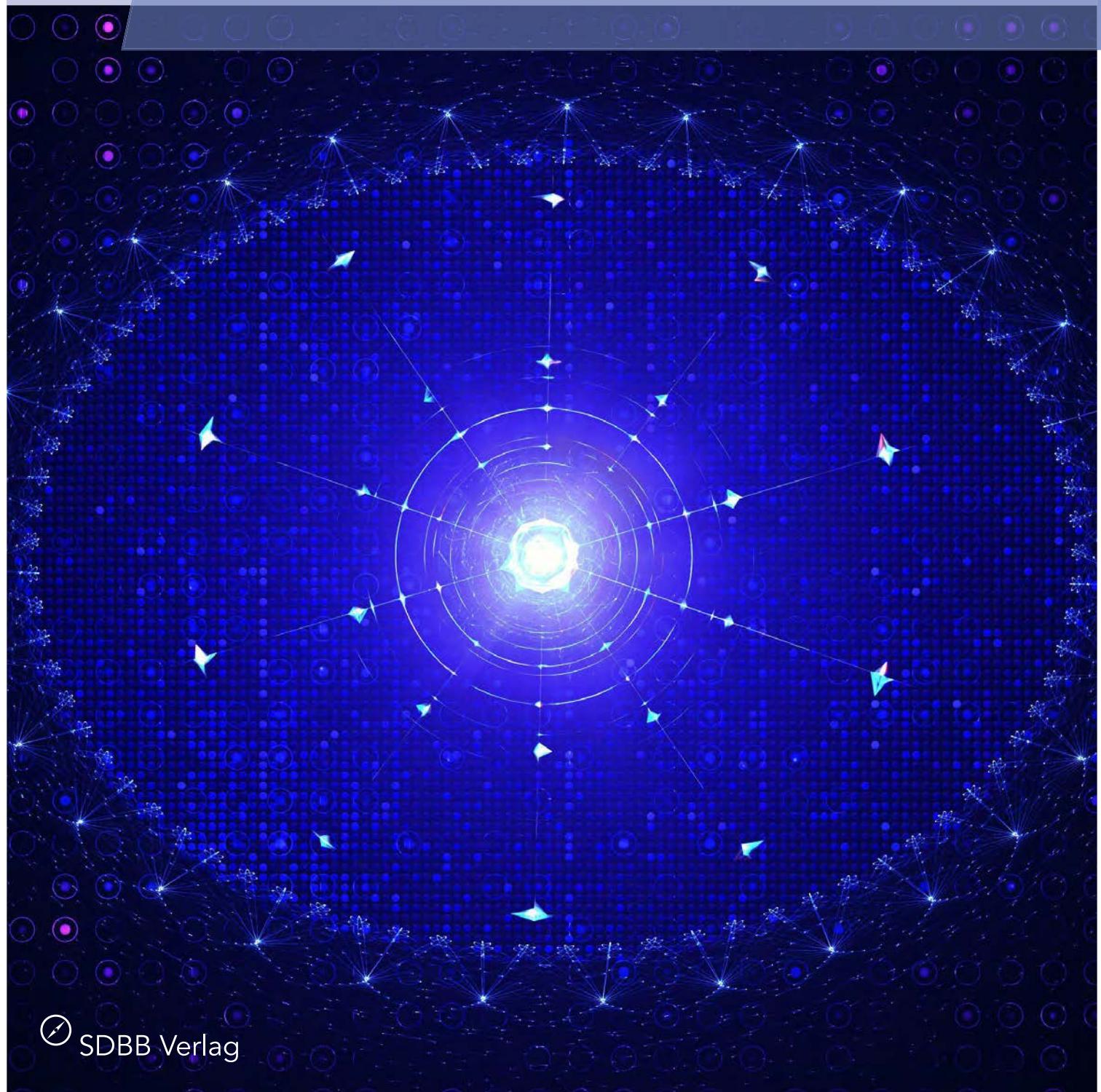
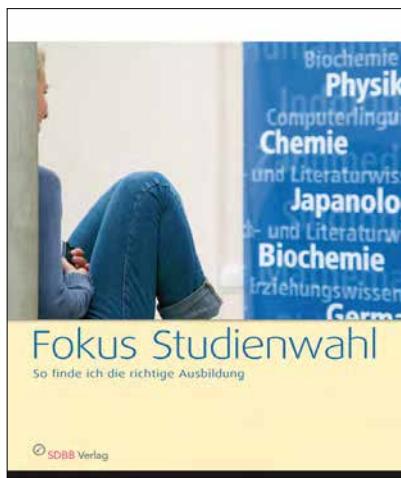


MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN, PHYSIK



Fokus Studienwahl



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

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

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

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

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

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

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



SDBB | CSFO

Online bestellen: www.shop.sdbb.ch



Fabienne Omlin
BIZ Berufsberatungs- und
Informationszentren, Bern
Verantwortliche Fachredaktorin
dieser «Perspektiven»-Ausgabe

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER

Die moderne Welt ist ein «Wunderwerk» wissenschaftlicher Entdeckungen – und das Fundament dieser Errungenschaften bilden zu einem grossen Teil die Mathematik, rechnergestützten Wissenschaften und Physik. Täglich erleben wir, meistens unbewusst, wie diese Disziplinen neue Technologien ermöglichen und unser Verständnis des Universums erweitern.

Möchten Sie selbst in diese faszinierende Welt eintauchen und dabei neue und unerwartete Zusammenhänge aufspüren? Haben Sie den Wunsch, Phänomene und Muster in der universellen Sprache der Wissenschaft zu beschreiben und die Naturgesetze zu ergründen? Vielleicht begeistern Sie sich bereits für den Aufbau von Quantencomputern, die Entstehung von Polarlichtern oder Sie sind fasziniert von der Perfektion geometrischer Formen? Wenn Sie zudem über ein Talent für abstrakt-logisches Denken verfügen und Freude daran haben, komplexe Herausforderungen zu meistern, könnte ein Studium in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften oder Physik zu Ihnen passen.

Im vorliegenden Heft erhalten Sie spannende Einblicke in die vielfältigen Fragestellungen und Anwendungen dieser zukunftsweisenden Disziplinen. Es bietet zudem einen Überblick über die Studiengänge sowie über die Berufsfelder, die Ihnen nach dem Studium offenstehen. Ergänzend dazu vermitteln Porträts einen authentischen Einblick in den Alltag von Studierenden und Berufsleuten.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und inspirierende Lektüre!

Fabienne Omlin

Titelbild Ein leuchtender Kern eines Quantencomputers, angetrieben durch Kernenergie, mit Datenwellen, die in einem rhythmischen Muster fliessen.

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

ALLE INFORMATIONEN IN ZWEI HEFTREIHEN

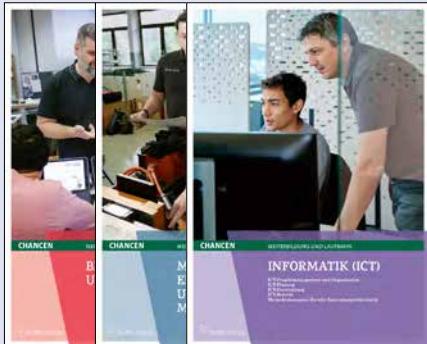
Die Heftreihe «Perspektiven: Studienrichtungen und Tätigkeitsfelder» informiert umfassend über alle Studiengänge, die an Schweizer Hochschulen (Universitäten, ETH, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen) studiert werden können.

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

Wenn Sie sich für ein Hochschulstudium interessieren, finden Sie also Informationen zu jeder Studienrichtung in einem «Perspektiven»-Heft.

› Editionsprogramm Seiten 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 erhältlich unter: www.shop.sdbb.ch

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 Phänomenen der Welt auf der Spur
- 11 Trigonometrie: Studentinnen überraschen Mathe-Welt mit Pythagoras-Beweisen
- 12 Statistik für die Seele
- 13 Mit Mathematik kosmische Rätsel lösen
- 15 Effizient erwärmt
- 16 Wie entstehen Polarlichter?
- 18 «Langfristig werden die Vorteile des Quantencomputers die Risiken deutlich überwiegen»
- 20 Beispiele aus der Forschung

22 STUDIUM

- 23 **Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften oder Physik studieren**
- 26 Studienmöglichkeiten
- 34 Verwandte Studienrichtungen und Alternativen zur Hochschule
- 35 **Porträts von Studierenden:**
- 35 Christina Kummer, Mathematik
- 37 Florian Grifone, Mathematik
- 39 Lukas Schmidt, Computational Sciences
- 40 Liza Polupanova, Computational Science and Engineering
- 42 Loïc Meyer, Physik
- 44 Vincent Glauser, Physik

16

Wie entstehen Polarlichter? Wallende Vorhänge, schwebende Bögen und flackernde Bänder aus grünem, rotem und blauem Licht – diese und andere farbenprächtige Leuchterscheinungen am Nachthimmel gehen auf ein komplexes Wechselspiel zwischen dem Magnetfeld der Erde und elektrisch geladenen Teilchen von der Sonne zurück.



23

Studium: Die Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik befassen sich mit den grundlegenden Fragen und Phänomenen unserer Welt. Sie ermöglichen ein tieferes Verständnis dafür und vermitteln das Wissen und die Methoden, um komplexe theoretische sowie praktische Probleme zu analysieren und zu lösen.



46 WEITERBILDUNG

48 BERUF

49 Berufsfelder und Arbeitsmarkt

51 Berufsporträts:

- 52 Alice Boubaker-Coquet, Projektleiterin für Datenthemen
- 55 Andreas Schulthess, Aktuar
- 57 Michael Gloor, Co-Gründer & CEO
- 60 Lea Caminada, Professorin Physik
- 63 Lucas Thiel, IT-Architekt

40

Studierendenporträts: Liza Polupanova (22) hat im Studiengang Computational Science and Engineering das passende Studium für sich gefunden. Es vereint Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik. Besonders interessieren sie Künstliche Intelligenz in der Biomedizin und Computersysteme. Ausgleich zum anspruchsvollen ETH-Alltag findet sie im Ballett.

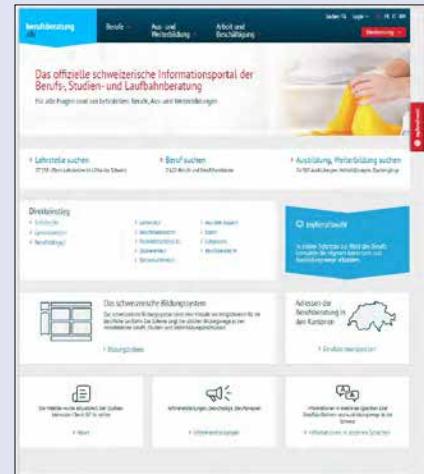


66 SERVICE

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

ERGÄNZENDE INFOS AUF WWW.BERUFSBERATUNG.CH

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



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

www.berufsberatung.ch/mathematik

www.berufsberatung.ch/rechnerwissenschaften

www.berufsberatung.ch/physik

55

Berufsporträts: Die Versicherungsmathematik zählt zu den klassischen Berufsfeldern nach einem Mathematikstudium. Allerdings erfordert der Weg zum Berufstitel «Aktuar SAV» in der Regel eine zusätzliche berufsbegleitende Ausbildung. Andreas Schulthess (36) ist «mittendrin» und berichtet von seinen Erfahrungen zwischen Berufsalltag und Weiterbildung.



Weiterbildung

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

Laufbahnfragen

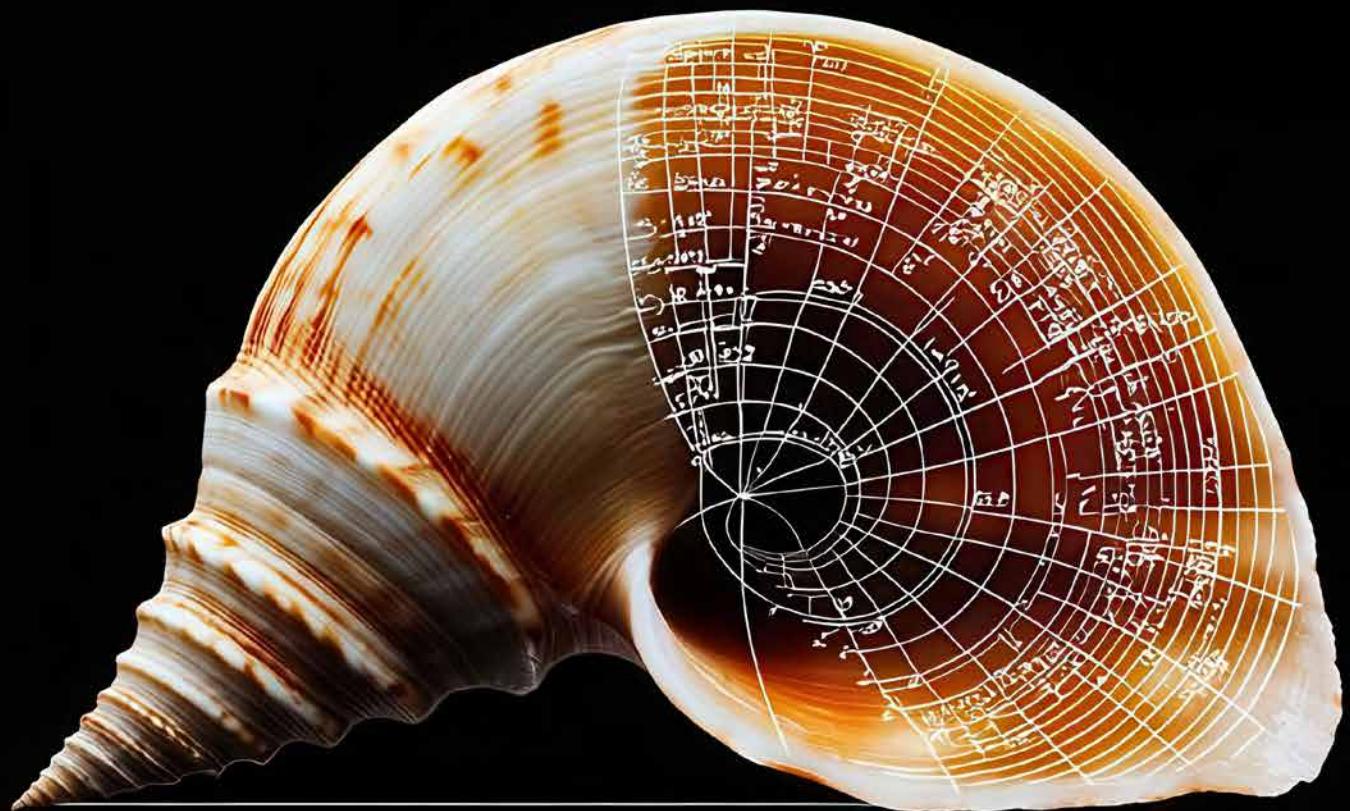
Welches ist die geeignete Weiterbildung für mich? Wie bereite ich mich darauf vor? Kann ich sie finanzieren? Wie suche ich effizient eine Stelle? Tipps zu Bewerbung und Vorstellungsgespräch, Arbeiten im Ausland, Um- und Quereinstieg u.v.m.

Adressen und Anlaufstellen

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

FACHGEBIET

- 7 DEN PHÄNOMENEN DER WELT AUF DER SPUR
- 10 TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET



DEN 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 Bestandteile unseres Alltags. Mithilfe dieser drei Disziplinen werden Antworten auf einige der grössten wissenschaftlichen Fragen gesucht.

Obwohl die drei Fachbereiche Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften und Physik eigenständige Studiengebiete darstellen, sind sie unweigerlich miteinander verknüpft. Die *Mathematik* kann dabei als grundlegende Sprache zur Beschreibung von technischen oder naturwissenschaftlichen Gegebenheiten angesehen werden. Sie ist somit das Werkzeug, um Gesetzmässigkeiten in anderen Fachbereichen zu entdecken und zu formulieren. Die *Physik* als fundamentale Naturwissenschaft erforscht grundlegende Eigenschaften der Natur und leitet daraus universelle Gesetze ab. Mittels mathematischer Modellierung, numerischer Lösungstechniken und dem Einsatz von Computern werden in den *Rechnergestützten Wissenschaften* (auch *Computational Sciences*) naturwissenschaftliche und technische Probleme – häufig mithilfe von Computersimulationen – analysiert und gelöst. Die Verbindungen zwischen diesen Disziplinen und ihren Forschungsgebieten sind daher ausgeprägt und nehmen weiter zu. Häufig leisten sie gemeinsam einen entscheidenden Beitrag zur Lösung komplexer Probleme und schaffen so beispielsweise wichtige Grundlagen für Spitzentechnologien wie Quantencomputer.

MATHEMATIK

Die Mathematik beschäftigt sich mit Zahlen, Formen und Mustern, um darin Gesetzmässigkeiten zu entdecken und zu beschreiben. Als eigenständige Wissenschaft entwickelt sie neue Theorien und Methoden, als Hilfswissenschaft liefert sie anderen Disziplinen Lösungsansätze.

Ein wesentlicher Bereich der Mathematik ist die *Reine Mathematik*, zu welcher beispielsweise Algebra, Analysis und Geometrie gehören. Erforscht werden komplexe Theorien und ungelöste mathematische Probleme, oft ohne unmittelbare Anwendung in der Praxis. Später entfalten sich daraus aber nicht selten bahnbrechende Entwicklungen in Wissenschaft und Technik. Ein eindrucksvolles Beispiel dafür ist die Zahlentheorie, die ursprünglich aus theoretischem Interesse erforscht wurde, heute jedoch eine zentrale Rolle in der Kryptographie spielt und damit die Sicherheit moderner digitaler Kommunikation gewährleistet.

Neben der reinen Mathematik gibt es die *Angewandte Mathematik*, die sich mit der Entwicklung und Anwendung mathematischer Methoden zur Lösung konkreter Probleme

aus verschiedenen Fachbereichen beschäftigt. So werden beispielsweise Modelle genutzt, um wirtschaftliche Prozesse zu analysieren, Algorithmen in Computersimulationen zu optimieren oder medizinische Daten statistisch auszuwerten. Dieser Bereich der Mathematik umfasst unter anderem Gebiete wie die Biostatistik und Versicherungsmathematik.

Beispiele von Teilgebieten

Da einzelne Gebiete sehr eng miteinander verknüpft sind und ineinander einfließen können, herrscht über die Zuordnung zu reinen und angewandten Gebieten keine Einigkeit. Die unten aufgeführten Teilgebiete sind eine Auswahl von Richtungen, wie sie aktuell an den Schweizer Hochschulen gelehrt werden. Überschneidungen sind aber häufig.

– *Algebra* befasst sich mit dem Studium der arithmetischen Operationen und ihren Eigenschaften. Sie umfasst wesentliche Konzepte der Mathematik wie Gleichungen und Ungleichungen. Algebraische Funktionen beschreiben Beziehungen zwischen Variablen und sind grundlegend für die Modellierung sowohl der abstrakteren als auch der konkreteren mathematischen Aspekte der realen Welt. Die *Lineare Algebra* befasst sich mit linearen Gleichungssystemen, Vektorräumen und Matrizen.

– *Analysis* untersucht Eigenschaften von Funktionen hinsichtlich Grenzwert, Stetigkeit, Integration und Ableitung. Sie bildet die mathematische Grundlage vieler Modelle in den Natur- und Ingenieurwissenschaften.

– *Geometrie* macht sich zur Aufgabe, den Anschauungsraum und höhere dimensionale Räume mathematisch zu beschreiben. Aus ihr ist auch die Topologie hervorgegangen. Sie untersucht die Eigenschaften geometrischer Gebilde, die bei Verformungen wie Dehnen, Stauchen, Verbiegen oder Verzerren erhalten bleiben.

– *Numerik* entwickelt und analysiert Methoden zur numerischen Lösung mathematischer Probleme, die oft aus den Natur-, Ingenieur- oder Wirtschaftswissenschaften stammen.

– *Zahlentheorie* befasst sich mit den Eigenschaften der ganzen Zahlen und mit einer breiten Klasse von Problemen, die sich aus dem Studium von ganzen Zahlen ergeben haben. Einige offene Fragestellungen in diesem

Bereich, wie die Riemannsche Vermutung oder die Primzahlzwillingssvermutung, sind bis heute ungelöst.

- *Stochastik* befasst sich mit Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik. Sie modelliert zufällige Prozesse und analysiert Daten, um Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. In der Biostatistik oder Versicherungsmathematik finden stochastische Methoden praktische Anwendung.
- *Biostatistik* greift auf statistische Methoden zurück und entwickelt diese weiter, um Fragestellungen aus Medizin, Biologie und verwandten Wissenschaften zu bearbeiten. 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.
- *Versicherungsmathematik* beschäftigt sich mit Risiken bei Banken und Versicherungen. Um Risiken erkennen, einschätzen und bewerten zu können, setzt sie komplexe Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Statistik ein.

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN

Rechnergestützte Wissenschaften, auch Computational Sciences genannt, spielen in der modernen Forschung eine zentrale Rolle. Sie lösen komplexe Probleme, indem sie Algorithmen und Simulationen mithilfe von Hochleistungsrechnern durchführen. Die enorme Rechenleistung dieser neuen Methoden ermöglicht es, Ergebnisse in Zeiträumen zu erzielen, die bis vor kurzem noch undenkbar schienen. Komplexe oder bisher nicht durchführbare Experimente können so ersetzt werden. Ihr wichtigstes Werkzeug sind dabei Computersimulationen. Das sind Programme, die mithilfe von mathematischen Modellen Vorgänge aus der realen Welt nachbilden und eingesetzt werden, um komplexe Systeme zu beschreiben oder Vorhersagen zu treffen. Ein bedeutendes Beispiel ist die Klimaforschung: Mithilfe numerischer Modelle lassen sich langfristige Klimaveränderungen simulieren und Vorhersagen über extreme Wetterereignisse treffen. So konnten Klimawissenschaftlerinnen und Klimawissenschaftler präzisere Szenarien für den Anstieg des Meeresspiegels und die globale Erwärmung entwickeln. In der Medizin revolutionieren rechnergestützte Methoden die personalisierte Medizin. Diese nutzt bei-

spielsweise genetische und molekulare Daten, um massgeschneiderte Behandlungen für einzelne Patientinnen und Patienten zu entwickeln.

Beispiele von Teilgebieten

Das Fachgebiet ist interdisziplinär zwischen Mathematik, Informatik, Natur- und Ingenieurwissenschaften angesiedelt. Eine Auswahl der vielfältigen Anwendungen:

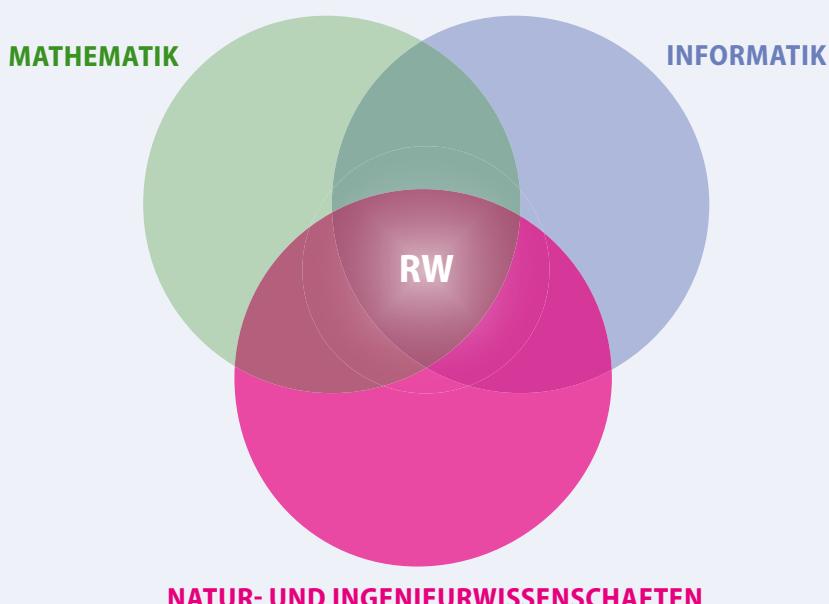
- *Rechnergestützte Biologie* befasst sich mit der Modellierung und Simulation biologischer Prozesse, etwa zur Analyse neuronaler Netze, zur Strukturvorhersage von Proteinen oder in der Entwicklung von bio-inspirierten Robotern.
- *Rechnergestützte Chemie* umfasst die Berechnung molekularer Eigenschaften und chemischer Reaktionen zur Entwicklung neuer Wirkstoffe oder Materialien.
- *Rechnergestützte Mathematik* fokussiert auf die Entwicklung und Optimierung numerischer Methoden zur Lösung komplexer Probleme, beispielsweise in der Finanzmathematik.
- *Rechnergestützte Physik* umfasst die Simulation von Naturphänomenen, etwa zur Erforschung des Universums, zur Strömungsberechnung oder zur Entwicklung bildgebender Verfahren.

PHYSIK

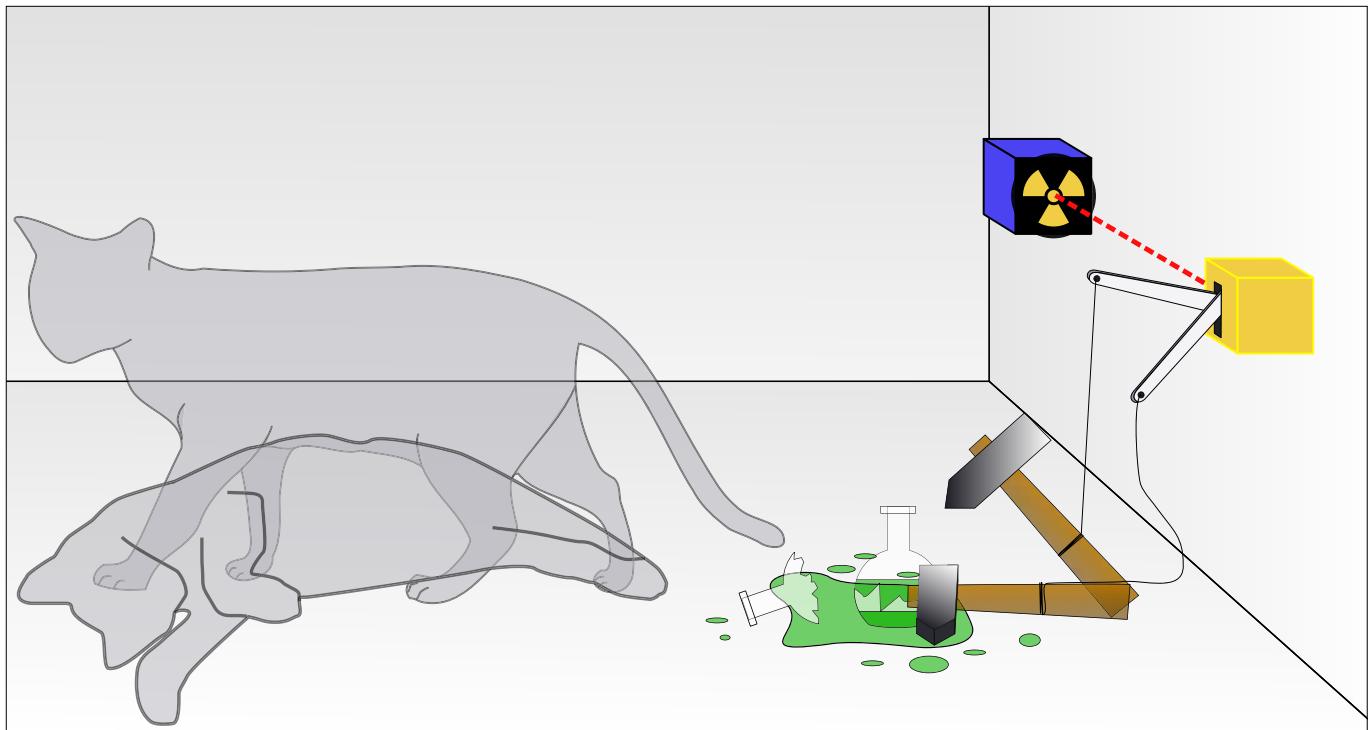
Von den kleinsten Teilchen bis zu den unermesslichen Weiten des Universums – die Welt um uns herum steckt voller Rätsel. Die Physik sucht nach den grundlegenden Prinzipien, welche die Natur bestimmen. Einige bahnbrechende Entdeckungen aus der Welt der Physik sind beispielsweise die Beschreibung der Atomstruktur, die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik.

Die Physik lässt sich im Wesentlichen in zwei grosse Gebiete unterteilen: Die *Theoretische Physik* und die *Experimentalphysik*. Die Theoretische Physik liefert die mathematischen Grundlagen und Erklärungen einer Theorie, während die Experimentalphysik durch Messungen und Versuche überprüft, ob diese Theorien tatsächlich zutreffen. Physikerinnen und Physiker nutzen für ihre Beobachtungen eine Vielfalt

WAS SIND RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN? | ETH ZÜRICH



Quelle: www.ethz.ch



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).

von Methoden und Geräten, darunter Laborexperimente, Teilchenbeschleuniger, Teleskope und zahlreiche andre Messinstrumente.

Beispiele von Teilgebieten

Die Physik gliedert sich in viele verschiedene Teilgebiete, die sich jeweils mit spezifischen Aspekten der Natur befassen. Da die Theorien aus der Physik in verschiedenen Gebieten Anwendung finden, überschneiden sich die Teilgebiete oft auch mit anderen Naturwissenschaften (Beispiel Geophysik). Die folgende unvollständige Auswahl illustriert die eindrucksvolle Breite der Physik. Die bekannten klassischen Gebiete wie *Mechanik*, *Akustik* oder *Elektrodynamik* werden hier nicht aufgeführt.

- *Astronomie* ist die Wissenschaft der Himmelskörper, die sich mit deren Beobachtung, Bewegung und Eigenschaften befasst. Die Astrophysik ist ein Teilbereich der Astronomie, der auf die physikalischen Prozesse von Himmelserscheinungen fokussiert.
- *Atmosphärenphysik* erforscht physikalische Prozesse in der Erdatmosphäre, von der Erdoberfläche bis zur Hochatmosphäre, unter Anwendung physikalischer Methoden aus

GEDANKENEXPERIMENT: SCHRÖDINGERS KATZE

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.

Thermodynamik, Fluideodynamik und Strahlungstheorie. Sie ist wichtig für das Verständnis globaler Umweltprobleme wie Ozonabbau oder die globale Erwärmung durch Treibhausgase.

- *Biophysik* beinhaltet die Untersuchung biologischer Prozesse mit physikalischen Methoden, beispielsweise in der Neurophysik oder Molekülbiologie.
- *Geophysik* gilt als Teilgebiet der Erdwissenschaften. Es werden die natürlichen Erscheinungen und Vor-

gänge der Erde und ihrer Umgebung erforscht. Sie untersucht den Aufbau des Erdinneren und alle seismischen, elektrischen, thermischen und magnetischen Phänomene der Erde, beispielsweise Erdbeben.

- *Medizophysik* dient der Nutzung physikalischer Methoden und Konzepte in der Diagnostik und Therapie, zum Beispiel Röntgendiagnostik, Magnetresonanztomographie oder Strahlentherapie.

– *Physik* der kondensierten Materie befasst sich insbesondere mit kondensierten Phasen, die durch eine grosse Anzahl von Systembestandteilen und deren Wechselwirkungen gekennzeichnet sind. Sie weist zahlreiche Berührungs نقاط mit anderen Disziplinen wie Chemie oder Materialwissenschaften auf. Teilgebiete sind unter anderem Festkörperphysik, Halbleiterphysik und Physik der Tiefen Temperaturen.

– *Quantenphysik* untersucht Phänomene auf atomarer und subatomarer Ebene, wo die Gesetze der klassischen Physik nicht mehr anwendbar sind. Die Quantenphysik ist für das Verständnis und die Entwicklung von Spitzentechnologien wie Transistoren, Lasern und Quantencomputern von wesentlicher Bedeutung. Teilgebiete der Quantenphysik sind zum Beispiel die Quantenmechanik und die Quantenelektrodynamik.

– *Quantenoptik*, historisch auch Quantenelektronik, befasst sich mit der

100 JAHRE QUANTENMECHANIK

Die UN-Generalversammlung hat das Jahr 2025 zum «Internationalen Jahr der Quantenwissenschaft und Quantentechnologie» ausgerufen. Damit sollen die bahnbrechenden Beiträge der Quantenwissenschaft zum technologischen Fortschritt der vergangenen 100 Jahre gewürdigt werden. Ohne die Quantenmechanik gäbe es Technologien wie das Smartphone, den Barcode-scanner im Supermarkt und die Magnetresonanztomografie nicht.

Interaktion zwischen Photonen und Elektronen. Zu den wichtigen Errungenschaften gehören die Zeitmessung mit optischen Atomuhren und die quantenholografische Bildgebung.

– *Statistische Physik* verwendet probabilistische und statistische Methoden, um das Verhalten von Systemen mit einer grossen Anzahl von Teilchen zu beschreiben und vorherzusagen. Sie befasst sich mit kollektiven Phänomenen, die sich aus mikroskopischen Wechselwirkungen zwischen Teilchen ergeben, wie Temperatur, Druck oder Entropie. Dieses Gebiet ist grundlegend für das Verständnis der thermodynamischen Eigenschaften der Materie und findet in verschiedenen Bereichen Anwendung, zum Beispiel in der Materialphysik.

– *Teilchen- und Hochenergiephysik* erforscht insbesondere Elementarteilchen als die kleinsten bekannten Bausteine der Materie. Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik beschreibt alle bekannten Elementarteilchen und die wesentlichen Wechselwirkungen zwischen ihnen. Überprüft werden die dahinterliegenden Theorien unter anderem durch Experimente in Teilchenbeschleunigern, wie zum Beispiel am CERN.

Quellen

Websites der Schweizer Hochschulen
[Wikipedia](#)
[www.mathematik.de](#)
[www.studieren-studium.com](#)
[www.weltderphysik.de](#)
[www.ethz.ch](#)



Technologie mithilfe von Quantenmechanik: ein Barcodescanner im Einkaufszentrum.

TEXTE UND THEMEN ZUM FACHGEBIET

Die folgenden Texte geben einen Einblick in die Fachgebiete von Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik.

Trigonometrie: Zwei jungen Studintinnen ist es bei einem Schulwettbewerb gelungen, die Formel von Pythagoras gleich mehrfach zu beweisen. (S. 11)

Statistik für die Seele: Mit statistischen Verfahren herausfinden, welche Symptome zu Erkrankungen führen. (S. 12)

Mit Mathematik kosmische Rätsel lösen: Die mathematischen Konzepte, welche in der Mathematik entwickelt werden, lassen sich vielfältig anwenden. (S. 13)

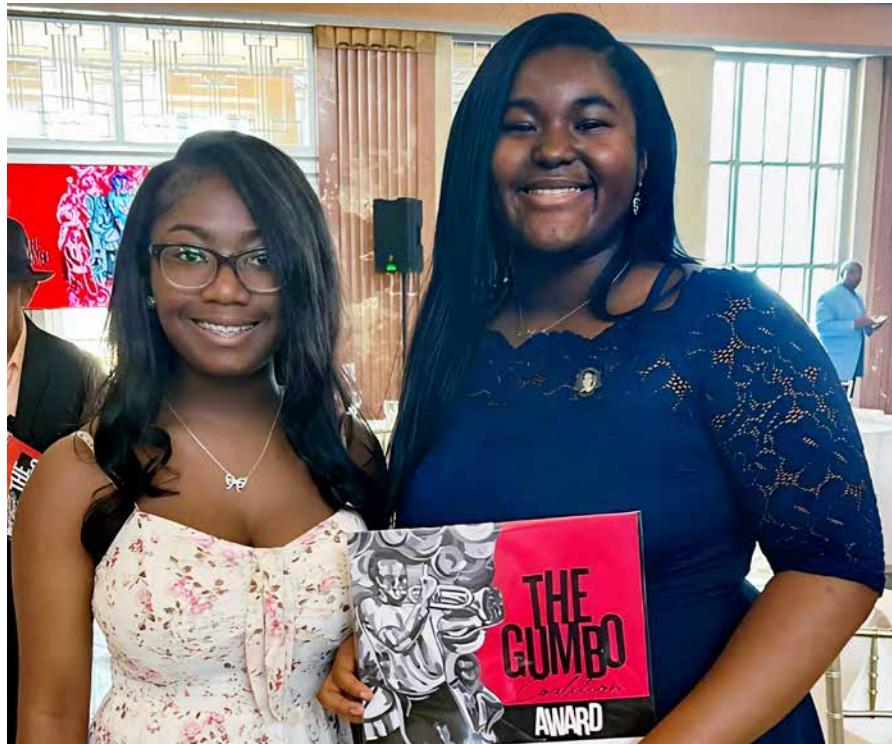
Effizient erwärmt: Wie die Wärmeverteilung in riesigen Industrie-Öfen die Produkte darin beeinflusst, wollen Forschende aus den Ingenieurwissenschaften, der Informatik und der Physik herausfinden. (S. 15)

Polarlichter: Wie kommen die farbenprächtigen Leuchterscheinungen zustande? (S. 16)

Quantencomputer: Der theoretische Physiker John Preskill erklärt im Interview, was fehltolerante Quantencomputer mit der Robustheit von Raum und Zeit zu tun haben. (S. 18)

Beispiele aus der Forschung: Aktuelle Projekte an Hochschulen, von Zahlentheorie bis Bahn- und Lage-Bestimmung von Weltraum-Objekten. (S. 20)

STUDENTINNEN ÜBERRASCHEN MATHE-WELT MIT PYTHAGORAS- BEWEISEN



Ne'Kiya Jackson und Calcea Johnson knobelten an der Highschool nächtelang herum.

