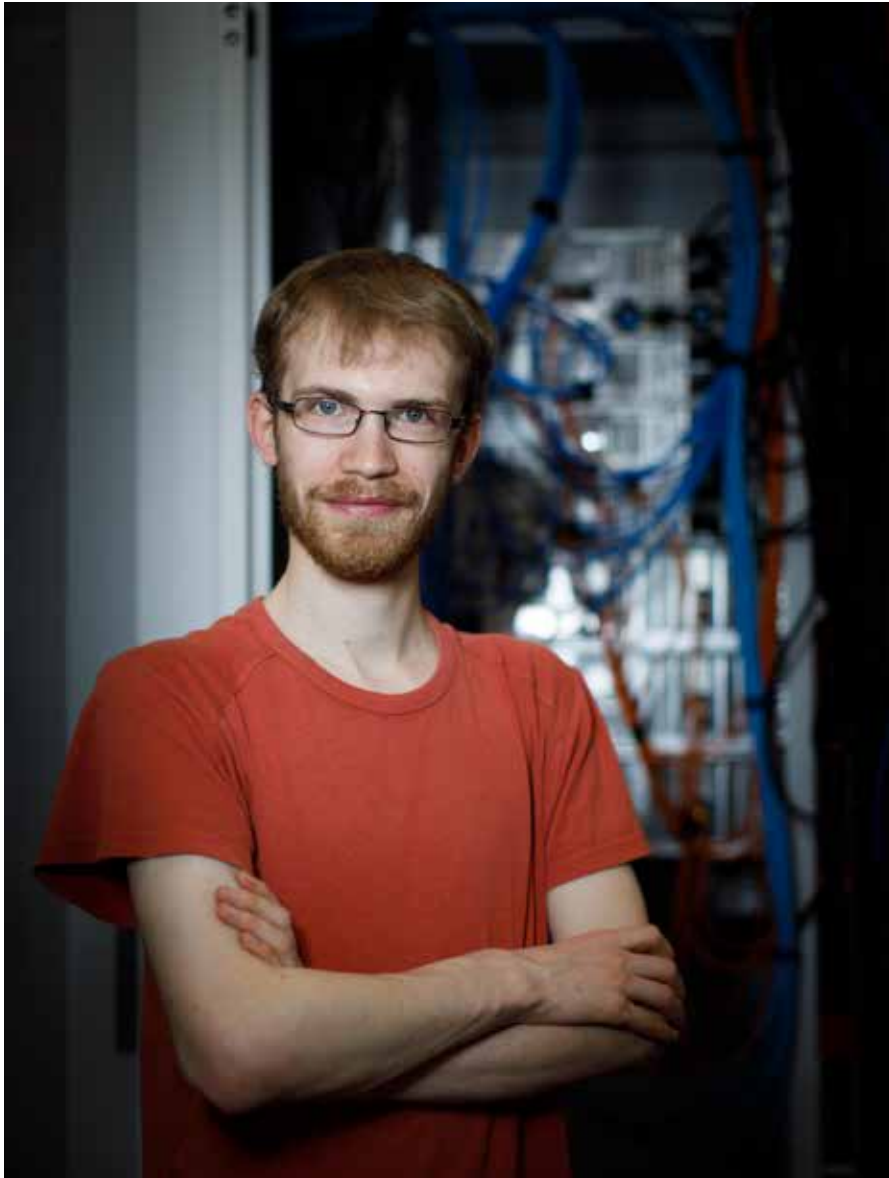
«Mathematik verbindet die Schönheit der Natur, die Errungenschaften unserer Gesellschaft und die Wirrungen des Alls in einer universellen Sprache, die rund um den Globus verständlich ist.»

Was findet Platz neben dem Studium?

Neben der Uni noch Platz für anderes zu schaffen, ist im naturwissenschaftlichen Bereich oftmals ein delikates Unterfangen. Nach einem mental fordernden Lerntag voller Gleichungen erfreue ich mich an einer Kletterrunde oder an einem Handballtraining und gehe auch mit Vergnügen meinem Nebenjob in einem Restaurant nach, um den Kopf durchzulüften.

Sind Sie von Ihrer Studienwahl überzeugt?

Voll und ganz. Mathematik verbindet die Schönheit der Natur, die Errungenschaften unserer Gesellschaft und die Wirrungen des Alls in einer universellen Sprache, die rund um den Globus verständlich ist. Sie dringt



Ronan Lindörfer, Rechnergestützte Wissenschaften, Masterstudium, 4. Semester, ETH Zürich

«MAN KOMMT MIT VIELEN ANDEREN STUDIENGÄNGEN IN KONTAKT»

Ronan Lindörfer (26) hat sich für das Studium in Rechnergestützten Wissenschaften entschieden, weil er in diesem Studiengang seine drei Interessensbereiche Physik, Mathematik und Informatik in einem Fach verbinden kann.

Was führte Sie zur Wahl des Studiums in Rechnergestützten Wissenschaften an der ETH?

Bei meiner Matura habe ich gemerkt, dass meine Stärken und Interessen in den Fächern Physik, Informatik und Mathematik liegen. Deshalb habe ich

mich über diese drei Studiengänge informiert. Mein Bruder hat mir dann den Tipp gegeben, mir die Rechnergestützten Wissenschaften näher anzuschauen. Das Studium umfasst alle meine Interessensbereiche, das hat mich überzeugt. Für das Studium an

der ETH habe ich mich entschieden, da ich die Atmosphäre während einer Schnupperwoche im Maturajahr bereits toll fand.

Wie sieht Ihr Studienalltag aus?

Die verschiedenen Vorlesungen ergeben einen gut gefüllten Stundenplan, so habe ich einen regelmässigen Tagesrhythmus. Die Abwechslung zwischen Vorlesungen, Übungsstunden und Selbststudium ist sehr angenehm. Zu den meisten Vorlesungen gibt es freiwillige Übungsstunden. Es ist sehr zu empfehlen, diese zu besuchen. So bleibt man am Stoff dran und kann während den Lernphasen auch mal einen kleinen Urlaub einplanen.

«Ich mag die grosse Auswahl von Vertiefungs- und Wahlfächern. Aus einem Katalog von ca. 150 verschiedenen Vorlesungen kann man Ende Bachelor und im Master seinen Interessen nachgehen.»

Zu manchen Vorlesungen gibt es auch kleine Projektarbeiten in Gruppen mit Abgabetermin zum Ende des Semesters. Ein regelmässiger Bestandteil der Projektarbeiten ist das Programmieren. Ziel dabei ist es, analog zum Arbeitsmarkt Erfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten und in der Teamarbeit zu sammeln. Das beinhaltet Methoden von der kooperativen Arbeit an einem Quellcode und der Dokumentierung bis zur Präsentation des Projektes.

Was gefällt Ihnen besonders am Studium, was ist eher schwierig?

Ich mag die grosse Auswahl von Vertiefungs- und Wahlfächern. Aus einem Katalog von ca. 150 verschiedenen Vorlesungen kann man Ende Bachelor und im Master seinen Interessen nachgehen. Im Master sind von den 90 benötigten Kreditpunkten nur noch 18 Kreditpunkte klar definiert, alle anderen sind frei wählbar. Das ermöglicht auch viel Kontakt zu anderen Studiengängen. Ich besuchte schon Vorlesun-

gen in den Fachbereichen Elektrotechnik, Maschinenbau, Physik, Chemie, Informatik und Umweltwissenschaften. Das gibt wieder neue Sichtweisen auf Problemstellungen. Bei interdisziplinären Gruppenzusammensetzungen konnte ich schon das Bindeglied bilden und zwischen den verschiedenen Fachrichtungen vermitteln.

Ein Nachteil ist, dass das Studium an der ETH eher theoretisch ausgerichtet ist und Vorlesungen mit Frontalunterricht keine Seltenheit sind. Für die Prüfung reduziert sich dann alles auf das Auswendiglernen. Schwierig ist manchmal auch, dass die Prüfungsphase am Ende der vorlesungsfreien Zeit liegt. Da kann es passieren, dass zwischen den Prüfungen des alten Semesters und dem Anfang des neuen Semesters nur ein Wochenende dazwischen liegt.

Was hat noch Platz neben dem Studium?

Ich bin neben dem Studium im Verband der Studierenden (VSETH) aktiv. Dort kümmere ich mich um die IT-Infrastruktur und die Webapplikationen und war Mitglied im einen oder anderen Event-OK. Diese Events sind sehr vielfältig, vom kleinen Pub-Quizabend

über ein Open-Air-Kino bis hin zum Erstsemestrigenfest mit 5000 Besuchern ist vieles dabei.

Einen grossen Teil meiner Freizeit verbringe ich im VSETH. Man könnte aber auch gut einen Nebenjob ausüben. Von Vorteil sind sicher flexible Arbeitszeiten, da das Studium punktuell viel Zeit in Anspruch nimmt. Gerade bei Projektabgaben oder in der Prüfungsphase ist man stark eingespannt.

Wurden Sie gut auf das Studium vorbereitet?

Ich wählte in der Mittelschule die Vertiefung Mathematik und Physik und als Ergänzungsfach Informatik. Diese Kombination bringt Vorteile fürs Studium, weil ich in allen drei Fächern Vorwissen hatte. Das Studium schliesst aber gut an das Gelernte in den Grundlagenfächern an. Das Tempo an der ETH ist schon um einiges schneller und der Wechsel zum fast reinen Frontalunterricht ist eine Herausforderung, aber man kommt schnell in den Rhythmus hinein. Die Prüfungen hatte ich mir vor dem Studium von der Dauer her länger vorgestellt. Bisher dauerte die längste Prüfung vier Stunden, der Grossteil der Prüfungen dauert zwei Stunden.

Für wen ist das Studium aus Ihrer Sicht geeignet?

Man sollte Mathematik mögen. In den Rechnergestützten Wissenschaften beschäftigt man sich mit der Frage, wie man einem Computer die Naturwissenschaften beibringen kann und das ist nur mit der Sprache der Mathematik möglich. Kenntnisse im Programmieren sind ein Vorteil, aber kein Muss. Man verbringt sehr viel Zeit am Computer und sollte daher am Programmieren Freude gewinnen.

