

- \* **Gespräch** – Christine Göttler über Kunst-Räume und Zufluchtsorte 32
- \* **Begegnung** – Veronica Schärer ist begabt und wird gefördert 36
- \* **Forschung** – Hightech-Analysegerät für Klima, Luft und Bilder 30

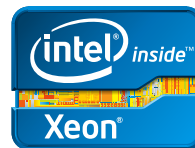
Juni 2013

157

# UniPress



# Mehr Power, weniger Verbrauch und obendrein erschwinglich



## Das Bundle-Angebot für die HP Z420 Workstation.

Profitieren Sie von beschleunigter Performance und das zu einem unschlagbaren Preis. Beim Kauf einer HP Z420 Workstation im Bundle mit einem leistungsstarken Intel® Xeon® Prozessor der Serie E5-1600 und der NVIDIA Quadro K2000 Grafikkarte sparen Sie CHF 400.–!

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.ws-bundle.ch/bechtle](http://www.ws-bundle.ch/bechtle)



Ref.: B2 - WM510EA

Jetzt nur **CHF 2'399.–**

statt CHF 2'799.– inkl. MwSt. / inkl. vRG



**Bechtle direct AG**  
Ringstrasse 15a | 8600 Dübendorf  
Tel. 0848 810 410  
[www.bechtle-direct.ch](http://www.bechtle-direct.ch)



Angebot gültig vom 1.6. bis 31.7.2013. Die Preisangaben sind ohne Monitor.

©2013 Hewlett-Packard Development Company, L.P. Intel, das Intel Logo, Xeon, und Xeon Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.



Frei Zeit\*

**Wir suchen Assistenzärztinnen und Assistenzärzte.**  
[www.privatlinik-meiringen.ch](http://www.privatlinik-meiringen.ch)

Privatklinik   
Meiringen

\* Meine Work-Life-Balance stimmt.  
Ich lebe und arbeite im Haslital...  
Dort, wo andere Ferien machen!



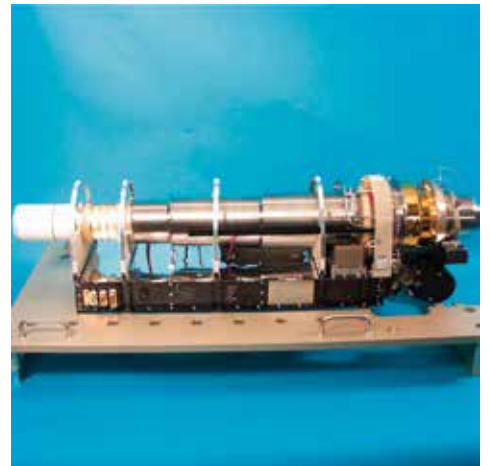
**Der universitäre Abschluss als Ziel**

Rund 60 verschiedene Weiterbildungsabschlüsse an der Universität Bern  
[www.weiterbildung.unibe.ch](http://www.weiterbildung.unibe.ch)

Master of Advanced Studies MAS  
Diploma of Advanced Studies DAS  
Certificate of Advanced Studies CAS



**Informationen:** Zentrum für universitäre Weiterbildung ZUW  
Schanzeneckstrasse 1, 3001 Bern, [www.zuw.unibe.ch](http://www.zuw.unibe.ch), [zuw@zuw.unibe.ch](mailto:zuw@zuw.unibe.ch)



## MISSION WELTRAUM

.....  
Verschwörungstheoretiker zweifeln – waren die US-Amerikaner wirklich auf dem Mond? Die Berner wissen es: Hier wurde von Physiker Johannes Geiss jenes Sonnensegel entwickelt, das Neil Armstrong noch vor dem Sternenbanner auf dem Mond entrollte. Und in den Berner Labors wurden die Spuren des Sonnenwinds in diesem Segel analysiert: Ja, die US-Amerikaner waren auf dem Mond. Auch heute sind die Berner Weltraumforschenden Pioniere. So soll etwa 2014 die Sonde Rosetta mit dem Berner Massenspektrometer ROSINA an Bord erstmals eine Landeeinheit auf einem Kometen absetzen, und ab 2017 soll der Satellit CHEOPS Planeten in fremden Sonnensystemen erforschen.

Die Bernerinnen bauen Instrumente, die im All Messungen vornehmen, sie machen sich mit hochauflösenden Kameras ein Bild von fernen Objekten, und sie entwickeln Computersimulationen aus den Daten von Raumsonden. Zugrunde liegt der «Mission Weltraum» die eine grosse Frage: Wie entstand das Leben – und gibt es mehr davon im All? Die Suche nach Antworten übersteigt den Horizont einer einzelnen Disziplin. Deshalb arbeiten im «Center for Space and Habitability» jetzt Physikerinnen mit Biochemikern und Geologen zusammen. Für den Bau von Fluginstrumenten wiederum braucht es Partnerschaften mit der Industrie – und die Finanzkraft und Expertise, die nur ein internationales Netzwerk wie die ESA bieten kann. Mit dem Berner Professor Willy Benz präsidiert die Schweiz gegenwärtig gemeinsam mit Luxemburg den Ministerrat der Europäischen Weltraumorganisation. Das wichtigste Erfolgsrezept in der Weltraumforschung aber ist die Konstanz, die Bern seit 40 Jahren auszeichnet: Sie stellt sicher, dass noch jemand da ist, der ein Fluginstrument mit einem uralten 386-er Prozessor bedienen kann, wenn es nach zehn Jahren Flug am Ziel ankommt. Weltraumforschung ist ein Langstreckenlauf, bei dem viele grosse Schritte für die Menschheit erst noch bevorstehen.

In ganz andere Räume stösst das Institut für Kunstgeschichte vor: In einem Nationalfonds-Projekt werden neuartige Fragen zum Verhältnis zwischen Innenräumen und menschlichen Praktiken gestellt. Eine abstrakte Fragestellung, die aber zu konkreten Erkenntnissen führt, wie das «Gespräch» mit Prof. Christine Göttler zeigt. «Erst im Zuge der industriellen Revolution wird die ästhetische Gestaltung von Interieurs klar den Frauen überlassen», so die Projektleiterin: Sie sollten das Zuhause so einrichten, dass sich die Männer vom anstrengenden Berufsleben optimal erholen können.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

*Timm Eugster und Marcus Moser*

- \* Gespräch – Rektor Martin Täuber über Rankings, Geld und Visionen 36
- \* Begegnung – Von der Exotin zur Alumni-Präsidentin Nadine Gehrig 40
- \* Forschung – In Multikulti-Klassen lernen Kinder gut 32

Dezember 2011 151

# UniPress\*



Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

- \* Gespräch – Hansjörg Znoj über die Psychologie des Motorrads 36
- \* Begegnung – Ruth Meyer Schweizers Universität für junge Alte 40
- \* Forschung – Arabist mit 260 ägyptischen Popsongs im Ohr 32

April 2012 152

# UniPress\*



Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

- \* Gespräch – Hanno Würbel schützt Mäuse und Menschen 32
- \* Begegnung – Roger Hänni baut Teichenfallen 36
- \* Forschung – Dem Vergessen auf der Spur 26

Juni 2012 153

# UniPress\*



Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

- \* Gespräch – Brigitte Schnegg über die Kehrseiten der Care-Arbeit 40
- \* Begegnung – Sandro Vicini blickt in die Seele der Universität 44
- \* Spezial – Nachhaltige Lösungen für Nord und Süd 32

Oktober 2012 154

# UniPress\*

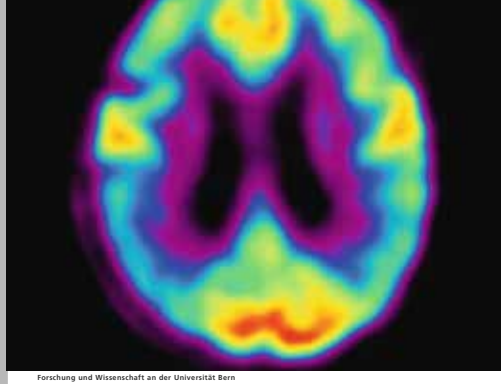


Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

- \* Gespräch – Benedikt Meyer über Glanz und Elend des Fliegens 40
- \* Begegnung – Anne-Marie Kaufmann, Bäuerin und Priesterin 44
- \* Forschung – Das Klima der Zukunft 30

Dezember 2012 155

# UniPress\*



Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

- \* Gespräch – Bruno Moretti will mit guter Lehre punkten 40
- \* Begegnung – Cédric sucht «Action» an der Kinderuni 44
- \* Forschung – Junge Tibeter leben ihre Religion eigenständig 36

April 2013 156

# UniPress\*



Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern

Eine UniPress-Ausgabe verpasst? Gerne können Sie Einzelexemplare nachbestellen:

[unipress@unibe.ch](mailto:unipress@unibe.ch)

Tel.: 031 631 80 44

Wollen Sie UniPress (4 Ausgaben jährlich) kostenlos abonnieren? Abo-Bestellungen über:

[www.unipress.unibe.ch](http://www.unipress.unibe.ch)

oder an die Vertriebsfirma Stämpfli Publikationen AG

Tel.: 031 300 63 42

[abonnemente@staempfli.com](mailto:abonnemente@staempfli.com)

# Inhalt



## FORSCHUNG UND RUBRIKEN

---

### Forschung

- 28 **Investitionspolitik:** Neuer Wind in der Handelsförderung  
*Von Erich Schwarz*
- 30 **Klimaforschung:** «Oeschger-Zähler» erhalten Hitech-Nachfolger  
*Von Kaspar Meuli*

### Rubriken

- 1 **Editorial**
- 32 **Gespräch**  
Christine Göttler – Von Kunst-Räumen  
*Von Timm Eugster*
- 36 **Begegnung**  
Veronica Schärer – Pendlerin zwischen verschiedenen Welten  
*Von Marcus Moser*
- 38 **Meinung**  
Macht direkte Demokratie wirklich glücklich?  
*Von Isabelle Stadelmann-Steffen*
- 39 **Bücher**
- 40 **Impressum**

## MISSION WELTRAUM

---

- 4 Weltraum-Missionen mit Berner Beteiligung  
*Von Sylviane Blum*
- 7 ROSINAS Reise zurück zum Ursprung  
*Von Kathrin Altwegg*
- 10 Wie Kollisionen Himmelskörper formen  
*Von Martin Jutzi*
- 13 Wie LUCA, die Urzelle des Lebens, entstand  
*Von Oliver Mühlemann*
- 19 Auf den Spuren von flüssigem Wasser  
*Von Nicolas Thomas und Antoine Pommerol*
- 23 CHEOPS soll ferne Planeten vermessen  
*Von Willy Benz*

*Bildstrecke: Ein Fluginstrument entsteht. ROSINAS Geschichte von der Entwicklung bis zur geplanten Ankunft beim Kometen Churyumov-Gerasimenko. Angaben zu den einzelnen Bildern: Seite 27*

# Weltraum-Missionen mit Berner Beteiligung

Schon bei der ersten Mondlandung vor über 40 Jahren war die Universität Bern dabei. Seither haben die Berner Weltraumforschenden ihren internationalen Ruf mit zahlreichen Experimenten bekräftigt. Hier werden die Wichtigsten vorgestellt.

Von Sylviane Blum

## Apollo-Sonnensegel Sonnenteilchen vom Mond

Mit der ersten Mondlandung 1969 begann die Erfolgsgeschichte der Berner Weltraumforschung. Der Sonnenwindkollektor des Physikers Johannes Geiss war das einzige nicht amerikanische Experiment der Apollo-11-Mission. Dabei genoss das kleine Gestell mit ausrollbarer Alufolie eine besonders hohe Priorität: Noch bevor sie die US-Flagge in den Mondboden steckten, stellten die Astronauten Neil Armstrong und Edwin Aldrin die Berner Vorrichtung auf. Zurück im Labor von Johannes Geiss, lieferte die Folie unschätzbare Informationen über die chemische Zusammensetzung der Sonne. Weitere Berner Sonnenwindkollektoren begleiteten die nächsten Apollo-Missionen.

## LDEF

### Teilchen aus interstellarem Raum

Einzigartige, in Bern entwickelte Metallfolien wurden ab 1984 auf der Oberfläche des LDEF-Satelliten und auf der russischen Raumstation MIR angebracht. Mit diesem COLLISA genannten Experiment fingen Berner Forscher Teilchen ein, die aus dem interstellaren Raum stammen, also von ausserhalb unseres Sonnensystems. Ihre Untersuchung gibt Hinweise über die Zusammensetzung des Universums kurz nach dem Urknall.