$a^2 + b^2 = c^2$ kennen viele noch aus der Schulzeit. Zwei jungen Amerikanerinnen ist bei einem Schulwettbewerb jetzt gelungen, die Formel gleich mehrfach zu beweisen.

Zwei matheaffinen Nachwuchswissenschaftlerinnen ist gelungen, was in der Fachwelt lange Zeit als nahezu unmöglich galt: Sie haben den berühmten Satz des Pythagoras ($a^2 + b^2 = c^2$) mit Mitteln der Trigonometrie bewiesen – und das gleich mehrfach. Ihre Ergebnisse wurden in der Zeitschrift «American Mathematical Monthly» veröffentlicht.

Die Krux dabei: Die Trigonometrie ist ein Teilgebiet der Geometrie, und deren grundlegende Formeln beruhen auf der Annahme, dass der Satz des Pythagoras wahr ist. Es droht also ein Zirkelschluss – eine Beweisführung, in der das zu Beweisende schon als Voraussetzung steckt. Ohne Zirkelschluss sei

professionellen Mathematikern erst zweimal ein solcher Beweis gelungen, teilte der Verlag mit. Darüber hinaus gibt es Hunderte andere Beweise des Jahrtausende alten Lehrsatzes aus anderen Disziplinen der Mathematik wie der Algebra.

DER SATZ DES PYTHAGORAS

Der Satz des Pythagoras ist wohl eine der wenigen Formeln, die viele Menschen noch aus dem Schulunterricht irgendwo im Hinterkopf haben. Dabei geht es um die Beziehung zwischen den Seitenlängen eines rechtwinkligen Dreiecks: Die Summe der Quadrate der am rechten Winkel anliegenden Katheten (a und b) ist gleich dem Quadrat der Hypotenuse (c), die dem 90-Grad-Winkel gegenüberliegt. Man kann also die Länge einer beliebigen Seite eines rechtwinkligen Dreiecks berechnen, wenn man die Länge der beiden anderen Seiten kennt.

Die Autorinnen Calcea Johnson und Ne'Kiya Jackson haben in ihrer nun veröffentlichten Arbeit fünf Möglichkeiten vorgelegt, den Satz mithilfe der Trigonometrie zu beweisen. Hinzu kommt eine Methode, die fünf weitere Beweise ermöglicht. Dafür haben sie – grob gesagt – aus einem rechtwinkligen Dreieck ABC verschiedene neue rechtwinklige Dreiecke mit bestimmten Winkel-Massen gebildet.

IDEE FÜR SCHULWETTBEWERB

Auf die Idee gekommen waren die beiden als Schülerinnen im Jahr 2022 bei einem Mathematik-Wettbewerb an ihrer Highschool in den USA. Eine Frage lautete dabei, einen neuen Beweis für den Satz des Pythagoras zu erstellen. «500 Dollar Preisgeld motivierten uns, uns dieser Aufgabe zu stellen», schreiben sie. «Die Aufgabe erwies sich als viel schwieriger, als wir uns zunächst vorgestellt hatten, und wir verbrachten viele lange Nächte mit dem Versuch, einen Beweis zu erstellen, und scheiterten dabei.»

Einige Monate opferten die Teenagerinnen ihre Freizeit dem Vorhaben, arbeiteten sogar in den Ferien daran. «Es gab viele Momente, in denen wir beide das Projekt aufgeben wollten, aber wir beschlossen durchzuhalten und zu beenden, was wir begonnen hatten.» Am Ende gab es laut dem Verlag neben Auszeichnungen ein Lob von Ex-First-Lady Michelle Obama. Und nun eine wissenschaftliche Veröffentlichung mit neuen Beweisen.

«Ich bin sehr stolz darauf, dass wir beide einen so positiven Einfluss ausüben können», erklärte Co-Autorin Johnson. Die beiden Autorinnen hätten gezeigt, dass junge Frauen dazu in der Lage seien, «und damit andere junge Frauen wissen lassen, dass sie alles tun können, was sie tun wollen». Johnson studiert inzwischen Umwelttechnik an der Louisiana State University, Jackson studiert Pharmazie an der Xavier University of Louisiana.

Quelle

www.tagesanzeiger.ch, 28.10.2024 (gekürzt)

STATISTIK FÜR DIE SEELE

Wer als Kind Mobbing oder gar sexuellen Missbrauch erfahren hat, leidet später häufig an psychischen Problemen. Mit statistischen Verfahren will Giusi Moffa herausfinden, welche Symptome im Laufe des Lebens zu schwerwiegenden Erkrankungen führen – damit Psychologinnen und Psychologen helfen können.

Sexueller Missbrauch und Mobbing gehören zu den schwersten Traumata, die Kindern und Jugendlichen widerfahren können – und leider kommt beides erschreckend häufig vor. Nach Schätzungen des Statistik-Dienstleisters Statista erfahren 14 Prozent aller Kinder und Jugendlichen in der Schweiz heute Cybermobbing (Stand 2023). Und nach Expertenschätzungen werden elf Prozent aller Mädchen und fünf Prozent aller Jungen Opfer sexuellen Missbrauchs. Die Folgen für Gesundheit und Psyche tragen viele Betroffene bis ins Erwachsenenalter. Sie reichen von anhaltender Müdigkeit bis zu Depressionen, Zwangsvorhaben oder sogar Paranoia und Halluzinationen. Viele Betroffene benötigen psychologische Hilfe. Doch die Behandlung ist eine Herausforderung, weil bei vielen Opfern von Mobbing und sexueller Gewalt verschiedene Symptome zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Leben auftreten können.

Oftmals entwickelt sich aus einem Symptom ein anderes – aus Angstzuständen zum Beispiel eine Depression. «Für Fachleute ist es extrem schwierig zu analysieren, welche Symptome später im Leben zu weiteren psychischen Problemen führen könnten. In vielen Fällen ist die Kausalkette nicht klar», sagt Giusi Moffa, Professorin für Statistik am Departement für Mathematik und Informatik der Universität Basel. «Das macht es für Psychologinnen und Psychologen schwierig, den richtigen Ansatz für eine Therapie zu finden. Wie kann man den Betroffenen helfen, um ihre Lebensqualität zu ver-

bessern? Und welches Symptom sollte behandelt werden, um zu verhindern, dass sich daraus später ein noch schwerwiegenderes entwickelt?»

STUDIEN MIT 6000 BEFRAGTEN

Um Fachleuten neue Ideen für künftige Therapieansätze zu liefern, hat sich Giusi Moffa dem Problem von der mathematischen Seite genähert. Sie hat insgesamt 20 verschiedene psychologische Aspekte von Konzentrationsstörungen und Schlaflosigkeit bis zur Paranoia statistisch miteinander in Beziehung gesetzt, um Kausalketten zu bilden. Das Ziel: herauszufinden, welche Symptome am wahrscheinlichsten später zu bestimmten Folgeerscheinungen führen. Dafür hat Giusi Moffa, die auch Gastforscherin am University College London ist, zwei Befragungen von rund 6000 Personen aus Grossbritannien verwendet, die älter als 16 Jahre waren: In den Befragungen ging es um Erfahrungen mit Mobbing und um sexuellen Missbrauch. Auch gaben die Befragten an, ob bei ihnen bestimmte Symptome aufgetreten waren.

KAUSALE ZUSAMMENHÄNGE ERGRÜNDEN

Diese Daten unterzog die Mathematikerin anschliessend einem speziellen statistischen Verfahren, das die verschiedenen Symptome zueinander

in Beziehung setzt; in etwa so wie ein Stammbaum Familienmitglieder mit Pfeilen oder Strichen miteinander zu einer Art Grafik verknüpft. Fachleute sprechen dabei von einem Grafenmodell. Das Ergebnis der statistischen Berechnungen war ein sogenanntes Kausaldiagramm, das anzeigt, auf welches Symptom möglicherweise ein anderes folgt.

Der Trick des Verfahrens besteht darin, die Berechnung mehrfach durchzuführen und die verschiedenen Symptome immer wieder neu miteinander zu verknüpfen – so, als würde man die Stationen eines U-Bahnnetzes auf viele verschiedene Arten miteinander verbinden. Insgesamt liess Giusi Moffa das statistische Verfahren 10000 Mal auf die Daten aus den beiden britischen Umfragen los. Das Ergebnis war dann sozusagen der grösste gemeinsame Nenner aller Kausaldiagramme – ein Graphenmodell, das die Ergebnisse aller 10000 Durchläufe zusammenfasst und die stärksten Verbindungen zwischen den verschiedenen Symptomen anzeigt.

ANREGUNGEN FÜR NEUE THERAPIEANSÄTZE

Die beiden britischen Umfragen zu Mobbing und sexuellem Missbrauch enthalten bereits eine Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Symptome – und damit implizit auch Informationen über die Wahrscheinlichkeiten, mit denen verschiedene Symptome miteinander oder nacheinander auftreten. Eine ganz andere Geschichte ist es aber, daraus eine profunde kausale



Traumata wie sexueller Missbrauch und Mobbing führen häufig zu psychischen Symptomen im Erwachsenenleben.

Beziehung zwischen den verschiedenen Symptomen herzustellen, auch weil es bei 20 psychologischen Aspekten eine gigantische Menge an unterschiedlichen Verknüpfungen gibt. Erst die statistische Verarbeitung bringt Ordnung in das Chaos. Je öfter das statistische Modell bei den 10 000 Durchläufen eine kausale Beziehung zwischen zwei Symptomen feststellte, umso farbiger erschien dann im Kausaldiagramm die Verbindungsline zwischen beiden.

«Einige der Kausalzusammenhänge haben uns überrascht», sagt Giusi Moffa. So zeigte sich, dass es beispielsweise zwischen «Sorge» und «Zwangsvorstellungen» eine starke Verbindung gibt. Zudem tat sich eine deutliche Kette von «Müdigkeit» über «Konzentrationsprobleme» und «Sorge» zu «Halluzinationen» auf. «Diese Kausalketten sind noch nicht der Schlüssel zu einer erfolgreichen Behandlung psychischer Folgen von Mobbing und Missbrauch», sagt Giusi Moffa. «Sie können aber dabei helfen, neue Therapieformen zu entwickeln. Es ist durchaus denkbar, dass eine frühe Behandlung von Müdigkeit das Auftreten von Halluzinationen verringert.» Für andere psychotische Erkrankungen wie etwa Paranoia liefern die Ergebnisse keinen solchen Anhaltspunkt. So stellen die Kausaldiagramme eine direkte Verbindung zwischen der traumatischen Erfahrung und der Paranoia her. «Damit ergeben sich im Grunde kaum Optionen für eine mögliche Therapie. Es wäre anders, wenn der Aspekt Paranoia tiefer im Netzwerk zwischen verschiedenen Kausalketten liegen würde», sagt Giusi Moffa.

Trotzdem setzt sie Hoffnungen auf die Ergebnisse ihrer Studie, die jetzt im Fachmagazin «Psychological Medicine» erschienen sind. «Wir haben darin mit ganz neuen Methoden Mobbing und sexuellen Missbrauch gemeinsam betrachtet und damit auch untersucht, wie sich beide Traumata in ihren Folgeerscheinungen gegenseitig beeinflussen. Es wäre grossartig, wenn die Ergebnisse jetzt tatsächlich neue Ansätze für Therapien liefern.»

Quelle

Tim Schröder, Universität Basel; UNI NOVA, 01/2024

MIT MATHEMATIK KOSMISCHE RÄTSEL LÖSEN

Die Entstehung der Sterne erforschen oder mit neuen Halbleitern Energie sparen: Die mathematischen Konzepte, die Svitlana Mayboroda entwickelt, lassen sich vielfältig anwenden. Doch das Ziel der Wissenschaftlerin ist, mathematische Theoreme zu beweisen und damit unser Wissen zu erweitern.

Die Bilder der modernen Riesenteleskope faszinieren Laien und Forschende. «Die Prozesse, die dort draussen stattfinden, erstrecken sich über unvorstellbare Skalen», sagt Svitlana Mayboroda, die seit dem 1. August 2023 als ordentliche Professorin am Departement Mathematik der ETH Zürich tätig ist. Als Beispiel nennt sie den Orionnebel, eine molekulare Gaswolke, in der neue Sterne geboren werden. Das James-Webb-Weltraumteleskop liefert detaillierte Bilder von den Strukturen im Orionnebel. «Eine immense Leistung der modernen Technologie», sagt Mayboroda: «Aber ehrlich gesagt wissen wir nicht, was wir mit diesen Bildern anfangen sollen, denn sie zeigen einfach unglaublich komplizierte geometrische Objekte.»

Trotz der grossen Rechenleistung moderner Computer lässt sich nicht berechnen, was sich im Universum genau abspielt. «Man muss wissen, womit man den Computer füttern soll, bevor er etwas für uns tun kann», erklärt Mayboroda: «Dazu braucht es die Mathematik. Denn sie ist – wie Galileo Galilei es formulierte – die Sprache der Natur.» Dabei tauchen erstaunlicherweise immer wieder dieselben mathematischen Probleme auf. Mayboroda vergleicht die Bilder der kosmischen Gaswolken mit einer Feuerfront auf der Erde. Als Mensch erkennt man, dass auf einem Bild ein Feuer zu sehen ist. «Doch was bestimmt mathematisch, dass ein Feuer

wie ein Feuer aussieht?», fragt die Wissenschaftlerin: «Und können Sie angeben, was bei welcher Temperatur und wie lange brennt, wenn Sie einige mathematischen Eigenschaften bestimmen könnten?»

WIE EINE GROSSE EXPLOSION IM KOPF

In Zusammenarbeit mit Astrophysikern will Mayboroda herausfinden, was hinter den komplizierten, kosmischen Objekten steckt. «Wir untersuchen, ob bestimmte semantische Merkmale dieser geometrischen Objekte über viele Bilder und Skalen hinweg immer wieder vorkommen und ob diese Merkmale tatsächlich beschreiben, was dort oben passiert», erklärt die Mathematikerin: «Wir wollen herausfinden, ob wir eine mathematische Theorie entwickeln können, die Messungen ermöglicht, mit deren Hilfe wir die Struktur und



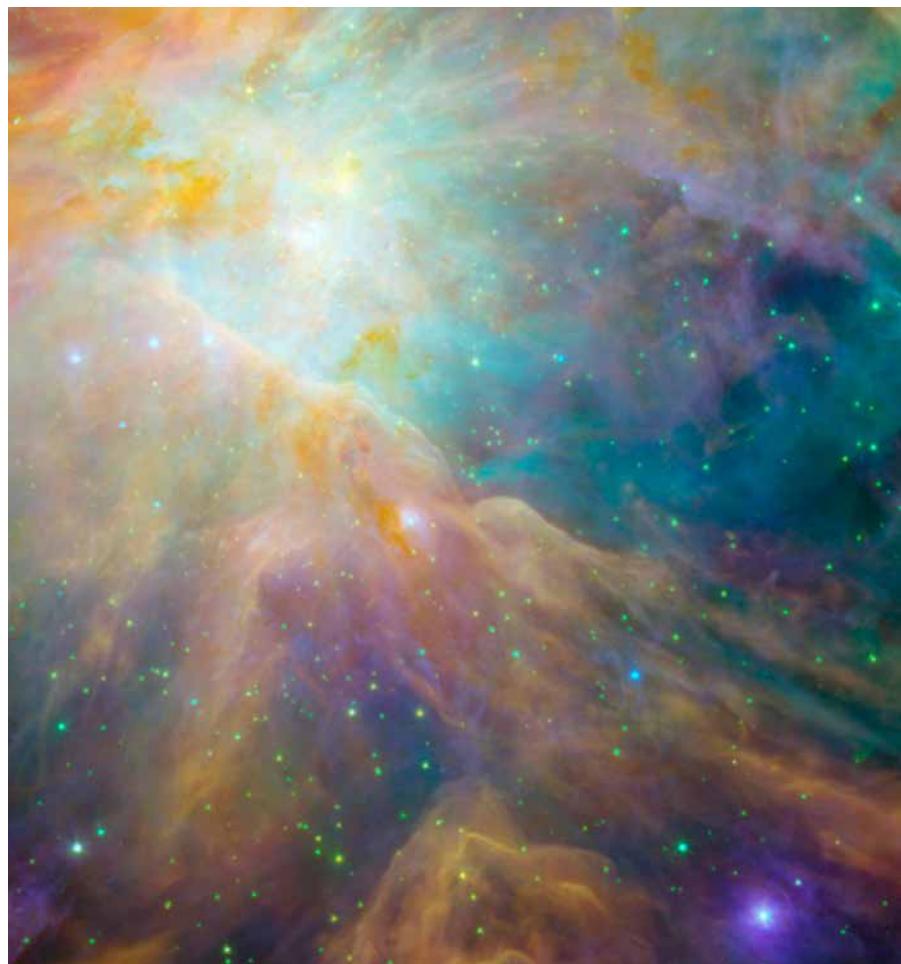
Svitlana Mayboroda, Mathematikprofessorin an der ETH Zürich.

Dynamik des Universums verstehen können. Gibt es Merkmale, die Turbulenzen beschreiben und Aufschluss geben, wie in solchen Wolken Sterne entstehen?» Dies sei eine völlig neue Herausforderung, die mit einigen berüchtigten, offenen Problemen der geometrischen Masstheorie, der Minimierung und der Variationsrechnung zusammenhängen, erklärt Mayboroda: «Es ist aber auch eine spannende, reichhaltige neue Welt.»

Doch sie betont: «Ich selbst mache weder Physik noch Berechnungen. Ich beweise mathematische Theoreme.» Ihre Gebiete sind neben der geometrischen Masstheorie partielle Differentialgleichungen und Analysis. Ihr Antrieb ist die Neugier, doch oft ist das Unterfangen schwierig und frustrierend. Man glaube, nahe an einer Lösung zu sein, nur um kurz später zu merken, dass etwas nicht stimme. «Doch mit zunehmender Erfahrung bekommt man ein Gefühl dafür, wenn etwas richtig riecht, sodass man nicht mehr so entmutigt ist.» Und die Freude, wenn man ein Puzzle geknackt habe, sei jedes Mal erstaunlich: «Es fühlt sich an wie kleine, prickelnde Blasen im Kopf und manchmal wie eine grosse Explosion.»

EINE LANDSCHAFT AUS SICHT DER WELLEN

Ihre bisher am meisten beachteten Arbeiten behandelten das Thema Wellen und deren Verhalten. Wellen sind in unserer Welt allgegenwärtig, beispielsweise als Wasser- oder Schallwellen. Vom Standpunkt der Quantenmechanik aus gesehen hat sogar die Materie auf atomarer Ebene einen wellenförmigen Charakter. «Einer der Schwerpunkte meiner Forschung in den letzten Jahren waren Wellen und Unordnung», erklärt die Mathematikerin: «Denn auf mikroskopischer Ebene haben die meisten Materialien Defekte oder inhärente Unregelmässigkeiten, und diese können bewirken, dass sich Wellen völlig anders verhalten, als dies die klassische Physik bei periodischen Gitterstrukturen voraussagt.» So können Wellen plötzlich auf einen sehr kleinen Teil ihres ursprünglichen Bereichs beschränkt sein, obwohl nichts



Trotz der grossen Rechenleistung moderner Computer lässt sich nicht berechnen, was sich im Universum genau abspielt. Im Bild: Orion Nebula und Trapezium Cluster.

Sichtbares die Ausbreitung zu verhindern scheint – wie ein Tsunami, der in der Mitte des Ozeans zum Stillstand kommt.

Man bezeichnet dieses Phänomen als Lokalisierung der Wellen. Obwohl bereits in den 1950er-Jahren entdeckt, erwies es sich als äusserst schwierig, den Mechanismus der Lokalisierung zu verstehen. Ein wichtiger Durchbruch gelang mit einem neuen mathematischen Werkzeug, das Mayboroda und ihre Kollegen entdeckten. «Es handelt sich um eine Landschaft der Lokalisierung, die das Material aus der Sicht der Welle zeigt», erklärt die Mathematikerin: «Stellen Sie sich eine Berglandschaft vor, durch die man gehen muss. Eine Welle sieht das Gebiet etwas anders als Sie. Die Welle kann über manche Flüsse springen, über die man nicht gehen kann, dafür lässt sie sich nicht in beliebig enge Passagen zwängen.» Mit dieser Landschaftstheorie der Lokalisierung gelingt es, die geometrischen

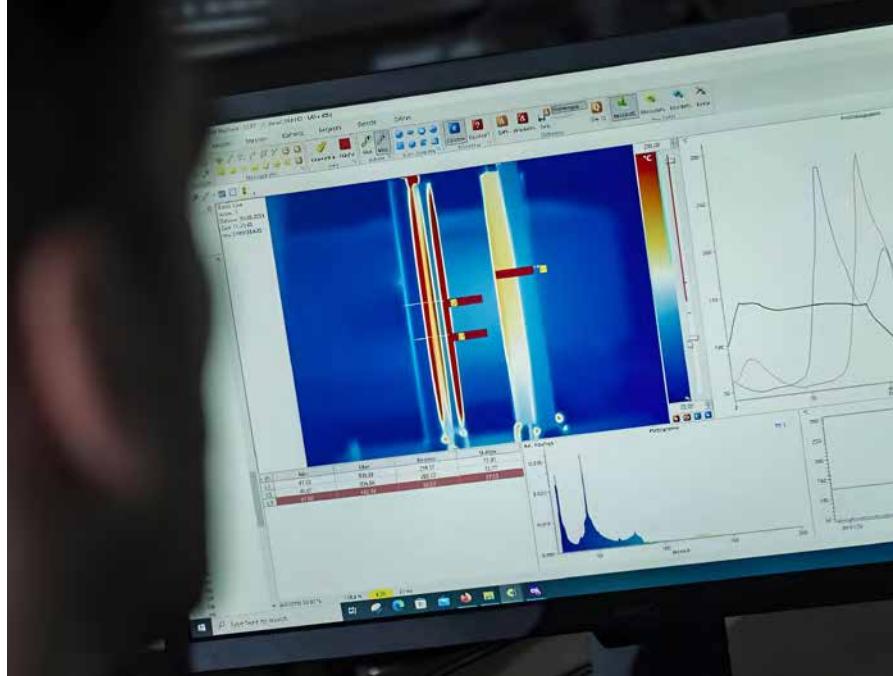
Eigenschaften und die Energie der lokalisierten Wellen vorherzusagen.

Mit der Landschaftstheorie kann man aber nicht nur Lokalisierungseffekte verstehen, sie lässt sich auch direkt anwenden, um neue Materialien und bessere elektronische Bauteile zu entwickeln. So ermöglicht dieses mathematische Werkzeug beispielsweise Quantensimulationen von LEDs, was eine gezielte Verbesserung dieser energiesparenden Lichtquellen erlaubt. Und sie hilft bei der Entwicklung effizienter, organischer Halbleiter für Solarzellen und Fotodetektoren, die beispielsweise in den Smartphones stecken. «Ich hatte grosses Glück, dass unser Konzept so schnell Anwendungen in der Physik und zur Entwicklung neuer Bauteile fand», sagt Mayboroda.

Quelle

Barbara Vonarburg, D-MATH News, 23.09.2024 (gekürzt)

EFFIZIENT ERWÄRMT



Mit rechnergestützten Simulationen tragen Forschende der Ruhr-Universität Bochum (Deutschland) zu effizienteren Verbrennungsprozessen in Industrie-Öfen bei.

Wie die Wärmeverteilung in riesigen Industrie-Öfen die Produkte darin beeinflusst, wollen Forschende des Sonderforschungsbereichs Bulk Reaction herausfinden. Das soll bei der Energiewende helfen.

Tabletten, Kaffeebohnen, Kalkstein, Holzschnitzel, Abfall: Viele Produkte, mit denen wir im Alltag zu tun haben, durchlaufen eine sogenannte thermische Behandlung. Das heisst, sie werden in Öfen erwärmt, um getrocknet, chemisch verändert, geröstet oder verbrannt zu werden. Diese Öfen können riesige Ausmasse haben. Ihr Inneres ist meist eine Blackbox: Die oft sehr hohen Temperaturen, dichte Schüttungen und teils aggressive Atmosphären machen den Einsatz von Messtechnik im Inneren zu einer grossen Herausforderung.

«Man konnte auf die Erfahrung der vergangenen Jahrzehnte bauen», sagt Prof. Dr. Martin Schiemann vom Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozess-technik der Ruhr-Universität Bochum.

Wenn die Produktqualität stimmte und der Preis o.k. war, konnte der Prozess so bleiben, wie er immer war. Doch diese Zeiten sind vorbei: Energie ist knapp und teuer, und man will weg von fossilen Brennstoffen wie Erdgas. Deswegen wird jetzt interessant, was im Ofen wo los ist und wie man ihn möglichst effizient und eventuell mit Wasserstoff oder elektrisch beheizen kann.

STEINE GEBEN STRAHLUNGSWÄRME WEITER

Martin Schiemann und Doktorand Matthias Tyslik arbeiten im Sonderforschungsbereich Bulk Reaction daran, die Vorgänge in solchen Öfen zu simulieren. Ihre Hauptfrage ist die nach der Verteilung der Wärme, ihr Beispiel ein Kalkofen, mehrere zig Meter hoch. Mehr als 100 Tonnen Kalkstein passen hinein, die grob zerkleinert von oben hineingeschüttet und unten wieder entnommen werden. Mehr als einen Tag verbringt dabei jeder Stein im Ofen. Eine seitliche Gasflamme erhitzt den Ofen und breitet sich nach oben aus. Direkt an der

Flamme werden Temperaturen von rund 1400 Grad Celsius erreicht. Auf der gegenüberliegenden Seite des Ofens müssen es mindestens 850 Grad sein. Denn die thermische Behandlung soll dazu führen, dass im Kalkstein eine chemische Reaktion stattfindet: Kalziumcarbonat soll in Kalziumoxid umgewandelt werden, wobei das im Stein enthaltene CO₂ entfernt wird. Ziel ist es, dass sämtliche Steine, die nach ihrer Passage des Ofens unten wieder entnommen werden, komplett durchreagiert sind.

«Wir wollen deswegen genau wissen, wie sich die Wärme im Ofen ausbreitet», erklärt Matthias Tyslik. Sie wird unter anderem als Strahlungswärme von der Oberfläche des einen Steins zum nächsten weitergegeben. Dabei kommt es auch auf die örtlichen Verhältnisse an: Die Weitergabe geht nur bei Sichtkontakt, nicht über Hindernisse hinweg. Außerdem spielt der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Steinen eine Rolle.

BERECHNUNGEN IN AKZEPTABLER ZEIT

Um die Details dieser Wärmeübertragung zu analysieren, haben die Forscher in ihrem Labor verschiedene Experimente aufgebaut. In einem beobachtet eine Wärmekamera eine künstliche, vereinfachte Schüttung aus Edelstahl- oder Magnesiumstäben, von denen sich einer erwärmt. Die Stäbe sind dabei geometrisch viel einfacher zu handhaben als das bei echten, gebrochenen Steinen oder faserigen Holzpellets der Fall wäre. Mit diesem geometrisch einfachen Aufbau können einige Fragen geklärt werden: Wird Wärme reflektiert? Welcher Stab erwärmt sich wie stark als erster? Welchen Einfluss hat das Material? In anderen Experimenten geht es darum, wie sich der Prozess der Wärmeübertragung verändert, wenn das Schüttgut dabei bewegt wird.

«Wenn man alle Einflussgrössen kennt, kann man solche Dinge theoretisch durchaus schon berechnen – auch für die Millionen Steine in einem Kalkofen», sagt Martin Schiemann. «Aber man bräuchte dafür so viel Zeit und Rechenkapazität, dass das praktisch unmöglich ist.» Deswegen ist es auch ein Ziel, die Simulation schliesslich so weit zu

vereinfachen, dass sie in akzeptabler Zeit durchführbar ist, ohne dabei an Genauigkeit zu verlieren.

Dann könnte man zum Beispiel berechnen, wie die thermische Behandlung der Kalksteine abgeändert werden muss, falls man als Brennstoff statt Erdgas – wie heute üblich – Wasserstoff einsetzen würde. «Das kann man nicht einfach so machen, weil Wasserstoff ganz anders verbrennt», erklärt Martin Schiemann. «Die Flamme wäre vermutlich kürzer, und es würden andere Schadstoffe entstehen, mit denen man umgehen müsste.» Neben Wasserstoff käme für Kalköfen noch Ammoniak als Brennstoff infrage. «Eine elektrische Beheizung ist für die nötigen Temperaturen über 1000 Grad in solchen Dimensionen bislang nur sehr schwer möglich», so der Forscher.

ENTSCHEIDENDE WÄRMEVERTEILUNG

Für andere Prozesse könne man darüber aber durchaus nachdenken. Tabletten werden zum Beispiel bei höchstens 100 Grad Celsius getrocknet, Kaffeebohnen bei bis zu 300 Grad Celsius geröstet. Auch hier ist die Verteilung der Wärme im Ofen entscheidend. «Wenn auch nur eine Handvoll Bohnen zu heiß geworden ist, kann man die ganze Charge nicht mehr gebrauchen», sagt Matthias Tyslik.

Wieder andere Prozesse bringen wieder andere Herausforderungen mit sich. Bei der Müllverbrennung zum Beispiel sind die einzelnen Teile des Schüttguts sich nicht so ähnlich wie im Kalkofen. «Da sind dann auch mal Matratzen drin oder PET-Flaschen, die bei Hitze zu kleinen Klumpen schmelzen», erzählt Martin Schiemann. Ziel des Sonderforschungsbereichs ist es, eine Simulationsmöglichkeit zu entwickeln, die sich auf alle diese Prozesse anpassen lässt. Andere Teilprojekte widmen sich zum Beispiel dem Weg, den einzelne Partikel in einem Ofen nehmen, dem Gasfluss im Ofen oder der Wärmeübertragung durch direkten Kontakt zwischen einzelnen Partikeln.

Quelle

Meike Driessen,
<https://news.rub.de/wissenschaft>, 26.11.2024

WIE ENTSTEHEN POLARLICHTER?

Wallende Vorhänge, schwebende Bögen und flackernde Bänder aus grünem, rotem und blauem Licht – diese und andere farbenprächtige Leuchterscheinungen am Nachthimmel gehen auf ein komplexes Wechselspiel zwischen dem Magnetfeld der Erde und elektrisch geladenen Teilchen von der Sonne zurück.

Zahlreiche Reiseveranstalter bieten Kreuzfahrten in nördliche und südliche Gefilde an und werben dafür oft mit imposanten Fotos von Polarlichtern. Das führt natürlich zu hohen Erwartungen – die häufig leider enttäuscht werden. Denn das menschliche Auge kann mit der Lichtempfindlichkeit einer elektronischen Kamera nicht mithalten. Helle Polarlichter, bei denen grüne, rote und blaue Farbtöne leicht zu erkennen sind, bilden deshalb eher die Ausnahme. Hervorgerufen werden die farbenprächtigen Leuchterscheinungen – ob stark oder schwach – durch elektrisch geladene Teilchen aus dem Weltraum. Dabei handelt es sich vor allem um Elektronen und Protonen von unserer Sonne, die in die Erdatmosphäre gelangen, dort auf Gasmoleküle prallen und diese zum Leuchten anregen. So weit die einfache Erklärung. Tatsächlich ist der ganze Vorgang erheblich komplexer.

MAGNETISCHER SCHUTZSCHILD

Das Magnetfeld der Erde lenkt die aus dem All einprasselnden Teilchen nämlich ab und verhindert dadurch, dass sie direkt in die Atmosphäre eindringen. Gleichzeitig deformiert der stetige Teilchenstrom von der Sonne das Erdmagnetfeld: Auf der Tagseite wird es zusammengepresst, während sich auf der Nachtseite ein ausgedehnter Schweif bildet. Dieses komplizierte Wechselspiel zwischen Sonnenwind und Erdmagnetfeld ist bisher zwar noch nicht im Detail verstanden. Klar ist aber, dass der magnetische Schutzschild unseres

Planeten – die Magnetosphäre – an manchen Stellen schwächtelt. Nahe der magnetischen Pole etwa, wo die Feldlinien aus dem Erdinneren austreten und sich zur Tag- oder zur Nachseite biegen, können nahezu ungehindert Partikel einströmen. Das ruft in der Polarkappenregion eine schwache Leuchterscheinung hervor, polares Glühen genannt. Zudem ist die Magnetosphäre kein statisches Gebilde, sondern ständig in Bewegung – das gilt insbesondere für den «flatternden» Schweif, der Millionen von Kilometern ins All hinausreicht. Durch verschiedene Prozesse können auch hier Teilchen des Sonnenwinds in die magnetische Schutzhülle eindringen. Sie sammeln sich in einer mit Elektronen und elektrisch geladenen Atomen gefüllten Region an, die als Plasmaschicht bezeichnet wird. Von hier werden die Sonnenwindteilchen – überwiegend Elektronen – entlang der magnetischen Feldlinien beschleunigt, strömen auf Spiralbahnen von der Nachtseite aus auf die Erde zu und erreichen schließlich die Atmosphäre.

LEUCHTENDE ATOME UND MOLEKÜLE

In der Lufthülle unseres Planeten angekommen, treffen die energiereichen Teilchen auf die dort vorhandenen Moleküle und Atome. Bei Zusammenstößen können die Elektronen des Sonnenwinds nun Energie auf die Gasteilchen in der Atmosphäre übertragen. Diese zusätzliche Energie setzen die Moleküle und Atome dann nach kurzer Zeit wieder frei – in Form von Licht. Die dominierende Farbe von Polarlichtern, ein Grünton mit einer Wellenlänge von 557,7 Nanometern, stammt beispielsweise von Sauerstoffatomen in einer Höhe von etwa hundert Kilometern. Sehr energiereiche Elektronen können noch etwas tiefer in die Atmosphäre eindringen und dort Stickstoffmoleküle anregen, die dann in verschiedenen blau-violetten Farben leuchten.

Seltener lässt sich rotes Licht mit einer Wellenlänge von 630 Nanometern beobachten. Es entsteht, wenn Sonnenwindteilchen in einer Höhe von etwa 300 Kilometern mit Sauerstoffatomen kollidieren. Der in die Erdatmosphäre einfallende Teilchenstrom variiert sowohl zeitlich als auch räumlich, was die verschiedenen Formen und Muster von Polarlichtern erklärt. Beobachten lassen sich die Leuchterscheinungen in fast jeder klaren Nacht – vorausgesetzt, man befindet sich im Bereich des Polarlichtovals. Denn tatsächlich findet das Schauspiel nicht direkt über den Polen statt. Der Grund hierfür: Die in die Plasmashicht reichenden Feldlinien gehen nicht direkt von den magnetischen Polen aus, sondern aus geomagnetischen Breiten zwischen 70 und 80 Grad. Durch die Erddrehung wird das eigentlich ringförmige Gebiet um die Pole herum zu einem Oval gestaucht. Auf der Nordhalbkugel zieht sich dieses Polarlichtoval über Alaska, Kanada, Grönland, Island, Norwegen, Finnland und Sibirien. Das südliche Polarlichtoval liegt dagegen fast ausschliesslich über dem antarktischen Kontinent. Doch mitunter sind Polarlichter auch weit ausserhalb dieser Regionen zu sehen – selbst vom Mittelmeer und aus den Südstaaten der USA wurden schon Nordlichter gemeldet. Und auch von Deutschland aus sind manchmal Nordlichter sichtbar.

GEOMAGNETISCHER STURM

Denn der Sonnenwind wächst mitunter zu einem Sturm an und rüttelt die Magnetosphäre kräftig durch. Die Magnetfeldlinien im Schweif verbiegen sich dadurch stärker als üblich und das Polarlichtoval kann sich gegen Äquator ausdehnen. Ursache für einen solchen «geomagnetischen Sturm» sind explosive Ereignisse auf der Sonne: Heftige Eruptionen schleudern gewaltige Gasmassen ins All hinaus. Treffen die elektrisch geladenen Teilchen eines solchen koronalen Massenauswurfs auf die Erde – je nach Geschwindigkeit benötigen sie für die 150 Millionen Kilometer lange Strecke zwischen 18 und 36 Stunden –, treten besonders intensive Polarlichter auf, die im Fall von Nordlichtern noch weit im Süden sichtbar sein können.



Die dominierende Farbe von Polarlichtern besteht aus einem Grünton mit einer Wellenlänge von 557,7 Nanometern.

Die Aktivität der Sonne schwankt in einem etwa elfjährigen Zyklus. Das nächste Maximum erwarten Astronominen und Astronomen für das Jahr 2025. In den kommenden Jahren sind also häufiger Sonneneruptionen und Materieauswürfe zu erwarten – und damit auch Polarlichter, die sich von Deutschland aus beobachten lassen. Diese Aussicht mag zwar erfreulich sein. Doch geomagnetische Stürme stellen auch eine erhebliche Gefahr für unsere hoch technisierte Zivilisation dar. Der historisch überliefert stärkste Sonnensturm traf am 1. September 1859 die Erde. Damals waren Polarlichter in Italien, auf Kuba und auf Hawaii zu sehen – und es brachen auf der ganzen Welt die noch neuen Telegrafennetze zusammen.