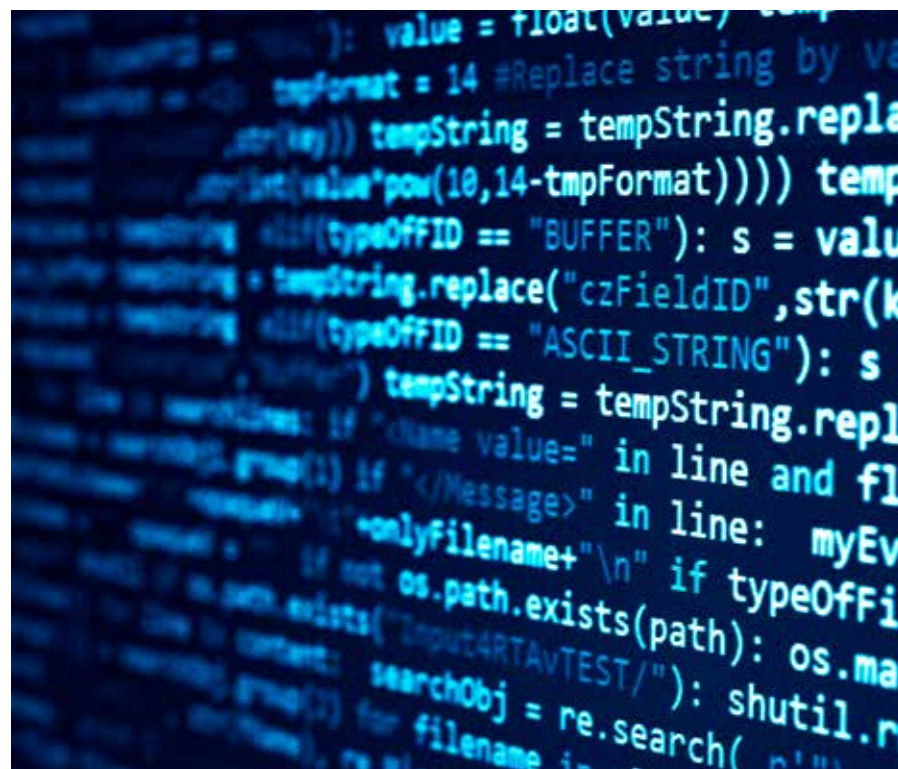
Häufig stellen die Erstsemestrigen die Frage, ob man für all die Simulationen einen eigenen leistungsfähigen Computer braucht. Die Antwort lautet: nein. Die ETH hat ein Computercluster für alle Studierenden und dort kann man grössere Simulationen laufen lassen, die für den eigenen Laptop zu aufwändig sind.

Welche Ratschläge sind hilfreich zur Gestaltung des Studiums?

Bei der Wahl der Vertiefung und der Wahlfächer sollte man sich auf seine eigenen Interessen fokussieren. Bei der Gestaltung des Stundenplans kann es aber zu zeitlichen Konflikten kommen. Ich habe deshalb auch schon statt meines Wunschfaches eines belegt, das nicht ganz zu meiner Vertiefung gepasst hatte. Aber dafür habe ich so neue Aspekte kennengelernt und die Interdisziplinarität erweitert.

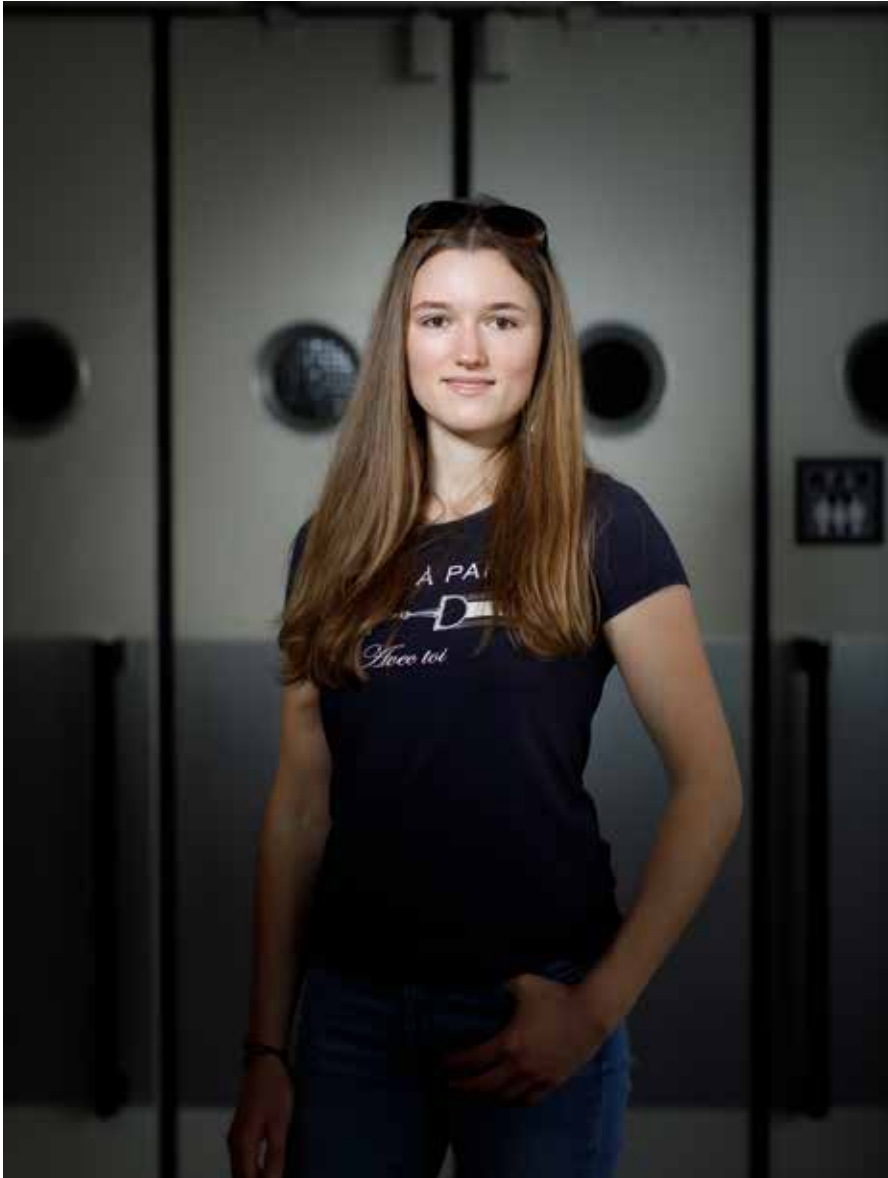
Gibt es bereits Pläne für Ihre spätere Berufstätigkeit?

Ich habe als grosse Vertiefung Robotik gewählt und als kleine Fluidodynamik. Damit sind meine Interessen an Bilderkennung und numerischen Simulationen abgedeckt. Mit der Bilderkennung könnte ich an der Entwicklung von autonomen Fahrzeugen und Robotern mitarbeiten. Andererseits habe ich Spass an komplexeren Simulationen und könnte mir auch vorstellen, später als wissenschaftlicher Applikationsentwickler zu arbeiten oder in der Entwicklung softwareseitiger Programmierungen von Supercomputern.



«Man verbringt viel Zeit am Computer», meint Ronan Lindörfer zu seinem Studium in Rechnergestützten Wissenschaften, dabei seien Kenntnisse im Programmieren ein Vorteil, aber kein Muss.

Interview
Regula Oppliger



Stephanie Maier, Computational Sciences, Bachelorstudium, 6. Semester, Universität Basel

«MEIN HIGHLIGHT WAR EINE INFORMATIKVORLESUNG»

Stephanie Maier (22) schätzt an den Rechnergestützten Wissenschaften den breiten naturwissenschaftlichen Hintergrund. Sie wird aufbauend auf ihrer gewählten Vertiefungsrichtung bald das Masterstudium in Physik in Angriff nehmen.

Wie kam es zu Ihrer Studienwahl?

Am Gymnasium gefielen mir Mathematik und Physik am besten. Chemie interessierte mich ebenfalls. Mit dem Studiengang Computational Sciences fand ich da genau das Richtige. Ich konnte mir zuerst einen Eindruck von

allen Fachrichtungen machen, bevor ich mich für eine Vertiefungsrichtung entschied. Nebst dem breit gefächerten naturwissenschaftlichen Part ist die Informatik, insbesondere das praktische Programmieren, ein wichtiger Bestandteil.

Vor dem Studium hatte ich keine Ahnung davon, wie man Code schreibt. Vorwissen in Informatik war auch nicht nötig. Heute stellt es für mich den Teil dar, in dem ich kreativ nach Lösungen suchen kann. In höheren Semestern bietet das ein gutes Gegengewicht zur Theorie.

Wie verlief Ihr Studienstart?

Mein Studienstart war sehr aufregend. Ich lernte viele neue Leute kennen und fand mich in einem völlig neuen Rhythmus wieder. Das Tempo in den Vorlesungen startete von null auf hundert, daran musste ich mich zuerst gewöhnen.

Ich erinnere mich noch gut, wie schwer mir die ersten Übungen vorkamen. Zum Glück ging es meinen Mitstudierenden ähnlich. Wir unterstützten uns gegenseitig und besprachen Aufgaben und Lösungsideen miteinander. Es war ein Sprung ins kalte Wasser, der aber fürs spätere Studium sehr wichtig ist. Wir mussten uns daran gewöhnen, dass man Aufgaben nicht mehr einfach so lösen kann, sondern sich bis zur Lösungsfindung intensiv damit beschäftigen muss. Mit der Zeit fiel mir das immer leichter und ich merkte, dass bei der Prüfung nicht alles bis ins letzte Detail abrufbar sein muss.

Was gefällt Ihnen an Ihrem Studium, was eher weniger?

Mir gefällt es sehr, dass man einen Einblick in verschiedene Richtungen erhält und lernt, Probleme aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Das breite Spektrum ist mit fortschreitendem Studium immer nützlicher. Es gelingt besser, Parallelen zu erkennen und neue Lösungsansätze zu entwickeln. Ich geniesse es auch sehr, fortgeschrittene Vorlesungen anderer Fachrichtungen zu besuchen. Informatik wird in diesem Studiengang sehr anwendungsorientiert und praxisnah vermittelt.

Da der Studiengang sehr interdisziplinär ist, müssen viele Veranstaltungen anderer Bachelorstudiengänge besucht werden. Damit ist der frei wählbare Bereich kleiner und das Pensum je nach Semester etwas höher. Trotzdem lohnt sich die zusätzliche Mühe,

denn die Fächer greifen ineinander und das Wissen wird automatisch breiter gefächert.

Wie sieht eine typische Studienwoche aus?

Meine Woche wird bestimmt von den wöchentlichen Übungsabgaben, welche oft auch bewertet werden. Sie festigen und vertiefen den gelernten Stoff. Bis zum Ende des Semesters muss ein gewisser Prozentsatz der Punkte erreicht werden. Das ist teilweise stressig, verhindert aber auch, dass man sich neben den Vorlesungen zu wenig mit den Themen auseinandersetzt. Wer abhängt, hat es schwer, den Anschluss wieder zu finden.

Die Vorlesungen finden zu festen Zeiten statt, was eine gewisse Struktur vorgibt. Liegt einem die Art einer Vorlesung nicht, kommt es auch vor, dass man sich die Informationen ausserhalb der Veranstaltung beschafft. Man liest das Lehrbuch oder hört sich einen Online-Kurs anderer Dozierender an, die den Stoff auf eine andere Art und Weise vermitteln.

«Mir gefällt es sehr, dass man einen Einblick in verschiedene Richtungen erhält und lernt, Probleme aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten.»

Welche Themen waren im vergangenen Semester zentral?

Im vergangenen Semester besuchte ich Pflichtveranstaltungen in der Vertiefungsrichtung Physik. In denen wurden hauptsächlich weiterführende Konzepte der Quantenmechanik besprochen. Es war toll, einen Einblick in fortgeschrittene Informatik- und Mathematikvorlesungen zu bekommen. Da merkte ich wieder, wie vernetzt die Naturwissenschaften sind. Oft kann man beobachten, dass sich Studierende einer Fachrichtung auch für weitere Gebiete begeistern lassen. Ich interessiere mich beispielsweise auch für die Numerik, die in der Mathematik besprochen wird. Mein persönliches Highlight war jedoch eine

Informatikvorlesung, bei der es um Mustererkennung ging. Ein Thema, das eine grosse Rolle in der aktuellen Forschung spielt, z.B. bei selbstfahrenden Autos, in der klinischen Diagnostik oder bei der Gesichtserkennung.