## Giotto

### Treffen mit Halley

Kometen sind Überreste der Ursuppe, die tiefgefroren als grosse Brocken aus Eis und Staub in den entferntesten Gebieten des Sonnensystems erhalten blieben. Sie bergen unschätzbare Informationen über die Zeit der Bildung des Planetensystems vor 4,5 Milliarden Jahren. Das erste Treffen mit einem Schweifstern gelang der europäischen Mission Giotto am 13. März 1986. Dabei raste die Sonde mit 24 730 Stundenkilometern 600 Kilometer weit am Komet Halley vorbei. Dies genügte dem Berner Massenspektrometer IMS, um die abgedampfte Atmosphäre des «kosmischen Eisbergs» zu untersuchen und zu beweisen, dass Halley mehrheitlich aus Wassereis besteht und einfache organische Moleküle aufweist.

## GEOS 1 und 2

### Gut bestückter Satellit

Die ersten europäischen Satelliten, GEOS 1 und GEOS 2, trugen 1977 und 1978 die ersten Schweizer Massenspektrometer mehrere hundert Kilometer in die Höhe. Das Instrument S-303 wurde an der Universität Bern entwickelt und von der Firma Contraves gebaut. Dieses kleine Wunder der Weltraumtechnologie war knapp fünf Kilogramm schwer und flugfähig – ganz im Gegensatz zu den damaligen tonnenschweren Massenspektrometern, die auf der Erde im Einsatz standen. S-303 verriet wichtige Kenntnisse über die äusserste Hülle unserer Erde, die Magnetosphäre, welche die Erde in rund tausend Kilometern Höhe vor den zerstörerischen Teilchen des Sonnenwinds schützt.

## Ulysses

### Der Spion, der die Sonne beschattete

Um mehr über die Sonne zu erfahren, schickten NASA und ESA 1990 die Sonde Ulysses auf eine Umlaufbahn um deren Pole. Mit an Bord war das Berner Massenspektrometer SWICS. Damit stärkte die Universität Bern, im Anschluss an ihre Experimente mit den Sonnenwindkollektoren auf dem Mond, ihre Führungsrolle in der Analyse des Sonnenwinds.

## SOHO

### Geheimnisse der Sonne lüften

Fünf Jahre nach Ulysses schickten 1995 ESA und NASA das Sonnenobservatorium SOHO ins All. Das hoch empfindliche Berner Ionen-Massenspektrometer CELIAS flog mit. SOHO liefert heute noch laufend neue Daten über die Sonne.

1969

1977

1984

1986

1990

1995

Rosetta

### **Das grösste Wagnis der ESA**

Im Anschluss an die erfolgreiche Annäherung an den Kometen Halley mit der Sonde Giotto, startete die ESA 2004 ihre waghalsigste Mission: Zum ersten Mal soll eine Weltraumsonde einen Kometen in nächster Nähe auf seiner Bahn um die Sonne begleiten und einen Lander auf einem Kometen absetzen. Zudem ist Rosetta bisher die einzige Sonde, die ohne radioaktive Energiequelle und nur mit Sonnenenergie weiter als die Jupiter-Bahn ins All hinaus flog: Letzten Herbst war sie fast 800 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt. Zwei Schlüsselinstrumente der Mission wurden an der Universität Bern entwickelt und gebaut: Die Massenspektrometer ROSINA-DFMS und ROSINA-RTOF. Sie werden nächstes Jahr die chemische Zusammensetzung der nebligen Hülle des Kometen analysieren. Siehe dazu Seite 7.

CHEOPS

### **Klein, aber ambitioniert**

Ab 2017 soll ein kleiner, 200 Kilogramm leichter Satellit namens CHEOPS Planeten in fremden Sonnensystemen erforschen. Dabei ist die Schweiz zum ersten Mal, zusammen mit der ESA, für eine ganze Mission verantwortlich – die Federführung liegt beim Center for Space and Habitability der Universität Bern. CHEOPS soll aus einer erdnahen Umlaufbahn während dreieinhalb Jahren etwa 500 helle Sterne beobachten und ihre Planeten charakterisieren. Er wird uns vielleicht dem Fernziel näher bringen, eines Tages einen Planeten zu entdecken, der erdähnliche Eigenschaften hat und auf dem Leben denkbar ist. Siehe dazu Seite 23.

HiRISE

### **Big Brother behält Mars im Auge**

Seit 2006 erfasst die Spionagekamera HiRISE an Bord des Mars Reconnaissance Orbiters der NASA alle Geschehnisse auf der Oberfläche des roten Planeten. Letztes Jahr schoss HiRISE Bilder der Landung von Curiosity. Berner Forscher haben HiRISE mitentwickelt und entscheiden nun mit, welche Gebiete des Mars fotografiert werden sollen. Siehe dazu Seite 19.

BepiColombo

### **Merkurs Berge und Täler**

Eine weitere Herausforderung für die Weltraumforscher der Universität Bern ist, das grösste und heikelste Instrument der ESA-Mission BepiColombo zu realisieren. Das Berner Laser Altimeter BELA soll eines Tages die Topografie des Planeten Merkur mit seinen Bergketten und Tälern bestimmen.

JUICE

### **Flüssiges Wasser auf Jupiter-Monden?**

Vor einem Jahr wählte die ESA JUICE als nächste grosse wissenschaftliche Mission aus. Die gleichnamige Raumsonde soll 2022 ins All starten und acht Jahre später den Planeten Jupiter und seine Eismonde erreichen. JUICE soll drei der vier Galileischen Jupitermonde untersuchen und herausfinden, ob in ihrem Inneren flüssiges Wasser verborgen ist – und damit die Grundvoraussetzung für die Entstehung von Leben.

Berner Weltraumforschende sind an zwei der elf Experimente beteiligt: Sie werden das Massenspektrometer für die Erforschung der Exosphären der drei Monde und das sogenannte «Range Finder Modul» für das Laser Altimeter zur Untersuchung der Topografie des Monats Ganymed beisteuern.

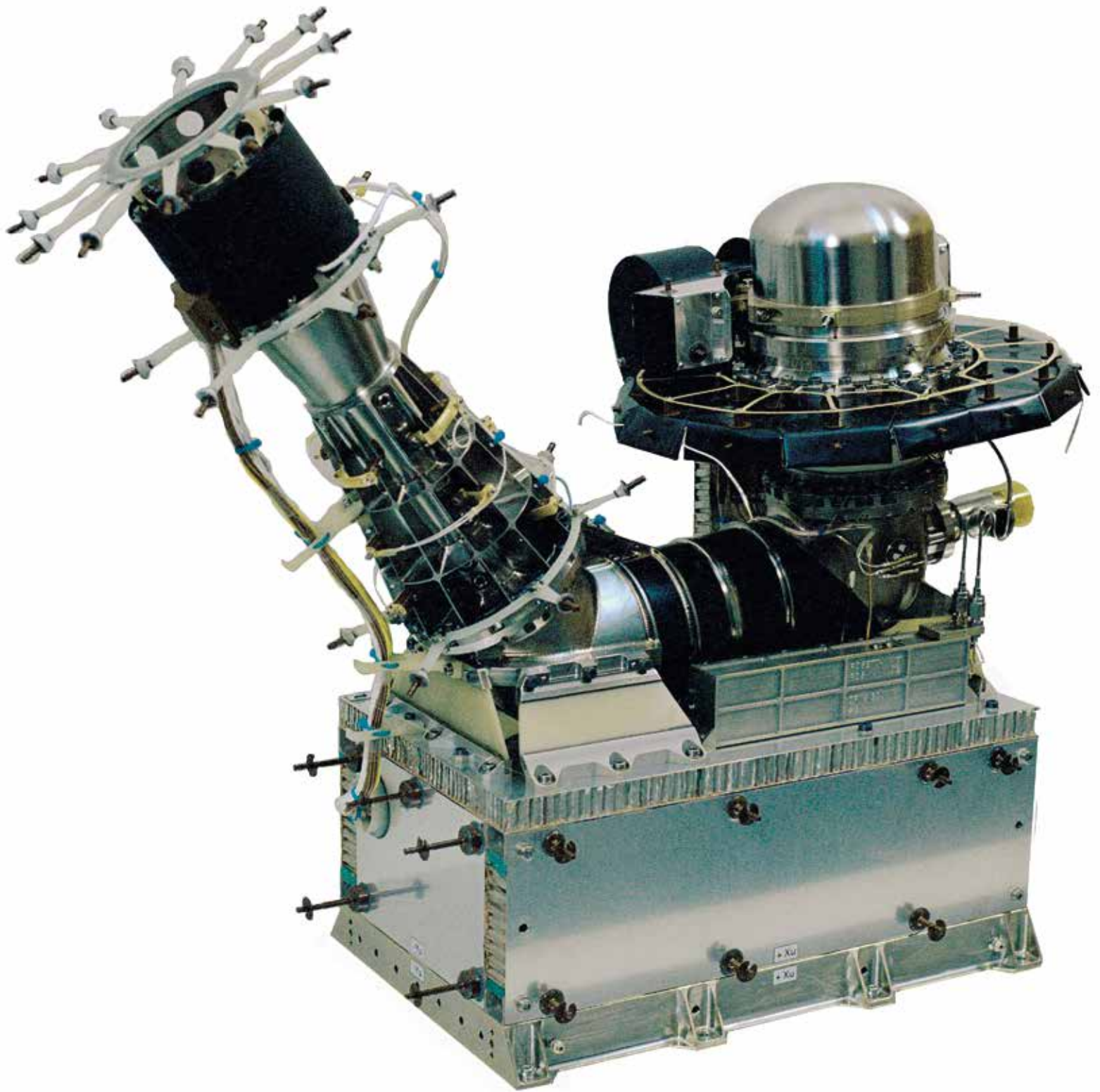
2004

2006

2014

2017

2022





# ROSINAS Reise zurück zum Ursprung

Nach zehn Jahren Flug wird die Raumsonde Rosetta 2014 beim Kometen Churyumov-Gerasimenko ankommen. Mit an Bord ist das an der Universität Bern entworfene Spektrometer ROSINA. Die Mission führt zum Ursprung unseres Sonnensystems – und vielleicht zu den Anfängen des irdischen Lebens.

Von Kathrin Altwegg

Am 2. März 2004 startete eine Ariane 5-Rakete von Französisch-Guyana aus mit grossem Getöse in den wolkenverhangenen Nachthimmel. Damit begann die lange Reise der europäischen Kometenmission Rosetta zum Zielkometen Churyumov-Gerasimenko, eine Reise durchs All und gleichzeitig eine Reise zurück zu unserem Ursprung. Wir Berner Forschende nahmen mit einem lachenden und einem weinenden Auge Abschied von unserer ROSINA (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis), die uns während der vorangegangenen acht Jahre intensiv beschäftigt hatte.

1995 wurde unser Antrag von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) angenommen, 1996 begannen wir mit dem Design von Prototypen. Der Bau des Instruments mit seinen Hochs und Tiefs, die teils aufreibende, teils äusserst anregende Zusammenarbeit mit der Schweizer Industrie, die unsere Pläne und Konzepte in ein flugfähiges Instrument umgesetzt hatte, waren damit zu Ende. All die unzähligen Nachtschichten bei der Weltraum-Testkammer, die hitzigen Diskussionen nach dem Auftreten von Anomalien, die vielen Telekonferenzen mit unseren ausländischen Partnerinstituten gehörten der Vergangenheit an. Aus den anfänglichen Projektzeichnungen und den ersten Prototypen waren funktionierende Weltrauminstrumente geworden, die sorgfältig in die Rosetta-Sonde eingebaut wurden und mit dieser zusammen die letzten Tests vor dem Start mit Bravour bestanden hatten.

## Schreckstunden und Nervenproben

Einige Mitarbeiter, Ingenieurinnen und Postdocs mussten sich nach dem Start anderen Aufgaben zuwenden, und manche verliessen unser Institut. Nicht, dass damit das ROSINA-Projekt zu Ende war. Im Gegenteil, es folgten und folgen noch viele weitere Jahre mit zum Teil intensiver Arbeit – aber die Arbeit ist seit dem fulminanten Start von Rosetta eine andere. Zurück im Labor blieben neben einigen Wissenschaftlern auch das Zwillinginstrument von ROSINA, ein komplettes Ebenbild des Fluginstruments im All. In den Monaten nach dem

Start wurden unsere Instrumente im Flug getestet: eine Nervenprobe sondergleichen.