VORHERSAGE DES WELTRAUMWETTERS

Ein vergleichbarer Sturm dürfte heute Schäden in Höhe von vielen Milliarden Euro verursachen, schätzen Expertinnen und Experten. Betroffen wären beispielsweise unsere Kommunikations- und Navigationsnetze. Denn dafür sind Satelliten unabdingbar, deren elektrische Schaltkreise weder den energiereichen Teilchen aus dem All noch den schnellen und intensiven

Schwankungen des Erdmagnetfelds unbegrenzt standhalten. Auch grossräumige Ausfälle von Stromnetzen sind möglich. Stärke und Orientierung des irdischen Magnetfelds ändern sich während eines geomagnetischen Sturms nämlich schnell, wodurch hohe Spannungen in Stromleitungen induziert und Transformatoren zerstört werden können. Darüber hinaus heizen starke Teilchenströme von der Sonne die äussere Erdatmosphäre auf, sodass sie sich aufbläht. Die Folge: Selbst in Höhen von einigen Hundert Kilometern werden Satelliten plötzlich durch Luftreibung abgebremst oder gar zum Absturz gebracht. Auf diese Weise verlor das Unternehmen SpaceX kürzlich 40 Starlink-Satelliten.

So schön Polarlichter auch anzusehen sind – sie sind nur ein Randphänomen der komplexen Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und Erde. Da das «Weltraumwetter» für unsere moderne Gesellschaft durchaus bedrohliche Folgen haben kann, arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in aller Welt an einer entsprechenden Prognose.

Quelle

Rainer Kayser und Redaktion,
www.weltderphysik.de, 01.01.2024 (gekürzt)

«LANGFRISTIG WERDEN DIE VORTEILE DES QUANTENCOMPUTERS DIE RISIKEN DEUTLICH ÜBERWIEGEN»

Der theoretische Physiker John Preskill ist ein Wanderer zwischen den Welten. Im Interview erklärt er, warum er der Teilchenphysik den Rücken gekehrt hat und was fehler-tolerante Quantencomputer mit der Robustheit von Raum und Zeit zu tun haben.

Feynman war nicht nur einer der bekanntesten Teilchenphysiker des 20. Jahrhunderts, er hat auch als einer der Ersten über Quantencomputer nachgedacht. Ist es eine Bürde, sein Nachfolger zu sein?

Es ist ein Name, dem man nicht gerecht werden kann. Aber wissen Sie, ich nehme das einfach so hin. Ich glaube nicht, dass jemand von mir erwartet, das Niveau von Richard Feynman zu erreichen. Im Übrigen kannte ich ihn. Ich kam 1983 ans Caltech. Wir hatten unsere Büros auf demselben Korridor. Wir sprachen oft über Wissenschaft, aber nie über Quantencomputer, was ich heute bedauere.

Ihr Vorgänger am California Institute of Technology, Richard Feynman, dachte bereits in den frühen 1980er-Jahren über Quantencomputer nach. Damit war er seiner Zeit weit voraus.

Was waren seine Überlegungen?

Die wesentliche Schwierigkeit, die Feynman zu lösen versuchte, geht auf die 1920er-Jahre zurück, als die Quantenmechanik erfunden wurde. Eine der grundlegenden Gleichungen dieser Theorie ist die Schrödingergleichung. Sie beschreibt, wie Elektronen miteinander und mit Atomkernen wechselwirken. Damit ist sie die Grundlage für die gesamte Chemie

und die Materialwissenschaften. Und doch ist die Gleichung für mehr als nur ein paar Elektronen zu schwer zu lösen, selbst mit den besten herkömmlichen Computern. In einem Vortrag im Jahr 1981 schlug Feynman vor, dass wir einen auf den Prinzipien der Quantenmechanik beruhenden Computer verwenden sollten, wenn wir das Quantenverhalten eines Systems mit vielen Elektronen verstehen wollen.

Erkannte damals jemand die Bedeutung seiner Worte?

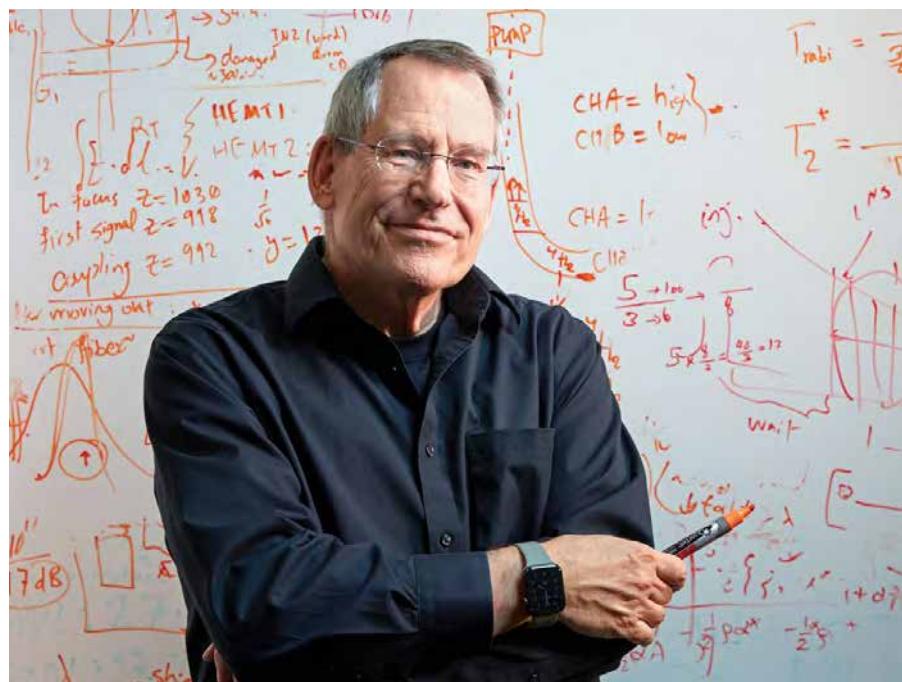
Einige schon, aber nicht viele. Einer von ihnen war David Deutsch, der Professor in Oxford ist. Er erkannte die Bedeutung eines Quantencomputers und entwickelte die Ideen von Feynman weiter.

Wann erwachte Ihr Interesse für Quantencomputer?

Das war im Jahr 1994. Damals nahm das Thema richtig Fahrt auf. Der Mathematiker Peter Shor hatte entdeckt, dass es einige wirklich schwierige Probleme gibt, die zumindest theoretisch von Quantencomputern effizient gelöst werden könnten. Das berühmteste Beispiel ist das Problem, eine grosse zusammengesetzte Zahl in ihre Primfaktoren zu zerlegen. Man vermutet, dass diese Aufgabe zu komplex für herkömmliche Computer ist. Das ist die Grundlage von Verschlüsselungssystemen, die wir routinemässig zum Schutz unserer Privatsphäre und zur Kommunikation über das Internet verwenden. Als ich von Shors Algorithmus erfuhr, hat mich das sehr beeindruckt. Das war eine der interessantesten Ideen, die ich je in meiner wissenschaftlichen Laufbahn gehört hatte. Und ich habe versucht, sie besser zu verstehen.

Warum diese plötzliche Kehrtwende in Ihrer Karriere? Bis dahin hatten Sie sich als Teilchenphysiker und Kosmologe einen Namen gemacht.

Meine Entscheidung, zur Quanteninformatik zu wechseln, wurde teilweise durch das Ende des supraleitenden Supercolliders im Jahr 1993 motiviert. Dieser Teilchenbeschleuniger in den USA wäre sogar noch leistungsfähiger



Formeln sind sein Element. Der theoretische Physiker John Preskill.

gewesen als der Large Hadron Collider am CERN. Die Einstellung des Projekts aus finanziellen Gründen war ziemlich entmutigend. Ich war in der Stimmung, andere Dinge zu lernen und mich mit anderen Problemen zu beschäftigen. Und dann kam Shors Algorithmus ins Spiel.

Feynman machte seine Anmerkungen zum Quantencomputer in den frühen 1980er-Jahren. Und trotzdem haben wir bis heute noch keine leistungsfähigen Quantencomputer. Warum?

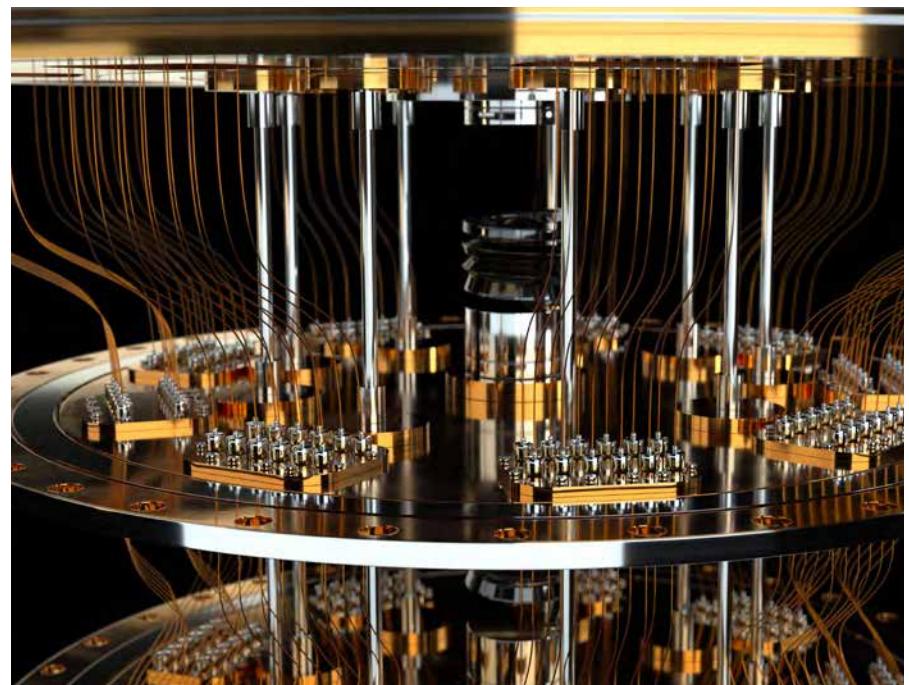
Wir haben bereits Quantencomputer. Aber sie sind nicht so leistungsfähig, wie wir es uns wünschen. Der Grund dafür ist, dass die Quantensysteme, die wir zur Speicherung und Verarbeitung von Informationen verwenden, mit der Außenwelt interagieren. Das führt dazu, dass die Informationen beschädigt werden. Wenn wir also wollen, dass ein Quantencomputer während der Berechnung keine Fehler macht, müssen wir ihn fast vollkommen von der Außenwelt isolieren. Und das ist wirklich schwer zu bewerkstelligen, denn unsere Hardware ist alles andere als perfekt, und sie wird es auch nie sein.

Wir befinden uns in einer Ära, für die Sie den Begriff Noisy Intermediate-Scale Quantum Computing geprägt haben.

Das bedeutet, dass wir Quantencomputer mit etwa 100 fehleranfälligen Quantenbits haben.

Was kann man mit diesen Computern machen?

Im Jahr 2019 hat Google gezeigt, dass ein Quantencomputer bereits heute einen herkömmlichen Computer bei der Lösung einer speziellen Art von Problem übertreffen kann. Aber «noisy» erinnert uns daran, dass diese Systeme nicht fehlerkorrigiert sind, dass das Rauschen eine Begrenzung dafür ist, wie viele Berechnungen wir durchführen und am Ende immer noch eine brauchbare Antwort herauslesen können. Für praktische, wirtschaftlich nützliche Anwendungen brauchen wir daher Quantencomputer mit Fehlerrichtigung.



Für praktische, wirtschaftlich nützliche Anwendungen braucht es gemäß John Preskill Quantencomputer (s. Bild) mit Fehlerrichtigung.

Wo stehen wir da?

Wir machen Fortschritte. Die Idee der Fehlerrichtigung besteht darin, die Fehlerrate zu unterdrücken, indem die Information eines Quantenbits über viele verschränkte Quantenbits verteilt wird. Das haben Google und Quantinuum kürzlich erreicht. Als Nächstes möchten wir sehen, dass man mit diesen geschützten Daten tatsächlich eine Operation durchführen und diese Operation zuverlässiger machen kann.

Bis es so weit ist, wird es noch eine Weile dauern. Trotzdem investieren Firmen und Institutionen schon heute kräftig in Quantencomputer. Werden sie nicht zwangsläufig enttäuscht sein?

Das hängt davon ab, welche Erwartungen sie haben. Ich denke, einige der Unternehmen schätzen realistisch ein, dass es sich um ein langfristiges Projekt handelt und dass es einige Jahrzehnte dauern kann, bis man praktische Vorteile aus dem Quantencomputing ziehen kann.

Sehen Sie Anzeichen für einen Quantenhype?

Ja, das tue ich. Aber das gilt für viele Technologien, die sich in einem frühen

Stadium der Entwicklung befinden. Man sollte immer skeptisch sein, wenn man hört, dass eine neue Technologie innerhalb von fünf Jahren erhebliche Auswirkungen haben wird. Eine realistischere Erwartung sind 20 Jahre.

Quantencomputer können helfen, neue Materialien zu entwerfen oder bessere Medikamente zu entwickeln. Aber sie bedrohen auch die sichere Kommunikation. Glauben Sie, dass der Nutzen größer sein wird als der Schaden?

Sie beziehen sich darauf, dass die heutigen verwendeten Kryptosysteme angriffbar werden, wenn Quantencomputer ausreichend leistungsfähig sind. Tatsächlich beginnt die Welt gerade, auf neue Kryptosysteme umzusteigen, von denen wir glauben, dass sie selbst für Quantencomputer zu schwer zu knacken sind. Ich denke also, dass die Bedrohung eine Art historische Fußnote sein wird. Langfristig werden die Vorteile des Quantencomputers die Risiken deutlich überwiegen.

Quelle

Christian Speicher, NZZ Wissenschaft, www.nzz.ch, 01.11.2024

BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Forschende im Bereich Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften und Physik suchen – häufig in interdisziplinären Teams – nach Antworten auf eine grosse Bandbreite spannender Fragestellungen. Die folgende Auswahl an Projekten lädt zum Reinschnuppern ein.

MATHEMATIK

Applied Probability, Statistics and Mathematical Biology

Im Zentrum dieser Forschung stehen mathematische Probleme aus der Statistik und der Systembiologie. Konkret geht es um die robuste Schätzung der Kovarianzmatrix anhand von Daten aus Grassmann-Mannigfaltigkeiten.

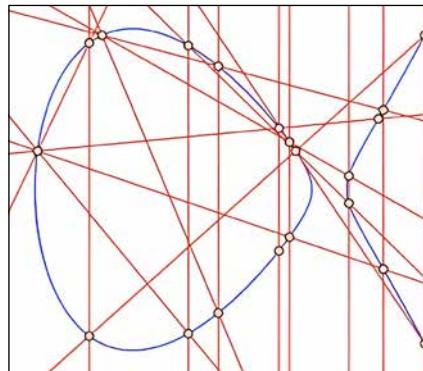


Solche Modelle tauchen in vielen angewandten Kontexten auf, wie beispielsweise in der Bild- und Videoanalyse. Der Fokus liegt auf den statistischen Berechnungen in natürlichen Systemen. Ziel der Forschung ist zu verstehen, wie natürliche Systeme statistische Inferenzen durchführen und wie solche Inferenzverfahren in biologischen Netzwerken und allgemeiner in der Systembiologie implementiert werden.

www.unifr.ch/research

Zahlentheorie

Im Fokus stehen Verbindungen der Zahlentheorie zur Geometrie und mit der analytischen Zahlentheorie.



Eine interessante Frage ist, wie viele Punkte mit ganzzahligen oder rationalen Koordinaten auf einer ebenen Kurve liegen. Oder kann die Summe zweier Kubikzahlen, wie z.B. 1, 8, 27 usw., wieder eine Kubikzahl sein? Auch ein solches Problem lässt sich mit geometrischen Werkzeugen untersuchen.

Besonders elliptische Kurven sind im Fokus der Forschung. Mittels der Sehnen- und Tangentenkonstruktion lassen sich zwei Punkte zu einem dritten Punkt addieren. Diese Addition auf der Kurve verbindet Geometrie und Arithmetik und ist ein mächtiges Werkzeug, um die elliptische Kurve zu studieren. Sie spielt in Anwendungen der Kryptographie eine wichtige Rolle.

www.unibas.ch

Weitere Forschungsprojekte

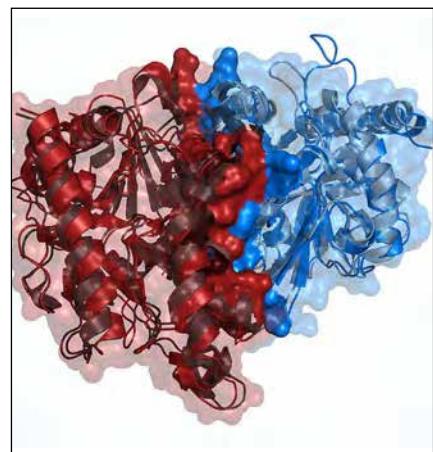
- Sharp asymptotics of correlations in lattice systems (UNIGE)
 - Migration and Discrete choice models (MIGDCM) (EPFL)
 - Beyond Symbolic Model Checking through Deep Modelling (USI)
 - Machine learning modular forms (ETHZ)
 - Geometric Spectral Theory (UNINE)
- <https://data.snf.ch>

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN

Bioinformatik und Proteine in 3D: Sequenz – Struktur – Funktion

Diese Forschungsgruppe entwickelt Computerprogramme, mit deren Hilfe sich die Strukturen von bisher nicht experimentell aufgeklärten Proteinen modellieren lassen.

Dabei untersuchen sie, welche Mutationen zu Krankheiten führen. Denn mögliche Effekte von Mutationen auf die Funktion eines Proteins lassen sich häufig mithilfe seiner Struktur interpretieren.



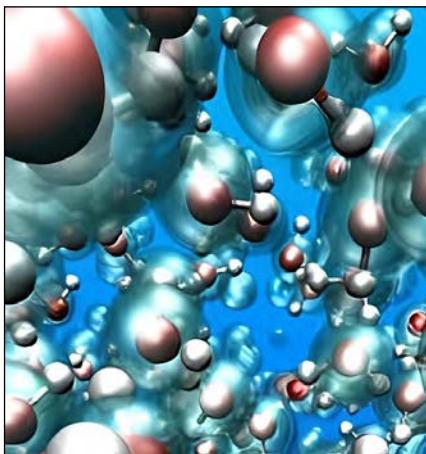
Dieses Wissen erleichtert das Verständnis von menschlichen Erbkrankheiten und die Interpretation der im menschlichen Genom beobachteten Variationen. Umgekehrt lassen sich mit Computermodellen gezielt Mutationen in Proteinen planen, um deren Funktion im Labor zu untersuchen.

www.biozentrum.unibas.ch

Atomic Scale Simulation

Die Forschungstätigkeit umfasst die Untersuchung von Phänomenen auf der atomaren Skala sowohl vom strukturellen als auch vom dynamischen Standpunkt aus. Ziel ist es, Experimente zu ergänzen, indem eine realistische Beschreibung der Mechanismen auf atomarer und Nanometer-skala erstellt wird. Dies wird erreicht, indem die Wechselwirkungen zwischen den Atomen im Rahmen einer quantenmechanischen Beschreibung der elektronischen Struktur, die auf der Dichtefunktionaltheorie basiert, genau berücksichtigt werden. Solche

Ansätze, die von Hochleistungscomputern unterstützt werden, ermöglichen die Visualisierung von atomaren Prozessen und wirken wie echte Mikroskope.



Mit dem Aufkommen der Nanotechnologien wächst die Verbreitung dieser Techniken heute weltweit und erreicht Forschungsbereiche in der Physik, Chemie, Biologie und Materialwissenschaft. Spezifische Forschungsprojekte betreffen die Untersuchung ungeordneter Materialien und von Oxid-Halbleiter-Grenzflächen, die derzeit in der Glasherstellung beziehungsweise in der Mikroelektronik Anwendung finden.

www.epfl.ch/research

Weitere Forschungsthemen

- Dam break
- Distribution probability of a particle in a Morse potential
- Sulfur dioxide column densities 1950–2050
- NFS Microbiomes

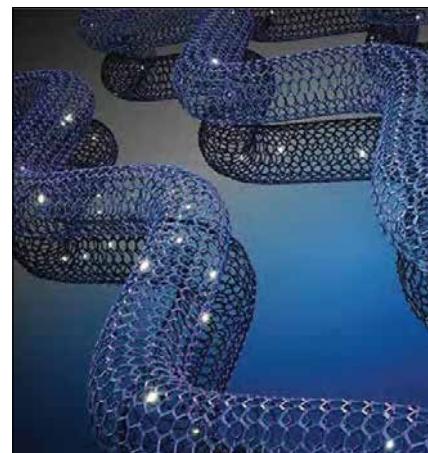
Beispiele von Masterarbeiten

- Toward Personalized Cardiovascular Healthcare: Flow Matching Neural Operators for Forward and Inverse Problems
 - Virtual Psychotherapist Based on Large Language Models
 - 3D Numerical Modeling of Venus Rifts Seismicity
- www.ethz.ch

PHYSIK

Soft Matter & Photonics

Gegenstand der Forschung sind physikalische Phänomene im Zusammenhang mit weicher kondensierter Materie, Streuungssonden sowie fundamentale und angewandte Optik in geordneten und ungeordneten Medien. Lichtausbreitung, die Dynamik, Aggregation und das Phasenverhalten kolloidaler Systeme sowie die Herstellung und Charakterisierung weicher Materialien.



Der kontrollierte Zusammenbau von kleinen Partikeln, Tröpfchen oder Blasen ermöglicht es, atomare Bewegungen und Strukturen in Echtzeit in Systemen zu untersuchen, die von einfachen Flüssigkeiten bis hin zu Kristallen, Gläsern und gestauten Phasen reichen.

Wichtige Beiträge zum grundlegenden Verständnis der Struktur und des Phasenverhaltens kondensierter Materie kommen heutzutage aus dem Bereich der weichen Materie. Im Labor wird die Dynamik von dichten kolloidalen Ansammlungen und den Übergang in einen amorphen festen Zustand untersucht. Es interessiert zudem, wie das Wechselspiel zwischen Ordnung und Unordnung die optischen Eigenschaften dielektrischer Materialien steuert und wie optische Kräfte zur Manipulation kleiner Partikel genutzt werden können.

www.unifr.ch/research

Forschungsprojekte der Astronomie

Am Astronomischen Institut der Universität Bern gibt es eine Vielzahl von Forschungsprojekten.



Einige Beispiele im Bereich Bahn- und Lage-Bestimmung von Weltraum-Objekten:

- Studien über die Genauigkeit in der Bahnbestimmung bezüglich verschiedener Beobachtungsszenarien
- Korrelation und Bahnbestimmung von mehrfachen Serien von optischen Beobachtungen
- Lagebestimmung mittels Lichtkurven und Laser-Distanz-Messungen zu Satelliten.

Ein Beispiel eines ESA (European Space Agency)-Projektes im Rahmen der Weltraumüberwachung:

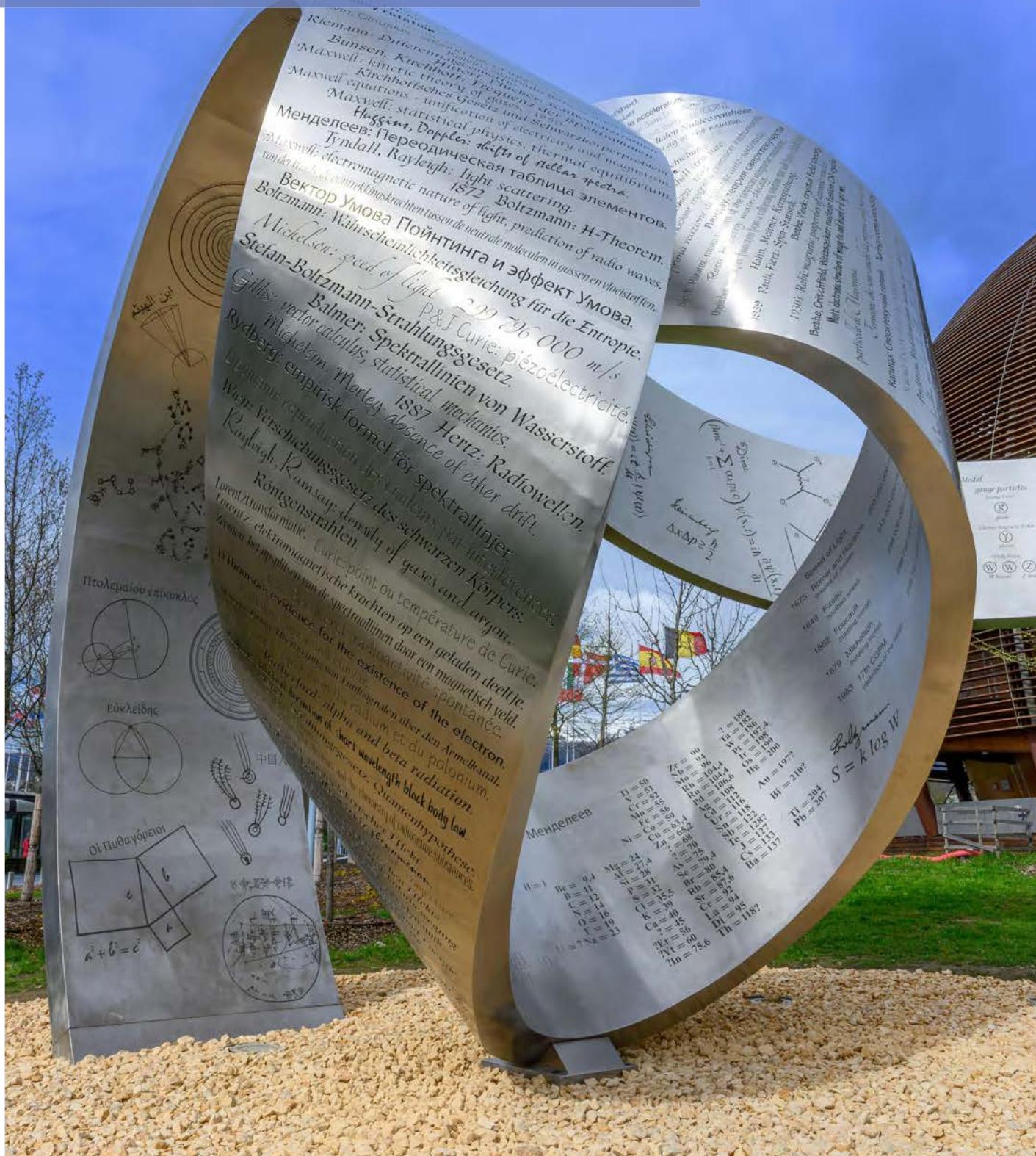
- Messungen der Weltraumschrott-Lage-Bewegung und Modellierung
- www.aiub.unibe.ch

Weitere Forschungsprojekte

- Zero-resistance states beyond conventional superconductivity (EPFL)
 - Precision Physics with Muon and Ultracold Neutrons II (ETHZ)
 - Non-equilibrium Quantum Physics at Nanoscale (UNIGE)
 - Hyperfine splitting in muonic hydrogen: Lasers and the protons magnetic structure (ETHZ)
 - Matter for Dark Matter detection (UZH)
- <https://data.snf.ch>

STUDIUM

- 23 MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK STUDIEREN
- 26 STUDIENMÖGLICHKEITEN
- 34 VERWANDTE STUDIENRICHTUNGEN UND ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE
- 35 PORTRÄTS VON STUDIERENDEN



MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK STUDIEREN

Die Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik befassen sich mit den grundlegenden Fragen und Phänomenen unserer Welt. Sie ermöglichen ein tieferes Verständnis dafür und vermitteln das Wissen und die Methoden, um komplexe theoretische sowie praktische Probleme zu analysieren und zu lösen.

Die Studiengänge in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften und Physik beruhen auf einer gemeinsamen methodischen und konzeptuellen Grundlage. Alle drei Disziplinen beschäftigen sich mit der systematischen Untersuchung komplexer Zusammenhänge und der Entwicklung präziser Methoden zur Problemlösung. Es geht unter anderem darum, Phänomene auf ihre wesentlichen Grundstrukturen zu reduzieren und daraus Modelle zu entwickeln, die eine systematische Untersuchung ermöglichen. Dazu gehören Methoden der Analysis, Linearen Algebra, Stochastik sowie numerische

Verfahren und Algorithmen. Diese mathematischen Werkzeuge bilden die Grundlage für die Entwicklung neuer mathematischer Theorien, die Modellierung physikalischer Prozesse oder den Einsatz von Computermodellen zur Simulation und Analyse komplexer Systeme.

Die fachlichen und methodischen Überschneidungen dieser drei Disziplinen sind gross. Die enge Verzahnung zeigt sich nicht nur in der methodischen Ähnlichkeit, sondern auch in der interdisziplinären Zusammenarbeit, etwa in der Quantenmechanik, der Finanzmathematik oder der computergestützten Materialforschung.

GUT VORBEREITET INS STUDIUM

Es gibt zahlreiche Initiativen, die Schülerinnen und Schüler für die MINT-Fachrichtungen begeistern und gezielt fördern sollen. «MINT» steht als Abkürzung für die Studienrichtungen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Diese MINT-Programme bieten Einblicke in wissenschaftliche und technische Disziplinen, oft mit dem Ziel, den Nachwuchs für ein Studium oder eine Karriere in diesen Bereichen zu gewinnen. Beispiele: mint & pepper, educamint, goMATH Girls' Circle, Junior Euler Society.



<https://math.ethz.ch/de/nachwuchsfoerderung/mint-foerderprogramme.html>

Studienanfängerinnen und -anfänger können ihre Mathematikkenntnisse zudem in freiwilligen, einwöchigen Vorbereitungskursen auffrischen. Diese finden jeweils vor Beginn des Herbstsemesters an den Universitäten Basel, Bern, Freiburg und Zürich statt.

Die ETH Zürich und die Universität Bern stellen kostenlose online-Selbsteinschätzungstests zur Verfügung. Diese ermöglichen eine Reflexion über die eigenen mathematischen Kompetenzen und geben Einblick in die verlangten Voraussetzungen.



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



<https://link.unibe.ch/osamath>

Weitere Informationen zu Voraussetzungen und Vorbereitungsmöglichkeiten finden sich auf den Websites der anbietenden Hochschulen (siehe Studiengangtabellen ab S. 27).

KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN

Abhängig von der gewählten Universität und Studienform können Studierende zwischen reinem Monofachprogramm oder einem Major-Minor-Modell (mit Nebenfächern) wählen. Dies kann zum Beispiel die Chance bieten, das gewählte Studiengebiet mit Fächern wie Biologie, Chemie oder Informatik zu verbinden. Es gibt jedoch auch bei den Monofachstudienängen an den meisten Universitäten einen Wahlbereich, bei dem auch Veranstaltungen ausserhalb der gewählten Studienrichtung besucht werden können. Je nach Universität umfasst dieser unterschiedlich viele ECTS-Punkte.

UNTERRICHTSFORMEN

Das Wissen wird in Form von klassischen Vorlesungen vermittelt. Wöchentliche Übungsserien festigen den Stoff – oft im Selbststudium, aber auch in der Gruppe. In späteren Seminaren bereiten Studierende eigenständig Themen auf und präsentieren sie, häufig auch im Rahmen von Projektarbeiten. Für Bachelor- und Masterarbeiten schliessen sich Studierende Forschungsgruppen an. Zu einem Physikstudium gehören zudem auch experimentelle Arbeiten im Labor und mit fortschreitendem Studium teilweise auch sehr forschungsnahe Praktika.

ONLINE-INFORMATIONEN RUND UMS STUDIEREN

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

PERSÖNLICHE VORAUSSETZUNGEN

Studierende dieser drei Studienrichtungen sollten ein ausgeprägtes Interesse an logischem und abstraktem Denken haben und Freude daran finden, sich mit komplexen Zusammenhängen und Gedankenspielen auseinanderzusetzen. Sie begnügen sich nicht damit, Phänomene nur oberflächlich zu verstehen, sondern hinterfragen deren grundlegende Prinzipien. Kreativität beim Problemlösen, eine systematische Herangehensweise an mathematische Beweisführungen sowie Interesse an der Modellierung von Vorgängen sind dabei entscheidende Fähigkeiten. Ebenso wichtig sind Neugier, Durchhaltevermögen und die Bereitschaft, sich intensiv mit anspruchsvollen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Gute Englischkenntnisse sind ebenfalls essenziell, da die meisten wissenschaftlichen Publikationen und Lehrmaterialien in dieser Sprache verfasst sind.

STUDIENINHALTE MATHEMATIK

Das Bachelorstudium in Mathematik vermittelt Grundlagen in den zentralen mathematischen Themengebieten,

darunter Algebra, Lineare Algebra, Analysis, Geometrie/Topologie, Numerik, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie. An den beiden ETH besteht zudem eine enge Verbindung zwischen Mathematik und Physik. Der genaue Umfang und die thematische Ausrichtung variieren je nach Hochschule. Im Masterstudium Mathematik werden die Theorien und die Methoden der grundlegenden Gebiete der reinen und angewandten Mathematik vertieft. Insbesondere bei den Mastervorlesungen gibt es meist viele Wahlfreiheiten, sodass abhängig von den Interessen und eventuell auch Berufsabsichten mit der Wahl der Veranstaltungen andere Schwerpunkte gelegt werden können. Es gibt auch Masterstudiengänge, welche ihren Fokus komplett auf einzelne Bereiche der Mathematik oder auch auf Anwendungsgebiete legen. Ein Masterstudium in *Statistik* beschäftigt sich beispielsweise mit der Erhebung, Analyse und Interpretation von Daten. Gegenstand des Masterstudiums in *Biostatistik* bilden vor allem statistische Methoden, die in der klinischen

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN VERSUS INFORMATIK

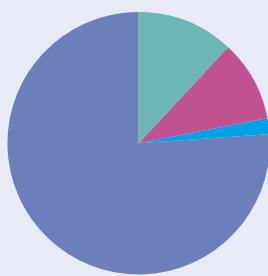
Im Gegensatz zur Informatik (auch Computer Science genannt) setzen die Rechnergestützten Wissenschaften (auch Computational Science genannt) andere Schwerpunkte. Die Informatik beschäftigt sich mit dem Computer selbst, seiner Hard- und Software. So werden zum Beispiel Software für Betriebssysteme sowie Algorithmen zur Organisation der Rechenvorgänge, der Datenspeicherung und der Datenkommunikation entwickelt. In den Rechnergestützten Wissenschaften hingegen wird der Computer eingesetzt, um naturwissenschaftliche Fragestellungen beziehungsweise Probleme zu analysieren. Aber auch in diesem Zusammenhang wird Software entwickelt.

Forschung, Epidemiologie oder Genetik zur Anwendung kommen.

Im interdisziplinären Masterstudium *Actuarial Science* werden mathematische, statistische und wirtschaftliche Methoden genutzt, um Risiken zu bewerten und finanzielle Unsicherheiten zu modellieren.