Was sollte man aus Ihrer Sicht für das Studium mitbringen?

Interesse, Durchhaltevermögen und ein breites Interesse an Naturwissenschaften. Der Stoff geht bald weit über die Themen hinaus, die am Gymnasium vermittelt wurden. Man sollte bereit sein, viel am und mit dem Computer zu arbeiten. Programmieren ist ein zentraler Teil und kommt mir oft wie Sudoku lösen vor, nur, dass es unendlich viele Lösungen gibt. Man kann stundenlang knobeln, sei das beim Evaluieren der effizientesten Lösungs-idee oder bei der Fehlersuche. Dies kann frustrierend sein, dafür wird man belohnt, wenn der Code dann am Ende durchläuft. Wenn die Motivation schwindet, hilft es mir, mich mit spannenden Projekten der aktuellen Forschung auseinanderzusetzen.

Wie geht es nach dem Bachelorabschluss für Sie weiter?

Ich werde den Master in Physik beginnen. Mit einem abgeschlossenen Bachelor im Studiengang Computational Sciences ist man zum zur Vertiefungsrichtung zugehörigen Master zugelassen. Einen eigenen Computational-

Sciences-Master gibt es an der Uni Basel nicht. Dafür müsste man an die ETH Zürich oder ins Ausland wechseln. Dennoch kann man mit der Masterarbeit ein Thema wählen, das die Computational Sciences wieder aufgreift.

Wo sehen Sie sich nach dem Studienabschluss?

Die Absolventen und Absolventinnen der Computational Sciences sind in sehr unterschiedlichen Bereichen zu finden. Die spätere Tätigkeit wird mitbestimmt durch die Wahl der Vertiefungsrichtung. Zudem qualifiziert das vermittelte Informatikwissen dafür, eine Beschäftigung in diesem Bereich auszuüben. Ich würde gerne in einer eher kleinen Firma im Bereich der Physik und Informatik arbeiten, eine konkrete Idee gibt es aber noch nicht.

Interview
Regula Oppliger



Eine Informatikvorlesung, bei der es um Mustererkennung ging, um ein Thema, das eine grosse Rolle z.B. bei selbstfahrenden Autos, in der klinischen Diagnostik oder bei der Gesichtserkennung spielt, hat es Stephanie Maier besonders angetan in ihrem Studium.

WEITERBILDUNG



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

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

FORSCHUNGSORIENTIERTE WEITERBILDUNG

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

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

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

BERUFSORIENTIERTE WEITERBILDUNG

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

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

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

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

integriert sein. Das gilt grundsätzlich für alle Unterrichtsfächer, unabhängig davon, ob der fachliche Studienabschluss an einer Universität oder an einer Fachhochschule (Musik, Bildnerisches Gestalten) erworben wird.

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

KOSTEN UND ZULASSUNG

Da die Angebote im Weiterbildungsbe- reich in der Regel nicht subventioniert werden, sind die Kosten um einiges höher als diejenigen bei einem regulären Hochschulstudium. Sie können

sich pro Semester auf mehrere tausend Franken belaufen. Gewisse Arbeitgeber beteiligen sich an den Kosten einer Weiterbildung.

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

Weitere Infos:

www.berufsberatung.ch/studienkosten

WEITERBILDUNGEN NACH EINEM STUDIUM IN MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN, PHYSIK

Nach dem Masterabschluss beginnen Mathematikerinnen, Computational Scientists und Physiker häufig ein Doktorat und sind befristet an einer Hochschule tätig. Wer eine Karriere in der Forschung anstrebt, absolviert nach dem Doktorat in vielen Fällen noch einen oder mehrere Postdoc-Aufenthalte (befristete Anstellung bei Forschungsprojekten) im In- und Ausland.

Ein Lehrdiplom für den Unterricht an einer Mittel- oder Berufsfachschule kann nach dem Masterstudium an verschiedenen Pädagogischen Hochschulen in der Schweiz erlangt werden. Je nach Tätigkeit und Position können zusätzliche Weiterbildungen von Vorteil sein.

Hier ein paar Beispiele:

Aktuarin/Aktuar

Schweizerische Aktuarvereinigung SAV:
www.actuaries.ch

Applied Data Science (CAS) Universität Bern:

www.unibe.ch/weiterbildung

Banking and Finance (CAS/DAS, MAS)

Diverse universitäre und Fachhochschulen bieten Weiterbildungen im Finanzbereich an:

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

> Banking and Finance

Computational Fluid Dynamics (CAS)

OST Ostschweizer Fachhochschule (ehemals FHO), Rapperswil:

www.ost.ch/de/weiterbildung

Data Science (MAS)

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW:

www.zhaw.ch/de/weiterbildung

Financial Consulting (MAS)

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW:

www.zhaw.ch/de/weiterbildung

Integriertes Risikomanagement (CAS)

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW:

www.zhaw.ch/de/weiterbildung

Statistical Data Science (CAS, DAS, MAS)

Universität Bern:

www.math-stat.unibe.ch/weiterbildung

Weiterbildungsprogramme Cluster Health, Life & Natural Sciences

(z.B. CAS Angewandte Statistik, MAS Medizinphysik)

ETH Zürich:

<https://sce.ethz.ch>

Wissenschaftsjournalismus (CAS)

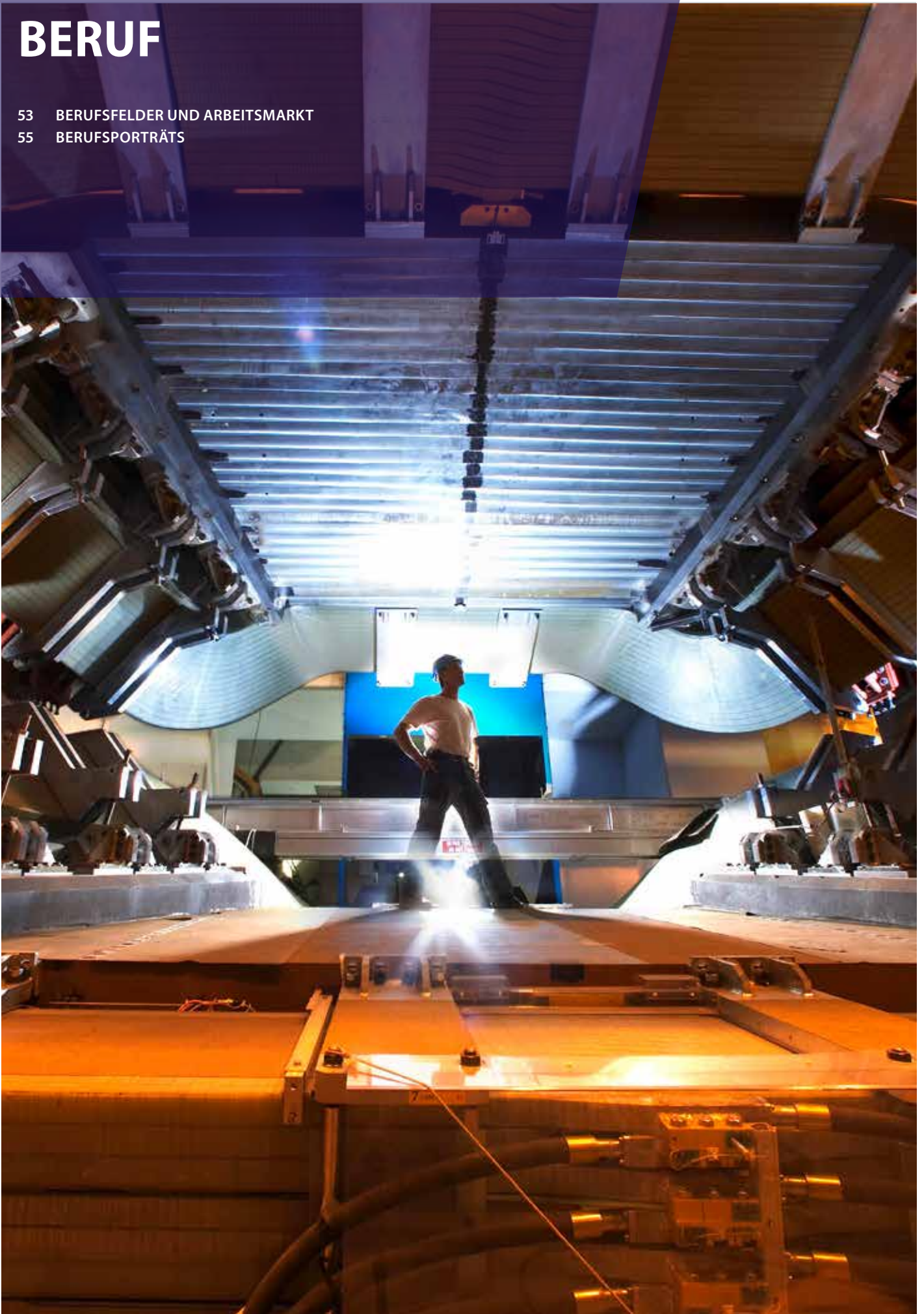
MAZ Luzern

www.maz.ch

BERUF

53 BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT

55 BERUFSPORTRÄTS



BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT

Fachleute in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik sind vielseitig einsetzbar. Ihr fundiertes naturwissenschaftliches Wissen und ihre ausgezeichneten mathematischen, analytischen und lösungsorientierten Fähigkeiten machen sie auf dem Arbeitsmarkt zu gefragten Fachkräften.

Absolventinnen und Absolventen der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik sind gefragte Generalistinnen und Generalisten und haben breite Berufsmöglichkeiten. Sie finden in vielen Branchen Beschäftigung. Je nach Branche werden dabei Zusatzqualifikationen verlangt wie z.B. Betriebswirtschaftskenntnisse oder Erfahrung in Projektmanagement.

Die Studienabgänger und -abgängerinnen sind es gewohnt, komplexe Zusammenhänge zu verstehen und praktische Probleme zu lösen. Sie bringen überdies durch ihr Studium weitere wertvolle Fähigkeiten wie eine strukturierte Vorgehensweise, Ausdauer und eine hohe Frustrationstoleranz mit. Der Berufseinstieg gestaltet sich in der Regel problemlos. Das zeigen regelmässige Befragungen durch das Bundesamt für Statistik (BFS). Für gewöhnlich haben die Berufsanfänger und -anfängerinnen weniger Schwierigkeiten bei der Stellensuche als Absolventinnen und Absolventen der meisten anderen Studienfächer. Die wichtigsten Tätigkeitsfelder werden im Folgenden kurz beschrieben.

BILDUNG UND GRUNDLAGENFORSCHUNG

An Hochschulen unterrichten Absolventinnen und Absolventen eines Studiums in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik Studierende und untersuchen grundlegende oder anwendungsorientierte Fragestellungen der Wissenschaft. Sie lehren und forschen sowohl in den angestammten Gebieten als auch in anderen Gebieten wie Ingenieurwissenschaften, Informatik, Biologie, Medizin, Sozialwissenschaften oder Volkswirtschaftslehre.