Es begann harmlos mit der Inbetriebnahme des kleinsten Sensors, unseres Druckmessgeräts COPS, das ohne Probleme seine Arbeit aufnahm. Das Aufsprengen der Deckel der beiden Massenspektrometer im Weltall hingegen gelang erst im zweiten Anlauf. Da wurde uns so richtig bewusst, was es heisst, ein Fluginstrument zum Laufen zu bringen, das sich im Weltall halt doch ein bisschen anders verhält als im Labor, so ganz ohne Gravitation und bei anderen Temperaturbedingungen. Es waren einige Schrecksekunden oder eher -stunden zu überstehen, bis wir wussten, dass die Deckel richtig offen waren. Nach ein paar Monaten, während denen die Instrumente ausgasen konnten, wurde dann zuerst beim Massenspektrometer DFMS die Hochspannung eingeschaltet – und es passierte, was jeder, der mit Weltrauminstrumenten zu tun hat, besonders fürchtet: Es kam zu elektrischen Überschlügen. Da bei den Instrumenten jedes Gramm gespart werden muss, um sie flugtauglich zu machen, geht man punkto Isolationsabstände nahe an die physikalische Grenze – und hier ging man offensichtlich zu nahe daran. Hat sich beim Start irgendetwas verschoben oder gelöst?

Wir wissen es auch heute noch nicht. Glück im Unglück! Mit Hilfe des Zwillinginstruments fanden wir im Labor einen Parametersatz für die Hochspannungen, bei dem die kritische Spannung erheblich gesenkt werden konnte, ohne die Eigenschaften des Instruments zu verändern. Mit einem Software-Update per Funk wurde das Problem so behoben.

## Zehn Jahre Zeit, um Fehler zu beheben

Das andere Massenspektrometer, RTOF, liess sich ohne weiteres einschalten. Ein paar Monate später, bei einem weiteren Test, verhielt sich dann aber genau dieser Sensor sehr sonderbar, entwickelte ein Eigenleben, verstellte seine Spannungen, ohne Kommandos zu bekommen. Wir brauchten mehrere Jahre, um das zu verstehen, unzählige Tests am Zwilling-

instrument im Labor, wiederum unzählige Konferenzen mit unseren internationalen Partnern, die die Elektronik gebaut hatten. Glücklicherweise dauert die Reise von Rosetta zehn Jahre und glücklicherweise hatten wir Zwillinginstrumente hier auf der Erde. Diese Abklärungen wurden mit der Zeit nicht einfacher, wurden doch Mitarbeitende bei uns in Bern und im Ausland pensioniert, wechselten die Stelle, ein konstanter Abfluss von Know-how.

Per Zufall konnten wir schlussendlich den Fehler im Labor reproduzieren, wiederum Hochspannungsüberschläge in der Elektronik, und – dank dem Einfallsreichtum unseres Berner Elektronikingenieurs – dann mit einer reinen Softwarelösung beheben. Im März 2010, fast genau sechs Jahre nach dem Start, funktionierte dann auch RTOF wie gewünscht, nachdem die entsprechende Software per Funk an das Fluginstrument übermittelt wurde. Genau rechtzeitig, um während dem Vorbeiflug am Asteroiden Lutetia im Juli 2010 die ersten wissenschaftlichen Messungen machen zu können.

## Anlauf holen beim Mars

Unterdessen hatte Rosetta drei Erdvorbeiflüge und einen Marsvorbeiflug hinter sich und befand sich in einer Distanz von der Sonne, die vor ihr noch keine Raumsonde nur mit Sonnenenergie erreicht hatte. Die Vorbeiflüge an den Planeten waren eine Art kosmisches Pingpong. Durch die Gravitation wurde ein klein bisschen der Bewegungsenergie der Planeten um die Sonne auf die Sonde übertragen, so dass Rosetta bei jeder Begegnung mit einem Planeten mehr Geschwindigkeit erhielt. So erreichte sie schliesslich die Bahn, die sie zum Kometen bringen wird.

Regelmässig testeten wir unsere Geräte und stellten dabei fest, dass Rosetta ganz schön «dreckig» ist. Unsere Massenspektrometer sind so empfindlich, dass sie alles Gas, das aus Rosetta auch nach vielen Jahren noch austritt, analysieren können. Vakuumfett, Epoxid-Harze, Polyurethane und vieles mehr können wir so nachweisen. Glücklicherweise wird die Koma, also die leuchtende Gashülle des Kometen, dann



Rosetta über dem Mars. Im Vordergrund sind die Konturen der Raumsonde zu erkennen.



Im Kontrollzentrum der ESA in Darmstadt herrscht Hochspannung: Warum sendet das ROSINA-RTOF-Instrument bloss «Error»-Meldungen aus dem All?

aber um mehrere Grössenordnungen dichter sein als die «Koma» von Rosetta, so dass uns diese Wolke nicht mehr stören wird. Unser Instrument im Labor setzen wir absichtlich ähnlichen Substanzen aus. Fast täglich werden die Instrumente seit vielen Jahren von unseren Masterstudierenden, Doktorierenden und Postdocs betrieben und mit allem Möglichen geeicht. Damit wollen wir die Reaktion der Instrumente auf verschiedenste Gase und Gasmischungen testen, damit wir dann die Signale, die uns vom Kometen per Funk übermittelt werden, richtig interpretieren können.

Dies hilft aber auch, damit uns das Wissen nicht abhandenkommt. Zehn Jahre sind schon eine sehr lange Zeit. Es umfasst mehrere Generationen von Doktorierenden. Niemand von den Wissenschaftlern ausser den Professorinnen mag sich noch an die Zeit des Instrumentenbaus erinnern. Umso wichtiger sind unsere langjährigen Techniker, die an unserem Institut die Infrastruktur betreuen. Sie wissen um die Eigenheiten der Sensoren, sie kennen die Tricks, die es braucht, diese heiklen Instrumente zu unterhalten. Mit viel Geduld weisen sie jeweils junge Doktorierende in die Geheimnisse der komplizierten Eichenlagen und der Handhabung der Experimente ein. Sie sind somit absolut unentbehrlich für den Erfolg einer solchen Mission.

### Landung auf dem Kometen am 11. 11. 2014

Jetzt rückt also das eigentliche Ziel, der Komet Churyumov-Gerasimenko mit gerade einmal vier Kilometern im Durchmesser, immer näher. In einem Jahr werden die ersten Bilder vom Kometen auf die Erde gefunkt werden. Im September 2014 wird

Rosetta dann in eine Umlaufbahn um den Kometen gehen und ihn während fast eineinhalb Jahren auf seiner Bahn um die Sonne begleiten. Am 11. November 2014 soll dann eine Landeeinheit abgesetzt werden. So steht uns eine wissenschaftlich äusserst interessante Zeit bevor.

Wieso eigentlich ein Komet, und wieso ausgerechnet Churyumov-Gerasimenko? Die zweite Frage ist einfach zu beantworten: Churyumov-Gerasimenko war einfach am richtigen Ort, als wegen einer Startverzögerung der Ariane 5 im Jahr 2003 die Reise zu unserem ursprünglichen Zielkometen Wirtanen nicht mehr möglich war. Wir brauchten einen Kometen auf einer Bahn, die wir mit der Energie einer Ariane 5 und mit einigen Erd- und Mars-vorbeiflügen in einem vernünftigen Zeitrahmen erreichen konnten. Kometen gibt es glücklicherweise relativ viele und «Chury» ist ein absolut gleichwertiges Ziel wie der ursprüngliche Wirtanen – bis auf den unaussprechlichen Namen.

### Brachten Kometen Wasser auf die Erde?

Die erste Frage zu beantworten dauert etwas länger: Kometen stammen aus der ganz frühen Zeit unseres Sonnensystems. Sie sind sozusagen die übriggebliebenen Klumpen in der Ursuppe unseres Sonnenebels, aus dem die Sonne und alle Planeten entstanden sind. Man nimmt an, dass die heutigen Kometen aus der Gegend von Uranus und Neptun stammen und nie nahe bei der Sonne waren. Durch die Gravitation der grossen Planeten wurden sie ins äussere Sonnensystem hinaus katapultiert, ähnlich wie mit einer Steinschleuder. Von dort können sie durch Einflüsse der

Gravitation wie zum Beispiel durch Gezeitenkräfte unserer Galaxie oder vorbeiziehende Sterne wieder ins Innere des Sonnensystems gelangen.

Kometen bestehen hauptsächlich aus Eis (Wasser und Kohlendioxyd) und Staub. Dieses Material wurde während den 4,6 Milliarden Jahren, die unser Sonnensystem existiert, gut tiefgefroren und damit konserviert. Nur wenn ein Komet in die Nähe der Sonne kommt, verdampft dieses Material, was dann zu den schönen Kometenschweifchen führt. Durch die Analyse dieses Materials können wir Rückschlüsse auf die Bedingungen ziehen, unter denen es entstand und auf die Verhältnisse, die damals im Sonnenebel herrschten. Wir können klären, ob mindestens ein Teil des irdischen Wassers durch Einschläge von Kometen gebracht wurde und welche organischen Materialien, die man in Kometen nachweisen kann, eventuell die Bildung von Leben auf der Erde erst möglich gemacht haben.

Mit Kometenforschung machen wir also eine Reise zurück in die Urgeschichte unseres Sonnensystems und zum Ursprung des irdischen Lebens. Es ist Archäologie der Frühzeit, allerdings haben die Jahreszahlen bei dieser Art von Archäologie ein paar Nullen mehr. Dies sind die zentralen Fragen, die an der Universität Bern seit mehr als 40 Jahren mit Weltraumforschung untersucht werden und die jetzt mit dem Center for Space and Habitability auch auf Sterne und Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems ausgedehnt werden.

**Kontakt:** Prof. Dr. Kathrin Altwegg, Physikalisches Institut, Abteilung Weltraumforschung und Planetologie, Center for Space and Habitability, [kathrin.altwegg@space.unibe.ch](mailto:kathrin.altwegg@space.unibe.ch)



# Wie Kollisionen Himmelskörper formen

Kollisionen spielen bei der Entstehung und Entwicklung von Planeten, Asteroiden und Monden eine fundamentale Rolle. Mit Simulationen aufgrund der Daten von Weltraummissionen konnten Berner Astrophysiker etwa zeigen, dass unser Mond möglicherweise vor langer Zeit mit einem zweiten, kleinen Mond kollidierte.

Von Martin Jutzi

Aus einer riesigen, kollabierenden Molekülwolke bildete sich vor rund 4,5 Milliarden Jahren die Sonne, umkreist von einer sogenannten protoplanetaren Scheibe. In dieser Scheibe ballten sich Staubteilchen zu immer grösseren Klumpen zusammen. Diese kollidierten, aggregierten und wuchsen so zu immer grösseren Körpern heran: zuerst zu Protoplaneten und schlussendlich zu Planeten. Während der ganzen Phase der Planetenentstehung spielen Kollisionen eine entscheidende Rolle. Allerdings führen Kollisionen zwischen zwei Körpern nicht zwangsläufig zu einem grösseren Objekt, sondern können auch zu einem Einschlagkrater oder – wie man das aus dem Alltag kennt – zu vielen kleinen Bruchstücken führen. Entscheidend sind Kollisionsgeschwindigkeit, Aufprallwinkel sowie Grösse und Beschaffenheit der involvierten Objekte. Ein wichtiger «Klebstoff» stellt die Gravitation dar: Durch diese können sich grosse Objekte relativ einfach vereinigen.

## Letzte grosse Kollisionen prägen einen Planeten

Auch am Ende der Entstehungsphase der Planeten spielen Kollisionen zwischen den nun schon fast fertigen Planeten (hier spricht man von «giant collisions») eine entscheidende Rolle. Die letzten dieser Kollisionen bestimmen nämlich viele Eigenschaften der fertigen Planeten und deren Monde. So wird zum Beispiel die ungewöhnlich hohe Dichte des Planeten Merkur durch eine späte «giant collision» mit einem Protoplaneten erklärt. Auch die Entstehung des Erdmonds basiert auf einer solchen Kollision (möglicherweise entstanden dabei sogar zwei Monde).