GRUNDLAGEN DER ERSTEN BEIDEN STUDIENJAHRE IM BACHELOR AN DER ETH ZÜRICH

MATHEMATIK



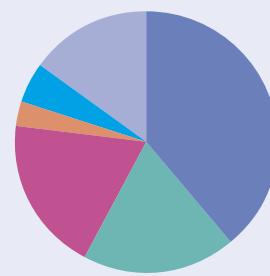
Fächerverteilung

- Mathematik/studiengangspezifische Fächer (76%)
- Physik (12%)
- Informatik (10%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (2%)

Studiengangspezifische Fächer:

Algebra, Analysis, Funktionentheorie, Geometrie, Graphentheorie, Grundstrukturen, Lineare Algebra, Mathematische Methoden der Physik, Numerische Mathematik, Topologie, Wahrscheinlichkeit und Statistik

RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN



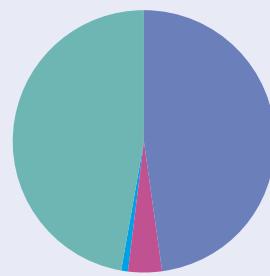
Fächerverteilung

- Mathematik und Statistik (39%)
- Physik (19%)
- Informatik (19%)
- Studiengangspezifische Fächer (15%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (5%)
- Chemie (3%)

Studiengangspezifische Fächer:

Numerical Methods for Partial Differential Equations, Numerische Methoden für Computational Science and Engineering CSE

PHYSIK



Fächerverteilung

- Mathematik (48%)
- Physik/studiengangspezifische Fächer (47%)
- Informatik (4%)
- Geistes- und sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Fächer (1%)

Studiengangspezifische Fächer:

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

STUDIENINHALTE RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN

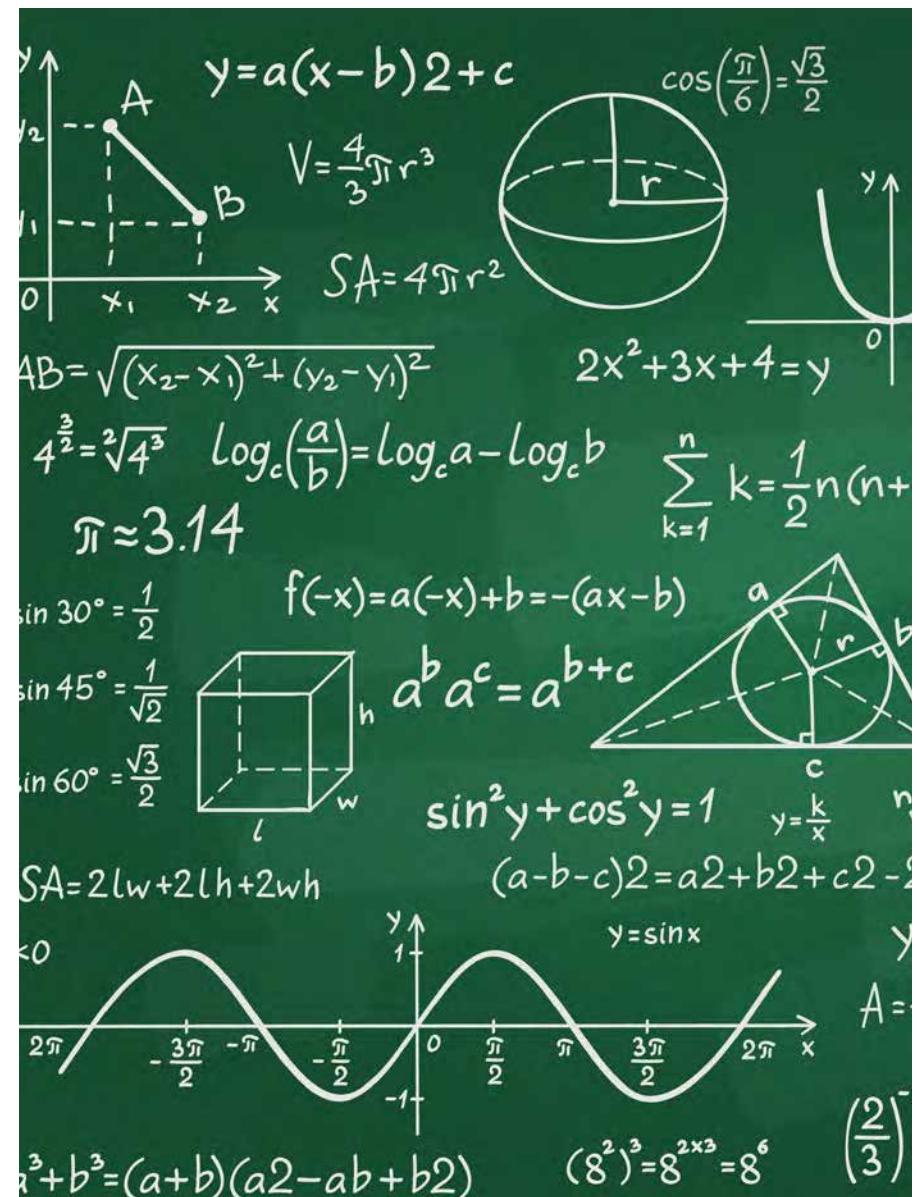
Das Studium in Rechnergestützten Wissenschaften verbindet Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, um komplexe Probleme mithilfe moderner Rechenmethoden zu analysieren und zu lösen. Im Bachelorstudium werden die mathematischen Grundlagen wie Analysis, Lineare Algebra und Numerische Mathematik vermittelt, die für die Modellierung physikalischer und technischer Prozesse essenziell sind. Darüber hinaus spielen die Statistik und die Wahrscheinlichkeitstheorie eine wichtige Rolle, insbesondere für datengetriebene Analysen.

In den Informatikvorlesungen lernen Studierende Algorithmen und Datenstrukturen kennen, arbeiten mit Programmiersprachen wie Python oder C++ und setzen Hochleistungsrechner ein, um simulationsintensive Probleme effizient zu lösen. Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz gewinnen ebenfalls an Bedeutung, insbesondere für datenbasierte Modellierungsansätze. Ein zentraler Bestandteil des Studiums ist die Computersimulation realer Prozesse. Je nach Hochschule unterscheiden sich die Vertiefungen beziehungsweise die Anwendungsbereiche.

Die Universität Basel bietet Vertiefungen in Rechnergestützter Biologie, Chemie, Mathematik, Methoden und Physik an, die ETH Zürich in Rechnergestützter Biologie, Chemie, Physik und weiteren Anwendungsbereichen (zum Beispiel Robotik, Fluidodynamik, Geophysik). Im Masterstudium können wiederum andere angewandte Themenbereiche im Fokus stehen, je nach gewählter Vertiefungsrichtung.

LEHRDIPLOM FÜR MATHEMATIK ODER PHYSIK

Das Lehrdiplom für Maturitätsschulen und Berufsfachschulen besteht aus einem Fachstudium (Master) und einer pädagogischen Zusatzausbildung. In der Regel erfolgt die Zusatzausbildung an einer Pädagogischen Hochschule. Mehr dazu: www.berufsberatung.ch/sek2



Mathematische Formeln sind auch ein zentrales Werkzeug in der Physik und den Rechnergestützten Wissenschaften.

STUDIENINHALTE PHYSIK

Die Physik befasst sich mit der Materie, ihren grundlegenden Bestandteilen, ihrer Bewegung und ihrem Verhalten in Raum und Zeit sowie mit den damit verbundenen Größen wie Energie und Kraft. Sie versucht, die tiefsten Prinzipien zu entschlüsseln, die der Natur zu Grunde liegen und liefert damit nicht nur grundlegende Erkenntnisse, sondern auch die Basis für zahlreiche technologische Entwicklungen. Im Bachelorstudium werden die Grundlagen der Physik vermittelt. Die Mathematik und moderne Computersimulationen sind die Schlüsselmethoden, sozusagen die «Sprache und die Werkzeuge» der Physik und gehören ebenfalls zum Lehrplan.

Beispiele von Vorlesungen sind: Elektrodynamik, Computerorientierte Physik, Allgemeine Mechanik, Quantenmechanik, Theorie der Wärme, Kern- und Teilchenphysik oder Festkörperphysik. Insbesondere in den Masterstudiengängen werden in der Regel Schwerpunkte gesetzt, häufig auch in Anlehnung an aktuelle Forschungsthemen aus Bereichen wie Teilchenphysik, Atom- und Moleküophysik, kondensierte Materie, Astrophysik und Kosmologie und in vermehrtem Maße auch interdisziplinäre Themen wie Biophysik oder Klimaphysik.

Ouille

Websites der Hochschulen

STUDIENMÖGLICHKEITEN

IN MATHEMATIK, RECHNERGESTÜTZTEN WISSENSCHAFTEN ODER PHYSIK

Die folgenden Tabellen zeigen auf, wo in der Schweiz Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften und Physik studiert werden können. Es werden zuerst die Studiengänge der Fachhochschulen, anschliessend jene der Universitäten/ETH vorgestellt. Ebenfalls wird auf die Besonderheiten der einzelnen Studienorte und die Alternativen zur Hochschule eingegangen.

Zu Beginn des Studiums sind die Inhalte recht ähnlich. Forschungsschwerpunkte, mögliche Spezialisierungen und Masterstudiengänge unterscheiden sich hingegen. Es lohnt sich deshalb, die einzelnen Hochschu-

len und ihre Studiengänge genauer anzuschauen. Ebenso ist es empfehlenswert, den Übergang vom Bachelor ins Masterstudium frühzeitig zu planen – allenfalls ist es sinnvoll, für die gewünschte Masterstudienrichtung die Universität zu wechseln. Je nach Hochschule ist es möglich, nach einem Bachelorabschluss auch einen eher fachfremden Master zu wählen. Aktuelle und weiterführende Informationen finden Sie auf www.berufsberatung.ch/mathematik und auf den Websites der Hochschulen.

Weitere Informationen



www.berufsberatung.ch/mathematik



www.berufsberatung.ch/rechnerwissenschaften



www.berufsberatung.ch/physik

BACHELORSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

BSc = Bachelor of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN			
Fachhochschule Graubünden FHGR: www.fhgr.ch			
Computational and Data Science BSc	Chur (GR)	Vollzeit Teilzeit	– Computersimulationen – Data Science und Künstliche Intelligenz – Informatik
Fachhochschule Westschweiz HES-SO: www.hes-so.ch ; www.hevs.ch			
Life Sciences Engineering BSc	Sitten (VS)	Vollzeit Teilzeit	– Digital Life Sciences
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW: www.zhaw.ch			
Applied Digital Life Sciences BSc	Wädenswil (ZH)	Vollzeit Teilzeit	– Digital Environment – Digital Health – Digital Labs and Production

MASTERSTUDIEN AN FACHHOCHSCHULEN

Nach erfolgreichem Abschluss des Bachelorstudiums kann man eine Stelle suchen oder in die bisherige Tätigkeit zurückkehren. Vielleicht ist aber der Wunsch vorhanden, weiter zu studieren und einen Master zu erlangen. Mit dem

Master vertieft man sich in einem Spezialgebiet und erwirbt spezifische Kompetenzen, die dann im Berufsleben angewendet und mit entsprechenden Weiterbildungen ergänzt werden können. In der folgenden Tabelle sind

Masterstudiengänge zu finden, die sich nach einem FH-Bachelorstudiengang in dem Bereich anbieten. Über Details zu diesen Masterstudiengängen geben die betreffenden Hochschulen gerne Auskunft.

MSc = Master of Science

Studiengang	Studienort	Modalität	Vertiefungsrichtungen
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN			
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW: www.zhaw.ch			
Life Sciences MSc	Wädenswil und teilweise an anderen kooperierenden Fachhochschulen	Vollzeit Teilzeit	Applied Computational Life Sciences

BESONDERHEITEN AN FACHHOCHSCHULEN

Fachhochschule Graubünden FHGR

Das Bachelorstudium *Computational and Data Science* beinhaltet die drei Fachrichtungen Informatik, Data Science und Künstliche Intelligenz sowie Computersimulationen. Im Verlauf des Studiums ist eine Spezialisierung möglich.

Verschiedene Wege führen zu einer Zulassung. Eine Aufnahme ins praxisintegrierte Bachelorstudium ist auch für Quereinsteigende ohne Berufspraxis möglich. Dies gilt auch nach einer gym-

nasialen Maturität. Bei der Suche nach geeigneten Praktikumsplätzen erhalten die Studierenden Unterstützung.

Fachhochschule Westschweiz HES-SO

Die Vertiefungsrichtung Digital Life Sciences beleuchtet viele Aspekte der Biowissenschaften durch die Brille der Digitalisierung. Eine Spezialisierung in Biotechnologie, Lebensmitteltechnologie und -biotechnologie oder Analytische und Bioanalytische Chemie ist möglich.

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

Einen ganzen Tag lang Hochschulluft schnuppern, um so einen ersten Eindruck vom Studienalltag zu gewinnen: Dies ist in Wädenswil (ZH) möglich. Während dieses Schnuppertags können Vorlesungen, Übungen und Praktika besucht werden.



An der ZHAW finden für Studieninteressierte Schnuppertage statt. Im Bild der Campus Grüental in Wädenswil (ZH).

BACHELORSTUDIEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

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

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATHEMATIK	
EPF Lausanne: https://bachelor.epfl.ch/mathematiques	
Mathématiques BSc	
ETH Zürich: https://math.ethz.ch	
Mathematics/Mathematik BSc	
Universität Basel: https://dmi.unibas.ch	
Mathematik BSc	
Universität Bern: www.math.unibe.ch	
Mathematics/Mathematik BSc	
Universität Freiburg: www.unifr.ch/math	
Mathematik BSc	
Universität Genf: www.unige.ch/math	
Mathématiques BSc	
Mathématiques, informatique et sciences numériques BSc	
Universität Neuenburg: www.unine.ch	
Mathématiques BSc	
Mathématiques, pilier en Lettres et sciences humaines BA	
Universität Zürich: www.math.uzh.ch	
Angewandte Mathematik und Machine Learning BSc	
Mathematik BSc	
Fernuni Schweiz: https://fernuni.ch/mathematik	
Mathematics/Mathematik BSc	
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN	
ETH Zürich: https://rw.ethz.ch	
Computational Science and Engineering/ Rechnergestützte Wissenschaften BSc	<ul style="list-style-type: none"> – Astrophysik – Atmosphärenphysik – Biologie – Chemie – Computational Finance – Electromagnetics – Fluidodynamik – Geophysik – Physik – Regelungstechnik – Robotik
Universität Basel: https://computational.philnat.unibas.ch	
Computational Sciences BSc	<ul style="list-style-type: none"> – Computational Biology – Computational Chemistry – Computational Mathematics – Computational Methods – Computational Physics
Universität Genf: www.unige.ch/basc	
Sciences computationnelles BSc	<ul style="list-style-type: none"> – Biologie – Sciences de la Terre et l'environnement

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
PHYSIK	
EPF Lausanne: https://bachelor.epfl.ch/physique	
Physique BSc	
ETH Zürich: www.phys.ethz.ch	
Physics/Physik BSc	
Universität Basel: https://physik.unibas.ch	
Physics/Physik BSc	
Universität Bern: www.physik.unibe.ch	
Physics/Physik BSc	– Schwerpunkt Astronomie wählbar
Universität Freiburg: www.unifr.ch/phys	
Physik BSc	
Universität Genf: https://bachelors.unige.ch/sciences#physique	
Physique BSc	
Universität Zürich: www.physik.uzh.ch	
Astronomie und Astrophysik BSc	
Physics/Physik BSc	



Für fundamentalastronomische Beobachtungen nutzen Forschende am Astronomischen Institut der Universität Bern das Observatorium Zimmerwald (BE).

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 einige Beispiele für 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.

MSc = Master of Science

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
MATHEMATIK	
EPF Lausanne: www.epfl.ch/education/master	
Applied Mathematics/Ingénierie mathématique MSc	
Mathematics/Mathématiques MSc	
Statistics/Statistiques MSc	
ETH Zürich: www.math.ethz.ch	
Applied Mathematics/Angewandte Mathematik MSc	Atmospherical Physics; Biology; Control and Automation; Economics; Finance; Image Processing and Computer Vision; Information and Communication Technology; Machine Learning; Material Modelling and Simulation; Quantum Chemistry; Systems Design; Theoretical Physics; Transportation Science
Mathematics/Mathematik MSc	
Universität Basel: https://dmi.unibas.ch	
Mathematics/Mathematik MSc	– Algebra-Geometrie-Zahlentheorie – Analysis – Numerik und Stochastik
Universität Bern: www.imsv.unibe.ch	
Mathematics/Mathematik MSc	
Statistics and Data Science/Statistik und Data Science MSc	
Universität Freiburg: www.unifr.ch/math	
Mathematics/Mathematik MSc	
Universität Genf: www.unige.ch/math	
Mathématiques MSc	
Mathématiques, informatique et sciences numériques MSc	
Universität Lausanne: www.unil.ch/hec	
Actuarial Science/Sciences actuarielle MSc	
Universität Neuenburg: www.unine.ch	
Mathématiques MSc	
Universität Zürich: www.math.uzh.ch	
Mathematics/Mathematik MSc	

Studiengang	Vertiefungsrichtungen
RECHNERGESTÜTZTE WISSENSCHAFTEN	
EPF Lausanne: www.epfl.ch	
Computational science and engineering/Science et ingénierie computationnelles, spez. MSc	
ETH Zürich: www.ethz.ch	
Computational Science and Engineering/ Rechnergestützte Wissenschaften MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Astrophysik – Atmosphärenphysik – Chemie – Computational Finance – Electromagnetics – Fluiddynamik – Physics – Robotics – Systems and Control
Universität Bern/Universität Freiburg: www.unibe.ch ; www.unifr.ch	
Bioinformatics and computational biology/ Bioinformatik und computationale Biologie MSc	
Universität der italienischen Schweiz: www.usi.ch/it/formazione/master	
Computational Science MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Data Science – High-Performance Computing
Universität Zürich: www.physik.uzh.ch	
Computational Science, spez. MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Computational Physics and Astrophysics – Computational Chemistry – Computer Graphics – Applications in Earth and Environmental Sciences.
PHYSIK	
EPF Lausanne: www.epfl.ch/education/master	
Applied Physics/Physique appliquée MSc	
Physics/Physique MSc	
Quantum Science and Engineering/Science et ingénierie quantiques MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Quantum hardware and engineering – Quantum information and computation
ETH Zürich: www.phys.ethz.ch	
Physics/Physik MSc	
Universität Basel: https://physik.unibas.ch	
Physics/Physik MSc	
Physics of Life MSc	
Universität Bern: www.physik.unibe.ch	
Physics/Physik MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Experimentalphysik, Angewandte Physik und Astronomie – Theoretische Physik
Universität Freiburg: www.unifr.ch/phys	
Physics/Physik MSc	
Universität Genf: www.unige.ch/sciences/astro ; www.unige.ch/sciences/physique	
Astrophysics/Astrophysique MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Exoplanetology – From stars to the Universe – Instrumentation and data analysis
Physics/Physique MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Cosmology and Astrophysics of Particles – Particle physics – Physics of Complex System – Quantum Science and Information – Theoretical physics
Universität Zürich: www.physik.uzh.ch	
Physics/Physik MSc	<ul style="list-style-type: none"> – Astroteilchenphysik und Kosmologie – Biologische und medizinische Physik – Elementarteilchenphysik – Kondensierte Materie <p>Option Fast-Track Programm (spez. MSc) für herausragende Studierende</p>

INTERDISZIPLINÄRE STUDIENGÄNGE UND SPEZIALMASTER

Die folgenden Beispiele interdisziplinärer Studiengänge sind nach einem Bachelor in Mathematik, Rechner-

gestützten Wissenschaften oder Physik wählbar. Zum Teil bestehen spezielle Zulassungsbedingungen. Informatio-

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

MSc = Master of Science; **spez. MSc** = spezialisierter Master

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

Studiengang	Inhalte
ETH Zürich: www.ethz.ch	
Applied Geophysics/Angewandte Geophysik, spez. Joint MSc	The Joint Master's degree programme in Applied Geophysics offers a unique international and multifaceted education including theoretical as well as practical aspects of Applied Geophysics. The programme is offered by Delft University of Technology, ETH Zürich, and RWTH Aachen University.
Atmospheric and Climate Science/Atmosphäre und Klima, spez. Joint MSc	This Master is designed to provide an in-depth understanding of climate processes and their interactions – ranging from the molecular to the global scale and from short-lived phenomena to changes over millions of years.
Hochenergiephysik, spez. Joint MSc	Der Masterstudiengang Physik mit Spezialisierung in Hochenergiephysik vermittelt eine fundierte Ausbildung der experimentellen und theoretischen Grundlagen der Teilchenphysik. In Kooperation mit der Université Paris-Saclay.
Quantum Engineering, spez. MSc	Students obtain a solid foundation in quantum theory and engineering skills from a selection of core courses offered by the Department of Information Technology and Electrical Engineering and the Department of Physics at ETH Zurich.
Space Systems, spez. MSc	This Master offers a comprehensive overview of modern space systems, with a special emphasis on modern approaches to build space systems, and with a special attention to analyses of space data, and sustainability.
Statistics/Statistik, spez. MSc	This master programme consists of core courses, elective courses from both statistics/mathematics and free electives.
ETH Zürich: www.ethz.ch ; Universität Zürich: www.uzh.ch	
Quantitative Finance, spez. Joint MSc	Dieser Studiengang bietet eine Kombination von Wirtschafts- und Finanztheorie mit mathematischen Methoden (Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik und Ökonometrie, numerische Analyse) für Finanz und Versicherungen. Die jüngsten Entwicklungen im Bereich FinTech sind in mehreren Lehrveranstaltungen enthalten.
ETH Zürich: www.ethz.ch ; Universität Zürich: www.uzh.ch ; Universität Basel: www.unibas.ch	
Computational Biology and Bioinformatics, spez. Joint MSc	Das Lehrangebot umfasst Vorlesungen in den Bereichen Biologie, Informatik und Mathematik sowie Anwendungen, in denen praktische Erfahrungen in Forschungsprojekten gesammelt werden. Das Programm beinhaltet nur einen obligatorischen Kurs. Zusammen mit einem Mentor erstellen die Studierenden einen individuellen Studienplan.
Universität Basel: www.unibas.ch	
Actuarial Science (Versicherungswissenschaft), spez. MSc	Mathematische Modelle und Verfahren werden auf praxisrelevante Fragestellungen der Finanz- und Versicherungsindustrie angewendet, um Risiken zu steuern und bewältigen zu können.
Universität Bern: www.unibe.ch	
Climate Sciences/Klimawissenschaften, spez. MSc	The Master in Climate Sciences program provides a broad range of courses and training opportunities for the future climate scientist and climate professional.
Universität Genf: www.unige.ch/gsem	
Bidisciplinary of Science/Bi-disciplinaire en sciences MSc	Biology; Chemistry; Computer Science; Earth and Environmental Sciences; Mathematics; Physics
Statistics/Statistique, spez. MSc	This Master focuses on data analysis, methodological problemsolving in a range of disciplines, and various types of statistics software, or mathematical statistics.
Universität Zürich: www.uzh.ch	
Biostatistics/Biostatistik, spez. MSc	Biostatistics is the science of analyzing and interpreting biomedical data. Scientific challenges from clinical and biological research require the development and competent application of novel statistical methodology.
Quantitative Environmental Sciences/Umweltwissenschaften, spez. MSc	The Master's Program consists of courses in environmental sciences and an independent research thesis.
Theoretical Astrophysics and Cosmology/Theoretische Astrophysik und Kosmologie (Fast Track), spez. MSc	Das spezialisierte Fast-Track-Major-Studienprogramm in Theoretischer Astrophysik und Kosmologie ist für Studierende vorgesehen, die eine akademische Karriere anstreben.

BESONDERHEITEN AN UNIVERSITÄTEN UND ETH

ETH Zürich

An der ETH Zürich belegt man nur ein Studienfach (Monofachstudium) und kann keine Nebenfächer wählen. Es ist ein kompaktes Studium mit klar strukturiertem Studienaufbau mit ca. 30 wöchentlichen Präsenzstunden plus Selbststudium. Das Studium an der ETH Zürich ist ein Vollzeitstudium. Nur in bestimmten, eng definierten Situationen kann eine zeitliche Entlastung möglich sein (z.B. Studieren mit Kind, Spitzensport oder Behinderung). Die Hauptunterrichtssprache in allen Bachelorstudiengängen ist deutsch. Englischkenntnisse sind jedoch unentbehrlich. Die Masterstudiengänge werden in Englisch angeboten.

Universität Basel

Die Basler Gymnasien bieten u.a. in den Fächern Mathematik und Physik Tutorate/Schulpraktika für Masterstudierende an. Damit sammeln die Studierenden Berufserfahrung und machen durch das Vermitteln des eigenen Wissens Fortschritte im Fachstudium und können dafür Kreditpunkte erwerben.

An der Universität Basel wird vor dem offiziellen Vorlesungsbeginn ein Vor-

kurs Mathematik angeboten. Dieser Vorkurs ist fakultativ. Er dient zur Vorbereitung des Studiums und erlaubt es, Mathematikkenntnisse aus der Schule aufzufrischen und allfällige Lücken zu erkennen.

Universität Bern/Universität Neuenburg

Das Mobilitätsprogramm BENEFRI der Universitäten Bern, Neuenburg und Freiburg ermöglicht Studierenden, ausgewählte Lehrveranstaltungen an einer Partneruniversität zu besuchen und so aus einem breiteren Studienangebot auszuwählen. In Bern kann bereits im Bachelorstudium der Physik ein Schwerpunkt auf Astronomie gelegt werden.

Universität Freiburg

Das Studium der Mathematik und Physik ist zweisprachig. Etwa die Hälfte der Veranstaltungen wird auf Deutsch, die andere Hälfte auf Französisch abgehalten. Bei Prüfungen steht den Studierenden die Wahl der Sprache frei. Ab dem dritten Studienjahr und während des Masterstudiums tritt Englisch als weitere oder dominierende Unterrichtssprache hinzu.

Das Bachelorstudium in Physik ist sehr forschungsnah aufgebaut; ab dem dritten Studienjahr besteht die Möglichkeit, sich an Forschungsgruppen zu beteiligen.

Universität Zürich

Die UZH bietet einzelne Teilbereiche der hier beschriebenen Studienrichtungen als Nebenfach (Minor) an. Auf Bachelorstufe sind dies unter anderem: *Angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik, Financial Mathematics, Computational Science und Astrophysik*. Auf der Masterstufe handelt es sich um *Angewandte Wahrscheinlichkeit und Statistik*. Sowohl auf Bachelor- als auch auf Masterstufe gibt es *Astronomie und Astrobiologie* als Nebenfach.

FernUni

Das Lernmodell der FernUni Schweiz ermöglicht es, online zu studieren, ohne dabei auf Unterstützung verzichten zu müssen. Das Fernstudium bietet grosse Flexibilität in Bezug auf die Organisation von Lern- und Studienzeiten. Das Studium wird in Englisch angeboten.



An der Universität Zürich ist die Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät auf dem Campus Irchel angesiedelt.

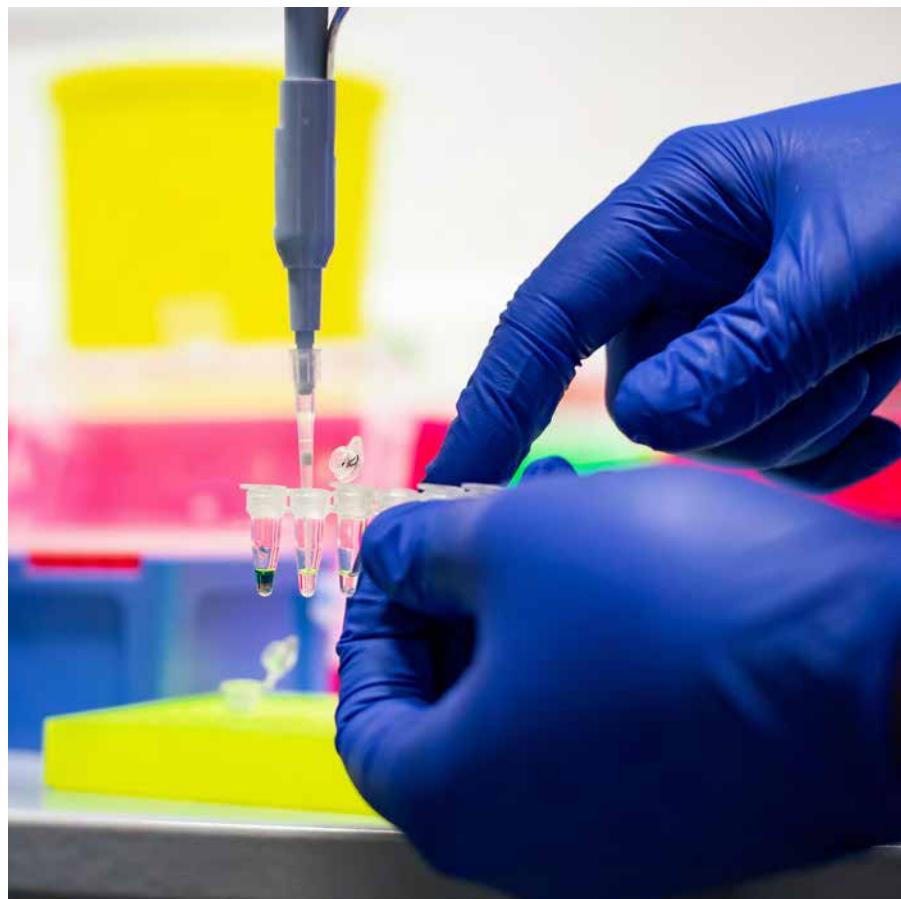
VERWANDTE STUDIENRICHTUNGEN

Die nebenstehenden Studiengänge befassen sich teilweise mit ähnlichen Themen wie Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften oder Physik. Informationen zu den aufgeführten Studiengängen finden sich in den entsprechenden «Perspektiven»-Heften: www.perspektiven.sdbb.ch.

Mehr Infos zu entsprechenden Studiengebieten finden sich auch unter: www.berufsberatung.ch/studiengebiete

«PERSPEKTIVEN»-HEFTE

- Biologie
- Elektrotechnik, Informationstechnologie
- Geowissenschaften
- Informatik, Wirtschaftsinformatik
- Life Sciences
- Maschineningenieurwissenschaften, Automobil- und Fahrzeugtechnik
- Materialwissenschaft, Mikrotechnik, Nanowissenschaften
- Medizin
- Pharmazeutische Wissenschaften
- Umweltwissenschaften
- Wirtschaftswissenschaften



Wer sich auch für praktische bzw. handwerkliche Aspekte der Naturwissenschaften interessiert, wird u.a. bei Studienrichtungen mit viel Labor-Anteil fündig, etwa Biologie oder Pharmazie.

ALTERNATIVEN ZUR HOCHSCHULE

Vielleicht sind Sie nicht sicher, ob Sie überhaupt studieren wollen. Zu den meisten Fachgebieten der Hochschulen gibt es auch alternative Ausbildungswege. Zum Beispiel kann eine (verkürzte) berufliche Grundbildung mit Eidgenössischem Fähigkeitszeugnis EFZ als Einstieg in ein Berufsfeld dienen.

Nach einer EFZ-Ausbildung und einigen Jahren Berufspraxis stehen verschiedene Weiterbildungen in der höheren Berufsbildung offen: Höhere Fachschulen HF, Berufsprüfungen BP, höhere Fachprüfungen HFP.

Über berufliche Grundbildungen sowie Weiterbildungen in der höheren

Berufsbildung informieren die Berufsinformationsfaltblätter und die Heftreihe «Chancen. Weiterbildung und Laufbahn» des SDDB-Verlags. Sie sind in den Berufsinformationszentren BIZ ausleihbar oder erhältlich beim SDDB: www.shop.sdbb.ch.

Auf der Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung erhalten alle – ob mit EFZ-Abschluss, mit oder ohne Berufsmaturität, mit gymnasialer Maturität oder Fachmaturität – Informationen und Beratung zu allen Fragen möglicher Aus- und Weiterbildungswege.

Die Adressen zu den Beratungsstellen finden Sie unter www.sdbb.ch/adressen.

Im Folgenden einige Beispiele von alternativen Ausbildungen zu einem Hochschulstudium:

AUS- UND WEITERBILDUNGEN

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

PORTRÄTS VON STUDIERENDEN

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

CHRISTINA KUMMER

Mathematik, Bachelorstudium,
Universität Bern

FLORIAN GRIFONE

Mathematik, Masterstudium,
Universität Zürich

LUKAS SCHMIDT

Computational Sciences,
Bachelorstudium,
Universität Basel

LIZA POLUPANOVA

Computational Science and
Engineering, Masterstudium,
ETH Zürich

LOÏC MEYER

Physik, Bachelorstudium,
Universität Zürich

VINCENT GLAUSER

Physik, Masterstudium,
Universität Freiburg



Christina Kummer, Mathematik, Bachelorstudium, 5. Semester, Universität Bern

«MATHEMATIKAUFGABEN FÜHLEN SICH WIE ZAHLENRÄTSEL AN»

Christina Kummer (21) kombiniert in ihrem Studium Mathematik und Linguistik. Trotz intensiver Studienwochen findet sie Inspiration in der Vielfalt ihrer Studienfächer und blickt mit Vorfreude auf ihr Austauschsemester in Stockholm. Dort wird sie neben Mathematikvorlesungen auch einen Sprachkurs besuchen.

Welche Überlegungen haben für Ihre Studienwahl eine Rolle gespielt?

Meine Fächerwahl war geprägt von dem Wunsch, meinen Interessen zu folgen. Ich habe mich für Mathema-

tik im Hauptfach entschieden, weil ich die Herausforderung suchte und sehen wollte, ob ich dieses anspruchsvolle, faszinierende Fach meistern kann. Da die Universität Bern besonders vielfältige Fächerkombinationen

ermöglicht, habe ich Linguistik als Nebenfach genommen.

Warum Mathematik?

In der Mathematik gefällt mir die Exaktheit und die klare Struktur, die vorgegeben ist: Das «Richtig» oder «Falsch». Es geht darum, bestehende Aussagen zu beweisen und zu begründen. Diese vertiefte Auseinandersetzung mit einem Thema und das manchmal lange «Grübeln» über einer Aufgabe ermöglichen erst, Zusammenhänge richtig zu verstehen. Das macht Spass – denn oft fühlt sich das Lösen von komplexen Aufgaben wie Zahlenrätseln an.

Was ist bei Ihrem Studium vorgeschrieben, was frei wählbar?

Das erste Studienjahr in Mathematik ist vorgegeben und besteht aus Einführungsvorlesungen in die Analysis und Lineare Algebra. Die Analysis behandelt reelle Zahlen, Folgen, Reihen und Funktionen, während die Lineare Algebra sich mit linearen Abbildungen, Vektorräumen und Matrizen auseinandersetzt. Nach dem ersten Jahr nehmen die Wahlmöglichkeiten zu und es kann aus einem breiten Angebot gewählt werden, zum Beispiel Vorlesungen in Differentialgeometrie, Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung oder Statistik.

Wie sieht bei Ihnen eine typische Semesterwoche aus?

Meine Woche besteht aus Vorlesungen, Übungsstunden, Selbststudium und der Arbeit am Institut. Im Moment besuche ich zwei Mathematik- und eine Linguistikvorlesung. In den Vorlesungen schreiben Professorinnen und Professoren Definitionen, Theoreme und deren Beweise an die Tafel, die ich mitnotiere. Diese Notizen schaue ich mir später an, um die Beweise besser zu verstehen.

Jede Woche gibt es Übungsserien, die freiwillig, aber dringend empfohlen sind. Einfachere Serien dauern zwei bis drei Stunden, das Lösen komplexerer Aufgaben kann einen Tag oder mehr beanspruchen. Es gibt fixe Übungsstunden an der Uni, die sehr hilfreich sind. Da werden Übungen

vorgelöst, und es können Fragen zur aktuellen Serie gestellt werden. Neben dem Studium arbeite ich in einem Pensem von 25 Prozent an der Uni, wo ich selbst Übungsstunden leite und Serien korrigiere. Diese Tätigkeit bereitet mir sehr viel Spass und gleichzeitig kann ich wichtige Grundlagen verinnerlichen.

Was war bisher besonders interessant oder motivierend?

Besonders gefallen hat mir die Vorlesung in Logik, die sehr strukturiert unterrichtet wurde. Differentialgeometrie hat mir ebenfalls sehr zugesagt, obwohl ich anfangs nicht alles gut verstanden habe. Die Aufgaben waren sehr schwierig und ich musste lange ausprobieren und dranbleiben. Es ist sehr motivierend, wenn knifflige Probleme schlussendlich lösbar sind.

Wie würden Sie Ihre Mitstudierenden und die Studienatmosphäre beschreiben?

Im ersten Studienjahr sind es sehr viele Studentinnen und Studenten, zwischen 100 und 150, weil auch Physik- und Informatikstudierende die gleichen Einführungsvorlesungen besuchen. Danach sind es in den Vorlesungen noch ungefähr 15 bis 30 Personen. Ich schätze, dass die Atmosphäre nicht kompetitiv ist und die Zusammenarbeit im Vordergrund steht.

Wie schwierig ist das Studium?

Das Mathematikstudium ist definitiv anspruchsvoll, auch weil es viele Übungen zu lösen gibt. Besonders im ersten Semester war ich am Anfang überfordert und wusste bei manchen Aufgaben nicht, wo ich anfangen sollte. Das ging jedoch vielen ähnlich. Es ist auch normal, während den Vorlesungen nicht alles zu verstehen – manchmal fast gar nichts. Deshalb ist die Nachbereitung, das heißt die Vorlesungsnotizen nochmals durchgehen, sehr wichtig. Der Austausch mit Mitstudierenden hilft ebenfalls und gibt oft neue Ideen. Häufig klären sich offene Fragen auch in Diskussionen oder Fragestunden mit Assistentinnen und Assistenten der Universität.

Der enorme Einsatz zahlt sich aber aus: Je mehr ich von Mathematik verstehe, desto mehr Freude habe ich daran.

Wie erleben Sie die Prüfungsphasen?

Die Mathematikprüfungen finden an der Uni Bern in den Semesterferien statt. Das ist immer eine intensive Zeit, und viel Selbstdisziplin ist gefragt. Einige Prüfungen fand ich sehr schwierig, meist sind sie aber trotzdem gut herausgekommen.

Hat Sie die Mittelschule richtig auf das Studium vorbereitet?