Wer forschen will, muss bereit sein, sich stark zu spezialisieren. Je stärker die Spezialisierung, desto eingeschränkter sind aber auch die Wahlmöglichkeiten in Bezug auf den Arbeitsort. Man muss unter Umständen bereit sein, eine Stelle im Ausland anzunehmen, wenn man auf einem bestimmten Gebiet tätig sein möchte. Physikalische Grundlagenforschung wird auch in privaten Forschungszentren wie dem CERN, dem Paul Scherrer Institut (PSI) oder der Empa betrieben, z.B. in Teilgebieten wie Astrophysik, Teilchenphysik und Quantenmechanik.

An Mittelschulen, Berufsfachschulen und höheren Fachschulen unterrichten Mathematikerinnen und Mathematiker so-

wie Physikerinnen und Physiker Lernende und angehende Berufsleute stufengerecht.

ANGEWANDTE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Ausserhalb der Hochschulen betreiben Fachleute vor allem angewandte Forschung und entwickeln für Industrie- und Finanzkonzerne neue Produkte und Dienstleistungen. Die Forscherinnen und Entwickler lösen ein bestimmtes oft technisches Problem, erarbeiten und prüfen neue Verfahren, Materialien, Energie- und Sicherheitsstandards oder entwickeln ein Produkt, das später auf dem Markt verkauft werden soll. Neben naturwissenschaftlichem Fachwissen erfordert dies auch ökonomisches Denken. Erfahrung und persönliche Fähigkeiten öffnen den Weg zu Labor-, Gruppen- und Abteilungsleitung – und ins höhere Management.

DIENSTLEISTUNGSUNTERNEHMEN

Mathematikerinnen, Computational Scientists und Physiker sind in dieser Branche wegen ihrer analytischen, mathematischen und lösungsorientierten Fähigkeiten gefragt. Wie in der Industrie werden im Dienstleistungssektor oft zusätzliche Kenntnisse im Bereich IT, Betriebswirtschaft oder Fremdsprachen verlangt; Auslandsfahrung ist ebenfalls von Vorteil. Das nötige betriebswirtschaftliche Wissen und die spezifischen Beratungs- oder Analysemethoden werden den Neueinsteigenden in den Unternehmen oft in sogenannten Crashkursen vermittelt. Der Einstieg passiert häufig über Traineeprogramme in Unternehmen. Die Bereitschaft zur ständigen Weiterbildung und zum permanenten «learning on the job» werden vorausgesetzt.

Weitere wichtige Kompetenzen für diese Branche: die Fähigkeit, sich schnell in komplexe Sachverhalte einzuarbeiten, kausale Zusammenhänge zu erkennen und strukturiert zu arbeiten. Insbesondere Unternehmensberatungen suchen Persönlichkeiten, die sehr belastbar, zielstrebig und motiviert sind und ihr Studium mit Bestnoten abgeschlossen haben. Bei Banken kalkulieren die Berufsleute unter anderem Anlagerisiken, entwickeln Strukturen für Finanzprodukte oder überschlagen den kurz- bis langfristigen Kapitalbedarf eines Unternehmens (Corporate Finance). Bei Versicherungen, Pensionskassen oder Krankenkassen berechnen Fachleute,

insbesondere Aktuarinnen und Aktuarere, vor allem Prämien (Pricing) und Rückstellungen (Reserving) für verschiedene Versicherungsarten (Leben bzw. Nicht-Leben). Im Risikomanagement, einem relativ neuen Tätigkeitsbereich, berechnen Physiker und Physikerinnen die Risiken von Objekten (z.B. Feuchtigkeitseinflüsse bei Gemälden in Museen) oder schätzen die Naturrisiken bei grossen Bauvorhaben ab.

ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN

Auch für staatliche oder kantonale Einrichtungen sind Mathematiker und Mathematikerinnen, Computational Scientists, Physiker und Physikerinnen tätig. Für die Alters- und Hinterlassenenversicherung (AHV) erstellen sie etwa Prognosen oder beurteilen für die Finanzmarktaufsicht (FINMA) die mathematischen Tätigkeitsbereiche von Versicherungen und Banken.

Wer bei einer öffentlichen Institution wie einer Forschungseinrichtung, einem Krankenhaus oder einem Labor arbeiten will, muss teilweise intensive Zusatzausbildungen für das jeweilige Spezialgebiet erwerben, z.B. in Medizinphysik, Geophysik, Umweltschutz, Energie, Recht und Wirtschaft oder in der internationalen Zusammenarbeit. Ebenfalls finden sie Beschäftigung als Verkehrs- und Computerfachleute in

Rechenzentren, als Systemanalytikerinnen im IT-Bereich, als Softwareentwickler, Planer und Planerinnen.

INFORMATIK

Mathematiker, Computational Scientists und Physikerinnen begleiten die Entwicklung von Computeranwendungen. Sie testen die Möglichkeiten und Grenzen von Software (Hacking), entwerfen praktische Anwendungen oder entwickeln technische Kommunikationssysteme und Hochleistungscomputersysteme (Modeling). Fachleute mit spezialisierten Kenntnissen modellieren etwa Datenverschlüsselungsverfahren (Kryptologie), implementieren intelligente Steuerungsverfahren und lernende Systeme (Soft computing) oder decken verborgene Strukturen in Datensammlungen auf (Data mining). Nebst Anstellungen im öffentlichen Sektor arbeiten sie auch bei Softwarefirmen oder in Abteilungen von Konzernen und Ämtern.

TECHNIK

Fachleute in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik unterstützen die Industrie in der angewandten Forschung und Entwicklung. Sie erarbeiten Lösungen für rechnerintensive Probleme, modellieren und simulieren spezifische Strukturen und

Prozesse. Sie entwickeln beispielsweise präzise Auswertungsmethoden für dreidimensionale Messdaten, optimieren Transport- und Produktionsabläufe oder entwickeln Hard- und Software für echtzeitbasierte Steuerungssysteme, etwa von Flugzeugen oder medizinischen Bildgebungsverfahren.

Computational Scientists bilden auf dem Rechner auch hochkomplexe Situationen nach, wie sie etwa bei der Energieversorgung oder der virtuellen Entwicklung von Maschinen entstehen (Simulation).

STATISTIK

Statistikerinnen und Statistiker erheben und werten Daten aus, die Politik, Wirtschaft und Wissenschaft als Orientierungs-, Entscheidungs- oder Planungsgrundlage dienen. Sie unterstützen Ämter und Hochschulen bei sozialwissenschaftlichen Untersuchungen oder beraten Industriekonzerne bei der Verfahrensentwicklung und Qualitätssicherung. Biostatistiker und Computational Scientists begleiten insbesondere klinische und epidemiologische Studien oder analysieren Protein-Sequenzen in der genetischen Forschung.

MANAGEMENT

Als gute Analytikerinnen und abstrakte Denker kommen Fachleute dieser

BERUFSEINSTIEG

2019 sind die Neuabsolventinnen und -absolventen von Schweizer Hochschulen letztmals zu ihrer Beschäftigungssituation befragt worden. Sonderauswertungen waren allerdings nur für Absolventinnen und Absolventen in Mathematik und Physik möglich, in Rechnergestützten Wissenschaften und verwandten Disziplinen hat die Zahl der Befragten nicht ausgereicht. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Beschäftigungssituation, die die Masterabsolventinnen und -absolventen im Jahr nach Studienabschluss angetroffen haben. Sie sind folglich nicht auf alle Mathematiker/innen und Physiker/innen übertragbar.

Nur wenige der Befragten sind noch auf Stellensuche. Die meisten Mathematiker/innen sowie Physiker/innen haben eine

Stelle über persönliche Kontakte oder Online-Inserate gefunden. Persönliche Kontakte haben sich insbesondere aus den Erwerbstätigkeiten während des Studiums ergeben.

Im Hochschulbereich (überwiegend an Universitäten und ETH) sind die meisten Absolventinnen und Absolventen tätig, gefolgt vom Bereich der privaten Dienstleistungen (überwiegend bei Versicherungen, Banken und Informatikdiensten) und vom Schulbereich (überwiegend an Maturitätsschulen). Etwa die Hälfte der Physiker/innen und ein Viertel der Mathematiker/innen sind nach dem Abschluss weiter an einer Hochschule beschäftigt. 28 Prozent der befragten Mathematiker und Mathematikerinnen sind teilzeitbeschäftigt, etwa die Hälfte

der Befragten ist befristet angestellt. Bei den Physiker und Physikerinnen sind 22 Prozent teilzeitbeschäftigt und 78 Prozent befristet angestellt. In diesen Anstellungsbedingungen widerspiegeln sich die vielen Assistenz- bzw. Doktorstellen im Hochschulbereich.

Das Jahresbruttoeinkommen beträgt für Mathematikerinnen und Mathematiker durchschnittlich 84 000 Franken, für Physikerinnen und Physiker mit 62 000 Franken deutlich weniger. Die Lohnunterschiede lassen sich im Wesentlichen durch die Häufung der Anstellungen von Mathematikerinnen und Mathematikern bei privaten Dienstleistern im Vergleich zu den häufigeren Anstellungen von Physikerinnen und Physiker an Hochschulen erklären.

BERUFSPORTRÄTS

In den nachfolgenden Porträts erzählen Berufsleute mit einem Studienabschluss in Mathematik, Physik oder Rechnergestützten Wissenschaften über ihre Laufbahn, ihren Berufsalltag und ihre Zukunftsvisionen.

ERIKA KIENAST-SJÖGREN

Senior Business Analyst Finanzen,
Helsana Versicherungen AG

JULIA WYSLING

Projektmanagerin Analysis
Simulation Engineering (ASE) AG

LUCAS THIEL

IT-Consultant bei der
AWK Group AG

MICHAEL SPRENG

Master in Computational Science and
Engineering, Software Engineer,
AutoForm Development GmbH

DANIELA DOMEISEN

Assistenzprofessorin für
Atmosphärische Vorhersagbarkeit
an der ETH Zürich



Im Gebiet der Statistik finden Absolventen und Absolventinnen eines Studiums in Computational Sciences oft eine berufliche Tätigkeit.

Studienrichtungen auch in Arbeitsbereichen ausserhalb der Mathematik, der Rechnergestützten Wissenschaften und der Physik zum Einsatz. Mitunter leiten sie eine Unternehmenseinheit, stehen einer Schule, einer Hochschule oder einem Amt vor, beraten Organisationen und Unternehmen, betreuen wissenschaftliches Personal, organisieren mathematiknahe Fort- und Weiterbildung oder verwalten Fachbibliotheken und -verlage.

ARBEITSMARKT

Mathematik und ihre Anwendungen als Sprache der Informatik durchdringen zunehmend unsere Welt. Augmented Reality, Big Data und Crispr-Methode sind nur ein paar Beispiele dafür. Die Nachfrage nach qualifizierten Fachleuten nimmt zu und hängt wenig von der allgemeinen Konjunktur ab. Dadurch bieten sich Absolventinnen und Absolventen in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften, Physik und auch verwandten Disziplinen gute bis sehr gute Beschäftigungsaussichten.