In der Endphase der Planetenentstehung befanden sich noch unzählige kleinere Objekte im Sonnensystem. Durch die Wech-



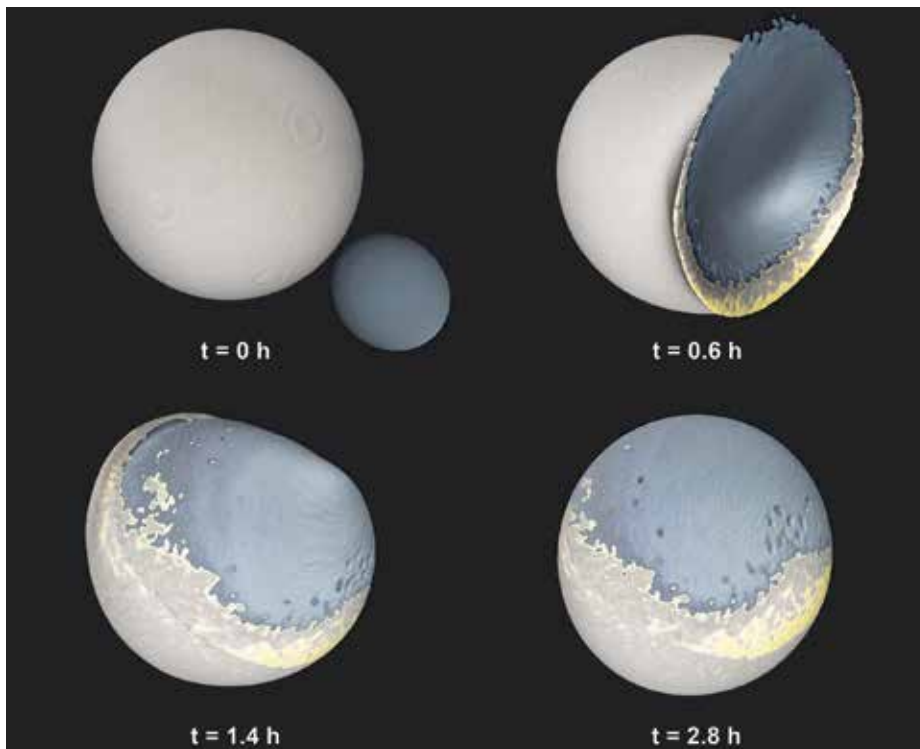
Eine Momentaufnahme aus der 3D-Simulation: Die Kollision des Asteroiden Vesta mit einem rund zehnmal kleineren Asteroiden jagt gigantische Massen von Material hoch.

selwirkung mit den Planeten wurden viele aus dem Sonnensystem herausgeschleudert. Ein Teil davon aber schlug in die Planeten und Monde ein, was die heute noch sichtbaren Krater bezeugen. Andere Kleinkörper haben zwar auch Kollisionen erfahren, aber überlebt; dies sind die heutigen Asteroiden und Kometen. Diese Körper haben ihre Zusammensetzung seither kaum verändert und stellen sozusagen das Rohmaterial der Planeten dar. Sie bergen deshalb unschätzbare Informationen

zur Entstehung unseres Sonnensystems (siehe Seite 7).

## Kollisionen im Labor und Simulationen am Computer

Einschläge und Kollisionen zwischen Himmelskörpern spielen also eine fundamentale Rolle bei der Entstehung und Entwicklung der Planeten und Kleinkörper im Sonnensystem. Das Verständnis der physikalischen Prozesse solcher Ereignisse ist deshalb von enormer Bedeutung.



Der Mond kollidiert mit einem zweiten, kleinen Mond. Die Computersimulation zeigt, dass es mehrere Stunden gedauert haben muss, bis der kleine Mond als dicke Kruste auf der einen Seite des grossen Mondes zurückblieb.

In der Abteilung für Weltraumforschung und Planetologie der Universität Bern wurden in den vergangenen 15 Jahren numerische Modelle entwickelt, welche die physikalischen Prozesse einer Kollision nachbilden (simulieren). In einer Simulation einer Kollision werden die Differentialgleichungen, welche die involvierten physikalischen Prozesse beschreiben, durch numerische Integrationsmethoden mit Hilfe von Computern gelöst. Diese theoretischen Modelle werden getestet, indem sie beispielsweise mit Einschlagexperimenten im Labor verglichen werden. Experimentell können Geschwindigkeiten bis zu etwa 10 Kilometern pro Sekunde erreicht werden; es können aber natürlich nur Kollisionen zwischen relativ kleinen Objekten untersucht werden. Die theoretischen Modelle hingegen können auf allen Skalen angewendet werden und ermöglichen es, Kollisionen zwischen Himmelskörpern (also z. B. Planeten, Monden oder Asteroiden) zu untersuchen.

Wenn man nun diese theoretischen Modellrechnungen von Kollisionsprozessen mit Beobachtungen von Planeten oder Asteroiden kombiniert, erlaubt dies Rückschlüsse auf die Eigenschaften und die Entwicklung der untersuchten Himmelskörper. Dank Fernbeobachtung und vor allem dank den Weltraummissionen der letzten Jahrzehnte steht dafür eine immer grössere Menge an wertvollen Daten zur Verfügung (etwa Informationen über die Topografie, Oberflächenzusammensetzung, Dichte oder die Einschlagkraterverteilung).

Die folgenden zwei aktuellen Beispiele von solchen Studien konnten kürzlich im Fachjournal «Nature» publiziert werden.

### Asteroid Vesta – kleiner Planet mit riesigen Kratern

Einem Asteroid namens Vesta gilt in der Weltraumforschung besondere Aufmerksamkeit: Mit seinen rund 500 Kilometern Durchmesser gehört er zu den drei grössten Asteroiden und wird als Protoplanet betrachtet. Zudem ist er der einzige bekannte Asteroid, der eine erdähnliche Struktur aufweist – mit einem Kern, einem Mantel und einer Kruste. Vesta befindet sich im Asteroidengürtel zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter.

Vesta wurde mit dem Weltraumteleskop «Hubble» intensiv beobachtet, kürzlich von der Raumsonde «Dawn» der NASA besucht und zwischen 2011 und 2012 ein Jahr lang umkreist. Bilder im optischen Bereich sowie weitere Messdaten lieferten Informationen über die Topografie des Asteroiden sowie über die Zusammensetzung der Mineralien, die an seiner Oberfläche sichtbar sind. Dabei zeigte sich unter anderem, dass die schon von Hubble beobachtete riesige Vertiefung am Südpol aus zwei riesigen, teilweise überlappenden Kratern besteht.

Von diesen Informationen ausgehend, wurde an der Universität Bern mit dreidimensionalen Computersimulationen gezeigt, wie zwei nacheinander erfolgte Einschläge von Himmelskörpern genau zur

Bildung der beobachteten überlappenden Krater führten. Diese überspannen beinahe die ganze südliche Hemisphäre von Vesta. Die Modellierungen zeigen Grösse (rund 60 Kilometer Durchmesser), Geschwindigkeit (rund 5 Kilometer pro Sekunde) und Einschlagwinkel der Körper, die mit Vesta kollidierten. Die Simulationen können die von «Dawn» gemessene Form und Topografie von Vestas südlicher Hemisphäre gut reproduzieren. Sie können deshalb dazu benutzt werden, um Informationen über bisher verborgene Eigenschaften von Vesta zu gewinnen. So vermuten die Simulationen zum Beispiel, dass das von den Einschlägen ausgeworfene Material aus Tiefen von bis zu 100 Kilometern stammt. Dies erlaubt erstmals, Rückschlüsse über die inneren Strukturen von Vesta zu ziehen.

### Gab es einen zweiten Erdmond?

Bereits seit über 50 Jahren ist der Erdmond Ziel von Weltraummissionen. Seit den ersten Sowjet- und NASA-Missionen, die erstmals Bilder aus einem Mondorbit lieferten, hat sich das Datenmaterial vervielfacht. Diese Daten sind wichtige Grundlagen für die Theorien zur Entstehung und Entwicklung des Mondes. Es wurden auch einige merkwürdige Eigenschaften des Mondes entdeckt: etwa die Gegensätzlichkeit seiner Topografie zwischen der erdzu- und erdabgewandten Seite. Die Vorderseite ist eher flach und wird von dunklen Ebenen vulkanischen Ursprungs dominiert, die Rückseite ist geprägt von hohem Gebirge und tiefen Kratern. Zudem ist die Mondkruste auf der Rückseite wesentlich dicker als auf der Vorderseite. Die Ursache dieser Asymmetrie ist umstritten. In Zusammenarbeit mit Forschenden aus Kalifornien wurde kürzlich in Bern eine neue mögliche Erklärung für die Ungleichheit der beiden Seiten unseres Trabanten erarbeitet: Demnach ist ein kleinerer, zweiter Mond rund 100 Millionen Jahre nach der Entstehung des Erdmond-Systems mit dem heutigen Erdtrabanten kollidiert. Mit Hilfe von Computersimulationen konnte gezeigt werden, dass diese relativ langsame Kollision nicht zu einer grossen Zerstörung (Krater) führte, sondern dass sich der kleine Mond auf einer Seite des Mondes (der heutigen Rückseite) anlagerte. Dieses Szenario könnte die Entstehung der dicken Kruste und des Hochlands auf der Mondrückseite erklären.

**Kontakt:** Dr. Martin Jutzi, Oberassistent am Center for Space and Habitability, Physikalisches Institut, Abteilung für Weltraumforschung und Planetologie, martin.jutzi@space.unibe.ch



# Wie LUCA, die Urzelle des Lebens, entstand

Alle Lebewesen der Erde stammen von einer gemeinsamen Urzelle ab. Doch unter welchen Bedingungen entwickelt sich tote Materie zu Leben? Mit Antworten auf diese Frage unterstützen Biochemiker die Suche nach ausserirdischem Leben.

Von Oliver Mühlemann

Woher kommen wir? Wie ist das Leben entstanden? Plausible Antworten auf diese für unser Selbstverständnis und unsere Weltanschauung so zentralen Fragen haben während der letzten 200 Jahre vor allem die Naturwissenschaften geliefert – allen voran Charles Darwin mit seiner einfachen, eleganten und x-tausendfach bestätigten Evolutionstheorie. Sie erklärt schlüssig, wie sich die heutige Vielfalt an Lebewesen aus gemeinsamen, identischen Urzellen entwickelte: Durch einen sich wiederholenden Prozess von kleinen Veränderungen in einigen Nachkommen dieser Urzellen, bei welchem jeweils diejenigen Formen überlebten, die sich in ihrer Umgebung am besten vermehren konnten.

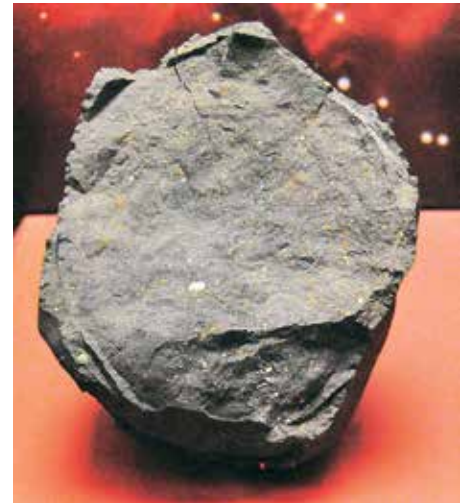
Noch weit weniger klar ist hingegen, wie diese Urzelle entstand, die in der Fachwelt LUCA heisst: «Last Universal Common Ancestor», also «letzter gemeinsamer Vorfahre». Diskutiert werden mehrere Szenarien. Ich beschreibe hier jenes, das gegenwärtig unter den Experten den grössten Konsens genießt.

Bevor wir aber über den Ursprung des Lebens diskutieren können, müssen wir definieren, was wir mit «Leben» überhaupt meinen. Lebende Materie (z. B. Bäume, Bakterien oder Menschen) unterscheidet sich von abiotischer Materie (z. B. Mineralien, Wasser, Luft) dadurch, dass sie sich selber replizieren kann. Dies setzt erstens ein Genom voraus (also ein Informationsspeichersystem) und zweitens einen Stoffwechsel. Dafür muss sich diese minimale Lebensform von der Umgebung, mit der sie Stoffe austauscht, abgrenzen, was in allen uns bekannten Lebensformen durch eine sogenannte Lipidmembran geschieht. Sobald wir ein solches selbstreplizierendes System haben – und sei es auch noch so primitiv –, setzt die oben beschriebene darwinsche Evolution ein. Doch warum sind wir Naturwissenschaftler eigentlich so sicher, dass alles heute bekannte Leben einen gemeinsamen Ursprung hat? Weil die zentralen Moleküle des Lebens, der genetische Code und die chemischen Reak-

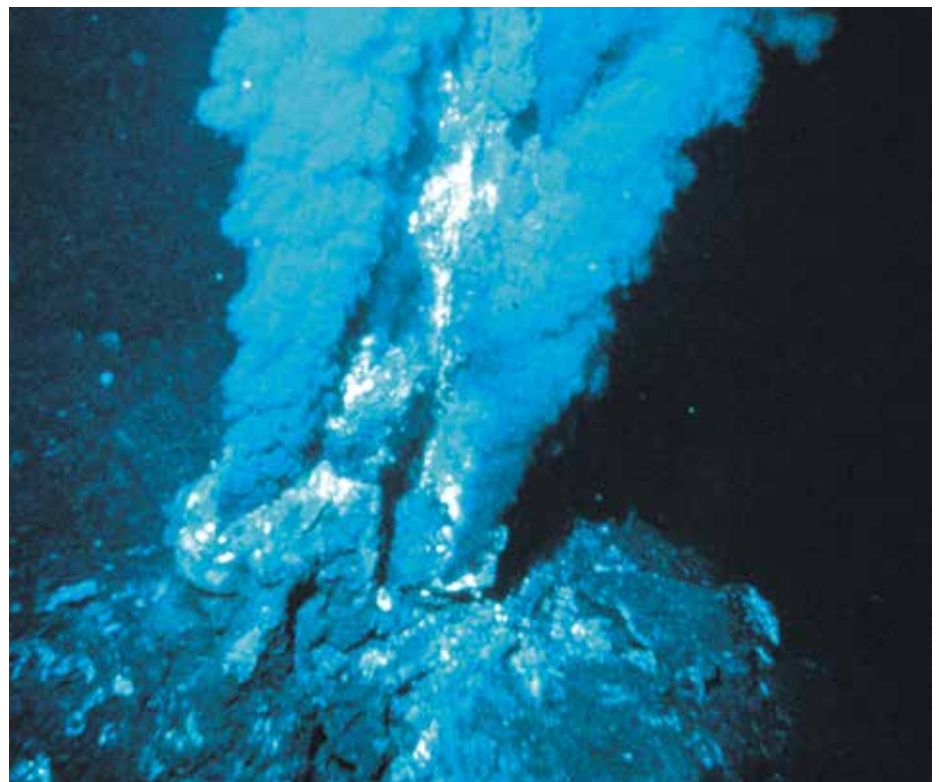
tionen in allen drei Domänen des Lebens (Archaeen, Bakterien und Eukaryonten) dieselben sind.