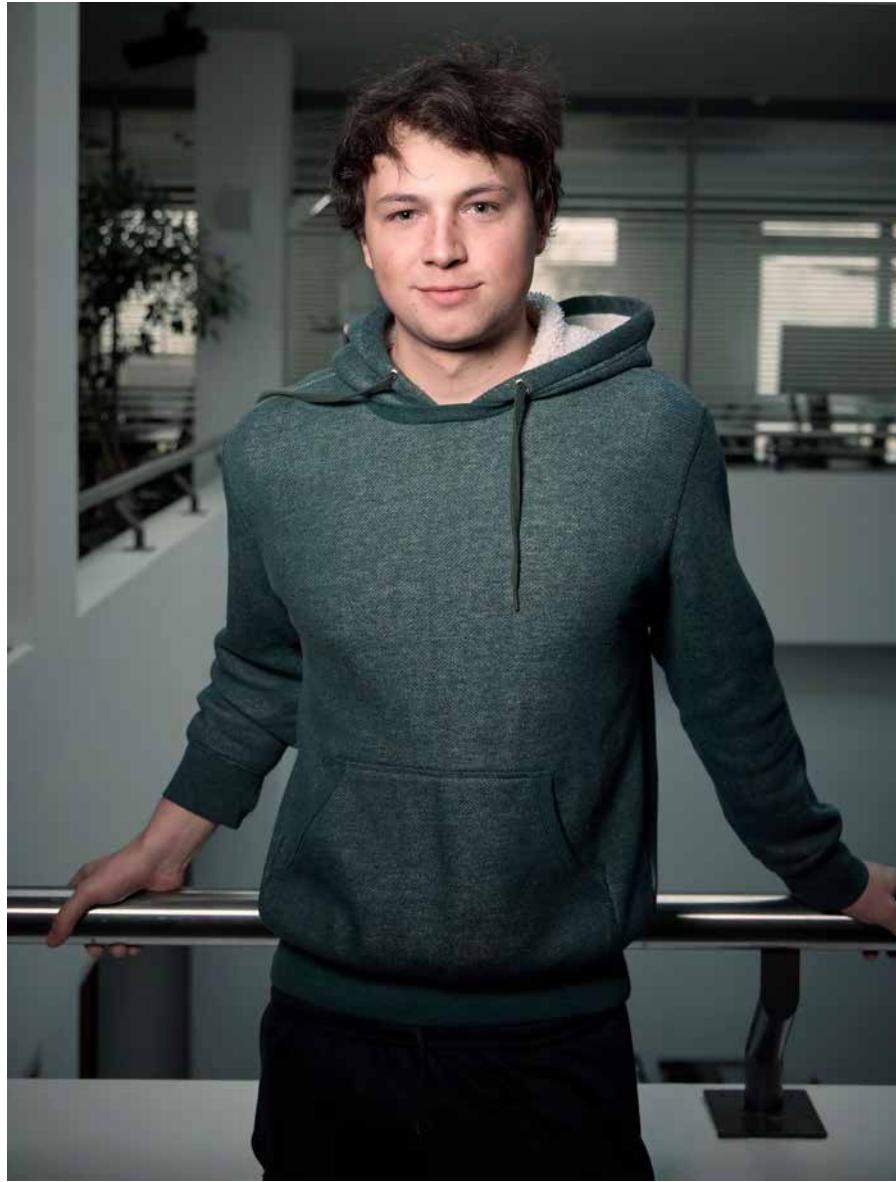
Ja, das finde ich. Vor allem in Bezug auf selbstständiges Arbeiten und die Fähigkeit, Aufgaben eigenverantwortlich zu lösen. Ich hatte nicht Physik und Mathematik als Schwerpunkt fach, was den Einstieg in einige Vorlesungen etwas schwieriger machte, dennoch wars machbar.

Sie planen ein Austauschsemester. Was steht in Stockholm an?

Ich nehme am Austauschprogramm SEMP (Swiss-European Mobility Programme) teil und freue mich auf diese spannende Zeit. In Stockholm besuche ich drei Mathematikvorlesungen: Kryptographie, Gewöhnliche Differentialgleichungen und Differentialgeometrie. Zudem möchte ich Schwedisch lernen und werde einen Sprachkurs für Austauschstudierende besuchen. Die Vorlesungen, die ich im Norden besuche, kann ich an mein Studium anrechnen lassen. Das Studium verlängert sich dadurch nicht unbedingt.

Haben Sie Tipps für angehende Studentinnen und Studenten?

Ich fand den Mathematikvorkurs sehr hilfreich, um schon vor Studienbeginn Kontakte zu knüpfen und eine erste Vorstellung vom Studienalltag zu bekommen. Es ist ein anspruchsvolles Studium, aber mit der richtigen Einstellung und viel Übung machbar.



Florian Grifone, Mathematik, Masterstudium, 4. Semester, Universität Zürich

MIT FLEISS, INTERESSE UND FREUNDSCHAFTEN ZUM STUDIENERFOLG

Florian Grifone (25) studiert Mathematik an der Universität Zürich. Er befindet sich im letzten Semester und hat sich bereits einige Gedanken über seine berufliche Zukunft gemacht. Eine Laufbahn im öffentlichen Bereich, beispielsweise bei der SBB oder der Finanzmarktaufsicht, könnte er sich sehr gut vorstellen.

«Ich fand über Umwege zur Mathematik. Zunächst begann ich ein Studium an der Pädagogischen Hochschule. Dort merkte ich, dass mir die Mathematik- und Physikveranstaltungen –

Bestandteile der Lehrer- und Lehreinnenausbildung – besonders gut gefielen. Sie fanden nicht an der PH, sondern an der Universität Zürich statt. Eine Freundin von mir studierte

dort bereits Mathematik, und aus Neugier setzte ich mich in eine ihrer Vorlesungen. Das war spannend, und trotz der Unsicherheit, ob ich den Anforderungen eines Mathematikstudiums gewachsen sein würde, habe ich mich schliesslich dafür entschieden. Übrigens: Im Gymnasium hätte ich beinahe ein Jahr wiederholen müssen wegen schlechter Mathematiknoten. Letztlich aber zählen vor allem Interesse und Fleiss, weniger die Vorkenntnisse. Zudem war ich motiviert für eine neue Herausforderung.

GRÜBELN, BIS ES «KLICK» MACHT

Die coolsten Momente sind jene, in denen es nach langem Grübeln «Klick» macht: Auf einmal ergibt alles Sinn, Zusammenhänge werden ersichtlich und ein grösseres Bild entsteht. Ein Teil des Mathematikstudiums gleicht tatsächlich dem Lösen von kniffligen Logikrätseln. Ein Beispiel: 100 Leute sind in einer Höhle gefangen. Ein Teil von ihnen bekommt rote Mützen, ein Teil blaue. Niemand weiss, welche Farbe sie oder er trägt. Damit sie freikommen, müssen sie einer nach dem anderen aus der Höhle kommen und sich korrekt aufteilen in blaue Mützen und rote Mützen. Wie machen sie das, wenn sie nicht miteinander reden dürfen? Natürlich sind die Aufgaben auf unseren Übungsblättern andere, aber der Prozess ist vergleichbar: Am Anfang fehlt oft ein klarer Plan. Es wird ausprobiert, Fehler werden gemacht, und schliesslich wird die richtige Spur gefunden und das Rätsel gelöst. So verhält es sich mit den meisten Übungsaufgaben – Kreativität und Durchhaltevermögen sind gefragt. Es ist ein tolles Gefühl, wenn die Herausforderung endlich gelöst ist und das Puzzle aufgeht.

FÄCHERKOMBINATION UND BREITE AUSWAHL AN VORLESUNGEN

Zuerst habe ich Mathematik mit dem Nebenfach Philosophie kombiniert, da Mathematik im Grunde auf der Logik der Philosophie basiert. Ich merkte aber bald, dass mich Philosophie nicht genug interessiert. Außerdem lese ich nicht gerne lange wissenschaftliche Texte, die dort aber eine wichtige

Rolle spielen. Ich wechselte daher ins Nebenfach Physik. Mich fasziniert die Kombination dieser beiden exakten Wissenschaften, vor allem, wenn Mathematik Phänomene erklärt, die in der Natur auftreten.

Im Bachelorstudium machen die Pflichtmodule etwa die Hälfte der Kurse aus, der Rest kann je nach Interesse gewählt werden. Für diejenigen, die sich für Programmierung und Angewandte Mathematik interessieren, gibt es Fächer wie Netzwerktheorie oder Statistical Modelling, wo Konzepte, zum Beispiel zu Tierpopulationen oder Verkehrssystemen modelliert werden. Wer lieber Abstrakte Mathematik mag, kann Vorlesungen zur Zahlentheorie oder Algebraischen Topologie wählen. Für einen Mix aus beidem bieten sich Kurse wie Stochastik II – mit Anwendungen in der Finanzmathematik – oder Kryptographie an. Das Studium lässt sich also weitgehend individuell gestalten. Im Masterstudium sind wir fast vollständig frei: Abgesehen von der Masterarbeit gibt es keine neuen Pflichtfächer. Wir können auch an der ETH Kurse besuchen.

STUDIENALLTAG: ZWISCHEN VORLESUNGEN, ÜBUNGEN UND FREUNDEN

Die meisten Masterstudierenden besuchen zwei grosse Vorlesungen pro Semester, die je 90 Minuten pro Woche umfassen. Hinzu kommt eine Übungsreihe, die in einer Übungsstunde besprochen wird. Zusätzlich belegen viele entweder noch einen Kurs im Nebenfach. Insgesamt sind das in der Woche also «nur» acht Stunden Präsenzzeit. Der grösste Teil der Studienzeit fliesst in die Bearbeitung der Übungsblätter, für die man – je nach Schwierigkeitsgrad – zwischen drei und fünf Stunden aufwenden muss. Das Schöne daran ist, dass ich diese Aufgaben gemeinsam mit anderen lösen kann.

Im Schnitt arbeite ich zudem etwa 20 Prozent, um Geld zu verdienen. Ich erteile Nachhilfe und leite Übungsstunden für einige Vorlesungen an der Universität. Dieses Pensum ist für mich das Maximum, um weder zu viel Freizeit noch Lernzeit opfern zu müssen und dennoch im Studium voranzu-

kommen. Einige meiner Kommilitinnen arbeiten bis zu 50 Prozent, belegen dafür bewusst weniger Vorlesungen oder nutzen auch die Wochenenden fix zum Lernen.

SPANNENDE VORLESUNGEN UND MASTERARBEIT

Ich blicke auf viele spannende Vorlesungen zurück, von denen ich stets etwas mitnehmen konnte. Meine Lieblingsthemen waren Dynamische Systeme, Funktionalanalysis, Physik und Stochastik. Auf diese Kurse habe ich mich jedes Mal gefreut. Etwas weniger interessant fand ich Algebra und Finanzmathematik.

Aktuell schreibe ich an meiner Masterarbeit. Darin beschäftige ich mich mit der Konvergenz von Wahrscheinlichkeitsmodellen in der statistischen Physik. Kurz gesagt geht es darum, physikalische Phänomene auf atomarer Ebene probabilistisch zu beschreiben. Atomkerne zum Beispiel können positive oder negative Ladungen haben. Die Frage ist, mit welcher Wahrscheinlichkeit welcher Zustand eintritt, wenn immer mehr Atomkerne betrachtet werden. Ehrlich gesagt ist es ein etwas frustrierendes Unterfangen, da Fortschritte oft schwer vorhersehbar sind und nicht selten von den Zeitressourcen der betreuenden Person abhängen. Aber letztlich ist die Masterarbeit nur ein kleiner Teil des Mathematikstudiums, und selbst hier gibt es immer wieder kleine Erfolgsmomente.

HERAUSFORDERND, ABER MACHBARER ALS GEDACHT

Obwohl Mathematik ein sehr anspruchsvolles Studium ist, ist es durchaus zu schaffen. Gerade im ersten Jahr gab es viele Situationen, in denen ich Zusammenhänge nicht sofort verstand und es mir schwerfiel, den Ausführungen der Dozierenden zu folgen. Ich habe einfach immer weitergemacht, versucht, so viel wie möglich zu verstehen und mir Hilfe geholt. Ich habe Professorinnen und Übungsleiter gefragt, mich mit Freunden ausgetauscht oder Erklärungen im Internet gesucht. Was mich immer etwas beruhigt hat: Ich war nicht allein mit dieser

Erfahrung. Ein Grossteil meiner Mitstudierenden hatte genau die gleichen Schwierigkeiten.

«Der grösste Teil der Studienzeit fliesst in die Bearbeitung der Übungsblätter, für die man – je nach Schwierigkeitsgrad – zwischen drei und fünf Stunden aufwenden muss. Das Schöne daran ist, dass man diese Aufgaben gemeinsam mit anderen lösen kann.»

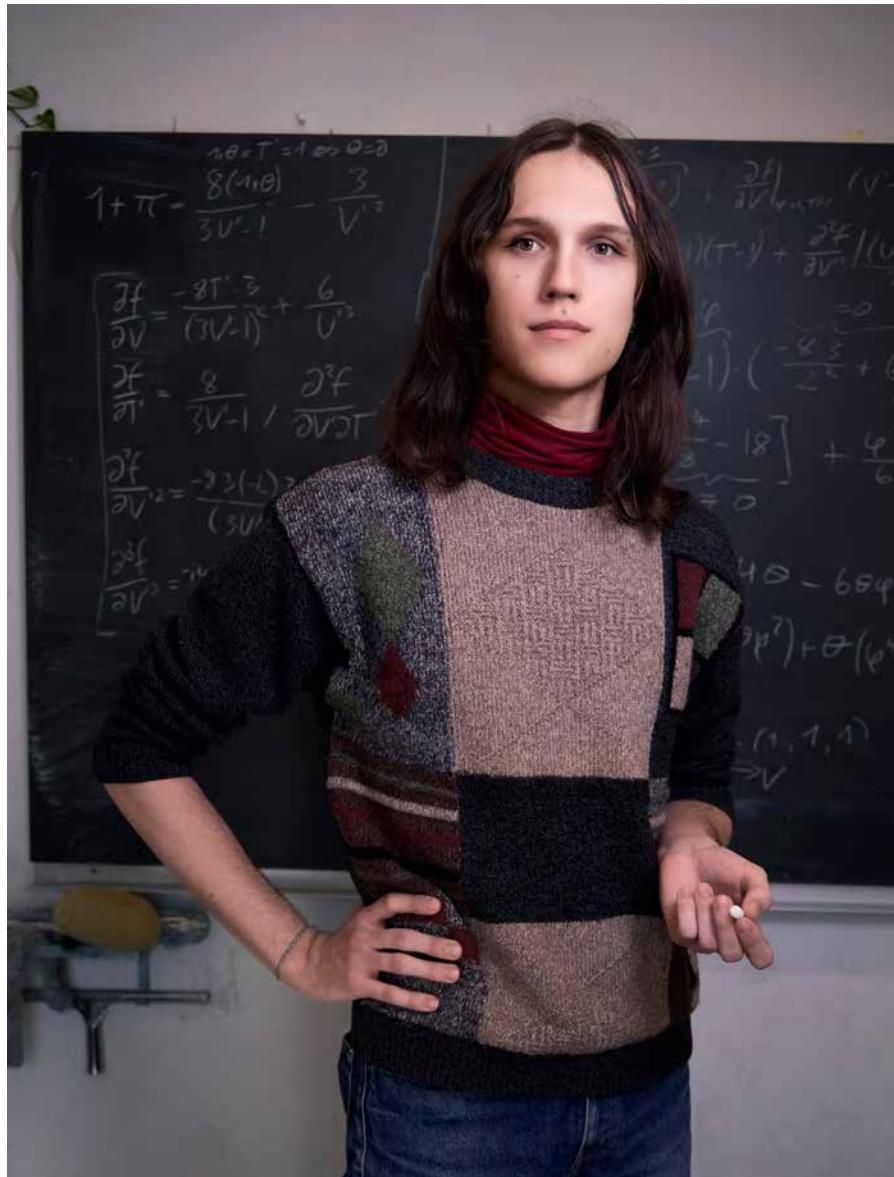
Besonders intensiv waren die Prüfungsphasen, wo der Druck am höchsten ist. Ich habe meine ersten Prüfungen nur knapp bestanden und mir Sorgen darüber gemacht, ob ich später noch mehr Mühe haben würde. Das war nicht der Fall. Irgendwann macht es «Klick». Wichtig ist, dranzubleiben, Rückschläge zu akzeptieren und nicht aufzugeben. Solange das Interesse und der Wille da sind, schafft man es.

TIPPS FÜR ANGEHENDE STUDIERENDE

Selbstdisziplin und Interesse sind gesetzt. Ein unterstützendes Umfeld beziehungsweise Freundeskreis kann das einige dazu beitragen, sei es durch eine hilfreiche Erklärung, aufmunternde Worte oder eine Umarmung. Überhaupt ist es wichtig, das Studium zu geniessen und soziale Kontakte zu pflegen – innerhalb und ausserhalb der Uni. Sich durch Sport oder andere Aktivitäten ab und zu eine Denkpause zu gönnen, tut in jedem Fall gut.

Im Nachhinein denke ich, dass ich nach dem Bachelor nicht gleich in den Master hätte einzusteigen brauchen. Eine Pause einzulegen, oder vielleicht auch ein Semester an einer ausländischen Universität in Erwägung zu ziehen, wären gute Alternativen gewesen.»

Portrait
Fabienne Omlin



Lukas Schmidt, Computational Sciences, Bachelorstudium, 8. Semester, Universität Basel

STUDIEREN IN NÄHE ZUR FORSCHUNG

Lukas Schmidt (23) ist begeistert vom interdisziplinären Ansatz der Computational Sciences. Er ist überzeugt, dass die vermittelten Kenntnisse an der Schnittstelle von Wissenschaft und Informatik spannende Berufsperspektiven eröffnen.

Was hat Sie dazu bewogen, Computational Sciences zu studieren?

Ursprünglich schwankte ich zwischen Physik und Informatik und konnte mich nicht entscheiden. Daher begann ich, Studienverzeichnisse verschiedener Universitäten zu durchforsten, bis

ich auf den Studiengang Computational Sciences in Basel stieß – was sich als äußerst praktisch erwies, da ich in dieser Stadt wohne.

Für welche Vertiefungsrichtung haben Sie sich im 2. Studienjahr entschieden?

Ich habe mich für Computational Physics entschieden. Dieses Gebiet ist äußerst vielseitig und nutzt Computersimulationen zur Forschung. Die Anwendungen reichen von der Materialwissenschaft über die Chemie bis hin zur Astrophysik und Fluidodynamik – wobei die letzten beiden Fachbereiche in Basel nicht vertreten sind.

Wie zeitintensiv ist Ihr Studienalltag?

Das Studium ist sehr anspruchsvoll, insbesondere wenn man in der Regelstudienzeit bleiben möchte. Die Arbeitslast reicht locker für eine 40-Stunden-Woche. Ich besuche in der Regel fünf bis sechs Vorlesungen. Mit den dazugehörigen Übungen komme ich auf etwa 24 bis 30 Lektionen à 45 Minuten pro Woche. Den restlichen Teil meiner Zeit widme ich dem selbstständigen Bearbeiten von Übungsblättern und Projekten. Zusätzlich arbeite ich samstags 20 Prozent als Hilfswissenschaftler.

Was schätzen Sie besonders an Ihrem Studiengang? Gibt es auch Herausforderungen?

Inhaltlich gefällt mir das Studium sehr gut. Mir entspricht vor allem der interdisziplinäre Ansatz und die breite Grundlagenvermittlung. Als besonderes Highlight empfinde ich die Nähe zu den Forschungsgruppen in der zweiten Hälfte des Bachelors. Es ist eine gute Gelegenheit, einen Einblick in die Forschungsarbeit zu bekommen oder sogar ein Praktikum zu absolvieren – man kann mit diesen auch Kreditpunkte erwerben.

Allerdings kann die Organisation des Studiums manchmal herausfordernd sein. Da wir nur eine kleine Gruppe sind, wird nicht immer Rücksicht auf unsere Bedürfnisse genommen – etwa bei der Festlegung der Prüfungstermine. Die kleine Gruppengröße bringt aber auch Vorteile: Der Zusammenhalt ist stark, und wir unterstützen uns gegenseitig.

Wie werden Ihre Leistungen geprüft?

Die meisten Vorlesungen enden mit einer Prüfung, seltener gibt es schriftliche Berichte oder kleinere Projekte. Die

Prüfungen finden meist im Monat nach dem Vorlesungsende statt. In dieser kurzen Zeit lernt man so viel wie möglich und gibt sein Bestes. Natürlich ist das stressig, aber der Austausch mit anderen hilft.

Wie wird es nach dem Bachelor weitergehen?

Ich plane, einen Master anzuhängen. Da es in Basel keinen spezifischen Computational-Sciences-Master gibt, werde ich vielleicht einen Master in Physik anhängen. Besonders in der Physik-Vertiefung merkt man im Laufe des Bachelors, dass hauptsächlich Grundlagen vermittelt werden. Erst im Master kommen vermehrt Themen aus der modernen Forschung in die Vorlesungen. Konkrete Pläne für die berufliche Zukunft habe ich mir noch nicht gemacht. Meine Disziplin gefällt mir sehr und ich möchte im Bereich der Rechnergestützten Wissenschaften arbeiten, aber ich weiß noch nicht, ob in der Forschung oder Industrie.

Wie gross ist Ihr Studiengang?

Wir sind eine kleine Gruppe insgesamt, und nur zwei Studierende haben sich für die Vertiefung Computational Physics entschieden. Dadurch habe ich eine enge Anbindung an die Physikstudierenden. Generell sind die Gruppengrössen in den Vorlesungen ab dem zweiten Jahr so, dass ein guter Kontakt zu den Dozierenden und Forschenden möglich ist – ich kenne alle Gesichter. Leider gibt es immer noch weniger Frauen als Männer, aber die Tendenz ist steigend: Im Herbst 2024 lag der Frauenanteil bei etwa 30 Prozent.

Welche Tipps geben Sie Studien-interessierten?

Besucht auf jeden Fall die Infotage! Dort stehen Studierende aus verschiedenen Semestern bereit, um Fragen zu beantworten. Außerdem ist es völlig in Ordnung, ein Studium zu beginnen und sich dann noch umzuorientieren – viele Studiengänge bieten Wahlbereiche, sodass bereits erworbene Leistungen nicht verloren gehen.

Interview

Fabienne Omlin



Liza Polupanova, Computational Science and Engineering, Masterstudium, 1. Semester, ETH Zürich

«ES IST SINNVOLL, KONTINUIERLICH AM BALL ZU BLEIBEN»

Liza Polupanova (22) hat im Studiengang Computational Science and Engineering das passende Studium für sich gefunden. Es vereint Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik. Besonders interessieren sie Künstliche Intelligenz in der Biomedizin und Computersysteme. Ausgleich zum anspruchsvollen ETH-Alltag findet sie im Ballett.

Wie sind Sie zu Ihrer Studien-wahl gekommen?

Schon früh war mir klar, wie sehr ich Mathematik mag: Die klaren Definitionen, Gleichungen und Textaufgaben gefielen mir bereits in der Schule.

Am Gymnasium entdeckte ich auch meine Begeisterung für die Anwendungen der Mathematik in der Physik und lernte erste Grundlagen im Programmieren. Nach der Matura wollte ich direkt studieren, hatte aber

zunächst keinen klaren Plan. Eine Zeit lang zog ich ein Informatikstudium in Betracht, stellte jedoch fest, dass es meine Interessen in Mathematik und Naturwissenschaften nicht vollständig abdeckte. Bei meinen Recherchen stiess ich schliesslich auf den Studiengang Computational Science and Engineering an der ETH, welcher Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik kombiniert. Dieser Mix von Disziplinen begeistert mich. Die Wahl der ETH stand für mich ohnehin fest, da ich das hohe Bildungsniveau und die exzellente Forschung dort schätze.

Waren Sie gut auf Ihr Studium vorbereitet?

Im Gymnasium war ich im Profil «Physik und angewandte Mathematik» und hatte daher bereits ein gutes Verständnis für einige Grundkonzepte der Mathematik. Die ersten Analysis-Vorlesungen boten für mich zunächst Wiederholung. Da der Unterricht jedoch schnell voranschreitet, stand auch ich bald neuem, unbekanntem Lernstoff gegenüber. Meiner Ansicht nach spielt das gewählte Gymnasium-Profil beim Einstieg in mein Studienfach keine entscheidende Rolle. Mit der richtigen Motivation und der Bereitschaft, mögliche Lücken aufzuarbeiten, stehen die Chancen gut, den Einstieg erfolgreich zu meistern. Auch Programmiervorkenntnisse müssen nicht vorhanden sein. Viel wichtiger ist, eine grosse Begeisterung für die Wissenschaft mitzubringen. Und natürlich viel Ausdauer und Disziplin und das Vermögen, Druck aushalten zu können. Während Zeiten mit vielen Deadlines sowie in Lern- und Prüfungsphasen wird die Stressresistenz auf die Probe gestellt.

Inzwischen sind Sie im Masterstudium: Was hat sich geändert?

Im Master ist der Stundenplan weniger dicht als im Bachelor. Dies liegt daran, dass die Fächer oft nicht der typischen Struktur «Vorlesung – Übungsstunde – Aufgaben» folgen, sondern grössere Gruppenprojekte oder Präsentationen beinhalten. Dadurch wird viel eigenständige Arbeit erwartet, die selbst organisiert werden

muss. In der Regel gibt es nur wenige Präsenzvorlesungen pro Woche, während die restliche Zeit für Aufgabenserien, Programmierarbeiten oder Treffen mit Projektgruppen genutzt wird.

«Meiner Ansicht nach spielt das gewählte Gymnasium-Profil beim Einstieg in mein Studienfach keine entscheidende Rolle. Mit der richtigen Motivation und der Bereitschaft, mögliche Lücken aufzuarbeiten, stehen die Chancen gut, den Einstieg erfolgreich zu meistern.»

Im Fach «Software Engineering» programmierten wir beispielsweise in einer Gruppe das Spiel «UNO». In einem kleineren Projekt für das Fach «Artificial Intelligence in the Sciences and Engineering» verwendeten wir Machine-Learning-Modelle, um die Lösung verschiedener physikalischer Gleichungen zu approximieren. Die genaue Gestaltung des Studiums hängt stark von der individuellen Fächerauswahl ab. Für meinen Bachelor habe ich die Vertiefung Robotik gewählt. Für den Master bleibt meine grosse Vertiefung wahrscheinlich weiterhin Robotik, und als kleine Vertiefung wähle ich Biologie.

Was macht Ihr Studium besonders?

Die Interdisziplinarität war für mich von Anfang an ein grosser Pluspunkt. Im ersten Jahr hatten wir neben Informatik und Mathematik auch Fächer wie Physik und Chemie. Ab dem dritten Bachelorjahr eröffnen sich viele Wahlmöglichkeiten, die im Master noch einmal deutlich ausgeweitet wurden. Diese Freiheit erlaubt es mir, verschiedene Wissenschaftsbereiche zu erkunden, ohne mich zu früh auf ein bestimmtes Thema festlegen zu müssen.

Ein Highlight für mich war die Vorlesung «Diskrete Mathematik» im ersten Jahr, weil die Grundlagen der Logik und Mathematik spannend und präzise vermittelt wurden. Auch «Introduction to Mathematical Opti-

mization» und «Wahrscheinlichkeit und Statistik» gehörten zu meinen Lieblingsfächern. Obwohl mich das Studium schnell begeistern konnte, gab es natürlich auch Fächer, die mich weniger interessiert haben.

Ich schätze zudem die persönliche Atmosphäre unseres Studiengangs und die «Community». Bereits im Bachelor zeichnet er sich, verglichen mit anderen Studienrichtungen an der ETH, durch wenige Studierende aus: Jährlich starten etwa 60 bis 100 neu ins Studium. Im Master ist die Gruppe noch kleiner. Die meisten Mitstudierenden sind einem bekannt – fast wie in einer grossen Schulkasse. Freundschaften tragen viel dazu bei, das Studium entspannter zu machen. Gemeinsame Aktivitäten wie Partys, Lernsessions, «Töggeli-Pausen» oder Mittagessen gehören einfach dazu und schaffen grossartige Erinnerungen an die Studienzeit. Der jährliche Polyball an der ETH ist auch toll.

Was erleben Sie als herausfordernd?

Die Lern- und Prüfungsphasen sind anspruchsvoll. Während des Semesters fehlt oft die Zeit, um alles zu verstehen oder alle Übungen vollständig zu bearbeiten. In der Lernphase wird oftmals nicht nur repetiert, sondern zunächst der fehlende Lernstoff aufgearbeitet. Schriftliche Prüfungen können bis zu vier Stunden dauern, und auch die Klausuren am Computer waren anfangs stressig. Doch mit der Zeit wird es einfacher. Man lernt, die Vorbereitungszeit effektiv zu planen, alte Prüfungen zum Üben zu finden, gezielt um Hilfe zu bitten und die richtige Lernmethode für jede Klausur anzuwenden. Es bleibt anspruchsvoll, es stellt sich aber eine gewisse Routine ein.

Bleibt noch Zeit für ein Hobby oder einen Nebenjob?

Seit Studienbeginn kann ich bis zu fünfmal pro Woche Ballett trainieren. Natürlich ist die Zeit manchmal knapp, insbesondere kurz vor Prüfungen. Dennoch lässt sich grundsätzlich immer eine Möglichkeit finden, Sport oder Kunst in den Alltag zu integrieren.

Für nachhaltiges Lernen halte ich es für essenziell, den Fokus hin und wieder auf andere Aktivitäten zu lenken. Wer das Studium in der vorgesehene Studiendauer abschliessen möchte, steht bei einer festen Teilzeitanstellung vor Herausforderungen. Alternativ lässt sich das Studium ein paar Semester verlängern, um nebenbei zu arbeiten. Einige Studierende entscheiden sich beispielsweise für Lehrassistententätigkeiten an der ETH.

Was möchten Sie angehenden Studierenden mit auf den Weg geben?

Konsistenz ist wichtiger als sporadische, exzessive Arbeitsschübe. Es ist sinnvoll, kontinuierlich am Ball zu bleiben. Der eigene Lernstil ist dabei entscheidend und individuell: Was für Mitstudierende funktioniert, muss nicht unbedingt für einen selbst passen. Manche lernen am besten während der Vorlesung, andere bevorzugen es, die Aufnahmen anzusehen. Während einige durch das Schreiben von Zusammenfassungen profitieren, verstehen andere die Themen besser, indem sie diese mit Mitstudierenden besprechen.

Übungsserien und alte Prüfungen spielen eine zentrale Rolle in der Prüfungsvorbereitung. Beim Programmieren ist es wichtig, die Angst davor abzulegen und sich einfach heranzuwagen. Es ist auch ratsam, sich nicht mit anderen zu vergleichen. Stattdessen hilft es, sich auf die eigenen Fortschritte zu konzentrieren und diese wertzuschätzen.



Loïc Meyer, Physik, Bachelorstudium, 5. Semester, Universität Zürich

«DER LERNPROZESS ERFORDERT GEDULD UND WIEDERHOLUNG»

Loïc Meyer (23) wollte schon als Kind verstehen, warum es unsere Welt gibt und warum die Menschheit existiert. Dass Physik eines der besten Instrumente ist, sich den Antworten dieser grossen Fragen zu nähern, wurde ihm erst viel später bewusst. Inzwischen studiert er im fünften Semester und kann sich vorstellen, später im Bereich Raumfahrttechnik zu arbeiten.

«Liebe auf den zweiten Blick: Im Gymnasium konnte mich das Fach Physik nicht wirklich begeistern, und Mathematik noch weniger. Erst nach der

Matura – nach zwei Zwischenjahren mit einem begonnenen Chemiestudium und Zivildienst – entschied ich mich, Physik zu studieren. Und eigentlich

nur, weil ich mich für das Nebenfach Astronomie und Astrobiologie an der Universität Zürich interessierte. Physik bot sich als Hauptfach an. Nach zwei Jahren Physikstudium begann ich, mein Hauptfach immer mehr zu schätzen. Ich habe eine Faszination dafür entwickelt, die ich zu Schulzeiten nicht für möglich gehalten hätte. Inzwischen hat sich mein Interesse gar stärker auf Physik ausgerichtet als auf Astronomie oder Astrobiologie.

ZWISCHEN HÖRSAAL UND CAMPUS

Das erste Studienjahr besteht ausschliesslich aus Pflichtmodulen des Hauptfachs Physik. Dazu gehören die beiden Einführungsvorlesungen Physik 1 und 2 mit den dazugehörigen Praktika sowie eine Vertiefung in die mathematischen Grundlagen der Physik. Parallel dazu wird praktisch auch Mathematik studiert, wobei im ersten Semester die Module Analysis 1 und Lineare Algebra 1 für Mathematikstudierende belegt werden. Im zweiten Semester folgen darauf aufbauende Module, allerdings speziell auf Studentinnen und Studenten der Physik zugeschnitten. Ab dem zweiten Studienjahr besteht die Möglichkeit, zusätzlich Module aus dem Nebenfach zu belegen. Je nach Vorlesungsplan bin ich vier bis fünf Tage in der Woche an der Universität. Eine typische Semesterwoche umfasst in der Regel zwei Doppelkessionen pro Hauptvorlesung, ergänzt durch je eine Doppelkession Übung. Normalerweise werden pro Semester drei Hauptvorlesungen besucht. Je nach gewählten Modulen ergibt sich so ein Pensum von über 20 Lektionen pro Woche. Zusätzlich erfordert jede Vorlesung etwa fünf bis sechs Stunden für die Bearbeitung des Materials und vor allem der wöchentlichen Übungsaufgaben. Es kommt also einiges zusammen.

Ich verbringe viel Zeit auf dem Campus und nutze die verschiedenen Lernplätze für Einzel- oder Gruppenarbeiten. Zum Ausgleich nutze ich gerne die Möglichkeiten des Akademischen Sportverbandes Zürich ASVZ, der ein breites Angebot an Sportarten und modernen Sportanlagen bietet. Besonders gefällt mir das Handballtraining, das ich einmal bis zweimal pro Woche besuche. Dort

habe ich viele andere ehemalige und aktive Spielerinnen und Spieler kennengelernt. Auch am Wochenende bleibt Zeit, um Freunde zu treffen und die Familie zu sehen.

AKTIV IM FACHVEREIN

Momentan habe ich keine Zeit für einen Nebenjob. Das Studium ist zeitintensiv und zudem bin ich seit Anfang des Herbstsemesters 2024 im Co-Präsidium des Fachvereins. Gemeinsam vertreten wir die Studierenden gegenüber dem Physikinstitut, der Fakultät und der Universität. Während des Semesters organisieren wir zahlreiche Events,

«Allen, die von einem Physikstudium träumen, allerdings über ihre Vorkenntnisse in Physik und Mathematik unsicher sind, kann ich empfehlen, sich das Basisjahr aufzuteilen.»

teils auch in Zusammenarbeit mit anderen Fachvereinen, wie etwa dem Fachverein für Mathematik. Ziel ist es, den Austausch zwischen den Studierenden – insbesondere auch mit höheren Semestern – zu fördern und so wertvolle Einblicke ins Studium zu ermöglichen. Für die Erstsemestrigen organisieren wir beispielsweise jährlich ein Fondue-Essen mit den Vorstandsmitgliedern. Zudem organisieren wir die Semesterend-Apéros des Instituts.

KONTINUIERLICHES LERNEN

ERFORDERLICH

Die Prüfungsphase beginnt im Grunde bereits in der ersten Semesterwoche. Während des Semesters beinhalten die meisten Vorlesungen eine Übung, die mit einem Testat verbunden ist. Für den erfolgreichen Abschluss des Testats ist es erforderlich, einen bestimmten Prozentsatz der wöchentlichen Aufgaben sinnvoll zu bearbeiten. Dadurch wird eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem Stoff gefördert, was zu einem hohen Arbeitsaufwand während des Semesters führt. Die eigentliche Prüfungsphase erstreckt sich sowohl im Winter als auch im Sommer über ein bis zwei Monate. In dieser Zeit

wird der Stoff intensiv vertieft, und durch zahlreiche Übungen können Lösungsstrategien gefestigt werden. Während die Semesterferien im Winter meist sehr kurz ausfallen, bleibt im Sommer ausreichend Zeit für die Prüfungsvorbereitung sowie für zwei bis zweieinhalb Monate Semesterferien.

VIELE KLEINE HIGHLIGHTS

Was mir besonders am Studium gefällt, ist das Umfeld. Jedes Jahr beginnen etwa 80 Studentinnen und Studenten ein Physikstudium. Nach dem ersten Jahr reduziert sich diese Zahl, wodurch eine überschaubare Gruppe entsteht. Zahlreiche grossartige Events des Fachvereins fördern das Miteinander und tragen dazu bei, dass sich alle wohlfühlen. Dazu gehören ein Spielabend, ein Grillevent oder Barhostings.

Die Physikvorlesungen finden auf dem Campus Irchel statt, der direkt am Irchelpark und in der Nähe eines Waldes liegt. Dadurch bietet sich an, in den Lernpausen frische Luft zu schnappen und die Natur zu geniessen. Der Campus selbst gefällt mir sehr, mit zahlreichen Lernplätzen auf den Gängen, einer Universitätsbibliothek vor Ort und einem separaten Raum des Fachvereins. Dieser Raum dient als Rückzugsort zum Lernen, Kaffee trinken oder als kleine Bibliothek.

TIPP: SEIN EIGENES TEMPO WÄHLEN

Bei einem anspruchsvollen Studiengang wie Physik ist es wichtig, sich nicht zu vergleichen und sein eigenes Tempo zu wählen. Allen, die von einem Physikstudium träumen, allerdings über ihre Vorkenntnisse in Physik und Mathematik unsicher sind, kann ich empfehlen sich das Basisjahr aufzuteilen. Bei der Modulbuchung an der Universität Zürich gibt es eine grosse Flexibilität. Es gibt immer Höhen und Tiefen. Der Lernprozess erfordert Geduld und Wiederholung, bis Zusammenhänge klarer werden – Verständnis ist oft nur eine Frage der Zeit und Übung.»

Portrait
Fabienne Omlin



Vincent Glauser, Physik, Masterstudium, 3. Semester, Universität Freiburg

MIT NEUGIER ANS ZIEL

Nach einem Jahr Bachelorstudium an der EPFL schätzt Vincent Glauser (25) die persönliche Atmosphäre, die enge Betreuung und Nähe zu Forschungsprojekten an der Universität Freiburg. Der Übergang zum englischsprachigen Master gelang ihm mühelos.

Warum haben Sie sich für die Universität Freiburg entschieden?

Mein Bachelorstudium habe ich an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) begonnen.

Schon vorher war mir bewusst, dass es kein leichter Weg sein würde, doch ich wollte es versuchen. Im ersten Semester arbeitete ich praktisch rund um die Uhr, von Montag bis Sonntag, und dennoch schaffte ich es kaum, den Stoff

auch nur ansatzweise zu bewältigen. Trotz des enormen Zeitaufwandes lag mein Notenschnitt unter vier.