Gemäss Expertinnen und Experten haben die Versicherungs- und die IT-Branche den grössten Bedarf an Fachleuten aus diesen Bereichen. Neben Fachkenntnissen sind vor allem Teamfähigkeit und Mehrsprachigkeit gefragt. Mit einem Bachelorabschluss stehen nur wenige Berufsmöglichkeiten offen. Dagegen ist ein Doktorat für eine Tätigkeit in der Forschung und Entwicklung zwingend.

Quellen

- Christoph Luchsinger, www.math-jobs.com
- Auskünfte und Websites der universitären Institute
- *Die erste Stelle nach dem Studium.* Neuabsolventen und –absolventinnen der Schweizer Hochschulen auf dem Arbeitsmarkt. Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften UH (2019), SDBB Bern
- www.academics.ch



Erika Kienast-Sjögren, PhD in Atmospheric Physics an der ETH Zürich, Senior Business Analyst Finanzen, Helsana Versicherungen AG

«MEIN BERUFSALLTAG IST SEHR DYNAMISCH»

Erika Kienast-Sjögren (41) ist als Senior Business Analyst bei einer Versicherung tätig, wo sie ihre Kenntnisse der Datenbanksprache SQL optimal einbringen kann. Sie ist in Nordschweden aufgewachsen und hat nach der Ausbildung zur Primarlehrerin den Weg über die Rechnergestützten Wissenschaften in die Atmosphärenphysik gefunden

und darin doktriert. Heute hat sie einen dynamischen Berufsalltag bei der Helsana.

«Ich mochte schon immer Mathematik und Physik am liebsten, hatte gleichzeitig ein grosses Interesse für die Umwelt. Da ich in Nordschweden aufgewachsen bin, war ich immer sehr viel in der Natur unterwegs. Nach dem Basisjahr in Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich merkte ich aber, dass der Anteil an Biologie und Chemie für mich zu hoch waren und der Mathematikanteil zu klein. Daher habe ich zum Studium der Rechnergestützten Wissenschaften gewechselt.

Die Kombination der verschiedenen mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer fand ich äusserst spannend. Der Studiengang gestaltete sich sehr familiär und ich habe heute noch Kontakt mit ein paar Mitstudenten; Mitstudentinnen hatte ich im Bachelor keine. Wir haben viel zusammen für die Prüfungssessionen gelernt. Das war sehr hilfreich und sorgte für einen tollen Zusammenhalt.

Im Bachelor wählte ich die Vertiefung Atmosphärenphysik und merkte während der Bachelorarbeit, dass ich zu wenig Grundwissen in diesem Bereich hatte. Daher entschied ich mich dafür, den Master in Atmosphärenphysik zu machen. Dort konnte ich viele Freifächer wählen und habe diese im Bereich der Rechnergestützten Wissenschaften ausgesucht. Ich fand ein sehr spannendes Thema für meine Masterarbeit, die später sogar in einem wissenschaftlichen Journal publiziert wurde. Während der Masterarbeit erhielt ich auch gleich einen ersten Einblick in das Institut, wo ich später meine Dissertation schrieb.

MUTTERSCHAFT UND DOKTORAT IN ATMOSPHÄRENPHYSIK

Direkt nach meinem Masterabschluss, drei Tage nach der Präsentation meiner Arbeit, wurde meine Tochter geboren. So machte ich erstmal ein Jahr lang Pause. Meine erste Stelle nach dem Studium war ein Doktorat in Atmosphärenphysik an der ETH Zürich. Da ich schon Mutter war, konnte ich zu 80 Prozent arbeiten und brauchte so

etwas mehr Zeit bis zum Abschluss des Doktorats.

Der Einblick in die Forschungs- und Lehrtätigkeit der ETH gefiel mir zwar, nach der Promotion war mir aber klar, dass eine wissenschaftliche Karriere keine Option für mich ist. Ich wollte es meinen Kindern – während der Promotion wurde mein Sohn geboren – nicht zumuten, alle Jahre umzuziehen. Auch ich selbst wollte in der Region Zürich wohnen und arbeiten. Ich fand den Berufseinstieg über das Doktorat eher sanft, da ich das Umfeld der ETH ja bereits kannte.

BERUFSEINSTIEG NACH DOKTORAT

Nach dem Doktorat wechselte ich direkt zu MeteoSchweiz, wo ich als Projektleiterin ein spannendes Projekt mit mehreren Bundesämtern leiten konnte. Als Endprodukt wurde eine gemeinsame Webpage zum Thema Klima erstellt. Dort wird nun das gesamte Klimawissen der Bundesämter gesammelt und aufbereitet. Nach etwas mehr als zwei Jahren in befristeter Anstellung bei MeteoSchweiz fand ich es anschliessend sehr schwierig, eine Stelle zu finden. Ich dachte, dass das mit der guten Ausbildung und der Berufserfahrung viel einfacher gehen würde. Inzwischen habe ich von mehreren hochqualifizierten Frauen gehört, die nach der Promotion oder nach einer befristeten Stelle grosse Schwierigkeiten hatten, etwas zu finden.

Nach neunmonatiger Stellensuche habe ich schliesslich eine Stelle bei Helsana als Datenanalytikerin im Bereich Versicherungsmissbrauch gefunden. Mit SQL-Analysen habe ich potenzielle Versicherungsmissbrauchsfälle im Krankentaggeldgeschäft detektiert und den Betrieb bei der Ermittlung gegen Personen, die das System missbrauchen, unterstützt.

VORTEIL SQL-KENNTNISSE

Meine jetzige Stelle war als Senior Business Analyst Finanzen mit dem Schwerpunkt Zahlungsverkehr ausgeschrieben. Vor meinem Studium habe ich ein paar Jahre bei einer Grossbank im Zahlungsverkehr gearbeitet. Da es mir dort sehr gefallen hatte, habe ich mich intern beworben. Während mei-

ner ersten Funktion bei Helsana habe ich viele SQL-Queries geschrieben. Da sie jemanden mit SQL-Kenntnissen suchten, passte das wunderbar. Ich beschäftige mich aktuell mit den Zahlungsverkehrsprozessen in unserem System (GUI) und mit den Schnittstellen-Systemen. So wird sichergestellt, dass die Zahlungsein- und -ausgänge korrekt verbucht werden. Zudem begleite ich als Product Owner das Thema Zahlungsverkehr während den vier Releases pro Jahr.

Manchmal werden Analysen gebraucht, zum Beispiel um einer Thematik nachzugehen oder gewisse Kunden anzuschreiben. Dann suche ich mit SQL-Queries die notwendigen Informationen aus unserer DWH (Data Warehouse) raus. Ich bin auch in ein Projekt involviert, wo es darum geht, die Arbeitsplätze anhand neuer Anforderungen anzupassen, z.B. durch mehr Möglichkeiten für Homeoffice oder einer moderneren Arbeitsplatzgestaltung.

DYNAMISCHER BERUFSALLTAG

Ich würde sagen mein Berufsalltag ist ziemlich dynamisch und es ist nie langweilig. Natürlich gibt es regelmässige Sitzungen, um sich auszutauschen und Issues zu besprechen. Unser Team trifft sich zudem alle zwei Wochen, um zu sehen, wer woran arbeitet. So sind wir gegenseitig immer auf dem aktuellen Stand. Wenn etwas nicht korrekt funktioniert hat, bekommen wir Meldungen und gehen dem nach. In einigen Wochen schreibe ich mehr SQL, in anderen weniger. Manchmal gibt es Dinge mit dem Betreiber unserer Haupt-Software zu klären.

Direkten Kundenkontakt habe ich nicht, arbeite aber mit der Fachabteilung Zahlungsverkehr eng zusammen und auch mit dem Business Engineering Finanzen. Der Austausch und die Zusammenarbeit mit den verschiedensten Menschen gefallen mir sehr. Unser gemeinsames tägliches Ziel ist es, unseren Kundinnen und Kunden den bestmöglichen Service zu bieten.»

Porträt
Regula Oppliger



Julia Wysling, Master in Mathematik an der ETH Zürich, Projektmanagerin Analysis Simulation Engineering (ASE) AG

DIE PROBLEMLÖSERIN

Julia Wysling (28) verbindet ihr Flair für Zahlen mit ihrem sozialen Engagement, die Menschen weiterzubringen: Die Mathematikerin und ehemalige VSETH-Präsidentin arbeitet als Projektmanagerin in der Personenfluss-Simulation und -Optimierung. Sie ist politisch engagiert und findet im Triathlon und Halbmarathon ihren Ausgleich.

Schon als Kleinkind hat Julia Wysling vom Kinderwagen aus Strassenlaterne gezählt. Das erzählt zumindest ihr Vater gerne, ein Journalist, der das Zahlenflair seiner Tochter bis heute nicht ganz verstehen kann. Doch Julia Wysling konnte schon immer besser mit Zahlen als mit Buchstaben. «Ich ging nach der sechsten statt nach der achten Klasse ins Gymi, so musste ich keine Französischprüfung ablegen.» Es ist das Logische, das Rationale, das Julia Wysling fasziniert. «Es gibt da eher richtig und falsch und weniger Diskussionen.»

EHRGEIZ GEPACKT

Entsprechend entschied sich die heute 28-Jährige vor über zehn Jahren für das mathematisch-naturwissenschaftliche Gymnasium. Ein Entscheid, den sie ganz bewusst traf. «Ich hatte zuvor einen Lehrer, der offenbar davon überzeugt war, dass Frauen nicht in die Naturwissenschaften gehörten und mir darum stets schlechtere Noten gab.» Daraufhin habe sie der Ehrgeiz erst recht gepackt: «Ich wollte ihm das Gegenteil beweisen.»

Nach dem Gymnasium wählte Julia Wysling schliesslich ein Mathematikstudium an der ETH Zürich, das sie mit dem Master abschloss. Eigentlich wollte sie die Zahlen mit etwas Sozialem verbinden. Die Studienberatung empfahl ihr Psychologie. «Das fand ich dann doch etwas weit hergeholt.» Also doch einfach Mathematik. Und warum an der ETH? «Das war – untypisch für mich – zunächst ein irrationaler Entscheid.» Wyslings Mutter hatte an der ETH Pharmazie studiert und schwärmte ihrer Tochter oft von dieser Zeit vor.

KEINE LANGEWEILE

Bereut hat die Zürcherin ihre Wahl nie – auch wenn sie sich heute vielleicht anders entscheiden würde. «Ich glaube, Bauingenieurwesen oder Informatik hätten auch gut gepasst.» Doch sie fühlte sich bei den Mathematikern gut aufgehoben. Obwohl die Männer zahlenmässig dominierten und Wysling in kleineren Vorlesungen teilweise die einzige Frau war, fühlte sie sich nie unwohl. «Die Mathematiker sind sehr sozial.»

Julia Wysling konnte in diesem Umfeld auch ihren Drang nach sozialem Engagement ausleben. So war sie bereits während ihres Bachelorstudiums ehrenamtlich im Vorstand des Vereins der Mathematik- und Physikstudierenden in der Eventorganisation tätig. Ein Jahr später präsidierte sie den Verein und organisierte Events für den VSETH, den Studierendenverein der ETH – alles neben dem Studium und ihrem Nebenjob als Assistentin in der Mathematikbibliothek der ETH. Als Ausgleich zum studentischen, beruflichen und ehrenamtlichen Alltag trieb Wysling viel Sport. «Ich habe während des Studiums den Triathlon für mich entdeckt.» Dieser sei jedoch immer nur ein Hobby gewesen. «Das einzig Kompetitive daran war, mich selbst zu verbessern.»