## Stammt LUCA von der Erde oder aus dem All?

In 3,5 Milliarden Jahren alten Sedimenten haben Geologen Ablagerungen gefunden, die von Cyanobakterien ähnlichen Organismen stammen: Dies deutet darauf hin, dass es bereits damals einzellige Lebensformen gab, die wahrscheinlich Photosynthese betrieben. Das ist bemerkenswert früh in der Erdgeschichte, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Erde sich vor etwa 4,6 Milliarden Jahren aus einer glühenden Gaskugel zu bilden begann. Erst vor rund 4 Milliarden Jahren war diese genügend abgekühlt, dass sich auf der Oberfläche eine feste Kruste bildete und schliesslich



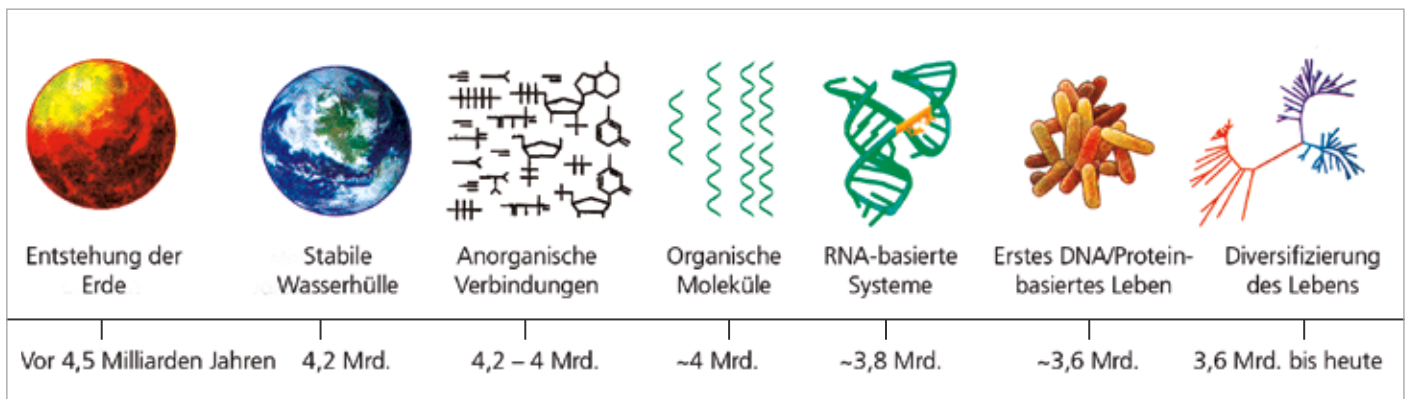
Meteoriten brachten vor rund vier Milliarden Jahren anderswo entstandene organische Moleküle auf die Erde; im Bild ein Stück des 1969 in Australien gelandeten «Murchinson-Meteoriten».



Gleichzeitig entstanden beispielsweise bei Unterwasser-Vulkanausbrüchen auch auf der Erde organische Moleküle.







Sobald die Erde abgekühlt und flüssiges Wasser vorhanden war, begann vor rund vier Milliarden Jahren die Entwicklung hin zum Leben.

das Wasser kondensieren konnte, das während der darauffolgenden 200 Millionen Jahre durch unzählige Meteoriteneinschläge auf die Erde transportiert wurde. Somit waren die Umweltbedingungen, die Leben auf der jungen Erde ermöglichen, erst vor 3,8 bis maximal 4 Milliarden Jahren gegeben – und nach geologischen Zeitmassstäben bereits «kurz» danach gab es auf der Erde einzellige Organismen.

Dies lässt zwei verschiedene Interpretationen zu: Entweder konnte LUCA relativ rasch hier auf der Erde aus vorhandenen organischen Verbindungen entstehen. Oder LUCA entstand bereits früher woanders im Universum und ist mit einem Meteoriten hierher gekommen. Die zweite Interpretation hatte in den 1960er Jahren viele Anhänger, weil man damals davon ausging, dass die Entstehung von LUCA ein extrem unwahrscheinliches Ereignis gewesen sein müsse, da viele verschiedene zufällige Prozesse gleichzeitig am gleichen Ort hätten stattfinden müssen. Demnach sei es wahrscheinlicher, dass dies früher woanders im Universum geschehen sei als in einem Zeitfenster von nur 300 Millionen Jahren auf der Erde.

Heute überwiegt die Meinung, dass die Entstehung von Leben wenig mit einem glücklichen Zufall zu tun hat, sondern aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Materie unweigerlich geschieht, sobald erstens flüssiges Wasser, zweitens eine Reihe von organischen Molekülen und drittens anorganische Oberflächen wie etwa Lehm vorhanden sind, die als Katalysatoren chemische Reaktionen begünstigen. Auf dieser heutigen Sichtweise gründet auch die Hypothese, dass Leben mehrfach im Weltall entstanden sein muss und immer wieder entsteht. Am Center for Space and Habitability (CSH) der Universität Bern sucht man deshalb gezielt mit spektroskopischen Methoden nach Signaturen von Leben (z. B. einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre) bei Exoplaneten, die sich in der sogenannten «habitablen Zone» befinden (siehe Seite 23).

### Biomoleküle entstehen spontan und vielerorts

Für die Frage, wie aus abiotischen chemischen Reaktionen LUCA entstanden sein könnte, spielt es nur eine untergeordnete Rolle, ob dieser Vorgang auf der Erde oder anderswo stattgefunden hat. Erste experimentelle Hinweise zur möglichen Entstehung von LUCA haben Stanley Miller und Harold Urey in den 1950er Jahren mit ihrem inzwischen weltberühmten «Ursuppen»-Experiment geliefert. Dabei simulierten sie in einem geschlossenen System im Labor die Bedingungen, die wahrscheinlich vor 4 Milliarden Jahren auf der Erde herrschten: Wasser ( $H_2O$ ) und eine reduzierende Atmosphäre bestehend aus Wasserstoff ( $H_2$ ), Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ), Ammoniak ( $NH_3$ ), Kohlenmonoxid ( $CO$ ) und Stickstoff ( $N_2$ ). Um die damalige andauernde Vulkantätigkeit und die gewaltigen Gewitterstürme zu simulieren, wurde das Wasser in einem Kreislauf verdampft und wieder kondensiert, und mittels Elektroden wurden in der Gasphase Blitze erzeugt. Nachdem Miller und Urey ihr Experiment eine Weile laufen gelassen hatten, analysierten sie ihre Ursuppe und fanden darin eine Vielzahl von organischen Molekülen, unter ihnen viele Bausteine der drei für alle heutigen Organismen zentralen Makromolekülsorten (Nukleinsäuren, Proteine und Lipide).

Das Ursuppenexperiment stützt somit die Hypothese, dass sich auf der frühen Erde spontan die zentralen Bausteine des Lebens (Aminosäuren, Fettsäuren, Purine und Zucker) aus einfachen anorganischen Verbindungen bilden konnten. Ob dies nun eher bei Unterwasservulkanausbrüchen oder in langsam austrocknenden seichten Lagunen geschah, macht keinen wesentlichen Unterschied. Zudem zeigen chemische Analysen von Meteoriten, dass diese ebenfalls viele organischen Moleküle beinhalten. Das belegt erstens, dass diese Moleküle auch andernorts im Universum entstehen, und deutet zweitens darauf hin, dass ein beträchtlicher Teil der organischen

Verbindungen vor rund 4 Milliarden Jahren während des 200 Millionen Jahre andauernden intensiven Meteoriten-Bombardements zur Erde kamen.

### Biomoleküle verketteten sich zu RNA-Makromolekülen

Diese einzelnen Lebensbausteine lagerten sich in der Folge an Oberflächen von Tonmineralien an, wodurch sich ebenfalls spontan erste Makromoleküle bilden konnten. In Laborversuchen konnten beispielsweise an der Oberfläche von Montmorillonit (Lavaerde) aus aktivierten Ribonukleotiden, den Bausteinen für Ribonukleinsäuren (RNA), Ketten mit bis zu 50 Nukleotiden polymerisiert werden. RNA ist diejenige Makromolekülsorte, die bei der Entstehung des Lebens wahrscheinlich die Schlüsselrolle gespielt hat: Denn diese linearen Ketten aus vier verschiedenen, durch Phosphodiester verknüpften Ribonukleosiden (Adenosin, Guanosin, Uridin und Cytidin) können sowohl genetische Information speichern als auch als Enzyme funktionieren. In allen heutigen Lebewesen hat die chemisch sehr ähnliche, aber stabilere Desoxyribonukleinsäure (DNA) die Funktion als Speicher der genetischen Information übernommen, nur einige Viren haben auch heute noch ein RNA-Genom (z. B. HIV und das Grippevirus). Die enzymatischen Aktivitäten werden in heutigen Zellen grösstenteils von Proteinen abgedeckt, aber einige ganz alte und zentrale enzymatische Reaktionen wie etwa die Proteinsynthese werden auch heute noch durch RNA katalysiert, was ebenfalls darauf hindeutet, dass LUCA und seine ersten Nachkommen RNA-Enzyme (sogenannte Ribozyme) und noch keine Proteinenzyme hatten.

### RNA-Moleküle kopieren sich selbst

Das klassische «Huhn-Ei»-Problem der Genomreplikation, nämlich dass die Replikation des Genoms ein Enzym benötigt, das im Genom selber kodiert sein muss, wird durch RNA mit seiner Doppelfunktion als

Informationsspeicher und Enzym auf elegante Weise gelöst. Man kann sich also das einfachste selbstreplizierende System als ein RNA-Molekül denken, das die Fähigkeit hat, aus Ribonukleotiden eine Kopie von sich selbst zu synthetisieren. Verschiedene Experimente haben die Hypothese, dass Leben mit RNA-basierten Systemen begonnen habe, in den letzten Jahren gestützt, so dass diese Theorie in der Fachwelt heute breit akzeptiert ist.

Zu unserer eingangs erwähnten Definition von «Leben» gehört aber nebst der Fähigkeit zur Selbstreplikation auch noch ein Stoffwechsel. Deshalb würden wir eine sich selbst replizierende RNA noch nicht als Lebewesen anerkennen, und aus demselben Grund gelten Viren auch nicht als lebendig. Die wichtige Erkenntnis ist hier, dass die Grenze von dem, was wir als lebendig bezeichnen, willkürlich und von unserer Definition des Begriffs «Leben» abhängig ist, dass aber der Übergang von abiotischen Prozessen zu ersten Urzellen eine graduelle Entwicklung darstellt.

### **Molekül landet in Wasserkügelchen mit Fettsäurenhülle**

Ein Stoffwechsel bedingt, wie bereits erwähnt, die Abgrenzung unserer entstehenden Urzelle von der Umwelt. Erst eine Barriere, die einen von der Umwelt abgetrennten Innenraum schafft und somit die freie Diffusion von Molekülen verhindert, ermöglicht die lokale Anreicherung und Abreicherung von verschiedenen Stoffwechselprodukten. Damit haben wir die Zelle als Grundeinheit des Lebens definiert. Da alle heutigen Zellen sich von der Umwelt durch eine Doppelmembran aus wasserabstossenden Fettsäuren mit gegen aussen und innen gerichteten wasserlöslichen Kopfgruppen abgrenzen, können wir davon ausgehen, dass auch LUCA von

einer solchen Lipiddoppelmembran umgeben war. Die dazu nötigen Fettsäuren wurden auf der jungen Erde durch Vulkan-tätigkeit gebildet oder durch Meteoriten aus dem All gebracht.