Nach dem zweiten Semester war für mich klar, dass ich an der EPFL nicht bleiben konnte. Die vielen Studierenden, die Stofffülle sowie der Konkurrenzdruck machten das Studium schwierig. Deshalb entschied ich mich für einen Wechsel nach Freiburg – eine Entscheidung, die ich bis heute nicht bereue. Mir gefallen die angenehmen Klassengrößen, die Mehrsprachigkeit, die Nähe zur Forschung für Studentinnen und Studenten, die breiten Möglichkeiten für Nebenfächer sowie die persönlichere Betreuung durch Professorinnen und Assistenten.

Wie erlebten Sie den Übergang ins englischsprachige Masterstudium?

Während der ersten beiden Bachelorjahre werden die Vorlesungen entweder in Deutsch oder Französisch gehalten. Im dritten Jahr gibt es auch Kurse in Englisch. Aus meiner Sicht ist das mehrsprachige Angebot eine grosse Gelegenheit und stellt keine Barriere dar, auch weil die mündlichen Prüfungen des Bachelors in allen drei Sprachen absolviert werden dürfen. Ich freute mich also auf den englischsprachigen Master. Da ich mich auch für das Masterstudium für Freiburg entschieden habe, erlebte ich den Übergang ins Masterstudium fliessend.

Was beinhaltet das Studium?

Das Masterstudium der Physik an der Universität Freiburg ist forschungsorientiert und bietet eine Kombination aus Vertiefungskursen, Projekten und der Masterarbeit. Pro Semester werden zwei bis drei Vertiefungskurse angeboten, die frei gewählt werden können. Diese Kurse behandeln häufig Themen aus dem Bereich «Soft Condensed Matter», also «weiche Materie». Dieser Teil der Physik beschäftigt sich mit den Eigenschaften von Materialien. Typische Fragestellungen sind zum Beispiel: «Warum ist Ketchup in der Plastikflasche zunächst fest, wird aber flüssig, wenn die Flasche gedrückt wird?» oder «Warum rutschen wir auf Eis?».

Einige dieser Kurse sind zusätzlich mit zweistündigen Übungen verbunden, die zur Vertiefung der Inhalte dienen. Ergänzt wird das Programm durch ein Kolloquium, bei dem externe Forscherinnen und Forscher in einstündigen Vorträgen über aktuelle Themen aus der Physik berichten.

Darüber hinaus gehört ein Proseminar zum Curriculum, in dem Mitstudierende 30-minütige Vorträge halten und wissenschaftliche Präsentationstechniken trainieren. Meinen letzten Vortrag hielt ich über «Laser cooling», also wie man die Geschwindigkeit von Atomen mithilfe von Lasern reduzieren kann.

Wie sieht Ihr drittes Semester aus?

Der Fokus in meinem aktuellen, dem dritten Semester, liegt auf dem Masterprojekt und der Masterarbeit. Zu Beginn wählt man eine Forschungsgruppe aus, an deren wöchentlichen Meetings man teilnimmt, und bestimmt sein Projekt. Diese forschungsnahe Arbeit ist wie eine kleinere Version der Masterarbeit angelegt und dauert ein bis zwei Monate. Anschliessend beginnt die eigentliche Masterarbeit, die sich über sechs bis neun Monate erstreckt. Für das Masterprojekt und die Masterarbeit gibt es keinen festen Semesterstundenplan. Der Arbeitsrhythmus richtet sich nach den Anforderungen der Forschungsgruppe, beziehungsweise den Experimenten und Meetings. Typischerweise beginnt der Ablauf im Labor mit dem Start des Experiments. Die dabei gewonnenen Daten werden abgelesen, ausgewertet und in der Gruppe besprochen. Basierend auf den Ergebnissen werden Anpassungen vorgenommen und das Experiment wird erneut durchgeführt. Dieser Prozess wird so lange wiederholt, bis möglichst alle relevanten Einflüsse auf das Experiment verstanden sind.

Kennen Sie schon das Thema Ihrer Masterarbeit?

Ja. In der Masterarbeit werde ich mich mit metallischen Doppelnetzen befassen – also zwei periodischen Netzen, die ineinandergeschoben sind. Die Arbeit

umfasst sowohl einen computergestützten Simulationsteil als auch einen experimentellen Teil. Im Experiment werden Mikrowellen auf das Doppelnetz gesendet, wobei untersucht wird, wie sich diese Mikrowellen in dem Material verhalten. Die Simulation soll Hinweise geben, potenziell interessante Modi im Material zu identifizieren. Obwohl es sich um Grundlagenforschung ohne direkte Anwendung handelt, könnten die Ergebnisse in der Zukunft möglicherweise für Antennen genutzt werden.

Was gefällt Ihnen besonders am Studium?

Nicht nur mit den Dozierenden und Assistierenden, auch unter den Mitstudierenden herrscht ein unterstützender Umgang – sei es beim Klären von Fragen, beim Lösen von Serien oder bei der Vorbereitung auf Prüfungen. Meine Lieblingsvorlesung war «Many-body physics». Sie befasst sich mit physikalischen Systemen, die zunächst unlösbar erscheinen, jedoch durch eine geschickte Umwandlung plötzlich erstaunlich einfach wirken.

«Aus meiner Sicht ist das mehrsprachige Angebot eine grosse Gelegenheit und stellt keine Barriere dar, auch weil die mündlichen Prüfungen des Bachelors in allen drei Sprachen absolviert werden dürfen.»

Diese Mastervorlesung hat für mich alle Inhalte aus dem Bachelor- und Masterstudium zusammengebracht. Zudem schätze ich Freiburg als Studienort. Neben dem Studium gibt es zahlreiche Events, kulturelle Angebote und auch Sportfans kommen nicht zu kurz.

Wie bereiten Sie sich auf Prüfungen vor?

An der Universität Freiburg wird das Wissen in mündlichen Prüfungen von 20 Minuten abgefragt. Während der Prüfungsvorbereitung schreibe ich jeweils Zusammenfassungen der Kurse. Diese Zusammenfassungen, kombiniert mit ein bis vier Tagen

intensiver Arbeit mit Mitstudierenden an der Wandtafel, genügen meist, um eine solide Note zu erreichen. Oft wird einem erst beim Diskutieren vor der Tafel klar, was noch nicht vollständig verstanden wurde. Zudem ist wichtig zu wissen, dass es normal ist, nicht alles sofort zu verstehen.

Was haben Sie nach Abschluss des Masterstudiums vor?

Ich habe mich noch nicht entschieden. Plan A ist, das Lehrdiplom für Maturitätsschulen zu absolvieren und als Gymnasiallehrer zu unterrichten. Plan B wäre, direkt eine Stelle in der Industrie zu suchen und Plan C, erst ein Doktorat an der Universität Freiburg zu machen und anschliessend den Einstieg in die Industrie zu suchen.

Eine akademische Laufbahn, also nach dem Doktorat mehrere Postdoktorandenstellen zu absolvieren, um später eine Professur anzustreben, sehe ich momentan nicht als mein Ziel.

Was raten Sie angehenden Physikstudierenden?

Meines Erachtens eignet sich Informatik als Nebenfach besonders gut. Informatikkenntnisse sind universell einsetzbar und in der heutigen Zeit unverzichtbar, insbesondere in den Naturwissenschaften. Sie werden für Simulationen, Animationen, Datenaufbereitung und Berechnungen benötigt und eröffnen viele Möglichkeiten, komplexe Probleme effizient zu lösen.

Und zudem – seid neugierig: Es ist wichtig, Fragen zu stellen und Interesse zu zeigen. Das gilt für fachliche Fragen, aber auch, indem ihr euch für den Ausbildungsweg oder die berufliche Laufbahn eures Gegenübers interessiert.

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.

FORSCHUNGSPERSONEN

Wer eine wissenschaftliche Laufbahn plant, muss eine *Doktorarbeit (Dissertation)* schreiben. Voraussetzung dafür ist der Abschluss eines Masterstudiums. Zurzeit (Stand 2024) 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-Absolventinnen und -Absolventen 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 Doktorstitel 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 bilden die *Certificates of Advanced Studies CAS* 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.

Um die längste Weiterbildungsviante handelt es sich bei den *Master of Advanced Studies MAS*. Sie umfassen mindestens 60 ECTS-Punkte. Diese Nachdiplomstudiengänge richten sich an Personen mit einem Studienabschluss, die 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 Informationen: 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 ODER PHYSIK

Nach dem Masterabschluss absolvieren Mathematikerinnen, Physiker und Computational Scientists häufig ein Doktorat und sind befristet an einer Hochschule tätig. Wer eine Karriere in der Forschung anstrebt, absolviert nach dem Doktorat in vielen Fällen zusätzlich einen oder mehrere befristete Postdoc-Aufenthalte 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.

Der Arbeitsmarkt fordert zudem kontinuierliche Weiterbildung, einerseits um Fachwissen zu ergänzen, andererseits um betriebswirtschaftliches Wissen zu erwerben. Hier ein paar Beispiele:

Applied Data Science CAS

Der praxisorientierte Lehrgang thematisiert Datenanalyse, Machine Learning und Künstliche Intelligenz. www.unibe.ch/weiterbildung

Ausbildung Aktuar/Aktuarin SAV

Die Weiterbildung vermittelt fundierte Kenntnisse in Versicherungsmathematik, Statistik, Wahrscheinlichkeitstheorie und Risikomodellierung. Sie richtet sich u.a. an Fachleute in der Versicherungsbranche oder Finanzindustrie. www.actuaries.ch

Banking and Finance (CAS/DAS/MAS)

Weiterbildungen in Banking & Finance auf den Stufen CAS, DAS und MAS vermitteln fundierte Kenntnisse in den Bereichen Finanzmärkte, Risikomanagement, Regulierung und Finanztechnologien. www.berufsberatung.ch/weiterbildung

Computational Fluid Dynamics CAS

Dieser berufsbegleitende CAS an der Ostschweizer Fachhochschule vermittelt Ingenieuren und Naturwissenschaftlerinnen fundierte Kenntnisse in der numerischen Strömungssimulation. www.ost.ch/de/weiterbildung

Leadership in Science (CAS)

Diese modular aufgebaute Weiterbildung richtet sich an Personen mit Führungsverantwortung in wissenschaftlich-technischen Umfeldern. www.fhnw.ch/weiterbildung

Weiterbildungsprogramme Cluster

Health, Life & Natural Sciences

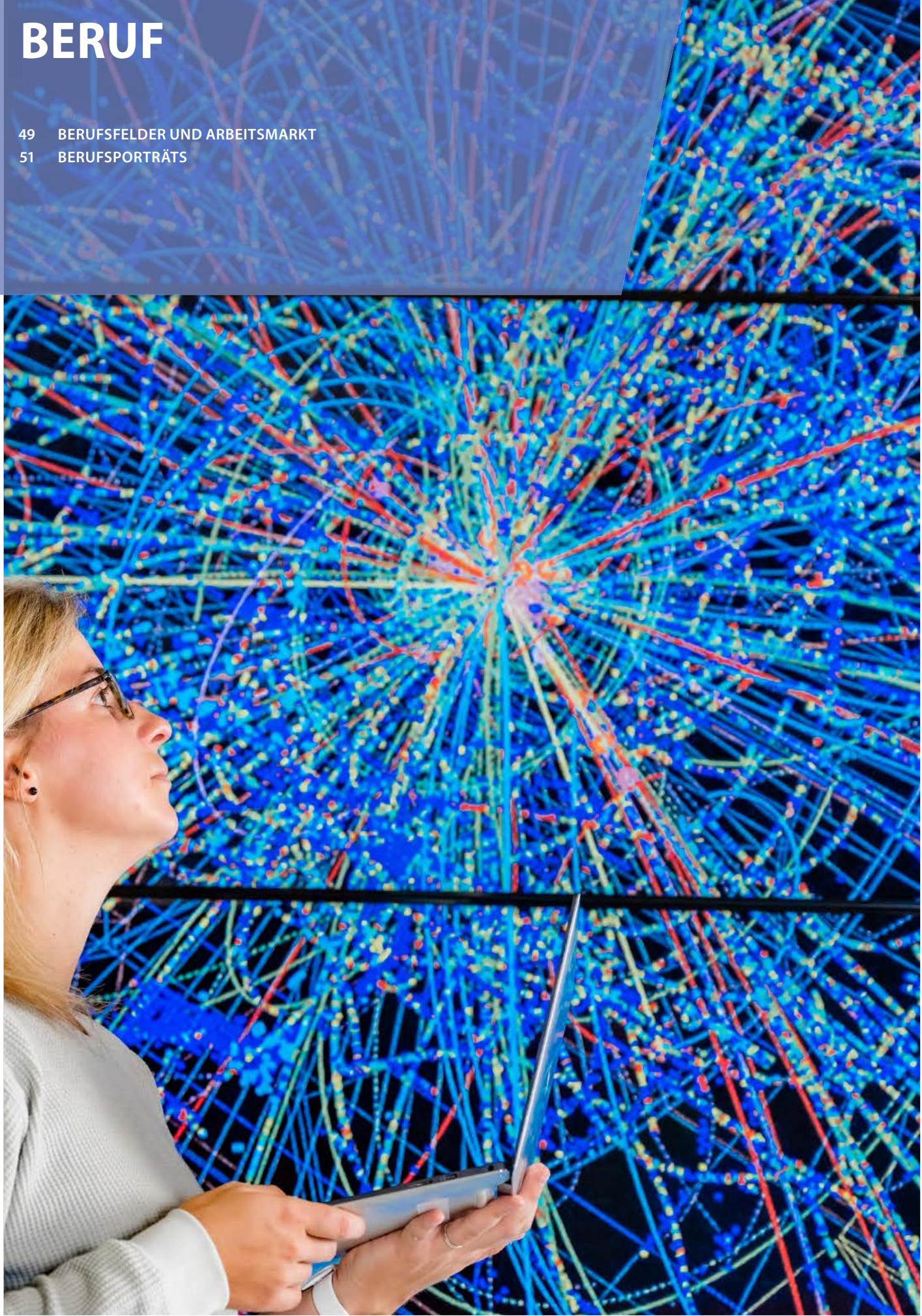
Die EHH Zürich bietet diverse Weiterbildungen an: z.B. MAS AI and Digital Technology, MAS in Computational Structural Design, MAS in digital Clinical Research, MAS in Medical Physics. <https://sce.ethz.ch>

Wissenschaftsjournalismus CAS

Dieser Lehrgang richtet sich an Wissenschaftlerinnen, Journalisten und Kommunikationsfachleute, die lernen möchten, wissenschaftliche Themen attraktiv und verständlich zu vermitteln. www.maz.ch

BERUF

- 49 BERUFSFELDER UND ARBEITSMARKT
51 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 es gewohnt, sich mit komplexen Zusammenhängen auseinanderzusetzen und Lösungen für knifflige Problemstellungen zu suchen. Sie bringen überdies durch ihr Studium weitere wertvolle Fähigkeiten wie eine strukturierte Vorgehensweise, Ausdauer und eine hohe Frustrationstoleranz mit. Durch die zunehmende Digitalisierung, den Bedarf an komplexen Datenanalysen und den technologischen Fortschritt wächst die Nachfrage nach Fachkräften mit diesen Qualifikationen kontinuierlich. Ob in der Forschung, Industrie oder Beratung – ihnen stehen vielseitige Laufbahnmöglichkeiten offen. Die wichtigsten Tätigkeitsfelder werden im Folgenden kurz beschrieben. Je nach Branche werden Zusatzqualifikationen verlangt wie zum Beispiel Betriebswirtschaftskenntnisse oder Erfahrung in Projektmanagement.

LEHRE UND GRUNDLAGENFORSCHUNG

Absolventinnen und Absolventen der drei Disziplinen haben an Hochschulen die Möglichkeit, Studierende zu unterrichten und gleichzeitig grundlegende oder anwendungsorientierte Forschungsfragen zu untersuchen. Ihr Tätigkeitsfeld erstreckt sich über die klassischen Fachgebiete hinaus auf interdisziplinäre Bereiche wie Ingenieurwissenschaften, Informatik, Biologie, Medizin, Sozialwissenschaften oder Wirtschaftswissenschaften. In der akademischen Laufbahn ist eine starke Spezialisierung erforderlich, die jedoch auch die Auswahl an potenziellen Arbeitsorten einschränken kann. Wer sich auf ein bestimmtes Forschungsgebiet konzentriert, muss unter Umständen international mobil sein und eine Position im Ausland in Betracht ziehen, um seine wissenschaftliche Laufbahn fortzusetzen.

Physikalische Grundlagenforschung wird nicht nur an Universitäten, sondern auch in privaten und staatlichen Forschungszentren betrieben. Dazu gehören renommierte Institutionen wie das CERN, das Paul Scherrer Institut (PSI) oder die Empa.

Neben der Hochschullehre bieten auch Mittelschulen, Berufsfachschulen und höhere Fachschulen Berufsperspektiven für Mathematikerinnen, Mathematiker, Physikerinnen und Physiker. Hier vermitteln sie ihr Fachwissen auf didak-

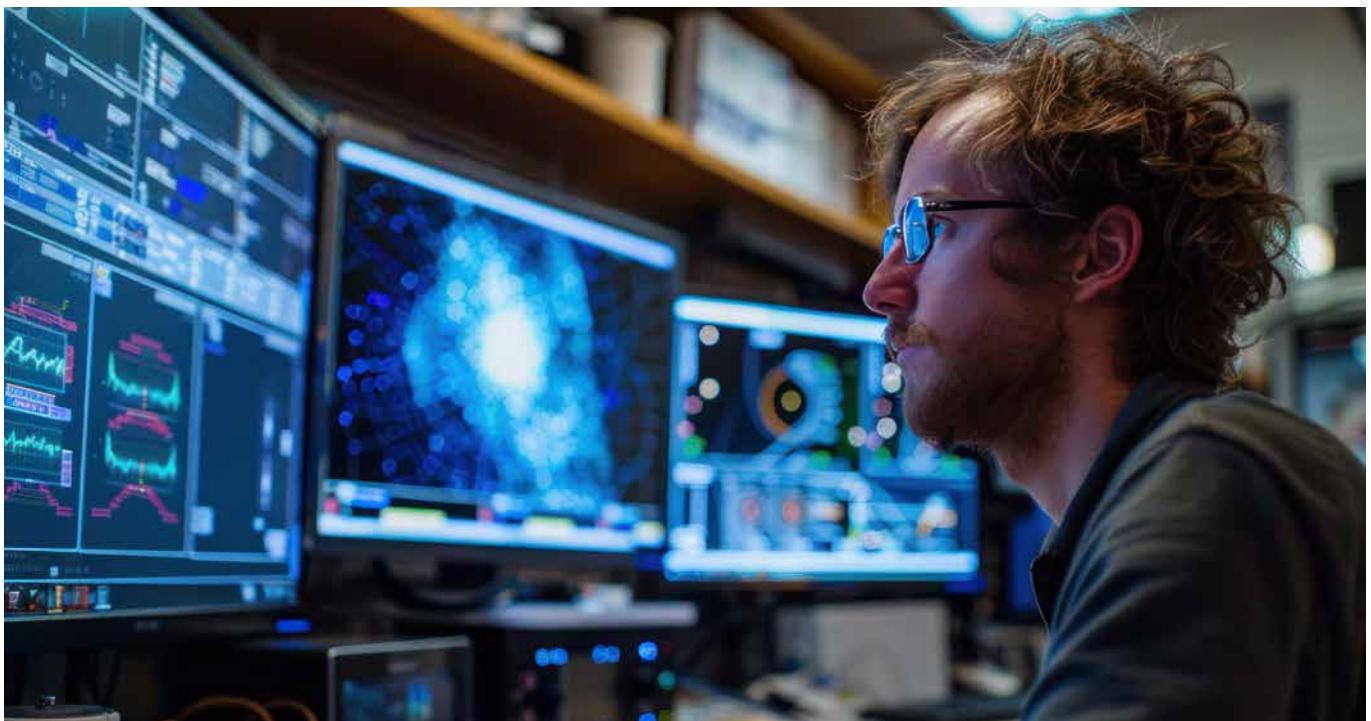
tisch angepasste Weise an Schülerinnen und Schüler, Lernende und angehende Berufsleute.

ANGEWANDTE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Ausserhalb der Hochschulen arbeiten Fachleute in der angewandten Forschung und entwickeln Produkte und Dienstleistungen für Industrie- und Finanzkonzerne. Sie arbeiten an der Lösung technischer und wissenschaftlicher Herausforderungen, optimieren bestehende Prozesse oder entwickeln neue Verfahren, Materialien sowie Energie- und Sicherheitsstandards. Ihr Ziel ist es, praxisnahe Lösungen zu schaffen, die sowohl technologischen als auch wirtschaftlichen Anforderungen gerecht werden. Dabei erfordert ihre Arbeit nicht nur spezifisches Fachwissen, sondern auch ein betriebswirtschaftliches Verständnis, um die Machbarkeit und Marktfähigkeit neuer Entwicklungen zu gewährleisten. Mit zunehmender Erfahrung und ausgeprägten fachlichen sowie persönlichen Fähigkeiten eröffnen sich Karrierewege in leitende Positionen. Fachleute können Labor-, Gruppen- oder Abteilungsleitungen übernehmen und sich bis ins höhere Management weiterentwickeln, wo strategische Entscheidungen und Innovationsprozesse massgeblich mitgestaltet werden.

PRIVATE DIENSTLEISTUNGEN

Mathematikerinnen, Computational Scientists und Physiker sind in dieser Branche in der Unternehmensberatung, bei Finanzinstituten oder Versicherungen wegen ihrer analytischen, mathematischen und lösungsorientierten Kompetenzen gefragt. Wie in der Industrie werden im Dienstleistungssektor oft zusätzliche Kenntnisse im Bereich IT, Betriebswirtschaft oder Fremdsprachen verlangt; Auslandserfahrungen sind 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 erfolgt auch häufig über Traineeprogramme. Die Bereitschaft zur kontinuierlichen Weiterbildung und zum «learning on the job» werden vorausgesetzt. Besonders Unternehmensberatungen suchen belastbare, zielstrebige und hochmotivierte Persönlichkeiten, die ihr



Ein Astrophysiker analysiert in einem Forschungslabor Gravitationswellen mithilfe von Computerdaten.

Studium mit Bestnoten abgeschlossen haben. Auch im Finanzsektor eröffnen sich Tätigkeitsfelder. Für Banken analysieren die Berufsleute Anlagerisiken, entwickeln Finanzprodukte oder berechnen den kurz- bis langfristigen Kapitalbedarf von Unternehmen (Corporate Finance). Bei Versicherungen, Pensionskassen und Krankenkassen berechnen Fachleute, insbesondere Aktuarinnen und Aktuare, vor allem Prämien und Rückstellungen für verschiedene Versicherungsarten. Physikerinnen und Physiker sind in dieser Branche auch

im Bereich Risikomanagement anzutreffen. Sie schätzen beispielsweise die Risiken von Umwelt- und Naturgefahren für grosse Bauprojekte ab.

ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN

Fachpersonen der drei Disziplinen sind auch in staatlichen und kantonalen Einrichtungen in vielfältigen Aufgabenbereichen tätig. In der Alters- und Hinterlassenenversicherung (AHV) erstellen sie beispielsweise Prognosen zur demografischen Entwicklung, während sie für die Finanzmarktaufsicht (FINMA) mathematische

Modelle von Versicherungen und Banken überprüfen und bewerten. Ihre analytischen und modellbasierten Fähigkeiten tragen dazu bei, wirtschaftliche und gesellschaftliche Prozesse besser zu verstehen und langfristig zu steuern.

Wer bei einer öffentlichen Institution wie einer Forschungseinrichtung, einem Krankenhaus oder einem Labor arbeiten möchte, benötigt oft zusätzliche Spezialkenntnisse. Je nach Fachgebiet sind gezielte Weiterbildungen erforderlich, etwa in Medizinphysik, Geophysik, Umweltschutz, Recht und Wirtschaft oder in der internationalen Zusammenarbeit. Auch in technischen und digitalen Bereichen bieten sich zahlreiche Möglichkeiten: Sie sind als Verkehrs- und Computerfachleute in Rechenzentren tätig, arbeiten als Systemanalytikerinnen der IT oder entwickeln als Softwareingenieurinnen und Planer innovative Technologien und Infrastrukturkonzepte.

INFORMATIK

Mathematiker, Computational Scientists und Physikerinnen spielen eine zentrale Rolle in der Entwicklung und Optimierung von Computeranwendungen. Sie analysieren die Möglichkeiten und Grenzen von Software

BERUFSEINSTIEG

Die folgenden Ausführungen zum Arbeitsmarkt beziehen sich auf die letzte BFS-Befragung aus dem Jahr 2021. Bei dieser Untersuchung wurden Personen befragt, die 2020 ihr Studium abgeschlossen hatten.

Nach einem Masterabschluss in *Mathematik* ist kaum jemand erwerbslos. 90 Prozent der Befragten sind erwerbstätig. Rund ein Drittel absolviert ein Doktorat. Von den übrigen befinden sich viele in der Ausbildung zur Lehrperson auf der Sekundarstufe II. Der Berufseinstieg bereitet wenig Mühe; fast alle Erwerbstätigen arbeiten an Stellen, für die ein Hochschulabschluss in Mathematik oder einem verwandten Gebiet Voraussetzung war. Entsprechend überdurchschnittlich ist die Zufriedenheit mit den Arbeitsinhalten.

Ähnlich sieht es aus bei Absolventinnen und Absolventen der *Physik*. Nach einem Masterabschluss ist kaum jemand erwerbslos und mehr als die Hälfte der Befragten sind am Doktorieren. Das ist sogar für ein naturwissenschaftliches Fach ein hoher Anteil. Dieser Umstand hat Auswirkungen auf die Beschäftigungssituation: So sind – zumindest am Anfang der Laufbahn – viele Erwerbstätige befristet angestellt. Mehr als die Hälfte der Befragten sind im Jahr nach dem Physik-Masterabschluss an einer universitären Hochschule in der Lehre und Forschung beschäftigt. Im privaten Dienstleistungsbereich sind sie vor allem in Planungs- und Ingenieurbüros tätig, seltener in Banken, Informatikdienstleistern oder im Handel.

Für *Rechnergestützte Wissenschaften* und verwandte Disziplinen gibt es keine Sonderauswertungen.

durch gezieltes Testen und Hacking, entwerfen innovative Anwendungen oder entwickeln hochleistungsfähige technische Kommunikations- und Rechensysteme.

Fachleute mit spezialisierten Kenntnissen arbeiten an Technologien wie der Datenverschlüsselung (Kryptologie), der Implementierung intelligenter Steuerungsverfahren und lernender Systeme (Soft Computing) oder der Analyse grosser Datensätze zur Aufdeckung verborgener Muster (Data Mining). Neben Tätigkeiten im öffentlichen Sektor finden sie Beschäftigung in Softwareunternehmen, in den IT-Abteilungen grosser Konzerne oder in spezialisierten Fachbereichen staatlicher Behörden. Ihr interdisziplinäres Wissen macht sie besonders wertvoll für die Entwicklung sicherer, effizienter und intelligenter digitaler Systeme.

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 Quali-

tätssicherung. Biostatistiker und Computational Scientists begleiten insbesondere klinische und epidemiologische Studien oder analysieren beispielsweise Protein-Sequenzen in der genetischen Forschung.

MANAGEMENT

Als gute Analytikerinnen und abstrakte Denker kommen Fachleute 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, Künstliche Intelligenz oder Big Data 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 verwandter Disziplinen gute bis sehr gute Beschäftigungsaussichten. Gemäss Expertinnen und Experten haben die Versicherungs- und die IT-Branche einen besonders grossen 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

Auskünfte und Websites der universitären Institute
Bundesamt für Statistik (BFS):
www.graduates-stat.admin.ch
www.academics.de
www.berufsberatung.ch/studium-arbeitsmarkt
www.math-jobs.com

BERUFSPORTRÄTS

Die folgenden Interviews und Porträts vermitteln einen Einblick in Funktionen, Tätigkeitsbereiche und den Berufsalltag nach Studienabschlüssen in Mathematik, Rechnergestützten Wissenschaften oder Physik.

ALICE BOUBAKER-COQUET

Projektleiterin für Datenthemen,
SBB AG

ANDREAS SCHULTHESS

Aktuar,
PricewaterhouseCoopers AG (PwC)

MICHAEL GLOOR

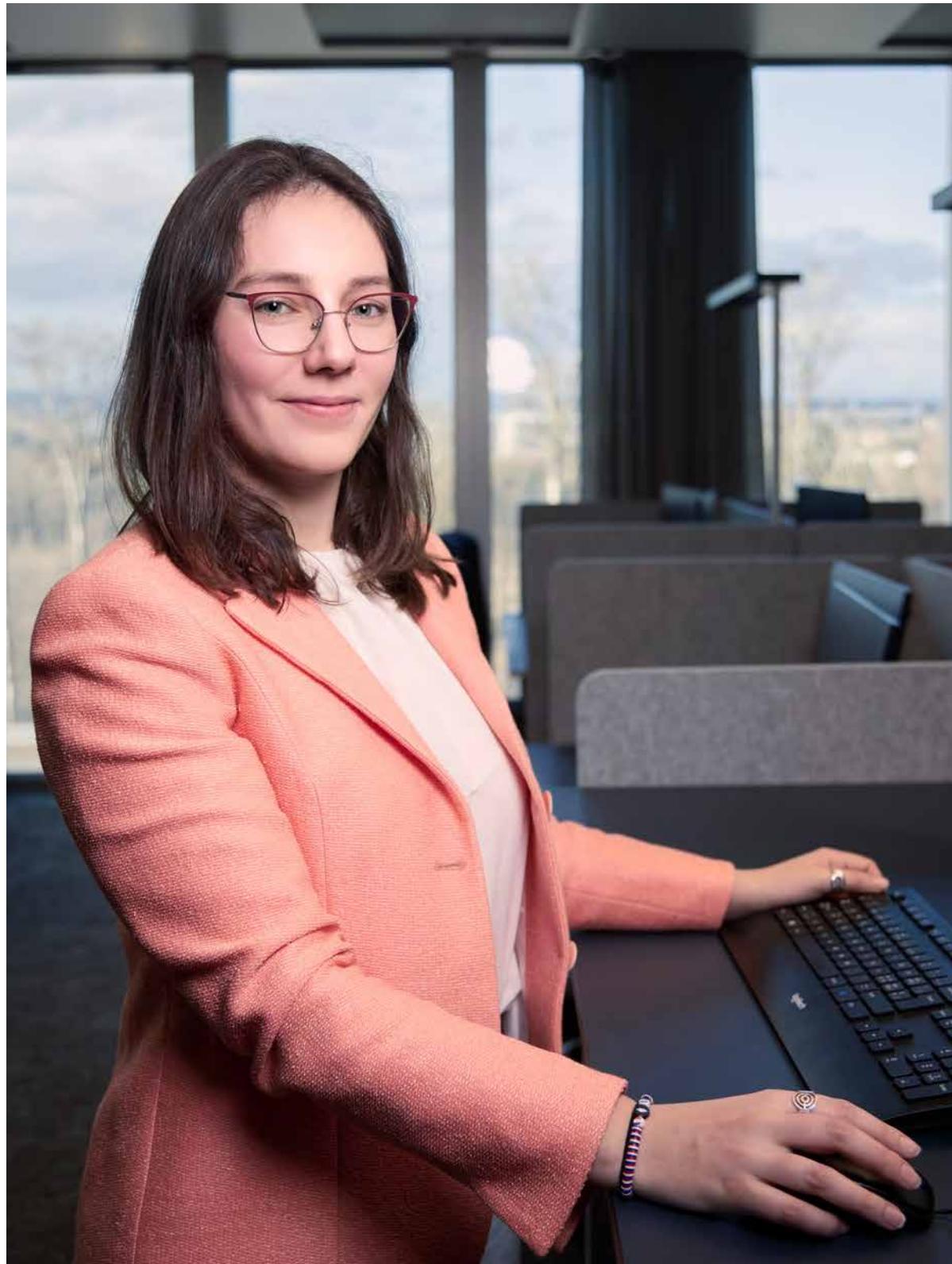
Co-Gründer & CEO,
Correntics AG

LEA CAMINADA

Professorin Physik,
PSI, Universität Zürich

LUCAS THIEL

IT-Architekt,
Eraneos Switzerland



Alice Boubaker-Coquet, Msc in Mathematik, Projektleiterin für Datenthemen, SBB AG

MIT DATENBASIERTEN INNOVATIONEN VORANKOMMEN

Nach ihrem Masterabschluss in Mathematik ermöglicht ein Trainee-programm der SBB Alice Boubaker-Coquet (26) den Einstieg in die Berufswelt. Nachdem sie in unterschiedliche Arbeitsbereiche des

Bahnunternehmens geblickt hat, befindet sie sich inzwischen in der Funktion einer Projektleiterin für Datenthemen und sagt: «Ich liebe es, mit Daten zu arbeiten. Richtig genutzt, sind sie unglaublich wertvoll und eröffnen unzählige Möglichkeiten.»

«Ich habe immer gerne mathematische Probleme gelöst und das Fach fiel mir in der Schulzeit leicht. Als ich in Frankreich ins ‚Lycée‘ kam, hat mich meine Mutter mit einem befreundeten Mathematiker bekannt gemacht. Dieser hat mir zwar nur einen mikroskopisch kleinen Tropfen der Möglichkeiten aufgezeigt, welche die Mathematik bietet. Dennoch hat mir dieser Tropfen eine ungeahnte Vielfalt an Anwendungen sichtbar gemacht. Ich habe in der Mathematik bereits damals das Potenzial für breite berufliche Perspektiven gesehen.

VOM STUDIUM IN DEN BERUF

Während meines Mathematikstudiums an der EPFL belegte ich den Kurs ‚Mathematical modelling of behavior‘, der sich mit der Modellierung menschlichen Verhaltens bei der Wahl eines Verkehrsmittels befasste. Dieses Thema fand ich äusserst spannend. Weil mir die SBB als Unternehmen gefielen, bewarb ich mich nach dem Studium erfolgreich für eines ihrer Trainee-programme. Hier lernte ich vier verschiedene Jobs kennen, von denen drei einen starken Bezug zur Mathematik hatten.

Diese Erfahrung bestärkte mich in meinem Wunsch, weiterhin mit Daten zu arbeiten, sodass ich nach Abschluss des Traineeprogramms die Position einer Projektleiterin für das Thema ‚Daten nutzen‘ in der Division Produktion Personenverkehr der SBB übernahm. Dort bringe ich nun mein Fachwissen gezielt in datenbasierte Projekte ein. Neben meiner Arbeit studiere ich noch Forensik an der Universität Lausanne; im Moment ist das eher ein Hobby. Aber die Kombination von Mathematik und Forensik ist sehr interessant. Ob für Kriminologie (Kriminalstatistik) oder Datenanalysen für mehr Cybersicherheit oder gegen Geldwäsche.

Das Projekt ‚Daten nutzen‘ soll das Unternehmen und seine Mitarbeiter darin unterstützen, datenaffiner zu werden.

BRÜCKEN SCHLAGEN ZWISCHEN DATEN UND FACHBEREICHEN

Dies geschieht einerseits durch digitale Ideen, welche die Arbeit erleichtern und andererseits durch die Vernetzung zwischen Mitarbeitenden und Fachbereichen, die von ihrem Wissen profitieren können. In meiner Rolle stehe ich in regelmässigem Austausch mit Datenexpertinnen und -experten sowie Fachleuten vor Ort, um einen Gesamtüberblick über den Umgang mit Daten zu erhalten. Vielen Mitarbeitenden ist nicht bewusst, welche Möglichkeiten im Umgang mit Daten bestehen – etwa die Automatisierung von Excel-Anwendungen oder die Nutzung von Power-BI-Berichten. Bei letzteren handelt es sich um ein Microsoft-Programm, das die interaktive Visualisierung von Daten ermöglicht. Unser Team trägt dazu bei, die SBB bei der digitalen Transformation zu unterstützen und weiterzubringen.

Neben meiner Rolle als Projektmanagerin bin ich auch Teil eines Teams, das sich mit datenbasierten Innovationen befasst. Wir prüfen die Machbarkeit von Projekten und stellen sicher, dass alle datenbezogenen Parameter – wie Verantwortlichkeit, Architektur, Datenformat und Granularität – berücksichtigt werden. Ein Beispiel dafür ist ein Projekt zur Modellierung der aufgewendeten Arbeitszeit des Reinigungs personals in Abhängigkeit von Aufgabe und Rollmaterial. Damit können wir nicht nur die Anforderungen des Bundesamts für Verkehr erfüllen, sondern

BERUFLAUFBAHN

- 18** Maturität mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt, Frankreich
- 24** Studienabschluss MSc in Mathematik, ETH Lausanne
- 24 – 26** Traineeprogramm bei der SBB AG
- 24 –** Teilzeitstudium Forensik, **heute** Universität Lausanne
- 26 –** Projektleiterin für Datenthemen, **heute** Personenverkehr, SBB AG

die Daten auch in Power-BI-Berichte integrieren und so die Einsatzplanung anhand aktueller Leistungsdaten optimieren. Ein weiteres laufendes Projekt widmet sich der Erstellung eines Berichts über Zugkontrollen, um die Auswirkungen verschiedener Massnahmen auf die Kontrollprozesse messbar zu machen.