FÖRDERPROGRAMM FÜR FRAUEN

Als gute Erfahrung erwies sich auch die Teilnahme am Femtec-Careerbildungsprogramm während dreier Semester. Das Förderprogramm für Frauen bereitet Studentinnen gezielt auf die berufliche Praxis und auf Führungsaufgaben vor. Nach Abschluss des Masterstudiums in der Forschung zu bleiben, kam für Julia Wysling nicht in Frage. «Dafür hatte ich einfach zu wenig Interesse an der Mathematik», gibt sie zu. Sie wollte etwas tun, das die Menschen weiterbringt, eine soziale Komponente hat. Per Zufall stiess die Absolventin am Schwarzen Brett bei der Polymensa auf eine Ausschreibung der Analysis Simulation Engineering (ASE) AG in Zürich. Eine Ausschreibung, hinter welcher der wohl perfekte Job für Julia Wysling steckte.

MEHRWERT FÜR DIE GESELLSCHAFT

Seit zwei Jahren ist die Mathematikerin nun Projektmanagerin in der Modellierung und Simulation der ASE. Das heisst konkret: Julia Wysling simuliert am Computer Personenflüsse, zum Beispiel in Einkaufszentren, Stadien oder Bahnhöfen. «Man kann sich das ein bisschen vorstellen wie das Computerspiel «Sims». Ich programmiere eine Umgebung, variiere diese und werte schliesslich Daten aus.» Zurzeit befasst sie sich vor allem mit

Bahnhöfen. Da viele Schweizer Bahnhöfe allmählich an ihre Kapazitätsgrenzen stossen, müssen neue Lösungen her. Bahnunternehmen, Polizei oder Behörden wenden sich dann an Firmen wie die ASE. Und Julia Wysling untersucht: mit Sitzbank oder ohne, ein Aufgang oder zwei, Perron verbreitern oder verlängern?

Die Erkenntnisse und Empfehlungen, die die Mathematikerin aus den Zahlen und Daten gewinnt, gibt sie in Berichten an die Auftraggeber weiter. Nicht immer können diese den Empfehlungen nachkommen. «Es ist stets ein Abwägen zwischen verschiedenen Ansprüchen. Ich versuche auf jeden Fall, die Umgebung in Bezug auf Sicherheit, Funktionalität und Komfort zu optimieren.» Julia Wysling ist glücklich mit diesem Job. «Ich kann Mathematik im realen Leben anwenden und gleichzeitig einen Mehrwert für die Gesellschaft schaffen.»

AUSWANDERUNG NACH PARIS

Auch wenn es seit dem Studienabschluss ruhiger wurde in Julia Wyslings Leben, ist sie immer noch sehr engagiert. Sie organisiert Events für die Alumni Vereinigung der ETH Zürich und trainiert für Halbmarathons und Triathlons. Derzeit hat sie aber noch ganz andere Pläne: Zusammen mit ihrem Freund wandert sie vorübergehend nach Paris aus. Während er in der französischen Hauptstadt eine zweijährige Postdoc-Stelle antritt, kann sie aus der Ferne für die ASE weiterarbeiten. Wie es nach diesen zwei Jahren weitergeht, weiss Julia Wysling noch nicht. Irgendwann möchte sie auf jeden Fall nach Zürich zurückkehren. Ihr Ziel bis dahin: Französisch zu sprechen.

Quelle

Autorin: Corina Oertli, in: ETH Globe, 3/2019, (gekürzt und bearbeitet)



Lucas Thiel, PhD in Physik an der Universität Basel, IT-Consultant bei der AWK Group AG

DER IT-BERATER UND WISSENSMANAGER

Lucas Thiel (30) ist als IT-Consultant tätig und befasst sich dabei mit dem Erwerb, dem Austausch und der Weitergabe von Wissen. Nach dem Bachelor in Nanowissenschaften absolvierte er den Master in Physik, ehe er in seiner Doktorarbeit hochsensible Sensoren aus Diamant untersuchte und entwickelte.

«Das Privileg, dass man als Physiker nach dem Studium die verschiedensten Richtungen einschlagen kann – z.B. akademische Karriere an einer Uni, angewandte Forschung und Entwicklung in der Fertigungsindustrie, Programmieren in der Software-Industrie, mathematische Modellierung im Finanz- und Versicherungswesen oder sogar Oberhaupt eines Landes werden (wie Angela Merkel) – war aus meiner Perspektive eher ein Problem. Ich konnte mich lange nicht entscheiden, was genau ich mit meinen Ressourcen anfangen möchte.

Bis ich an einer Absolventenmesse mit einem Mitarbeitenden der IT-Beratung AWK Group AG ins Gespräch kam und er mir von seiner Arbeit erzählte. Der darauffolgende Einstellungsprozess verlief sehr schnell und top strukturiert – eine Bewerbung, zwei Gesprächsrunden, ein Jobangebot. So kommt es, dass ich nun Teil eines ambitionierten und zugleich auch familiären Unternehmens bin und im Team mit «Real-World-Problems» in den verschiedensten Branchen in Kontakt komme.

VON DEN NANOWISSENSCHAFTEN ZUR PHYSIK

In der Schule habe ich schnell gemerkt, dass mich die Naturwissenschaften rund um Mathematik, Physik, Chemie und Biologie am meisten faszinieren. Aus diesem Grund habe ich mich für ein Studium der Nanowissenschaften an der Universität Basel entschieden. Biologie war mir persönlich allerdings zu viel auswendig lernen, Chemie dagegen zu praxisbezogen. Dementsprechend spezialisierte ich mich im Master und wechselte auf den reinen Physikstudiengang.

Meine Masterarbeit habe ich in einem Auslandsjahr an der Harvard Universität in Boston, USA, geschrieben. Zurück in Basel habe ich meine akademische Laufbahn fortgesetzt und mich für ein Doktorat in der experimentellen Physik entschieden. Zu Beginn des Doktorats starteten wir mit einem komplett leeren Labor, in dem wir innerhalb von fünf Jahren einen neuartigen Magnetfeldsensor aus Diamanten entwickelten. Abgekühlt auf

unvorstellbar tiefe Temperaturen (-270 Grad) kann man diesen mittels hochsensiblen Motoren Nanometer genau positionieren und durch Laserlicht Informationen über seinen Zustand erhalten. Unter Mithilfe von viel Elektronik und Software konnten wir damit atemberaubende Magnetfeldbilder aufnehmen. Dies ermöglichte es zum ersten Mal überhaupt, grundlegende Kenntnisse über die magnetische Natur neuartiger, zweidimensionaler Materialien zu gewinnen – potenzielle Computerspeicher von morgen.

EINBLICK IN DIVERSE THEMEN UND BRANCHEN

Bevor ich im Anschluss meinen Job in der IT-Beratung begann, war meine naive Vorstellung, dass die AWK vor allem Unternehmen bei der Entwicklung von Software berät. Das Spektrum ist allerdings viel breit gefächert. So unterstützt die AWK z.B. den Schweizer Bund dabei, dass man im Gotthardtunnel mit 4G im Internet surfen kann oder dass Autos effizient durch die Strassen geleitet werden.

«Als Physiker bin ich es gewohnt, mich rasch in neue Themengebiete einzuarbeiten und komplizierte Sachverhalte logisch und strukturiert zu durchdenken und zu erarbeiten.»

Der Migros werden mithilfe von Sensoren und Datenanalysen frühzeitig Störungen in der Produktionslinie angezeigt, diverse Unternehmen werden in Cyber-Security-Themen auf den aktuellsten Stand gebracht und ein grosses nationales Kommunikationsunternehmen wurde bei der Fehlersuche nach einer flächendeckenden Störung unterstützt, bei der sogar die Notrufnummern ausfielen

Nach meiner gerade mal sechsmonatigen Tätigkeit kann ich bereits auf eine breite Palette an Erfahrungen in diversen Branchen und Themengebieten zurückschauen. So habe ich u.a. in einer Erdölfirma geprüft, ob die internen Kontrollsysteme im Einkaufswesen

greifen und für einen Telekommunikationsanbieter die IT- und Datenstruktur analysiert. Weiter habe ich ein Finanzunternehmen fit gemacht für eine Prüfung der Sicherheit der eigenen IT, eine Onlineplattform zur Darstellung der neusten Technologietrends programmiert und helfe momentan einer Bundesbehörde dabei, ihre Geschäftsprozesse zu analysieren, damit sie langfristig digitalisiert werden können.

DENKWEISE ALS KERNKOMPETENZ

Der rasante Wechsel von Anforderungen und Inhalten verlangt von einem Berater natürlich hohe Anpassungsfähigkeit, schnelle Informationsaufnahme und eine steile Lernkurve. Das Schöne als Physiker ist dabei, dass man dieses Gesamtpaket schon mitbringt. Während das im Studium aufgenommene Fachwissen rund um die Schrödingergleichung oder die Relativitätstheorie kaum Alltagsrelevanz findet, sind die Softskills, die man bei der Aufnahme von Fachwissen erweitert hat, nun Gold wert. Als Physiker bin ich es gewohnt, mich rasch in neue Themengebiete einzuarbeiten und komplizierte Sachverhalte logisch und strukturiert zu durchdenken und zu erarbeiten.

KERNAUFGABE WISSENSMANAGEMENT

Das Erwerben, Strukturieren, Austauschen und Weitergeben von Wissen bildet auch die Kernaufgabe meines Jobs als IT-Consultant. Im Dialog mit dem Kunden müssen zunächst dessen Probleme in ihrer ganzen Komplexität erfasst und verstanden werden, um sie anschliessend in kleine, verdauliche Happen auf dem Weg zu einer Lösung runterzubrechen.

Was ich sehr an dieser Arbeit schätze ist der ständige Austausch mit Menschen. Die Beratung bleibt eine Arbeit im Kontakt mit und für Menschen. Wenn der Kunde sich dann z.B. am Ende eines Video-Calls glücklich verabschiedet, weiss man, dass man gute Arbeit geleistet hat.»

Porträt
Regula Oppliger



Michael Spreng, Master in Computational Science and Engineering, Software Engineer, AutoForm Development GmbH

SOFTWARE FÜR DIE HARDWARE VON AUTOS

Michael Spreng (31) ist Absolvent der Rechnergestützten Wissenschaften an der ETH Zürich. Er erstellt Softwarelösungen für die Blechumformung von Autoteilen wie Türen, Hauben oder Kotflügel. An der jährlich stattfindenden Kontaktparty der ETH Zürich hat er seinen aktuellen Arbeitgeber, die Firma AutoForm, kennengelernt.

Seit seinem Masterabschluss ist er für sie tätig.

Wie kommt Ihre Simulationssoftware zum Einsatz?