Da die Fettsäuren nicht wasserlöslich sind, bilden sie eine Schicht auf der Wasseroberfläche von der Dicke eines Moleküls, aus der sich durch Bewegung des Wassers (z. B. durch Rühren im Labor oder durch einen Geysirausbruch auf der jungen Erde) wassergefüllte Kügelchen mit einer aus Fettsäuren gebildeten Doppelmembran-Hülle bilden. Wenn nun solche sogenannten Mizellen zufälligerweise ein oder mehrere RNA-Moleküle mit einer enzymatischen Funktion enthalten, haben wir eine Urzelle mit einem Stoffwechsel.

### **Überall füllen sich Tümpel mit Leben**

Mizellen sind dynamische Gebilde: Sie können durch Einlagerung zusätzlicher Fettsäuren wachsen. Zwei Mizellen, die zusammenstossen, können zu einer grossen Mizelle fusionieren, wobei ihre Inhalte gemischt werden. Und wenn eine Mizelle eine gewisse Grösse erreicht hat, bei der die Oberflächenspannung der Membran zu gross wird, dann teilt sie sich spontan in kleinere Mizellen auf.

Es braucht jetzt nicht mehr viel Fantasie, um sich vorzustellen, wie vor fast 4 Milliarden Jahren in einem Tümpel mit genügend Fettsäuren und Ribonukleotiden eine sich selbstreplizierende RNA in einer Mizelle landete, sich dort drin vermehrte und durch fortlaufende Teilung der Mizellen der Tümpel sich schliesslich mit immer mehr Mizellen mit selbstreplizierenden RNA-Molekülen füllte. Die Replikation der RNA war nicht sehr genau und es passierten bei vielen Kopiervorgängen immer wieder kleinere Veränderungen in der RNA-Sequenz.

Die aufmerksame Leserin hat es wohl erkannt: Wir haben nun bereits eine Urzellenpopulation, die sich nach dem klassischen darwinschen Evolutionsmechanismus immer weiter entwickeln kann. Ein paar dieser veränderten Kopien konnten plötzlich nicht nur sich selber kopieren, sondern auch andere RNA-Moleküle, die sich zufälligerweise in derselben Mizelle befanden, was ungeahnte neue Entwicklungsmöglichkeiten eröffnete. Spätestens ab diesem Zeitpunkt war die Entwicklung von immer komplexeren Zellen in vollem Gang.

### **LUCA setzt sich durch**

Man kann es kaum genug hervorheben: Das hier beschriebene Szenarium ist keine Aneinanderreihung vieler höchst unwahrscheinlicher Ereignisse, sondern hat sich auf der jungen Erde wahrscheinlich tausend- wenn nicht millionenfach abgespielt und spielt sich auch jetzt immer noch überall im Universum ab, wo die Bedingungen für die beschriebenen chemischen Prozesse gegeben sind (auch auf der Erde). Aber ab einem bestimmten Zeitpunkt war eine dieser Urzellenpopulationen so erfolgreich, dass sie alle anderen anfänglich noch existierenden, aber etwas weniger fitten Populationen verdrängt hatte und auch sich immer wieder neu entwickelndes Leben gegen diese bereits weiterentwickelten Zellen keine Chance mehr hatte. Diese erfolgreiche Population war LUCA, der gemeinsame Vorfahre allen uns bekannten Lebens.

**Kontakt:** Prof. Dr. Oliver Mühlemann, Departement für Chemie und Biochemie, Mitglied im wissenschaftlichen Ausschuss des Center for Space and Habitability, [oliver.muehlemann@dcb.unibe.ch](mailto:oliver.muehlemann@dcb.unibe.ch)





# Auf den Spuren von flüssigem Wasser

Einst gab es auf dem Mars so viel Wasser, dass sich ganze Tal-Netzwerke bildeten. Heute versteckt es sich als Eisschicht an den Polen und im Boden. Doch nun deuten Versuche von Berner Forschern darauf hin, dass an gewissen Stellen noch immer Wasser auf der Oberfläche fließt. Enthält es gar Leben?

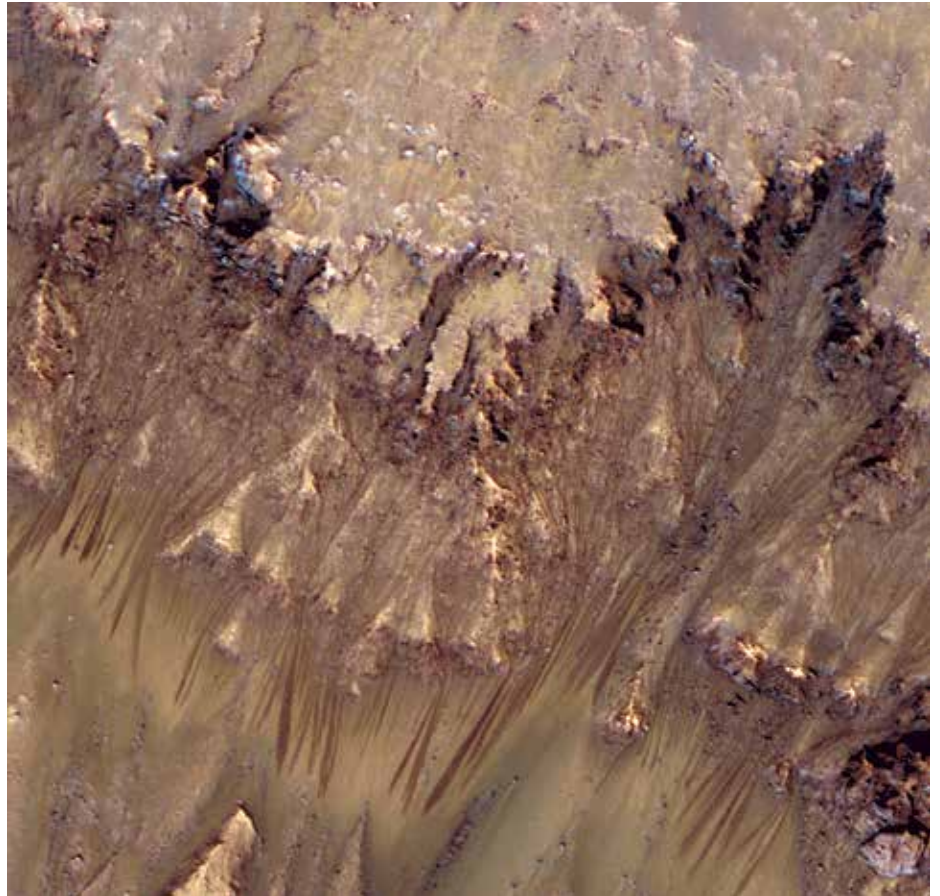
Von Nicolas Thomas und Antoine Pommerol

Leonardo da Vinci soll einst gesagt haben: «Wasser ist die treibende Kraft der ganzen Natur.» Leben kann gemäss heutigem Wissen unter den folgenden vier Voraussetzungen entstehen und sich entwickeln: Erstens müssen die notwendigen chemischen Bausteine zur Verfügung stehen. Zweitens braucht es ein flüssiges Medium, das diese transportiert. Drittens muss Energie zur Verfügung stehen, die das Medium flüssig hält und Bewegungen sowie chemische Reaktionen fördert. Schliesslich muss das Umwelt-System für einen längeren Zeitraum stabil sein – möglicherweise für Hunderte von Millionen Jahren (siehe dazu Seite 13). Das erste «flüssige Medium», das einem in den Sinn kommt, ist Wasser. Dies entspringt unserer Erfahrung auf der Erde, aber Wasser ist auch anderswo in unserem Sonnensystem verbreitet. Es ist in einem weiten Temperaturbereich flüssig. Es ist ein ziemlich stabiles Molekül, aber gleichzeitig ist es polar – das hilft, andere chemische Stoffe aufzulösen: eine nützliche Eigenschaft. Wasser ist also ein ideales flüssiges Medium für Leben.

Die Erde erfüllt offensichtlich alle vier Anforderungen für Leben – aber wohl nicht nur sie: Es ist praktisch bewiesen, dass der Jupitermond «Europa» die Bedingungen zurzeit ebenfalls erfüllt; auch hier ist das flüssige Medium Wasser. Der Saturnmond «Enceladus» ist ein weiterer Kandidat. Der grösste Saturnmond «Titan» erfüllt die Kriterien ebenfalls – doch in diesem Fall handelt es sich bei der Flüssigkeit um Methan. Und was ist mit unserem Nachbarplaneten Mars?

## Einst gab es Flüsse und Inseln

Seit der «Mariner 9»-Mission in den frühen 1970er Jahren ist bekannt, dass die Oberfläche des roten Planeten irgendwann in der Vergangenheit durch Ströme von Flüssigkeit erodiert wurde. Spätere Abbildungen, aufgenommen mit hochauflösenden Kameras auf den «Viking»-Missionen (Ende der 1970er Jahre) und



Die dunklen Spuren an Steilhängen auf dem Mars könnten von flüssigem Salzwasser stammen.

«Mars Global Surveyor» (1996), bestätigten die Existenz von Tal-Netzwerken und tropfenförmige Inseln, die möglicherweise durch Überschwemmungen gebildet wurden. Aber welche Flüssigkeit war dafür verantwortlich – und wo ist sie hin?

Heute ist bekannt, dass an den Mars-Polen Wassereis vorhanden ist. Am Nordpol bildet es eine drei Kilometer dicke Ablagerung, die jeden Marswinter von einer temporären Schicht aus CO<sub>2</sub>-Eis überdeckt wird. Aber diese Wassermengen reichen wahrscheinlich nicht aus, um die beobachtete Morphologie der Planetenoberfläche zu erklären. Ausserdem liegen die Ober-

flächentemperaturen an den Polen deutlich unter dem Gefrierpunkt, so dass dieses Eis unter den heutigen Bedingungen nicht schmelzen kann.

## Marsboden ist voller Wasser

Deshalb war die Überraschung und auch die Freude gross, als die Neutronen-Spektrometer der «Mars Odyssey»-Sonde grosse Mengen von unterirdischem Wasserstoff nachweisen konnten, von dem auf Wasser geschlossen werden kann. Dieses Wasser, das sich aufgrund der verwendeten Technik im ersten Meter der Oberflächenschicht befinden muss, ist über den grössten Teil

des Planeten verteilt. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit den Mustern vieler Kraterauswürfe, die auf Meteoriten-Einschläge in eine volatile Oberfläche schliessen lassen. Dies ist insbesondere deshalb interessant, weil Wasser auch rund um den Äquator vorkommt, wo die Temperatur an der Marsoberfläche im Sommer tagsüber über den Gefrierpunkt steigt. Aber welche Form hat dieses Wasser?

Die jüngsten Missionen zum Mars waren mit Bildgebungs-Spektrometern ausgerüstet, die hoch aufgelöste Bilder im infraroten wie im sichtbaren Bereich lieferten. Diese zeigen, dass viele Gebiete auf dem Mars (einschliesslich des Landeplatzes des aktuellen «Curiosity Rover») reich an wasserhaltigen Tonerden sind, die früh in der Geschichte des Mars gebildet wurden. Zudem haben bildgebende Verfahren kürzlich gezeigt, dass relativ reines Wassereis in einigen Bereichen auch unmittelbar unter der Oberfläche vorhanden sein muss.

### Wasser auch auf der Oberfläche

Das «High Resolution Imaging Science Experiment» (HiRISE) ist im Grunde eine Spion-Kamera, die den Mars umkreist. Sie kann 50 Zentimeter grosse Objekte aus 250 Kilometern Höhe in Farbe und mit ein paar Tricks auch dreidimensional abbilden. Sie ist auf der NASA-Sonde «Mars Reconnaissance Orbiter» (MRO) montiert. Die Universität Bern ist das einzige europäische Forschungsinstitut im HiRISE Team.

Wie die Erde wird auch der Mars häufig von Meteoriten getroffen. Dies ermöglicht uns, die durch die Einschläge verletzte Oberflächenschicht des roten Planeten zu untersuchen. HiRISE hat mehrere frische Einschläge beobachtet und dabei etwas Bemerkenswertes entdeckt: Die Innenräume dieser frischen Krater sind insbesondere auf der Nordhalbkugel flach und, im Vergleich zum Rest der Oberfläche, relativ blau. In einigen Fällen ist eine helle weisse Ablagerung um den Kratertrand sichtbar. Beobachtungen mit Infrarot-Spektrometern zeigen, dass es sich dabei um Wassereis handelt.