Ich arbeite mit vielen verschiedenen Personen zusammen – von Entwicklern über Finanzmitarbeiterinnen bis hin zum Reinigungspersonal. Ihre Anliegen sind völlig unterschiedlich, doch um eine Lösung zu finden, die für alle greift, müssen wir sämtliche Perspektiven verstehen. Glücklicherweise ist mein Team breit aufgestellt: Wir bringen unterschiedliche Hintergründe mit, ergänzen uns gegenseitig und fordern uns heraus, um die besten Lösungen für unsere Projekte zu entwickeln.

BEITRÄGE DER MATHEMATIK

Als Mathematikerin bringe ich mein Datenbewusstsein ein. Mein Statistikunterricht hat mir bewusst gemacht, wie wichtig es ist, auf Daten zu achten. Ohne darüber nachzudenken, was man zeigen will, ohne die Qualität der Daten zu überprüfen und ohne Outliers (Datenpunkte, die erheblich von den übrigen Werten abweichen) zu analysieren, kann es schnell zu Fehlinterpretationen kommen.

Dank meines Hintergrunds sehe ich jedes Problem als eine mathematische Demonstration: Was muss ich erhalten (Aufgabenstellung), was sind die Elemente, die ich kenne (Theoreme), und wie kann ich sie umsetzen (Beweis). Das Studium hat mich gelehrt, Informationen in verschiedenen Quellen zu suchen und ein Projekt nicht aufzugeben, bis ich das gewünschte Ergebnis erhalte oder zeigen kann, dass es unmöglich ist. Daten begleiten mich also täglich – sei es in der Analyse oder in ihrer Anwendung in konkreten Unternehmensbereichen. Sie sind ein zentraler Bestandteil der digitalen Transformation.

Es gibt zahlreiche Beispiele, wie Mathematik bei den SBB eingesetzt wird. Viele Projekte zielen darauf ab, die Arbeitsplanung zu verbessern, die Prozesse zu erleichtern oder die

Angebote für verschiedene Kunden und Zielgruppen zu optimieren.

VON DER ZUGAUSLASTUNG BIS ZUR STRECKENPLANUNG

Ein bekanntes Beispiel dafür sind die kleinen Figuren, die im Fahrplan die Auslastung eines Zugwagens anzeigen. Diese Darstellung basiert auf einem Modell, das verschiedene Parameter zur Berechnung der Belegung nutzt. Auch die Software vPRO nutzt mathematische Modelle: Sie gibt dem Lokomotivpersonal empfohlene Geschwindigkeiten vor, um eine pünktliche Ankunft zu gewährleisten. Ein weiteres Projekt befasst sich mit der optimalen Streckenführung für neue Züge unter Berücksichtigung von Bahnhöfen, Gleisen und bestehenden Verbindungen. Auch Künstliche Intelligenz (KI) spielt eine immer grössere Rolle. Mehrere KI-Projekte befinden sich derzeit in der Testphase, darunter auch eines von Trainees. Ihr Ziel ist es, das Contact Center bei der Generierung von Auskünften zu unterstützen: Anfragen werden in eine Software eingegeben, die – mit verschiedenen Informationsquellen der SBB trainiert – automatisch die passende Antwort findet.

Ein Projekt, auf das ich besonders stolz bin, ist der Bericht für eine Anwendung, die Sehenswürdigkeiten anzeigt, Routen zwischen zwei Punkten berechnet

und diese auf einer Karte in der App SBB Mobil oder auf der Website visualisiert. Ich war frei bei der Auswahl der relevanten Daten und konnte sie nach meinen Vorstellungen aufbereiten.

DATEN ALS WEGWEISER

Durch die Analyse der Nutzungsdaten haben wir wertvolle Erkenntnisse gewonnen – darunter einige überraschende, wie die auffallend häufige Nutzung des Dienstes für ausländische Bahnhöfe. Dies half uns, die bestehenden Massnahmen zu evaluieren, deren Wirkung wir bislang nur vermuten konnten, und die Bedürfnisse unserer Kundinnen und Kunden besser zu verstehen. Darüber hinaus hat das Projekt dazu beigetragen, intern neue Ideen voranzutreiben. Da wir nun messen können, wie intensiv eine Funktion von unseren Kundinnen und Kunden genutzt wird, lässt sich auch besser beurteilen, ob sie tatsächlich auf ein Kundenbedürfnis eingeht.

ERFOLGSERLEBNISSE UND HÜRDEN

Am Ende eines Projekts erfüllt es mich immer mit Stolz, die begeisterten Blicke der Kolleginnen und Kollegen zu sehen, wenn wir ihre Erwartungen und Bedürfnisse erfüllt haben. Besonders spannend finde ich während der Projektphase das Recherchieren und Lösen von Problemen – etwa bei einem fehlerhaften Code. Ich lerne ständig dazu, sei

es über Eisenbahnberufe oder technologische Neuerungen. Neugier ist dabei unerlässlich.

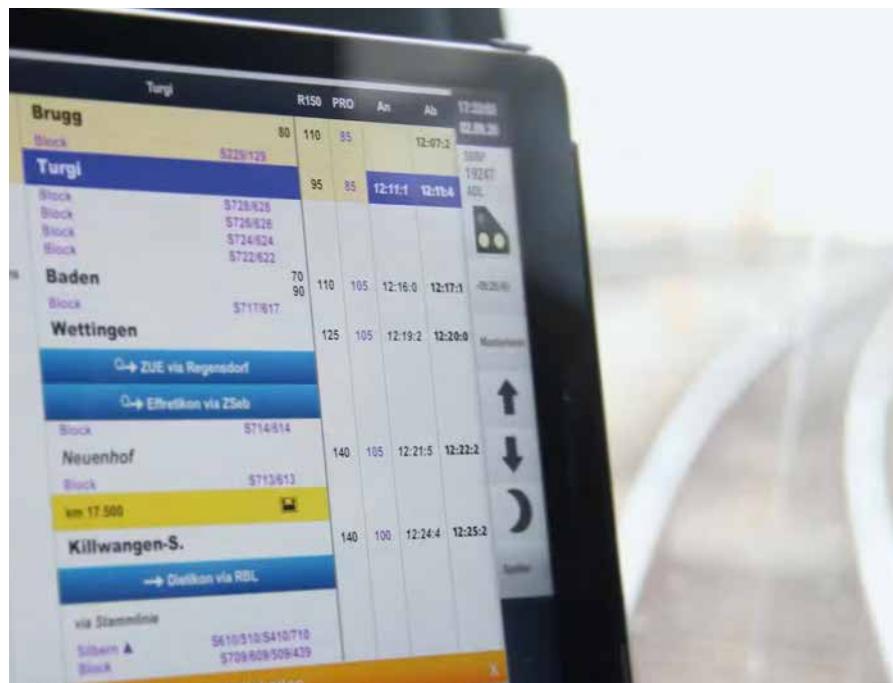
Herausfordernd ist für mich jedoch die Dokumentation meiner Arbeit, auch wenn sie für die Nachverfolgung und Transparenz wichtig ist. In einem so grossen Unternehmen ist es zudem nicht immer einfach, die richtigen Informationen zu finden. Es lohnt sich, hartnäckig zu bleiben und innovative Wege zu gehen.

BLICK IN DIE ZUKUNFT

Ich habe eine grosse Affinität für Daten und hoffe, auch in zehn Jahren noch damit zu arbeiten – in welcher Form auch immer. Mein Ziel ist es, ein Team zu leiten, das Unternehmen bei der digitalen Transformation unterstützt und mit innovativen Ideen echten Mehrwert schafft. Besonders fasziniert mich auch das Potenzial der Künstlichen Intelligenz; das ist ein stark mathematisch geprägtes Thema und sehr spannend. Mathematikerinnen und Mathematiker sind auf dem Arbeitsmarkt gefragter denn je, da Unternehmen zunehmend den Wert von Daten und mathematischen Modellen für ihr Wachstum erkennen. Neben klassischen Branchen wie Finanzwesen, Versicherungen und Pharmazie gibt es viele weitere, die mathematische Expertise benötigen – man muss sie nur gezielt suchen.

Angehenden Studierenden rate ich: Geht voran und habt keine Angst! Vielleicht habt ihr nach Studienabschluss das Gefühl, dass ihr nichts wisst. Aber das stimmt nicht. Das Studium hat euch gelehrt, hartnäckig, neugierig, strukturiert zu sein und schnell komplexe Konzepte zu lernen. Mir ging es so: Ich hatte das Gefühl, nichts zu können, vor allem, weil das Mathematikstudium sehr abstrakt ist. Sobald ich in der Arbeitswelt ankam, merkte ich jedoch, dass ich von toleranten Kolleginnen und Kollegen umgeben bin und ich die neuen Aufgaben erlernen kann.»

Porträt
Fabienne Omlin



Analysen der Datenprofis bei den SBB liefern wichtige Erkenntnisse zur Verbesserung der Angebote.



Andreas Schulthess, MSc Mathematik, Universität Zürich, Aktuar, PricewaterhouseCoopers AG (PwC)

«ES GEFÄLLT MIR, DASS ICH TÄGLICH NEUES LERNE»

Die Versicherungsmathematik zählt zu den klassischen Berufsfeldern nach einem Mathematikstudium. Allerdings erfordert der Weg zum Berufstitel «Aktuar SAV» in der Regel eine zusätzliche berufsbegleitende

Ausbildung. Andreas Schulthess (36) ist «mittendrin» und berichtet von seinen Erfahrungen zwischen Berufsalltag und Weiterbildung.

Um was geht es in der Versicherungsmathematik?

Es geht um die finanzielle Absicherung gegen Risiken, die bei einem Versicherungsunternehmen auftreten. Mithilfe von mathematischen Methoden werden versicherungstechnische Grössen berechnet; die wichtigsten sind die Prämien und die Reserven. Bei der Prämienkalkulation geht es beispielsweise darum, eine Prämie zu modellieren, die einerseits zukünftige Zahlungen und Verwaltungskosten deckt, aber andererseits auch wettbewerbsfähig ist.

Versicherungsmathematikerinnen und Versicherungsmathematiker müssen neben versicherungsspezifischen Kenntnissen auch Wissen aus der Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Finanzmathematik besitzen. In der Regel sind auch gute Programmierkenntnisse nötig.

Wie beantworten Sie aktuell die Frage: «Was sind Sie von Beruf?»

Der offizielle Berufstitel lautet «Aktuar», ist jedoch im deutschen Sprachraum weniger geläufig – meist spricht man vom Versicherungsmathematiker. In meiner Rolle als Aktuar in der Wirtschaftsprüfung überprüfe ich die Arbeit von Versicherungsunternehmen. Die Wirtschaftsprüfung folgt einem saisonalen Rhythmus: Vom Herbst bis Frühling stehen Prüfungen im Mittelpunkt. Im Sommer sind die Aktuare aus der Wirtschaftsprüfung häufig bei Beratungsprojekten von Versicherungen im Einsatz. Aktuell befinde ich mich in der Phase der Wirtschaftsprüfung und analysiere gerade die Finanzlage einer

grossen Krankenversicherung und eines kleineren Schadenversicherers.

Was beinhaltet Ihre Tätigkeit?

In der Wirtschaftsprüfung liegt mein Fokus darauf, zu überprüfen, ob Versicherungen ausreichend Reserven haben. Diese wurden zuvor von Versicherungsmathematikern berechnet, und meine Aufgabe besteht darin, ihre Arbeit auf Korrektheit zu prüfen. Dafür führe ich eigene Nachberechnungen der Reserven durch und hinterfrage die verwendeten statistischen Methoden und Annahmen. Besonders hilfreich sind dabei meine Kenntnisse in Statistik, Wahrscheinlichkeitstheorie und Programmierung.

Aktuare, die direkt bei einer Versicherung arbeiten, spezialisieren sich meist auf einen bestimmten Bereich, etwa Lebens-, Schaden- oder Rückversicherung. In der Wirtschaftsprüfung hingegen ist die Arbeit breiter gefächert, da wir mit unterschiedlichen Versicherungsunternehmen arbeiten und dadurch alle Versicherungszweige kennenlernen. So gewinnen wir wertvolle Einblicke in verschiedene Unternehmen und deren Modelle.

Sie sind an der Zusatzausbildung Aktuar SAV. Wie ist der Aufwand?

Um den Titel «Aktuar SAV» zu erlangen, sind eine bestimmte Anzahl an Vorlesungen im Bereich Versicherungsmathematik erforderlich, ergänzt durch mindestens drei Jahre Berufserfahrung als Aktuar. Abschliessend steht eine Prüfung zu einem berufsspezifischen Thema an. In Zürich bietet die ETH die entsprechenden Vorlesungen an. Wie viele Module noch absolviert werden müssen, hängt vom bisherigen Studium ab. Maximal sind es etwa zwölf oder 13 zusätzliche Module. Diese zu meistern, erfordert Engagement, doch viele Inhalte lassen sich direkt im Berufsalltag anwenden. Da mehrere Jahre Berufserfahrung verlangt werden, bleibt ausreichend Zeit, die notwendigen Vorlesungen zu besuchen.

Was gefällt Ihnen an Ihrer Arbeit, was weniger?

Mein Beruf ist abwechslungsreich, da ich mit verschiedenen Versicherungen

arbeite und immer wieder neue Fragestellungen bearbeite. Besonders schätze ich den starken Zahlenfokus, der perfekt zu meinem mathematischen Hintergrund passt. Manche Problemstellungen erfordern kreative Lösungsansätze, die wir anschliessend oft selbst programmieren – ein Aspekt, den ich besonders geniesse. Ein weiterer Vorteil ist die Verbindung zur akademischen Welt durch meine Aktuar-Ausbildung an der ETH. So bleibe ich fachlich am Puls der Zeit.

Eine Herausforderung in meiner Arbeit ist die Abhängigkeit von den zu prüfenden Unternehmen. Während viele ihre Arbeit gut dokumentieren und die entsprechenden Dokumente schnell liefern, kann es vorkommen, dass manchmal auch wichtige Unterlagen fehlen. Dadurch muss ich zusätzliche Informationen nachfordern, was unter Zeitdruck stressig sein kann – insbesondere, wenn die benötigten Dokumente noch nicht sofort verfügbar sind. Auch die Koordination mit mehreren Kunden und Deadlines ist anspruchsvoll.

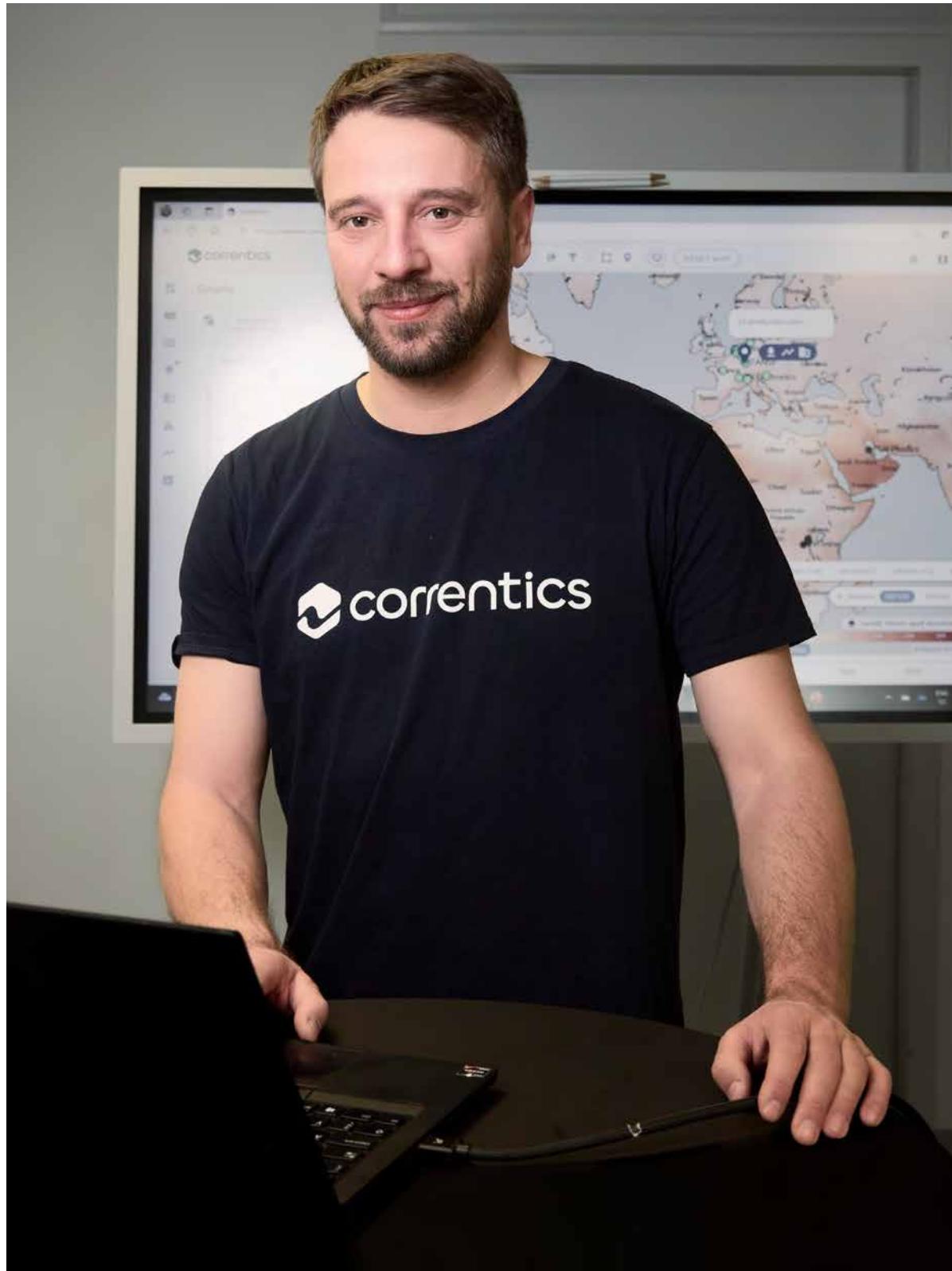
Blick zurück: Wie haben Sie den Berufseinstieg erlebt?

Nachdem ich mein Studium abgeschlossen hatte, gab es nur wenige Stellenanzeichnungen, und oft wurde bereits Berufserfahrung als Aktuar vorausgesetzt. Diese Situation empfand ich als etwas frustrierend und verzichtete darauf, mich auf solche Stellen zu bewerben. Stattdessen entschied ich mich, die Aktuar-Ausbildung vorab zu starten und einige Kurse vorzuziehen, um sie später nicht neben der Arbeit absolvieren zu müssen. Abschliessend begann ich ein halbjähriges Praktikum, das sich als wertvoll erwies und zu einer Festanstellung führte; es ist also alles gut gekommen.

BERUFLAUFBAHN

- 31** Studienabschluss (MSc) in Mathematik, Universität Zürich
- 32** Beginn der Ausbildung zur Erlangung des Titels «Aktuar SAV», ETH Zürich
- 34** Praktikum als Aktuar bei PricewaterhouseCoopers (PwC)
- 34** Festanstellung als Aktuar bei PwC

Interview
Fabienne Omlin



Michael Gloor, PhD in Computational Science & Engineering, ETH Zürich, Co-Gründer & CEO, Correntics AG

ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND UNTERNEHMERTUM

Sein Weg führte Michael Gloor (40) von der ETH Zürich über internationale Forschungserfahrungen bis hin zur Mitgründung eines Unternehmens. Dieses ist darauf spezialisiert, Unternehmen bei der Analyse von

und Anpassung an Klima- und Wetterrisiken zu unterstützen.

Sie haben ein Start-up mitgegründet und führen jetzt ein erfolgreiches Unternehmen.

Wie ist es dazu gekommen?

Den Wunsch, ein eigenes Unternehmen zu gründen, geht wahrscheinlich bereits auf die Zeit im Gymnasium zurück, als ich begann, für kleinere Firmen Webapplikationen zu programmieren.

Während des Doktorats an der ETH Zürich begleitete mich die Faszination des Unternehmertums, aber ich habe dann doch zuerst einen «klassischen» Berufseinstieg gewählt mit spannenden Aufgaben im Simulations- und Modellierungsbereich bei Pilatus Aircraft und später bei Swiss Re. Diese Stellen waren sehr nahe an meinem Studienprofil der Rechnergestützten Wissenschaften, wo ich mich in Fluidodynamik und Atmosphärenphysik vertiefte. Die beruflichen Erfahrungen, die ich bei diesen Unternehmen sammeln konnte, helfen mir auch heute in einem sehr viel kleineren Unternehmen, welches Softwarelösungen im Bereich Risk Management an grosse Unternehmen verkauft.

BERUFLAUFBAHN

19	Maturität mit Akzentfach Mathematik und Schwerpunkt Wirtschaft und Recht
25	MSc Computational Science & Engineering, ETH Zürich
29	Doktorat (PhD) Computational Science & Engineering, ETH Zürich
29	Flight Simulation Engineer, Pilatus Aircraft
32	Natural Catastrophe Specialist, Swiss Re
34	Climate Change Lead, Swiss Re Weiterbildungen: - Certified Expert in Sustainable Finance, Frankfurt School of Finance & Management - Business, International Relations and the Political Economy; The London School of Economics and Political Science (LSE)
26 – heute	Co-Gründer & CEO, Correntics AG Nebenerwerb: Dozent und Lecturer for executive courses in «Fintech & Sustainability» Universität Zürich

Um was geht es bei Ihrer Arbeit?

Unser Start-up fokussiert sich auf die Entwicklung von Softwarelösungen, die es grösseren Unternehmen erlauben, Klima- und Wetterrisiken besser zu identifizieren und sich mit geeigneten Massnahmen vorausschauend an die Konsequenzen des Klimawandels anzupassen. Es geht also hauptsächlich um ein vorausschauendes Risikomanagement, mit dem Ziel, Geschäftsunterbrüche und Lieferkettenschwierigkeiten aufgrund von Naturgefahren zu erkennen und zu reduzieren. Dies ist insbesondere wichtig für Branchen, welche stark von Wetter- und Klimaeinflüssen betroffen sind wie zum Beispiel im Agrarbereich oder in der Stromproduktion.

Wofür sind Sie verantwortlich?

Als einer der beiden Co-Gründer von Correntics habe ich mich auf die «Business»-Seite des Start-ups fokussiert, während unser CTO Gaudenz Halter den technischen Teil abdeckt. Inzwischen sind wir ein Team von elf Personen. In meiner Verantwortung liegt der Verkauf der Lösung an Kunden, die Sicherstellung der Finanzierung des Start-ups sowie die strategische Ausrichtung der Firma.

Als Start-up-Gründer bin ich immer mit verschiedensten Themen beschäftigt, was die Arbeit natürlich spannend aber auch anspruchsvoll und zeitintensiv macht. Zurzeit beschäftige ich mich insbesondere mit dem Onboarding neuer Kunden im In- und Ausland sowie dem Ausbau des Teams, um die richtigen Voraussetzungen für die weiteren Produkt- und Geschäftsentwicklungen zu schaffen.

Durch die internationale Arbeit sind virtuelle Meetings zum Standard geworden. Wir schätzen es, das Kernteam in Zürich zu haben und wir pflegen auch mit Kunden einen regelmässigen persönlichen Austausch, sofern die Distanzen dies ermöglichen. Den Grossteil meiner Arbeitszeit verbringe ich also im Büro mit dem Team.

In meinem Arbeitsalltag arbeite ich täglich sowohl mit unserem Team als auch mit Kundinnen und Kunden zusammen, um unsere Ziele zu erreichen. Dies macht die Arbeit spannend, da es Kommunikation und Koordination zwischen

Personen aus unterschiedlichsten Fachrichtungen benötigt. In unserem Team arbeiten Personen mit unterschiedlichen Studienprofilen wie Erd- und Klimawissenschaften, Informatik, Mathematik, Physik, Wirtschaft sowie Rechnergestützte Wissenschaften.

Welche Aspekte Ihrer Arbeit

bereiten Ihnen am meisten Freude, und mit welchen Herausforderungen sind Sie konfrontiert?

Mir gefällt insbesondere die Herausforderung, etwas Neues aufzubauen und konkrete Kundenbedürfnisse mit einem tollen Team und innovativen Produkten zu lösen. Die Möglichkeit, neue Lösungen zu entwickeln und zu sehen, wie unsere Arbeit einen Unterschied macht, motiviert mich. In einem Start-up gibt es zahlreiche Highlights – sei es die Gewinnung neuer Kunden, das Wachstum des Teams oder die Entwicklung neuer Produkt-Features.

Ein Start-up bietet riesige Chancen, ist jedoch auch durch diverse Unsicherheiten geprägt, welche so bei etablierten Unternehmen selten auftreten. Diese Unsicherheit und die «Achterbahn» der Erfolge und Misserfolge richtig zu interpretieren und auszuhalten, ist sicherlich ein wichtiger Aspekt, den man berücksichtigen muss, wenn man den Weg in die Start-up-Welt einschlägt.

Die intensive Arbeitsbelastung in der frühen Phase eines Start-ups benötigt eine gewisse Resilienz und es gilt, die richtige Balance zu finden, um jede Woche mit genügend Energie die nächsten Herausforderungen anzupacken. Als Gründer eines Start-ups ist es zudem oft schwierig, sich genügend Fokuszeit zu schaffen, um die nächsten wichtigen Schritte anzugehen und schnell, aber durchdacht Entscheidungen zu treffen.

Mit welchen jobbezogenen Veränderungen rechnen Sie in den nächsten Jahren?

Der Fokus liegt in den nächsten Jahren stark auf der weiteren Entwicklung der Firma. Veränderungen werden hauptsächlich dazu dienen, das Wachstum von Correntics zu ermöglichen. Meine Rolle als Geschäftsführer wird sich dabei sicherlich weiterentwickeln. Mit der Grösse werden sich auch das Arbeits-

umfeld und der Alltag verändern. Meine Vision ist es, Correntics in den nächsten Jahren zu einem führenden Anbieter von Klimarisikolösungen aufzubauen, indem wir mit innovativen Lösungen die Risikolandschaft für Unternehmen vorausschauend identifizieren und managen können. Auf diesem Weg werden sich die Anforderungen an mich stetig verändern und ich freue mich auf diese Herausforderung.

Was sind die wichtigsten Stationen Ihres Werdegangs?

Die Studienwahl war sicherlich durch meine Hobbys im Segelsport und einer Faszination für Informatikanwendungen geprägt. Der Studiengang Rechnergestützte Wissenschaften (Computational Science & Engineering) erlaubte mir die Kombination einer Vertiefung im Bereich Aero-/Fluiddynamik und die computergestützte Modellierung solcher komplexen physikalischen Probleme.

Eine weitere wichtige Station in meinem Werdegang war der Aufenthalt am NASA Jet Propulsion Laboratory in Kalifornien, wo ich lernte, das wissenschaftliche Handwerk mit grossen Visionen und Ambitionen zu kombinieren. Diese Zeit war prägend für die Entscheidung, mit einem Doktorat an der ETH Zürich weiter im wissenschaftlichen Bereich tätig zu sein. Am Ende des Doktorats schwebte mir eigentlich ein weiterer Auslandaufenthalt vor, aber ich entschied mich schliesslich für ein Stellenangebot bei Pilatus Aircraft in der Schweiz, wo ich meine Passion für das Fliegen vertiefen konnte.

Nach einer zweijährigen Entwicklungsphase eines Flugsimulators folgte ich anschliessend einer Möglichkeit, mein Fachwissen im Modellierungsbereich auf Naturgefahren und Klimarisiken im Rückversicherungsbereich bei Swiss Re anzuwenden. Nach fünf Jahren war für mich die Zeit für einen weiteren Schritt gekommen und ich entschied mich, zusammen mit meinem Co-Gründer das Unternehmen Correntics zu gründen.

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

Das Studium und das Doktorat haben eine hervorragende Basis für meinen Berufseinstieg geschaffen und rückblickend bin ich froh, dass ich diesen Weg gewählt habe. Die Kombination zwischen einer soliden wissenschaftlichen, interdisziplinären Ausbildung und konkreten Anwendungsbereichen ermöglichte es mir, Studium und Beruf so zu wählen, dass ich meine Faszination für verschiedene Themen wie zum Beispiel Aerodynamik, Natur und Wetter in meinem Alltag einbauen konnte. Rückblickend bin ich meinen Berufabsichten sicherlich treu geblieben, auch wenn sich diese auf unterschiedliche Art und Weise entfaltet haben. Ich bin froh, dass ich damals während des Gymnasiums am ETH-Besuchstag diesen Studiengang kennengelernt habe. Rechnergestützte Wissenschaften bieten eine hervorragende Basis für unterschiedlichste Berufsfelder, in denen eine Kombination von Wissenschaft und konkreten Anwendungen benötigt

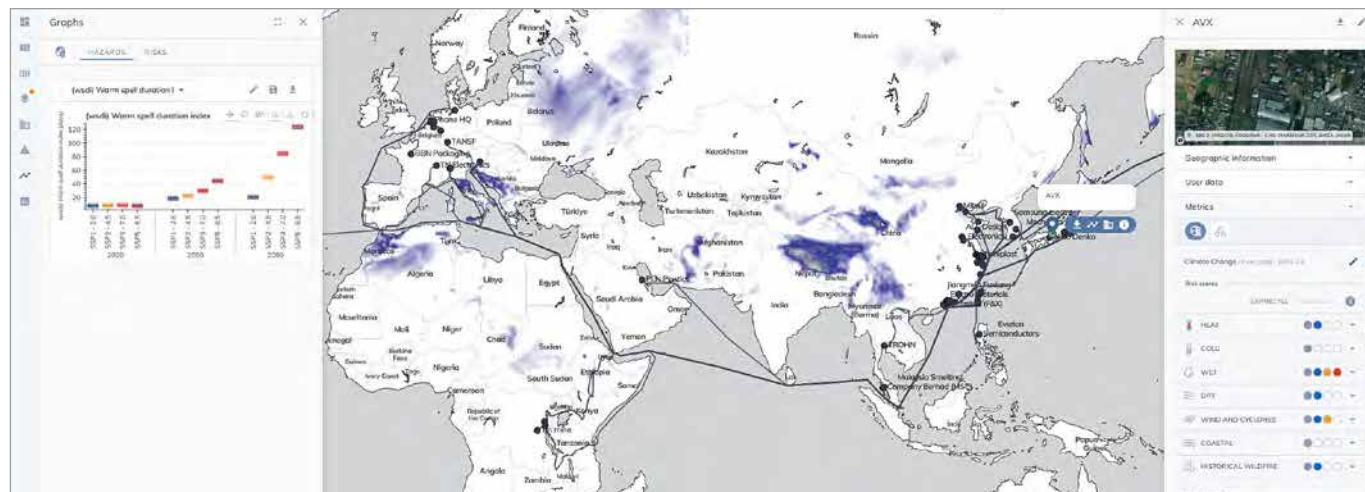
wird, sei das im Bereich Klima wie bei Correntics oder in Bereichen wie Chemie/Physik, Robotik oder Finanzen.

Welche Tipps haben Sie für den Berufseinstieg, und wie war Ihr eigener Start?

Der Berufseinstieg nach dem Doktorat war eine sehr spannende Phase. Ich konnte in einem sehr kleinen, aber stark wachsenden Team innerhalb einer grösseren und etablierten Firma beginnen. Ich lernte einiges über den Aufbau eines neuen Produkts und Teams, die Chancen und Herausforderungen in grösseren Unternehmen und natürlich auch sehr viel Fachwissen, welches innerhalb von grösseren Unternehmen, welches komplexe Produkte entwickelt, vorhanden ist.

Es ist zentral, sich zu überlegen, für welche Anwendungsbereiche man eine Faszination hat und wie sich daraus eine spannende Berufslaufbahn über die nächsten drei bis zehn Jahre entwickeln könnte. Viele Entscheidungen und Abzweigungen nach dem Berufseinstieg sind nicht vorhersehbar. Es ist deshalb wichtig, mit einer gewissen Offenheit für Chancen und Weiterentwicklungs möglichkeiten, aber auch mit Ausdauer und Geduld in die Berufswelt einzusteigen. Ziele lassen sich manchmal auch durch scheinbare Umwege erreichen, welche sich später jedoch häufig als wichtige und entscheidende Phasen in der Berufslaufbahn abzeichnen.

Interview
Fabienne Omlin



Das Start-up Correntics entwickelt Softwarelösungen, die es ermöglichen, Klima- und Wetterrisiken besser zu identifizieren.



Lea Caminada, PhD in Physik, ETH Zürich, Gruppenleiterin am PSI, Professorin für Physik an der Universität Zürich

AUF DER SUCHE NACH ANTWORTEN

Lea Caminada (42) leitet eine Forschungsgruppe am grössten Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz – dem Paul Scherrer Institut (PSI). Als Teilchenphysikerin

sucht sie Antworten auf grundlegende Fragen zur Entstehung und zum Aufbau unseres Universums. Daneben ist sie Professorin für Physik an der Universität Zürich. Damit sind ihre Arbeitstage ausgesprochen abwechslungsreich.

«Meine Arbeitswochen sind geprägt von einem ständigen Wechsel zwischen Aktualitäten, Sitzungen und Aufgaben innerhalb der Institutionen und Forschungskollaborationen sowie der Teilnahme an Konferenzen und Workshops.

VIELSEITIGER BERUFSALLTAG

Eine typische Woche umfasst Meetings und Einzelgespräche mit Mitarbeitenden und Doktorierenden, die Bearbeitung aktueller Aufgaben und Anfragen per E-Mails, wie auch organisatorische Aufgaben. Zudem investiere ich Zeit in die Vorbereitung und Durchführung meiner Lehrveranstaltungen sowie in technische Arbeiten an Forschungsprojekten. Den Grossteil meiner Zeit verbringe ich in meinen Büros am PSI oder an der Universität Zürich. Während meiner Doktorarbeit und in früheren Anstellungen habe ich viel Zeit im Labor verbracht, was sich mit zunehmender Verantwortung verändert hat.

Ich nehme regelmässig an nationalen und internationalen Konferenzen und Workshops teil. Diesen Sommer beispielsweise reise ich nach Marseille und nehme an der «European Physical Society Conference on High Energy Physics» teil. Ans Forschungszentrum für Teilchenphysik CERN gehe ich für Kollaborationstreffen und Forschungszusammenarbeiten. Manchmal übernehme ich dort auch Schichten am CMS-Experiment. Solche Einsätze beinhalten die Überwachung des CMS-Detektors sowie technische Arbeiten.

Die Kommunikation innerhalb dieser Netzwerke erfolgt auf unterschiedlichen Wegen. In meiner Forschungsgruppe am PSI halten wir wöchentlich persönliche Meetings ab und arbeiten direkt vor Ort zusammen. Ein wesentlicher Teil des Austauschs findet je-

doch per E-Mail oder über digitale Kommunikationsplattformen statt. Insbesondere in der internationalen Forschungskollaboration am CERN sind virtuelle Meetings ein fester Bestandteil des Arbeitsalltags und finden täglich statt.

AM PULS DER TEILCHENFORSCHUNG

Ich forsche am CMS-Experiment, welches am Large Hadron Collider (LHC) des Forschungszentrums für Teilchenphysik CERN durchgeführt wird. CMS steht für «Compact Muon Solenoid» und der LHC ist der grösste und leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger, der je gebaut wurde. Im LHC kollidieren Protonen bei Energien, wie sie noch nie zuvor in einem Labor erzeugt werden konnten. Aus der Energie wiederum, die bei diesen Kollisionen freigesetzt wird, entstehen neue Teilchen, die wir im CMS-Detektor nachweisen können. Aus der Untersuchung dieser Ereignisse lassen sich Rückschlüsse ziehen auf die Wechselwirkungen zwischen Teilchen bei höchsten Energien. Wir erlangen dadurch Einsichten in Bedingungen, wie sie kurz nach der Entstehung unseres Universums herrschten. In meiner Forschung suche ich Antworten zu grundlegenden Fragen wie: Welche Kräfte bestimmen die Gestalt unseres Universums? Welches sind die kleinsten Teilchen? Warum ist der Grossteil unseres Universums unsichtbar? Woraus ist die dunkle Materie entstanden? Warum besteht unsere heutige Umwelt hauptsächlich aus Materie? Gibt es weitere Dimensionen? Und wie hat alles angefangen?

BEREICHERNDE ASPEKTE ...

Meine Arbeit zeichnet sich durch ihre Vielseitigkeit aus und bietet mir das Privileg, Forschung zu betreiben und gleichzeitig meine Neugierde auszuleben. Dabei treiben mich Fragen an, die mich persönlich interessieren und intellektuell herausfordern. Ein bereichernder Aspekt ist auch der intensive Austausch mit einer Vielzahl von Menschen – darunter Kolleginnen und Kollegen, Forschungspartner, Studierende, Fachleute aus technischen Berufen

BERUFLAUFBAHN

19	Maturität Typus B (Latein)
24	Diplom Physik (MSc), ETH Zürich
28	Doktorat (PhD) Physik, ETH Zürich
28–32	Postdoc, Lawrence Berkeley National Lab (USA)
32–34	Oberassistentin, Universität Zürich
34–38	Tenure-track Scientist Paul Scherrer Institut PSI
38 – heute	SNF-Eccellenza-Professorin und Gruppenleiterin, Universität Zürich und PSI

sowie viele weitere Beteiligte. Im Rahmen des CMS-Experiments habe ich zum Beispiel Kontakt zu anderen Schweizer Hochschulinstitutionen (wie der ETHZ) und anderen Teilchenphysikerinnen am Schweizer Institut der Teilchenphysik (CHIPP). Und an der UZH mit Studierenden und Kollegen. Ich finde auch die Wechsel der verschiedenen Arbeitsumgebungen spannend. Neben meiner Forschungsgruppe am PSI bin ich Teil einer grossen internationalen Kollaboration am Forschungszentrum CERN und engagiere mich an verschiedenen akademischen Institutionen. Dabei habe ich – je nach «akademischem Alter» – unterschiedliche Rollen inne.