Die Simulation ist beim Herstellen von Blechteilen unverzichtbar geworden. Denn die Pressen zum Herstellen von Blechteilen sind gross, mehrere Tonnen schwer und teuer. Und das Herstellen der Werkzeuge, welche das Blech in die gewünschte Form bringen und in diesen Pressen eingebaut sind, ist zeitaufwändig. Durch die Simulation können unsere Kunden also viel Geld sparen. Obwohl die Rechner immer schneller werden, brauchen Simulationen immer noch erheblich Zeit. Die richtige Balance zwischen Rechenaufwand und Genauigkeit zu finden, bleibt eine Herausforderung für die Entwicklung der Software.

Worin unterscheiden Sie sich vom Informatiker, der auch Software entwickelt?

Ich habe zum Beispiel nicht so viel Ahnung, wie man einen Compiler baut. Dafür weiss ich viel über finite Elemente und das numerische Lösen von

«Als Computational Scientist bin ich etwas breiter in Mathematik und Naturwissenschaften abgestützt als ein Informatiker.»

Differentialgleichungen. Als Computational Scientist bin ich etwas breiter in Mathematik und Naturwissenschaften abgestützt als ein Informatiker. An den Computer gehe ich eher von der praktischen Seite heran. Ich will mithilfe des Computers neue (naturwissenschaftliche) Erkenntnisse gewinnen, während die Informatik eher Erkenntnisse über den Computer und seine Programmierung erlangen will.

Wie arbeiten Sie?

Die meiste Zeit arbeite ich selbstständig. Da bei uns auch Physikerinnen, Bauingenieure und Informatikerinnen Software entwickeln, kann ich sie jederzeit beiziehen und umgekehrt. An

manchen Tagen schreibe ich keine einzige Zeile Code. Ich rechne verschiedene Beispiele, vergleiche die Resultate und versuche ein besseres Modell zu finden. Oder ich suche Fehler in meiner Implementierung – wenn etwa das Blech gerissen ist, obwohl es noch ganz sein müsste. Ich kann stundenlang Werte anschauen und muss mit detektivischem Geschick dem Fehler auf die Schliche kommen. An anderen Tagen weiss ich genau, wie ich etwas lösen kann und produziere viel Code.

Was bereitet Ihnen Mühe und was Freude?

Da wir keine eigene Presse haben, kann ich leider die Messanordnung nicht genauer anschauen oder weitere Messungen durchführen. Mein Wissen beschränkt sich auf Theorie und Simulation, mit Umformtechnik in der Realität habe ich sehr wenig Erfahrung. So muss ich raten, welche Aspekte des Modells oder der Messung ich berücksichtigen muss, um das Modell mit den Messungen besser in Einklang zu bringen.

Manchmal ärgere ich mich auch darüber, dass der Code nicht einheitlich und nicht gut strukturiert ist. Umgekehrt empfinde ich meine Tätigkeit als sehr abwechslungsreich und freue mich auf jede neue Aufgabe. Schnittlinien zu optimieren, ist etwas ganz anderes als Materialeigenschaften in einer Software-Bibliothek zu verwalten. Und es macht Spass, in einem tollen Team an der Weiterentwicklung der Simulation zu arbeiten. Auch freue ich mich über die farbigen Bilder – quasi die Früchte der Simulation. Auf dem Bildschirm kann ich mir Spannungen und Dehnungen im Blechteil anzeigen lassen, die mir normalerweise verborgen sind.

Wie haben Sie den Berufseinstieg erlebt?

Während des Studiums hatte ich schon mit grösseren Projekten zu tun, deren Software ich aber nicht von Grund auf mitgeschrieben habe. Als ich bei AutoForm angefangen habe, kam viel mehr Code dazu – also mehr Dateien, Funktionen, Zeilen, Variablen und Komplexität. Auch die Zusam-

menarbeit mit anderen Leuten, die ich nicht jeden Tag sehe, war neu. Wenn ich mit meinem Teil der Arbeit fertig bin, fangen andere vielleicht erst ein paar Wochen später an, darauf aufzubauen. Damit die Zusammenarbeit klappt, braucht es einen guten Plan, eine klare Schnittstelle und eine genaue Dokumentation.

Haben Sie bei Studienabschluss auch andere Berufsideen verfolgt?

Ich habe auch in Betracht gezogen zu doktorieren. Ich habe mich dann aber für die Stelle bei AutoForm entschieden. Die Zeit an der ETH war toll, doch

«Ich freue mich auf jede neue Aufgabe, denn Schnittlinien zu optimieren ist etwas ganz anderes als Materialeigenschaften in einer Software-Bibliothek zu verwalten.»

ich wollte etwas mit mehr Praxisbezug tun. Heute verkehren viele Autos auf der Strasse, deren Teile AutoForm berechnet hat – mit Software, die ich mitentwickelt habe. Das finde ich immer noch motivierend.

Was planen Sie für die Zukunft?

Die Arbeit, die ich im Moment ausübe, gefällt mir gut. In Zukunft werde ich mehr Verantwortung für gewisse Aspekte oder Features der Simulation übernehmen.

Interview
Janos Liptak



Daniela Domeisen, PhD in Climate Physics and Chemistry am MIT, Assistenzprofessorin für Atmosphärische Vorhersagbarkeit an der ETH Zürich

DIE KLIMAFORSCHERIN IN DER HOCHSCHULLEHRE

Daniela Domeisen (36) interessiert sich nicht nur für die physikalischen Hintergründe, sondern auch für die globalen Auswirkungen von Wetter und Klima auf Mensch, Gesellschaft und Wirtschaft. An der ETH Zürich erforscht sie mit ihrem Team, wie sich das atmosphärische Geschehen über mehrere Monate vorhersagen lässt.

«Das Klima hat mich schon während meines Physikstudiums interessiert. An der ETH Zürich sowie während eines Auslandjahres im schwedischen Uppsala habe ich sämtliche Kurse in Klimatologie, Meteorologie, Fluid-dynamik und Atmosphärenphysik besucht, die ich finden konnte. Zudem habe ich eine Semester- und meine Diplomarbeit in diesem Gebiet geschrieben. Nach Studienabschluss habe ich während eines Praktikums bei Meteotest in Bern Satellitendaten zur Leistungsvorhersage von Solaranlagen ausgewertet.

MENSCH UND KLIMA

Ich wollte aber nicht nur die physikalischen Hintergründe des Klimas und die Funktionsweise der Atmosphäre kennen, sondern mehr wissen über deren Auswirkungen auf die Gesellschaft. An der Columbia University in New York absolvierte ich mit Studierenden aus aller Welt das global ausgerichtete Masterprogramm «Climate & Society». Es zeigt auf, wie untrennbar das Klima mit Kernfragen unserer Gesellschaft verbunden ist, z.B. mit Nahrungsmittelproduktion oder Energienutzung. Gleichzeitig forschte ich am International Research Institute for Climate and Society zum Thema Wasserknappheit in der Sahelzone.

Während meiner Zeit in New York hörte ich zwei Vorträge von Professoren des Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge. Ich war so fasziniert, dass ich mich für das Doktoratsprogramm am MIT bewarb. In meiner Doktorarbeit ging es um die Interaktion verschiedener Schichten der Atmosphäre, speziell um die fluid-dynamische Theorie und Modellierung von sogenannten Stratosphärenwärmungen und deren Auswirkungen auf den Erdboden. Gleichzeitig habe ich Kurse an der MIT Sloan Business School belegt und einen Mini-MBA an der Harvard Business School absolviert, um mögliche Anwendungen für mein Wissen auszuloten.

WETTER UND WIRTSCHAFT

Nach Abschluss meines Doktorats und einem kurzen Postdoc an der Cornell University in Ithaca NY zog ich nach

Hamburg. Am Ozeanographie-Institut der Universität Hamburg setzte ich mich mit Vorhersagbarkeit auf saisonalen Zeitskalen auseinander. In Zusammenarbeit mit dem deutschen Wetterdienst entwickelten wir ein Modell, welches das Wettergeschehen mehrere Monate im Voraus erkennen soll.

Nach eineinhalb Jahren in Hamburg fand ich eine spannende Anwendung für das Wissen, das ich während meiner Ausbildung gewonnen hatte: Eine weltweit im Rohstoffhandel tätige Firma in London suchte erstmals einen Meteorologen. Die Hauptarbeit bestand darin vorherzusagen, welchen Einfluss Wetterereignisse auf die internationale Wirtschaft haben. Wie wenig Regen kann in Brasilien fallen, damit die Kaffee-Ernte trotzdem noch

«Wenn wir die dynamischen Zusammenhänge in der Atmosphäre besser verstehen, können wir langfristige Vorhersagen treffen.»

gut wird? Hält ein Hurrikan in der Karibik die Tankschiffe auf? Wie beeinflusst ein vorhergesagter Sturm die Windenergieproduktion und damit den Strompreis in Deutschland?

Diese Arbeit beinhaltete mehrere Berichte pro Tag für interne und externe Kunden. Oft kamen auch kurzfristige Anfragen, z.B. zu El Niño. Daneben betrieb ich Hintergrundforschung, traf mich mit internen Brokern und externen Datenlieferanten und recherchierte auch Berichte für Märkte, welche vom Wetter weniger stark betroffen sind, wie z.B. Öl und Eisenerz. Dabei haben zusätzlich zu meinen Kenntnissen in der Meteorologie auch die Kurse an den verschiedenen Business Schools geholfen.

FORSCHUNG UND LEHRE

Das Angebot für eine Professur für Meteorologie am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel wollte ich dann aber nicht ausschlagen. Ich stand weiterhin für die Firma in London als Beraterin zur Verfügung, welche durch meine Arbeit festgestellt

hatte, dass sie weiterhin dringend jemanden mit einem Hintergrund in der Meteorologie benötigen. Gleichzeitig unterrichtete ich in Bachelor- und Masterstudiengängen und tauchte wieder in die Forschung ein mit Studierenden und meinen ersten Doktoranden. Daneben schrieb ich Forschungsanträge, um meine Forschungsvorhaben in die Realität umsetzen zu können.

Einer meiner erfolgreichen Anträge beim Schweizerischen Nationalfonds gewährt mir nun eine Assistenzprofessur an der ETH Zürich. Mithilfe dieser Förderung sowie weiterer eingeworbener Gelder habe ich meine Forschungsgruppe vergrößern können. Wir forschen in den Bereichen Wettervorhersagen auf Zeitskalen von Wochen bis Monaten (z.B. für Hitzewellen und andere Extremereignisse), El Niño und seinen Auswirkungen auf Europa, in der Dynamik der verschiedenen Atmosphärenschichten sowie in der Visualisierung von Wetterdaten.

ERFAHRUNG UND ZUKUNFT

Ich lasse die verschiedenen Dinge, die ich in meiner beruflichen Laufbahn gelernt habe, in meine Forschung einfließen, auch die Industrieerfahrung. Oft realisiere ich Ideen, die meiner Tätigkeit in der Industrie entspringen – diese Verbindung fasziniert mich weiterhin. Gerade in der langfristigen Vorhersage ist die Anwendung relevant, bringt aber auch ein verbessertes Verständnis der dynamischen Zusammenhänge in der Atmosphäre. Für die Zukunft wünsche ich mir, dass ich meine akademische Laufbahn erfolgreich weiterführen kann. Ich denke, dass die langfristige Wettervorhersage gerade in Zeiten von Wetterextremen und Klimawandel weiterhin ein wichtiges Thema bleiben wird.»