Daraufhin haben wir in Bern diese Meteoriten-Einschläge am Computer simuliert – mit interessanten Ergebnissen: Es stellte sich heraus, dass deren Druck ausreicht, um den Zustand des Wassers von «fest» in «flüssig» zu verändern. Mit anderen Worten wird bei einem Meteoriten-Einschlag relativ reines flüssiges Wasser erzeugt, das sich für kurze Zeit – typischerweise mehrere Tage – auf der Oberfläche befindet. Je grösser ein Einschlag, desto grösser ist das entstehende Gewässer und desto länger bleibt es erhalten, bevor es einfriert und/oder verdampft. Die beobachteten flachen, relativ blauen Krater-Innenräume entstehen durch das Gefrieren der Flüssigkeit.

Wasser ist also auf weiten Teilen der Mars-Oberfläche vorhanden – und das in teilweise überraschend reiner Form. Aber wird flüssiges Wasser nur durch Meteoriteneinschläge erzeugt? Wahrscheinlich nicht. Wir haben unterdessen Hinweise darauf, dass flüssiges Wasser auch heute noch regelmässig auf der Oberfläche des Mars auftritt – man muss nur an der richtigen Stelle suchen!

HiRISE hat eine Reihe von flüchtigen Spuren beobachtet, die sich im Laufe der Jahreszeiten verändern. Sie sind sehr schmal (50 Zentimeter bis 5 Meter breit) und befinden sich an steilen Südhängen am Äquator (bis zum 25. Breitengrad). Sie bilden sich im späten Frühjahr, wachsen im Sommer und verschwinden im Winter, wobei sie manchmal eine etwas hellere Fläche hinterlassen. Sie sind dünn, können aber Hunderte von Metern lang sein. An einem Standort können Dutzende dieser dunklen Markierungen auftreten. Sie erscheinen jedes Frühjahr an den gleichen Stellen, sobald die Temperaturen etwa minus 20 Grad Celsius erreichen. Die logischste Erklärung ist, dass diese Markierungen – bekannt unter dem eher technischen Namen «Recurring Slope Lineae» (RSL) – Spuren von flüssigem Wasser aus salzigen Schmelzwasser-Quellen sind.

### Laborversuche mit simulierter Mars-Oberfläche

Das Team der Uni Bern ist an diesen Studien stark beteiligt. Wir haben mit unserem Fotogoniometer-Experiment (PHIRE-2) die Reflexionseigenschaften von diversen wasserbenetzten Oberflächen gemessen, wie sie auf dem Mars vorkommen. Die dafür verwendeten Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften wie Mars-Böden stammen meist aus Hawaii. Wir vergleichen die Resultate mit den Messungen der HiRISE-Kamera.

Seit Kurzem setzen wir auch eine Infrarot-Kamera ein, um einem grossen Rätsel auf die Spur zu kommen: Während die RSL alle Eigenschaften von flüssigem Wasser zu haben scheinen, hat das Infrarot-Spektrometer «CRISM» an Bord der MRO bisher keine der Infrarot-Absorptionseigenschaften zeigen können, die man von einer nassen Oberfläche erwarten würde. Dies ist natürlich eine Herausforderung für unsere Theorie. Allerdings beobachten wir derzeit im Labor, dass simulierte Mars-Oberflächen, die benetzt waren und dann wieder trockneten, leicht veränderte lichttechnische Eigenschaften aufweisen können. Darüber hinaus scheint die Anwesenheit von Salzen von entscheidender Bedeutung zu sein.

Wir wissen unterdessen, dass auf dem Mars Chloride und Sulfatsalze existieren – und diese Chemikalien sind bekannt dafür,

dass sie den Gefrierpunkt von Wasser senken und die Helligkeit der beobachteten Oberflächen beeinflussen. Dies würde auch erklären, warum Flüssigkeit gebildet wird, obwohl die Temperatur an den Standorten, wo RSL am häufigsten auftreten, unter dem Gefrierpunkt liegt.

### Gibt es auch Leben?

Als Wissenschaftler sind wir grundsätzlich «Nicht-Gläubige»! Trotzdem werden wir unsere fotometrischen Experimente auf weitere abiotische und auf biotische organische Stoffe ausweiten. Denn falls die Wasserflüsse, die wir auf dem Mars gesehen haben, etwas Lebendiges enthalten, wollen wir wenn immer möglich in der Lage sein, dies zu erkennen. Und selbst wenn Mars tot ist: Wir werden in absehbarer Zukunft keine Oberfläche eines anderen Objekts besuchen – weder in diesem Sonnensystem noch in einem anderen. Somit bleiben als einzige Möglichkeiten, ausserirdisches Leben zu finden, fotometrische und spektroskopische Mittel.

Im August 2010 wählten die NASA und ESA die Instrumente für eine neue Mission zum Mars aus, genannt «ExoMars Trace Gas Orbiter» (TGO). Eines der ausgewählten Instrumente ist eine hochauflösende Stereo-Farbkamera unter der Leitung der University of Arizona mit der Universität Bern als wichtiger Partnerin. Sie sollte dynamische Prozesse auf der Oberfläche des Planeten sowie das entdeckte flüssige Wasser und das Oberflächeneis weiter untersuchen. Anfang 2012 zog allerdings die NASA die Finanzierung für all seine Instrumente auf TGO zurück und die Universität Bern wurde gebeten, die Führung des Projekts zu übernehmen.

Das bildgebende System, das so genannte «CaSSIS» (Colour and Stereo Surface Imaging System), wird nun in Zusammenarbeit mit der italienischen Raumfahrtagentur entwickelt und soll im März 2016 starten. Eines der Hauptziele von CaSSIS wird sein, RSL und andere dynamische Phänomene im Zusammenhang mit Wasser auf der Oberfläche des Roten Planeten zu untersuchen.

**Weitere Informationen:** Mars Reconnaissance Orbiter: <http://mars.jpl.nasa.gov/mro>; HiRISE: <http://hirise.lpl.arizona.edu>; CRISM: <http://crism.jhuapl.edu>

**Kontakte:** Prof. Dr. Nicolas Thomas, [nicolas.thomas@space.unibe.ch](mailto:nicolas.thomas@space.unibe.ch); Dr. Antoine Pommerol, [antoine.pommerol@space.unibe.ch](mailto:antoine.pommerol@space.unibe.ch) Beide sind am Physikalischen Institut, Abteilung Weltraumforschung und Planetologie (WP) sowie am Center for Space and Habitability (CSH) tätig.



# ROSINA



Rückblick





# CHEOPS soll ferne Planeten vermessen

In benachbarten Sonnensystemen existieren unzählige Planeten. Ausgeklügelte Instrumente wie das CHEOPS-Teleskop sollen nun deren Eigenschaften erkunden. Die Weltraummission unter Berner Leitung könnte uns dem Fernziel näher bringen, einen erdähnlichen Planeten zu finden.

Von Willy Benz

Die Entdeckung des ersten Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems durch die Schweizer Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz löste 1995 eine Revolution aus. Die völlig unerwarteten Eigenschaften dieses Planeten regten die Phantasie und das Interesse der Wissenschaftsgemeinde und der Öffentlichkeit an wie nur sehr wenige astronomische Entdeckungen des 20. Jahrhunderts. In der Folge wurden neue wissenschaftliche Instrumente entwickelt, Regierungen und Raumfahrtbehörden lancierten spezielle Programme. Und dank Filmen, TV-Shows, Büchern, Artikeln und Websites konnte die Öffentlichkeit stets Anteil nehmen an den aufregenden Entwicklungen. Heute sind mehr als 860 dieser sogenannten Exoplaneten bekannt, und der Kepler-Satellit hat über 2740 weitere Kandidaten identifiziert.

Ausserdem wurden bereits erste Messungen und Analysen der Atmosphären von Exoplaneten durchgeführt. Diese Messungen, die zuvor auf die Planeten unseres Sonnensystems beschränkt waren, öffnen jetzt die Türe zur Charakterisierung von Exoplaneten: dies nicht nur in Bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften, sondern auch auf die Oberflächenbeschaffenheit und damit ihre Fähigkeit, Leben, wie wir es kennen, zu beherbergen.

Doch die Herausforderungen, die sich den Forschenden stellen, sind gross: Planeten sind kleine, nicht leuchtende Körper, die um einen entfernten, zentralen Stern kreisen. Im Vergleich zu einem sonnenähnlichen Stern ist ein erdähnlicher Planet hundert Mal kleiner, tausend Mal weniger massiv und strahlt eine Milliarde Mal schwächeres Licht ab.

Solche erdähnlichen Planeten zu finden, die einen mehrere zehn Lichtjahre entfernten Stern umkreisen, ist eine bisher nicht bewältigte technologische Herausforderung. Zum Vergleich: Ein Lichtjahr entspricht rund  $10^{13}$  Kilometer oder 65 000 Mal der Entfernung Erde-Sonne. Alle bisher gemachten, oben erwähnten Entdeckungen

sind entweder Planeten mit grosser Masse (vergleichbar mit Saturn, Jupiter oder sogar noch grösser) oder Planeten, die im Vergleich zur Erde sehr nahe um ihren Stern kreisen.

## Messung der Masse eines fernen Planeten ...

Um nach Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems zu suchen, haben sich zwei Techniken als besonders wirksam erwiesen. Die erste Methode ist ein dynamisches Verfahren, das spektroskopisch misst, wie stark ein Stern durch die Anziehungskraft eines Planeten bewegt wird. Dieses Verfahren ermöglicht es, die Masse des Planeten zu schätzen. Doch da Planeten eine sehr viel kleinere Masse haben als ihre Sterne, wird der Stern nicht gross bewegt und die Geschwindigkeiten bleiben klein (30 bis 40 Stundenkilometer bei einem Riesenplaneten, mehrere hundertmal weniger bei einem erdähnlichen Planeten). Solch kleine Geschwindigkeiten zu messen, ist äusserst schwierig und braucht viel Licht. Daher eignet sich dieser Ansatz nur bei relativ hellen (also erdnahen) und wenig aktiven Sternen, um Planeten zu suchen – umso mehr, wenn man dereinst so kleine Planeten wie die Erde finden will.

## ... und dessen Durchmesser ...

Die andere Planeten-Suchmethode besteht darin, das Licht von Sternen über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Das Ziel ist, die kleine Verminderung der Leuchstärke zu erkennen, wenn ein Planet die Sichtlinie zwischen dem Beobachter und dem Stern quert. Ein solches Ereignis wird als «Transit» bezeichnet. Da dies nur bei einigen speziellen Orbitalgeometrien geschieht – der Stern, der Planet, und der Betrachter müssen praktisch in der gleichen Ebene liegen –, ist die Wahrscheinlichkeit eines Transits klein. Je nach Distanz zwischen Stern und Planet liegt sie bei ein bis zehn Prozent. Deshalb müssen sehr viele Sterne in den Blick genommen



Der CHEOPS-Satellit ist ein Teleskop mit einem Durchmesser von 33 Zentimetern und 1,5 Meter Länge. Er wiegt rund 200 Kilogramm.

werden, damit man die Chance hat, solche Ereignisse zu beobachten.

Konkret misst diese fotometrische Methode den Anteil der Oberfläche des Sterns, die durch den Planeten bedeckt wird, und ist damit ein Mass für den Durchmesser des Planeten. Planeten, die grösser sind als unser Neptun, können vom Boden aus entdeckt werden, kleinere hingegen müssen vom Weltall aus gesucht werden.

Da man sie nur schlecht bewegen kann, decken bisherige, auf solche Messungen spezialisierte Weltraumteleskope nur eine oder wenige Regionen des Himmels ab, dringen dafür aber relativ tief und verfolgen dadurch meistens entfernte Sterne. Deshalb umkreisen Planeten, die durch diese Methode entdeckt und vermessen werden, eher schwache Sterne.

## ... ergibt Hinweise auf seine Struktur

Sobald man Masse und Durchmesser eines Planeten kennt, ist seine mittlere Dichte einfach zu errechnen – womit man einen ersten Anhaltspunkt für die chemische Zusammensetzung hat. Das ist bemerkens-



wert: Ohne den Planeten je tatsächlich gesehen zu haben, haben wir eine Vorstellung von seiner Masse, seiner Grösse, seiner inneren Struktur und davon, woraus er besteht. Da die beiden wichtigsten Nachweisverfahren auf zwei verschiedene Arten von Sternen (hell und nah respektive schwach und fern) fokussiert sind, ist die Anzahl an kleinen Planeten leider noch sehr begrenzt, für die sowohl die Masse wie der Durchmesser bekannt sind.