... UND HERAUSFORDERUNGEN

Trotz der vielen positiven Aspekte meiner Arbeit gibt es auch Herausforderungen. Die Wissenschaft ist ein äusserst kompetitives Umfeld, in dem befristete Arbeitsverträge oft zu einer gewissen Unsicherheit führen. Zudem kann die Arbeitsbelastung zeitweise sehr hoch sein, insbesondere in intensiven Forschungsperioden oder wenn administrative und managementbezogene Aufgaben zunehmen.

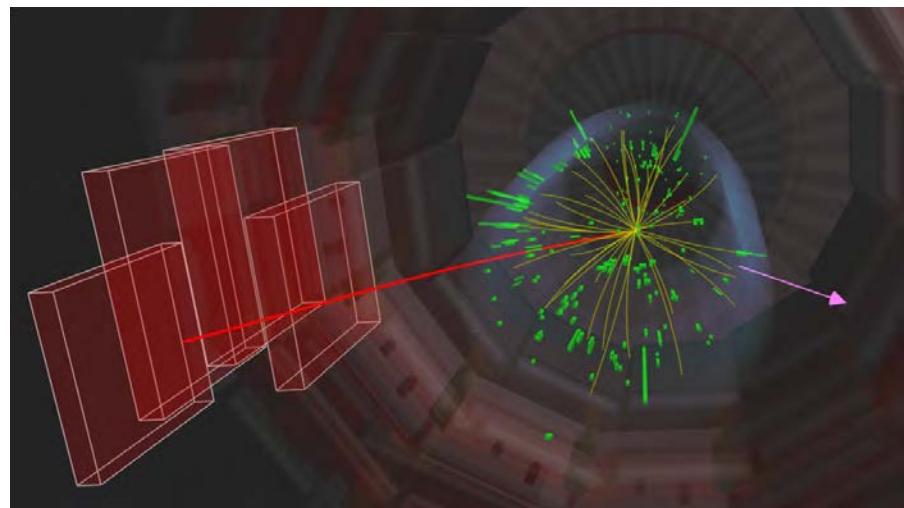
Wie in jedem anderen Beruf ist die Vereinbarkeit von Familie und Forschung eine grosse Herausforderung. Die Arbeit in der Forschung bietet aber auch eine gewisse Flexibilität, die hilft, die Herausforderungen zu meistern. Es gibt Arbeiten, die lassen sich auch abends oder am Wochenende erledigen. Auch Homeoffice ist eine Arbeitsform, die akzeptiert ist. Früher kam es öfter vor, dass ich am Abend und am Wochen-

ende gearbeitet habe. Seit ich kleine Kinder habe, versuche ich, die Zeiten für Arbeit und Familie besser und bewusster zu trennen. Außerdem wird das Thema der Vereinbarkeit von Beruf und Familie an der UZH wie auch am PSI ernst genommen. Ich erlebe mein Umfeld als unterstützend.

Durch meine langjährige Arbeit im akademischen Einflussbereich habe ich auch gelernt, mit Druck umzugehen. Das gelingt mal besser, mal schlechter. Ein wesentlicher Aspekt ist die Fähigkeit, Prioritäten zu setzen und Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden. Auch das habe ich mit zunehmender Erfahrung gelernt. Die Arbeitsbelastung ist zeitweise sehr hoch und es ist entscheidend, dafür zu sorgen, dass es auch Zeiten mit weniger Belastung gibt. Da Deadlines meist im Voraus bekannt sind, versuche ich so zu planen, dass ich sie einhalten kann. Auch das gelingt nicht immer gleich gut.

WIE ES DAZU KAM

Die Entscheidung, Physik zu studieren, beruhte auf meinem reinen Interesse für das Fach und der Freude an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Ich war neugierig darauf, mehr über die physikalischen Zusammenhänge zu erfahren. Direkt nach dem Studium habe ich eine Doktorarbeit begonnen, gefolgt von Postdoc- und Forschungsanstellungen. Dieser Weg hat mich schrittweise auf meine heutige Tätigkeit vorbereitet. Dabei habe ich



Am CERN arbeiten Forschende mit dem Large Hadron Collider (LHC), dem weltweit leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger. Das Bild zeigt den Zerfall eines Elementarteilchens namens W-Boson.

viele der erforderlichen Qualifikationen nicht ausschliesslich im Studium erworben, sondern vor allem durch praktische Erfahrung. Besonders in der Zusammenarbeit mit anderen habe ich viel gelernt. Kompetenzen in den Bereichen Projektleitung, Führung, Management habe ich *on the Job* entwickelt, durch den Austausch mit Mentoren und in ergänzenden Weiterbildungskursen. Zu meiner jetzigen Anstellung bin ich über eine Bewerbung für eine SNF-Eccellenza-Professur gekommen, später habe ich eine Gruppenleitungsstelle am PSI übernommen. Um dies zu ermöglichen, habe ich mir die erforderlichen Qualifikationen erarbeitet und eigene Forschungsprojekte entwickelt. Zu Beginn war für mich noch nicht klar, dass ich eine Laufbahn in der For-

schung einschlagen würde, obwohl mich eine Faszination für wissenschaftliches Arbeiten und die Freude an der Forschung stets begleitet haben. Ich habe auch alternative Karrierewege in Betracht gezogen, etwa eine Tätigkeit in der Industrie oder in der Lehre, diese jedoch nie aktiv verfolgt. Mit zunehmender Erfahrung in der Wissenschaft wurde immer deutlicher, dass die akademische Laufbahn der richtige Weg für mich ist.

TIPP: EIGENE INTERESSEN VERFOLGEN

Ein Physikstudium ist anspruchsvoll, und die Mathematik ist grundlegend für ein Physikstudium. Um erfolgreich zu sein, gilt es viel zu lernen und viel zu üben. Das benötigt entsprechend Zeit. Außerdem ist es wichtig, sich im Studium mit Mitstudierenden, Assistierenden oder Professoren auszutauschen. Das erleichtert das Lernen und erweitert den Horizont.

Die Geschlechterverhältnisse in der Physik sind nicht ausgeglichen, was auch an zusätzlichen Hürden für Frauen liegt. Ich denke, dass sich eine Frau in der Physik mehr behaupten muss. Ich persönlich habe viel Unterstützung erfahren. Mein Tipp für junge Physikerinnen: die eigenen Interessen verfolgen, offenbleiben, sich für seine Ziele einzusetzen und Möglichkeiten, die sich bieten, erkennen und wahrnehmen.»

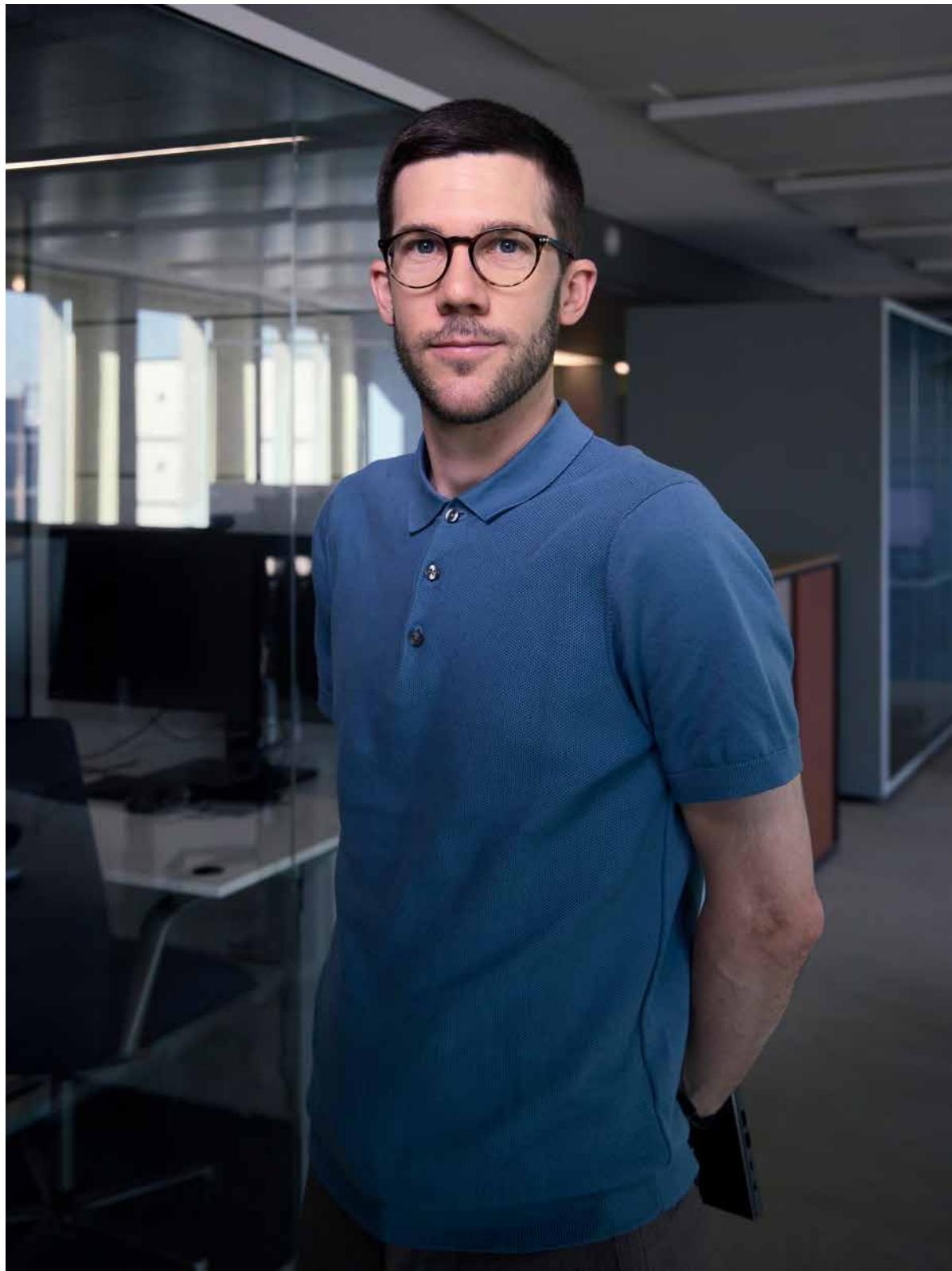
CERN & PSI – SPITZENFORSCHUNG IN DER PHYSIK

Der **CERN** (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) in Genf und das **PSI** (Paul Scherrer Institut) in Villigen sind weltweit führende Forschungsinstitute, die sich mit Grundlagenforschung in der Physik befassen und hochmoderne Grossforschungsanlagen betreiben.

Der **CERN** ist das grösste Forschungszentrum für Hochenergiephysik weltweit. Es betreibt den Large Hadron Collider (LHC), den leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger der Welt. Hier wurde im Jahr 2012 das Higgs-Boson entdeckt, was die Gültigkeit des Standardmodells der Physik weiter verstärkt hat. In Genf werden aber nicht nur die fundamentalen Bausteine der Natur untersucht, um deren Ursprung besser zu verstehen, sondern auch Technologien entwickelt. Diese finden zum Beispiel in Medizin, IT und Ingenieurwissenschaften wichtige Anwendung. Eine der bekanntesten CERN-Erfindungen ist das World Wide Web (WWW).

Das **Paul Scherrer Institut (PSI)** ist das grösste Forschungsinstitut der Schweiz für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Es betreibt Grossforschungsanlagen wie die Swiss Light Source (SLS), die Swiss Spallation Neutron Source (SINQ), die Swiss Free Electron Laser (SwissFEL) und CHIRISP, die Schweizer Forschungsinfrastruktur für Teilchenphysik. Diese ermöglichen hochpräzise Analysen von Materialien, biologischen Strukturen und chemischen Prozessen. Das PSI ist führend in der Krebstherapie mit Protonenstrahlen und forscht an Energie- und Umwelttechnologien, darunter Wasserstoffspeicherung und Fusionsenergie.

Portrait
Fabienne Omlin



Lucas Thiel, PhD in Physik, Universität Basel, IT-Architekt bei Eraneos Switzerland

«DER IT-BERATER UND WISSENSMANAGER»

Lucas Thiel (35) ist als IT-Architekt bei Eraneos Switzerland tätig und befasst sich 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 Diamanten untersuchte und entwickelte.

«Das Privileg, dass man als Physiker nach dem Studium die verschiedensten Richtungen einschlagen kann – zum Beispiel angewandte Forschung und Entwicklung in der Fertigungsin industrie, Programmieren in der Software-Entwicklung oder mathematische Modellierung im Finanz- und Versicherungswesen – 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 Eraneos Switzerland (damals AWK Group AG) ins Gespräch kam und er mir von seiner Arbeit erzählte. Der Einstellungsprozess verlief sehr schnell: Eine Bewerbung, zwei Gesprächsrunden, ein Jobangebot.

NANOWISSENSCHAFTEN UND PHYSIK

In der Schule habe ich schnell bemerkt, 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. Die Biologie war mir persönlich allerdings zu viel auswendig lernen, die Chemie dagegen zu praxisbezogen. Dementsprechend spezialisierte ich mich im Master und wechselte auf den reinen Physik-Studiengang. Meine Masterarbeit habe ich während eines Auslandjahrs 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 welchem 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 Mit hilfe 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.

Bevor ich nach dem Doktorat meinen Job in der IT-Beratung begann, war meine naive Vorstellung, dass die Firma vor allem Unternehmen bei der Entwicklung von Software berät. Das Spektrum ist allerdings viel breitgefächterter.

EINBLICK IN DIVERSE BRANCHEN

So unterstützt sie beispielsweise den Schweizer Bund dabei, dass man im Gotthard Tunnel mit 4G im Internet surfen kann oder dass Autos effizient durch die Straßen geleitet werden. Der Migros werden mithilfe von Sensoren und Datenanalysen frühzeitig Störungen in der Produktionslinie angezeigt und diverse Unternehmen werden zu Cybersecurity-Themen auf den aktuellsten Stand gebracht. Während der ersten sechs Monate konnte ich bereits auf eine breite Palette an Erfahrungen in diversen Branchen und Themengebieten zurückblicken. So habe ich unter anderem in einer Erdölfirma geprüft, ob die internen Kontrollsysteme im Einkaufswesen greifen und für einen Telekommunikationsanbieter die IT- und Datenstruktur analysiert.

In den folgenden drei Jahren habe ich mich einem längerfristigen Transformationsprojekt verschrieben und die Eidgenössische Stiftungsaufsicht erfolgreich dabei unterstützt, sowohl technisch als auch organisatorisch von

100 Prozent analogem auf 100 Prozent digitales Arbeiten umzusteigen.

Seit knapp einem Jahr arbeite ich nun im Wirtschaftsministerium an der Konzeption eines neuen Portals. Ganz analog der Tätigkeit eines Architekten, der Pläne von Gebäuden für die Realisierung durch ein Bauunternehmen zeichnet, erstelle ich in der Rolle des IT-Architekten Pläne einer digitalen Lösung für die Realisierung durch Softwareentwickler.

SOFT SKILLS SIND GOLD WERT

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, dass man dieses Gesamtpaket schon mitbringt. Während das im Studium aufgenommene Fachwissen rund um die Schrödinger gleichung oder die Relativitätstheorie kaum Alltagsrelevanz findet, sind die Soft Skills, 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.

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 für und im Kontakt mit Menschen. Wenn der Kunde sich dann am Ende eines Video-Calls glücklich verabschiedet, weiß man, dass man gute Arbeit geleistet hat.»

Porträt

Regula Oppliger

(Aktualisierung: Fabienne Omlin)

BERUFLAUFBAHN

18	Abitur, Deutschland
21	Bachelor of Science, Nanoscience, Universität Basel
24	Master of Science, Physics, Universität Basel
29	Doctor of Philosophy, Physics, Universität Basel
30	IT-Berater und später IT-Architekt bei Eraneos Switzerland



Zentrum für berufliche
Weiterbildung

- ✓ **Dipl. Informatiker/in HF**
- ✓ **Dipl. Wirtschaftsinformatiker/in HF**
- ✓ **ICT Fundamentals** für Quereinsteiger/innen

Das visionäre modulare Ausbildungskonzept des ZbW passt das HF-Studium den individuellen Bedürfnissen der Studierenden an.

Dipl. Informatiker/in HF
Dipl. Wirtschaftsinformatiker/in HF
ICT Fundamentals für Quereinsteiger/innen

LERNEN. VERSTEHEN. UMSETZEN.

zbw.ch

SERVICE

ADRESSEN, TIPPS UND WEITERE INFORMATIONEN

STUDIEREN



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

www.swissuniversities.ch

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

www.studyprogrammes.ch

Bachelor- und Masterstudienprogramme aller Hochschulen.

Weiterbildungsangebote nach dem Studium

www.swissuni.ch



www.berufsberatung.ch/weiterbildung



Hochschulen

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

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



www.berufsberatung.ch/hochschultyphen

Noch Fragen?

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

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

Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung

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

Literatur zum Thema Studienwahl

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

FACHGEBIET

Organisationen und Verbände

www.math.ch

Schweizerische Mathematische Gesellschaft

www.stat.ch

Schweizerische Gesellschaft für Statistik

www.actuaries.ch

Schweizerische Aktuarvereinigung

www.sps.ch

Schweizerische Physikalische Gesellschaft

www.scnat.ch

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz

www.vsmp.ch

Verein Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrkräfte

www.mathematik.de

Portal der Deutschen Mathematiker-Vereinigung

www.dpg-physik.de

Deutsche Physikalische Gesellschaft

Fachportale

www.myscience.ch

Forschung allgemein

www.weltderphysik.de

Welt der Physik

www.pro-physik.de

Das Physikportal

Online-Zeitschriften

www.physicsworld.com

Fachzeitschrift des Institute of Physics (London)

www.wurzel.org

Deutsche Zeitschrift für alle mathematisch Interessierten (vom Gymnasiasten bis zur Professorin)

Schweizer Forschungszentren

www.cern.ch

Kernforschungslabor CERN

www.empa.ch

Material- und Technologieforschung Empa

www.psi.ch

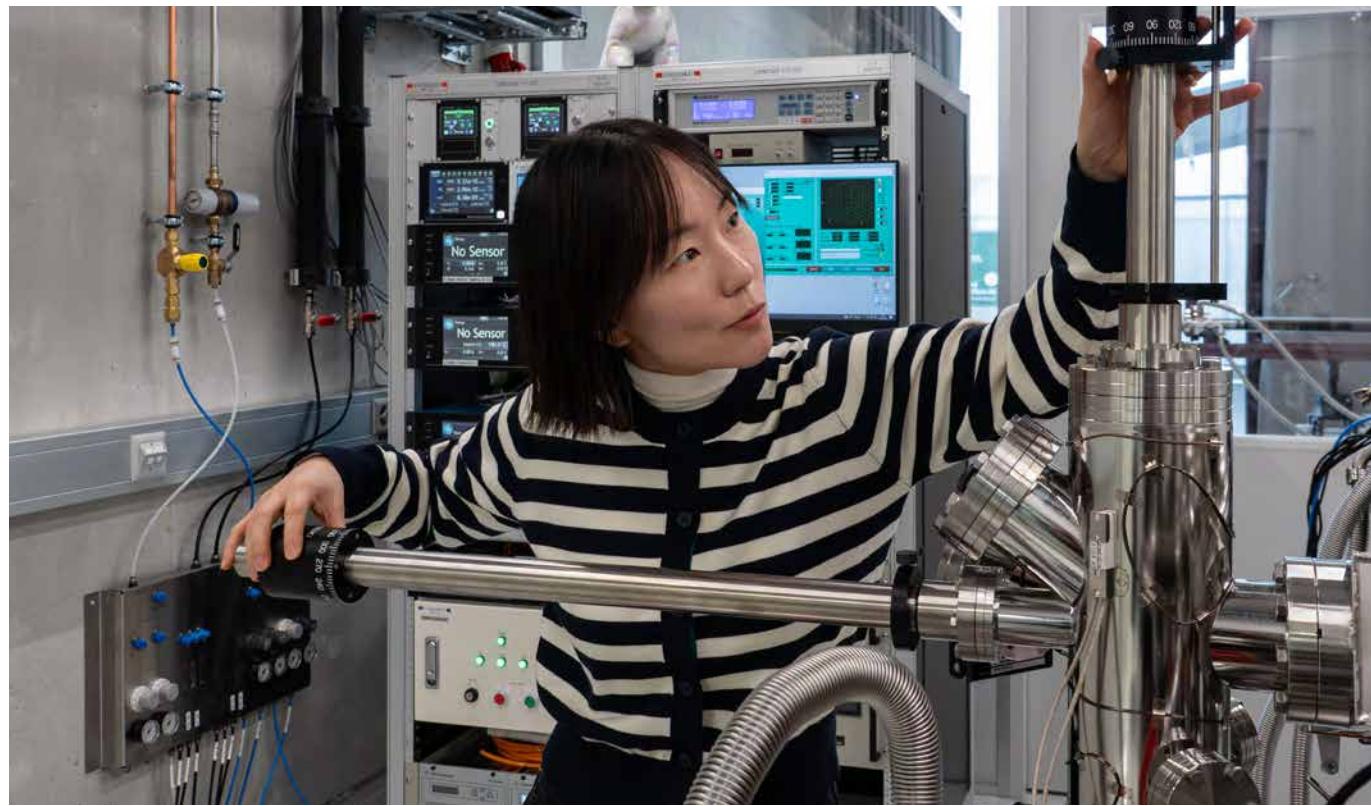
Paul Scherrer Insitut PSI

www.sciena.ch

Gemeinsame Plattform der Institutionen des ETH-Bereichs

www.zurich.ibm.com

IBM Research Lab



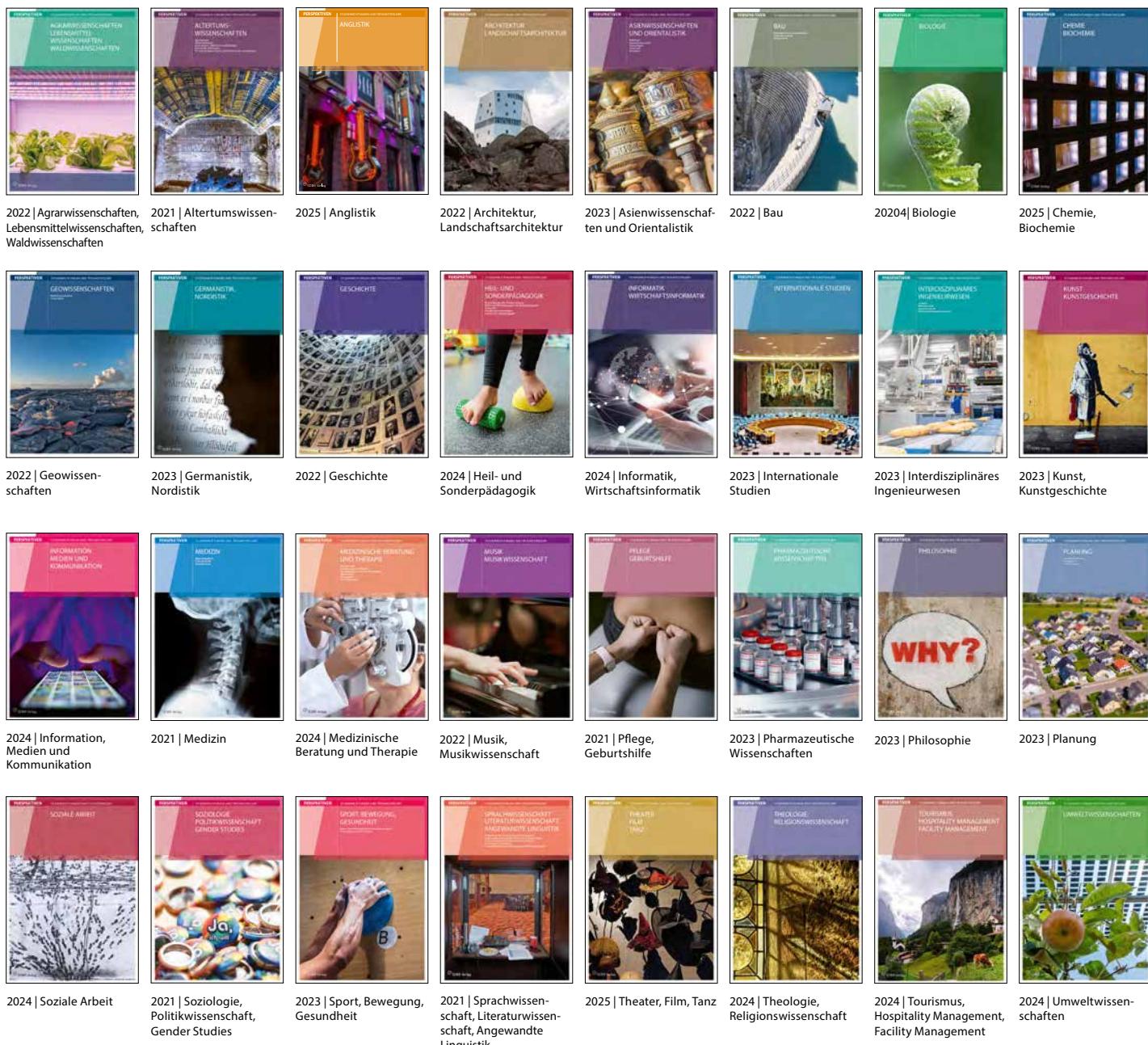
Im Labor selber Hand anlegen müssen vorwiegend Physikerinnen und Physiker, die Experimentalphysik betreiben.

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



«Perspektiven»-Heftreihe

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

Im Jahr 2025 werden folgende Titel neu aufgelegt:

Wirtschaftswissenschaften
Theater, Film, Tanz
Chemie, Biochemie
Anglistik
Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik
Pflege, Pflegewissenschaft, Hebammie
Sprache und Literatur
Life Sciences
Medizin
Soziologie, Politikwissenschaft, Gender Studies
Erziehungswissenschaft, Fachdidaktik
Altertumswissenschaften



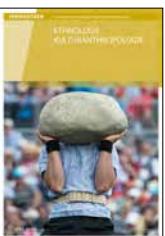
2022 | Design



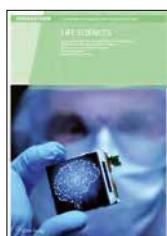
2024 | Elektrotechnik, Informationstechnologie



2021 | Erziehungswissenschaft, Fachdidaktik



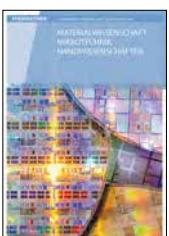
2023 | Ethnologie, Kulturanthropologie



2021 | Life Sciences



2022 | Maschinenbau, Automobil- und Fahrzeugtechnik



2024 | Materialwissenschaft, Mikrotechnik, Nanowissenschaften



2025 | Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik



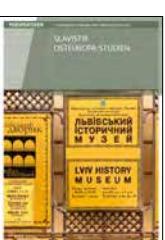
2024 | Psychologie



2023 | Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften



2022 | Romanistik



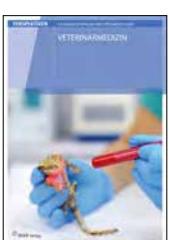
2022 | Slavistik, Osteuropa-Studien



2023 | Unterricht Mittelschulen und Berufsfachschulen



2022 | Unterricht Volksschule



2022 | Veterinärmedizin



2025 | Wirtschaftswissenschaften

IMPRESSUM

© 2025, SDBB, Bern. 4., vollständig überarbeitete Auflage.
Alle Rechte vorbehalten.
ISBN 978-3-03753-430-4

Herausgeber

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

Projektleitung und Redaktion

Susanne Birrer, Roger Bieri, René Tellenbach, SDBB

Fachredaktion

Fabienne Omlin, BIZ Berufsberatungs- und Informationszentren, Bern

Fachlektorat

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

Porträtbilder von Studierenden und Berufsleuten

Dieter Seeger, Zürich

Bildquellen

Titelseite: Alamy Stock Photo/Arlume; S. 6: stock.adobe.com/Green Creator; S. 9: Wikipedia/Dhatfield; S. 10: Alamy Stock Photo/Justin Kase z12z; S. 11: zvg/Calcea Johnson; S. 12: stock.adobe.com/STUDIO.no.3; S. 13: ETH Zürich / Alessandro Della Bella; S. 14: Alamy Stock Photo/Dennis Hallinan; S. 15: Ruhr-Universität Bochum/Damian Gorczany; S. 17: istockphoto.com/Aaron Liang; S. 18: ep-news.web.cern.ch; S. 19: Alamy Stock Photo/Bartłomiej K. Wroblewski; S. 20: wikipedia.org, Universität Basel, Biozentrum Universität Basel; S. 21: epfl.ch, unifr.ch, esa; S. 22: Alamy Stock Photo/Colin Walton; S. 25: Alamy Stock Photo/Ingram Publishing; S. 27: ZHAW/Frank Brüderli; S. 29: wikipedia.org; S. 33: Stefan Walter; S. 34: Alamy Stock Photo/Forance; S. 45: Dieter Seeger/Adolphe Merkle Institut; S. 46: shutterstock.com/EVorona; S. 48: Keystone/Noemi Caraban/CERN; S. 50: stock.adobe.com/Berezhna Iuliia; S. 54: SBB; S. 59: zvg/Michael Gloor; S. 62: CERN; S. 67: EMPA

Gestaltungskonzept: Cynthia Furrer, Zürich

Umsetzung: Andrea Lüthi, SDBB

Druck: Kromer Print AG, Lenzburg

Inserate

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

Bestellinformationen

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

Artikelnummer

PE1-1054

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
Mehrachabo (ab 5 Hefte pro Ausgabe, 12 Hefte pro Jahr)	CHF 15.-/Heft

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

Die kantonalen
Berufs-, Studien- und Laufbahnberatungen

PERSPEKTIVEN

STUDIENRICHTUNGEN
UND TÄTIGKEITSFELDER

Die 48-teilige Heftreihe bietet einen umfassenden Einblick in die jeweiligen Studienrichtungen. Dabei wird das Fachgebiet vorgestellt, es wird gezeigt, an welchen Hochschulen welche Studiengänge studiert werden können und was sie unterscheidet, und schliesslich beschäftigt sich das Heft auch mit den Berufsmöglichkeiten nach dem Studienabschluss. Studierendenporträts und Laufbahnbeispiele bieten interessante Einblicke in den Studienalltag und die Berufspraxis von Fachleuten.

Die Hefte werden im Vier-Jahres-Rhythmus überarbeitet. Pro Jahr erscheinen zwölf Hefte, die sowohl im Abonnement wie auch als Einzelheft erhältlich sind.



ALLE PERSPEKTIVENHEFTE IM ÜBERBLICK

- Agrarwissenschaften, Lebensmittelwissenschaften, Waldwissenschaften
- Altertumswissenschaften
- Anglistik
- Architektur, Landschaftsarchitektur
- Asienwissenschaften und Orientalistik
- Bau
- Biologie
- Chemie, Biochemie
- Design
- Elektrotechnik, Informations-technologie
- Erziehungswissenschaft, Fachdidaktik
- Ethnologie, Kulturanthropologie
- Geowissenschaften
- Germanistik, Nordistik
- Geschichte
- Heil- und Sonderpädagogik
- Informatik, Wissenschaftsinformatik
- Information, Medien und Kommunikation
- Interdisziplinäres Ingenieurwesen
- Internationale Studien
- Kunst, Kunstgeschichte
- Life Sciences
- Maschineningenieurwissenschaften, Automobil- und Fahrzeugtechnik
- Materialwissenschaft, Mikrotechnik, Nanowissenschaften
- Mathematik, Rechnergestützte Wissenschaften, Physik
- Medizin
- Medizinische Beratung und Therapie
- Musik, Musikwissenschaft
- Pflege, Pflegewissenschaft, Hebammie
- Pharmazeutische Wissenschaften
- Philosophie
- Planung
- Psychologie
- Rechtswissenschaft, Kriminalwissenschaften
- Romanistik
- Slavistik, Osteuropa-Studien
- Soziale Arbeit
- Soziologie, Politikwissenschaft, Gender Studies
- Sport, Bewegung, Gesundheit
- Sprache und Literatur
- Theater, Film, Tanz
- Theologie, Religionswissenschaft
- Tourismus, Hotelmanagement, Facility Management
- Umweltwissenschaften
- Unterricht Mittelschulen und Berufsfachschulen
- Unterricht Volksschule
- Veterinärmedizin
- Wirtschaftswissenschaften



SDBB Verlag

shop.sdbb.ch

Mit Nano die Zukunft gestalten!

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



vorwärts kommen

WEITERBILDUNG

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

www.berufsberatung.ch/weiterbildung

Schweizerisches Dienstleistungszentrum Berufsbildung | Berufs-, Studien- und Laufbahnberatung SDBB

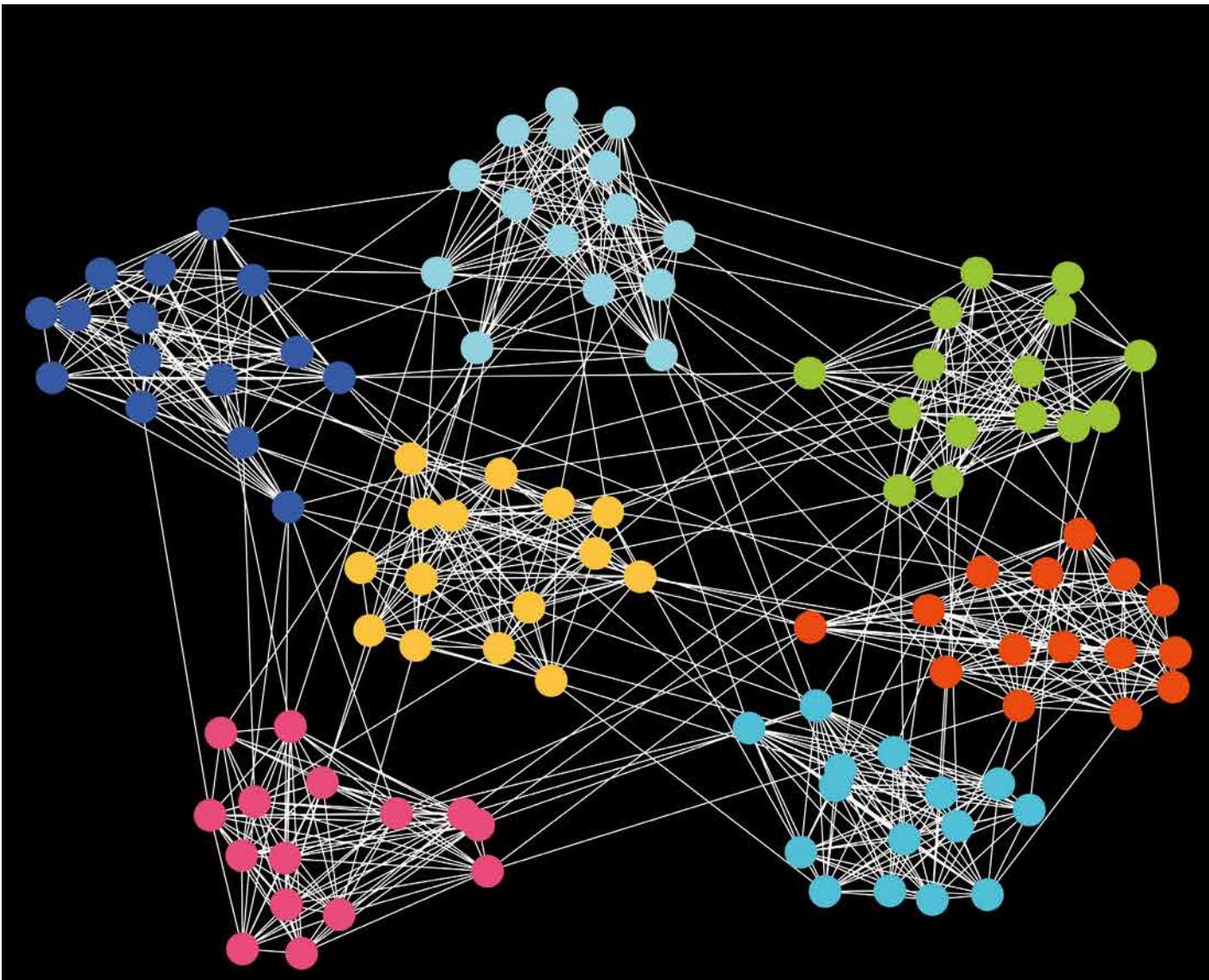
SDBB Verlag | Belpstrasse 37 | Postfach | 3001 Bern | Telefon 031 320 29 00 | info@sdbb.ch

SDBB Vertrieb | Industriestrasse 1 | 3052 Zollikofen | Telefon 0848 999 001 | Fax 031 320 29 38 | vertrieb@sdbb.ch



SDBB

www.sdbb.ch



Starte durch in deine digitale und datenorientierte Zukunft

Mit dem Bachelor in Angewandter Mathematik und Machine Learning der Universität Zürich verbindest Du wertvolle mathematische Expertise mit datentechnischem und rechnerischem Know-how, um allen komplexen Herausforderungen in Industrie, Wirtschaft und Forschung zu begegnen.