Porträt

Christina Ochsner

Mehr Informationen

climatesociety.ei.columbia.edu

eapsweb.mit.edu

www.marexspectron.com

geomar.de

iac.ethz.ch

SERVICE

ADRESSEN, TIPPS UND WEITERE INFORMATIONEN

STUDIERN

www.berufsberatung.ch

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

www.swissuniversities.ch

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

www.studyprogrammes.ch

Bachelor- und Masterstudienprogramme aller Hochschulen.

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

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

Studium in Sicht –

Studienrichtungen und Berufsperspektiven, SDBB Verlag, 2018



Universitäre Hochschulen

www.epfl.ch: Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne

www.ethz.ch: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

www.unibas.ch: Universität Basel

www.unibe.ch: Universität Bern

www.unifr.ch: Universität Freiburg

www.unige.ch: Universität Genf

www.usi.ch: Universität der italienischen Schweiz

www.unil.ch: Universität Lausanne

www.unilu.ch: Universität Luzern

www.unine.ch: Universität Neuenburg

www.unisg.ch: Universität St. Gallen

www.uzh.ch: Universität Zürich

www.fernuni.ch: Universitäre Fernstudien der Schweiz

Fachhochschulen

www.bfh.ch: Berner Fachhochschule BFH

www.fhgr.ch: Fachhochschule Graubünden FHGR

www.fhnw.ch: Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

www.supsi.ch: Fachhochschule Südschweiz SUPSI

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

www.hslu.ch: Hochschule Luzern HSLU

www.ost.ch: Ostschweizer Fachhochschule OST

www.zfh.ch: Zürcher Fachhochschule ZFH

www.fernfachhochschule.ch: Fernfachhochschule Schweiz

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

Pädagogische Hochschulen

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

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

Links zu allen Hochschulen und Studienfächern

www.berufsberatung.ch/studium

Weiterbildungsangebote nach dem Studium

www.swissuni.ch

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

FACHGEBIET

Organisationen und Verbände

Schweizerische Mathematische Gesellschaft: www.math.ch

Schweizerische Gesellschaft für Statistik: www.stat.ch

Schweizerische Aktuarvereinigung: www.actuaries.ch

Schweizerische Physikalische Gesellschaft: www.sps.ch

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz: www.scnat.ch

Nationales Kompetenzzentrum für Planetenforschung:
www.nccr-planets.ch

Verein Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrkräfte:
www.vsmf.ch

Portal der Deutschen Mathematiker-Vereinigung
www.mathematik.de

Deutsche Physikalische Gesellschaft: www.dpg-physik.de

Fachportale

Forschung allgemein: www.myscience.ch

Welt der Physik: www.weltderphysik.de

Das Physikportal: www.pro-physik.de

Online-Zeitschriften

Deutsche Zeitschrift für alle mathematisch Interessierten
(vom Gymnasiasten bis zur Professorin): www.wurzel.org

Fachzeitschrift des Institute of Physics (London):
www.physicsworld.com

Schweizer Forschungszentren

Kernforschungslabor CERN: www.cern.ch

Paul Scherrer Institut PSI: www.psi.ch

IBM Research Lab: www.zurich.ibm.com

Material- und Technologieforschung Empa www.empa.ch

Informationsveranstaltungen zum Studium

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

Vorlesungsverzeichnisse, Wegleitungen, Vorlesungsbesuche

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

Noch Fragen?

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

Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung

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

Antworten finden – Fragen stellen

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

PERSPEKTIVEN EDITIONSPROGRAMM

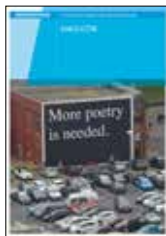
Die Heftreihe «Perspektiven» vermittelt einen vertieften Einblick in die verschiedenen Studienmöglichkeiten an Schweizer Universitäten und Fachhochschulen. Die Hefte können zum Preis von 20 Franken unter www.shop.sdbb.ch bezogen werden oder liegen in jedem BIZ sowie weiteren Studien- und Laufbahnberatungsinstitutionen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



2018 | Agrarwissenschaften
Lebensmittelwissenschaften
Waldwissenschaften



2017 | Altertumswissenschaften



2021 | Anglistik



2018 | Architektur,
Landschaftsarchitektur



2019 | Asienwissenschaften
und Orientalistik



2018 | Bau und Planung



2020 | Biologie



2021 | Chemie,
Biochemie



2018 | Geowissenschaften



2019 | Germanistik,
Nordistik



2018 | Geschichte



2020 | Heil- und
Sonderpädagogik



2020 | Informatik,
Wirtschaftsinformatik



2017 | Interdisziplinäre
Naturwissenschaften



2019 | Internationale
Studien



2019 | Kunst



2020 | Medien und
Information



2017 | Medizin



2020 | Medizinische
Beratung und Therapie



2018 | Musik,
Musikwissenschaft



2017 | Pflege,
Geburtshilfe



2019 | Pharmazeutische
Wissenschaften



2019 | Philosophie



2020 | Psychologie



2017 | Soziologie, Politik-
wissenschaft, Gender
Studies



2019 | Sport, Bewegung,
Gesundheit



2017 | Sprachwissenschaft,
Vergleichende Literatur-
wissenschaft, Angewandte
Linguistik



2021 | Theater, Film, Tanz



2020 | Theologie,
Religionswissenschaft



2020 | Tourismus, Hotel
Management, Facility
Management



2020 | Umweltwissen-
schaften



2019 | Unterricht
Mittel- und
Berufsfachschulen

«Perspektiven»-Heftreihe

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

Im Jahr 2021 werden folgende Titel neu aufgelegt:

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



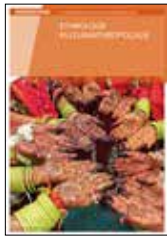
2018 | Design



2020 | Elektrotechnik und Informationstechnologie



2017 | Erziehungswissenschaft



2019 | Ethnologie, Kulturanthropologie



2019 | Kunstgeschichte



2018 | Maschinenbau, Maschinenbauingenieurwissenschaften



2020 | Materialwissenschaft, Nanowissenschaften, Mikrotechnik



2021 | Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik



2019 | Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften



2018 | Romanistik



2018 | Slavistik, Osteuropa-Studien



2020 | Soziale Arbeit



2018 | Unterricht Volksschule



2018 | Veterinärmedizin



2017 | Wirtschaftswissenschaften

IMPRESSUM

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

Herausgeber

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

Projektleitung und Redaktion

Heinz Staufer, René Tellenbach, SDBB

Fachredaktion

Regula Oppliger, BIZ Berufsberatungs- und Informationszentren, Bern

Fachlektorat

Nora Kehlstadt, Studienberatung Basel;
 Nadine Bless, Studien- und Laufbahnberaterin

Porträtbilder von Studierenden und Berufsleuten

Dominique Meienberg, Zürich

Bildquellen:

Titelbild: www.shutterstock.com/AnuchaiKunthatip/Sashkin/Montage
 Viviane Wälchli
 S. 6: www.shutterstock.com/Gorodenkoff; S. 9: Wikipedia/Dhatfield;
 S. 10: www.shutterstock.com/JohnDSirlin; S. 11, oben: ETH Globe/Gian Marco Castelberg; S. 11, unten: www.shutterstock.com/PrachayaTeerakathiti; S. 12: www.shutterstock.com/BobkovEvgeniy/AleksandrRybalco; S. 13: www.shutterstock.com/Ratikova; S. 14: shutterstock.com/Nightman1965; S. 15, 16: Jos Schmid, Universität Zürich; S. 17: Keystone/Laif; S. 18: Mark A. Garlick/markgarlick.com; S. 19: Universität Basel, Departement Physik; S. 20: www.shutterstock.com/ArtsiomP; S. 21: www.shutterstock.com/Whitevector; S. 22: www.shutterstock.com/ktsdesign; S. 24, 25, 52: CERN; S. 41: www.shutterstock.com/NASAimages; S. 45: www.shutterstock.com/luliadiakova; S. 47: www.shutterstock.com/VintageTone; S. 49: www.shutterstock.com/rock-the-stock; S. 50: www.shutterstock.com/PixelsHunter; S. 55: Keystone/Peter Schneider; Bilder aus den Hochschulen (S. 29, 32, 34-37, 43): Dominic Büttner, Zürich

Gestaltungskonzept

Cynthia Furrer, Zürich

Umsetzung

Viviane Wälchli, Zürich

Lithos, Druck

Kromer Print AG, Lenzburg

Inserate

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

Bestellinformationen

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

Artikelnummer

PE1-1054

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.

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Informatik
FH Zentralschweiz

hslu.ch/studium-informatik

Bachelor-Studium

Artificial Intelligence & Machine Learning

Digital Ideation

Informatik

Information & Cyber Security

International IT Management

Wirtschaftsinformatik

Master-Studium

Digital Ideation

Engineering

Wirtschaftsinformatik

Fachdidaktik Medien und Informatik



Sabrina, 31

Cellistin & Mathematikstudentin

Meine individuelle Lösung, berufsbegleitend zu studieren.



Universitäres Institut akkreditiert nach HFKG

Bachelor of Science in Mathematics

Mathematik ist der intelligente Kern der modernen Welt und hilft uns, die Welt von morgen zu formen und zu gestalten.

Mathematische Erkenntnisse behalten ihre Gültigkeit, sie werden von der aktiven Forschung nicht überholt, sondern höchstens besser verstanden und eröffnen damit neuen Erkenntnissen die Tür. Die vermittelte grundlegende Methodik und das erarbeitete Verständnis ist für zahlreiche Bereiche nutzbar, in allen Naturwissenschaften, den digitalen Disziplinen, der Medizin, den Life Sciences, den Ingenieurwissenschaften oder im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI).

Sie lösen gerne abstrakte Probleme? Sie gehen Dingen gerne auf den Grund? Diese Kompetenzen erwerben Sie in unserem modernen Bachelor-Studiengang in Mathematik:



INFOS & EINSCHREIBUNG
www.fernuni.ch/mathematik



Prof. Dr. Rolf Krause

Studiengangsleiter

«Mathematik ist ein universelles und fundamentales Studium und eröffnet Verständnis für unsere moderne digitale Welt.

Abstraktion, Differenzierung sowie logisches Denken werden gefördert und mathematisches Feeling zahlt sich aus.

So sind Mathematikerinnen und Mathematiker in Industrie, Wirtschaft und Forschung gefragter denn je.»



Bachelorangebote

Photonics

Mobile Robotics

VR-Brillen, Infrarotsensoren oder Lasertechnik: Photonics spielt in Ihrem Alltag eine wichtige Rolle, ohne dass Sie sich vielleicht dessen bewusst sind. Im Photonics-Studium lernen Sie, lichtbasierte Technologien zu verstehen und anzuwenden.

In der Bachelorstudienrichtung Mobile Robotics befassen Sie sich mit fliegenden, schwimmenden oder fahrenden Systemen, welche autonom bestimmte Aufgaben erfüllen, wie zum Beispiel in einem Katastrophengebiet nach Überlebenden suchen.

Entwickeln Sie die technische Zukunft mit:

fhgr.ch/photonics

fhgr.ch/mr