Die Idee, wie man diese Situation verbessern könnte, kam einer Gruppe von Forschenden der Universitäten Bern und Genf erstmals im Jahr 2008. Es braucht dazu ein kleines Weltraumteleskop, das den ganzen Himmel in den Blick nimmt und mit extremer Präzision das Licht heller Sterne beobachten kann, von denen bereits bekannt ist, dass Planeten um sie kreisen. Falls ein solches Teleskop realisierbar wäre, könnte man die Anzahl der Planeten deutlich erhöhen, für die sowohl Masse als auch Durchmesser exakt bekannt sind.

Schliesslich wurde ein Team unter der Führung des Center for Space and Habitability (CSH) der Universität Bern mit Forschenden vom Observatoire de Genève, des Space Center an der EPF Lausanne und des Instituts für Astronomie der ETH Zürich zusammengestellt. Die erforderlichen Finanzmittel wurden 2011 von den Schweizer Behörden und der Industrie (RUAG Space) gesprochen. Bis Anfang 2012 wurde ein realisierbares Projekt erarbeitet – damit war CHEOPS (CHARakterizing ExOPlanet Satellite) geboren!

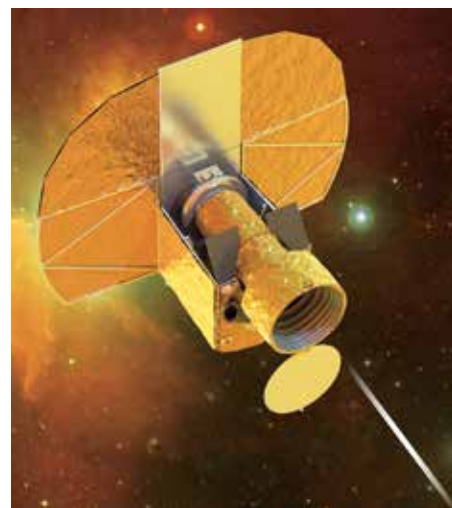
Nun blieb noch das Problem, wie die Kosten der Mission selbst von geschätzten 90 Millionen Euro zu finanzieren sind. Zum Glück lancierte im März 2012 die Europäische Weltraumorganisation (ESA) eine neue Kategorie von vergleichsweise kleinen wissenschaftlichen Missionen, sogenannten S-Missionen. Diese erhalten von der ESA 50 Millionen Euro und sollen innerhalb von vier Jahren starten. Das waren genau die zusätzlichen Mittel, die es brauchte, um

CHEOPS vom Papier in die Realität umzusetzen. Mit Hilfe weiterer Kollegen aus Österreich, Belgien, Frankreich, Italien, Schweden und Grossbritannien wurde CHEOPS eingereicht – und im Oktober 2012 aus den 26 eingegangenen Vorschlägen zur ersten ESA S-Mission gekürt. Der Start des Satelliten ist für Ende 2017 vorgesehen; er soll dreieinhalb Jahre lang etwa 500 helle Sterne beobachten und ihre Planeten charakterisieren.

### **CHEOPS – die erste Schweizer Weltraummission**

Unterdessen hat der Stress für das Projektteam stark zugenommen. Zum ersten Mal ist die Schweiz – mit dem CSH der Universität Bern als federführender Institution – zusammen mit der ESA nicht nur für ein Instrument oder Teile davon verantwortlich, sondern für eine ganze Mission. Von der Bodenstation und den Labors über den Satelliten bis zu seinen einzelnen Komponenten muss alles geplant, gebaut und überprüft werden. Um diese Herausforderung zu meistern, müssen Kompetenzen aus allen Bereichen gebündelt werden: Forscher und Ingenieure bringen wissenschaftliche Fragestellungen und innovative technologische Ansätze ein, die Industrie ihre Fähigkeit zum Bau anspruchsvoller, weltraumtauglicher Hightech-Instrumente. Und die Bundesverwaltung sichert einen geeigneten internationalen Rahmen, in dem das Projekt realisiert werden kann.

CHEOPS soll aus einem Teleskop mit 33 Zentimetern Durchmesser bestehen, das auf einer Höhe von 650 bis 800 Kilometern exakt über der Tag-Nacht-Grenze fliegt – so haben die Sonnensegel Licht, das Teleskop aber blickt ins Dunkel. Es wird die erste Mission sein, die Transits bei hellen Sternen untersucht, von denen bereits bekannt ist, dass sie Planeten beherbergen. Durch die Möglichkeit, nahezu jeden Bereich des Himmels in den Blick zu nehmen, bietet sich die einzigartige Chance, für einige Planeten die Durchmesser zu bestimmen,

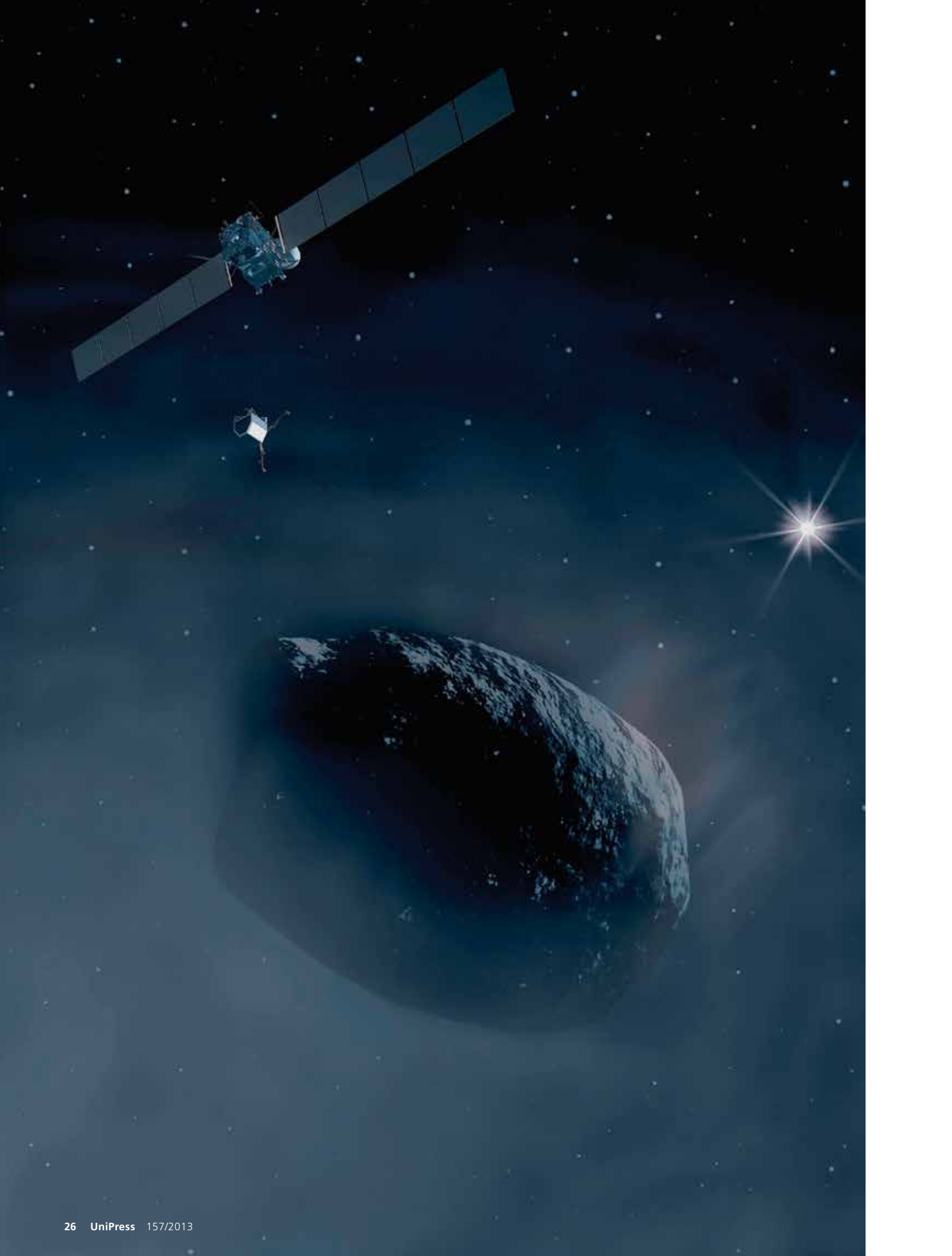


Grafische Darstellung des CHEOPS-Satelliten im Flug. Der ausgeklappte Sonnenschild im Hintergrund schützt das Teleskop vor der Sonneneinstrahlung – denn konstante Temperaturen sind für präzise Messungen unerlässlich.

für die bis jetzt erst die Masse bekannt waren. Da man bereits weiss, wo und zu welchem Zeitpunkt man Messungen vornehmen muss, ist CHEOPS zudem das effizienteste Instrument, um kleine Planeten (respektive deren Transits) zu entdecken und dabei ihre Durchmesser zu messen.

### **Auftakt zur Suche nach weiteren Erden**

Das Wissen um die Masse und den Durchmesser eines Planeten, der so klein ist wie die Erde – oder höchstens ein paar Mal so gross –, verschafft uns Erkenntnisse über seine chemische Zusammensetzung: Ist er aus Stein, Eis oder Gas? Aber wir wollen mehr wissen. Wir wollen wissen, ob diese Planeten eine Atmosphäre haben, wie massiv diese ist, wie sie sich zusammensetzt und wie die Bedingungen an der Oberfläche sind. Letztlich wollen wir wissen, ob einige Planeten der Erde ähnlich sind und ob sie Leben beherbergen könnten. CHEOPS wird nicht in der Lage sein, diese



Fragen zu beantworten. Dazu reicht es nicht, die Intensität des Lichts der Sterne zu beobachten.

Untersucht werden muss dafür das Spektrum des Lichts, das der Planet selbst reflektiert – und das ist eine viel grössere Herausforderung. Es bräuchte eine sehr ausgeklügelte Infrastruktur, um von der Erde oder aus dem All das Licht eines Planeten erkennen, sortieren und sammeln zu können. Denn es wird überstrahlt vom milliardenmal stärkeren Licht des dazugehörigen Sterns. Eine Messinfrastruktur für Planetenlicht existiert also noch nicht, doch es gibt Projekte, solche Instrumente zu installieren: zuerst 2015 auf dem 8-Meter «VLT Teleskop» des European Southern Observatory (ESO) und danach zu Beginn des nächsten Jahrzehnts auf dem geplanten Grossteleskop «ESO E-ELT» mit 40 Metern Durchmesser. Bis solche Messungen im All vorgenommen werden können, wird es noch länger dauern.

Trotzdem ist es Astronomen bereits gelungen, die Spektren von Planetenatmosphären bei Planetentransits zu messen. Denn während eines Transits durchquert ein Bruchteil des Lichts des Sterns die Atmosphäre des Planeten, wobei die Planetenatmosphäre ihre Signatur im Spektrum hinterlässt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einmal das Spektrum zu messen, wenn Planet und Stern beide (nebeneinander) sichtbar sind, und es ein zweites Mal zu messen, wenn sich der Planet hinter dem Stern versteckt. Nun kann man dieses so gewonnene Spektrum des Sterns vom gemeinsamen Spektrum abziehen und erhält unter dem Strich das Spektrum des Planeten. Künftige Weltraummissionen sollen genau solche Messungen ermöglichen: «JWST» soll 2018 starten und, falls es ausgewählt wird, «EChO» 2024. Der Schlüssel für den Erfolg dieser Missionen wird sein, geeignete Ziele zu kennen. Ein wichtiger Zweck von CHEOPS besteht genau darin, diese Ziele zu eruieren.

**Kontakt:** Prof. Dr. Willy Benz, Physikalisches Institut, Abteilung Weltraumforschung und Planetologie, Center for Space and Habitability, [willy.benz@space.unibe.ch](mailto:willy.benz@space.unibe.ch)

## ROSINAS Geschichte – Bilder von der Entwicklung des Fluginstruments für die Raumsonde Rosetta bis zur Ankunft beim Kometen Churyumov-Gerasimenko.

### **Titelbild und Seite 6:**

Die Doktorandinnen Myrtha Hässig (links) und Ursina Calmonte führen an der Universität Bern Tests mit dem Massenspektrometer ROSINA-DFMS durch – dem Doppel des Instruments, das auf der Rosetta-Sonde durchs All fliegt. Am Ziel soll es die chemische Zusammensetzung der nebligen Kometenhülle analysieren.

### **Seite 9:**

In der Werkstatt des Physikalischen Instituts der Uni Bern werden Prototypen für Fluginstrumente gefertigt. So wird die optimale Geometrie für die bevorstehenden Aufgaben der Fluginstrumente herausgetüftelt. Der Mechaniker Alexander Schläfli am Werk.

### **Seite 12:**

Um später einmal Messwerte aus dem All zuverlässig interpretieren zu können, testen die Berner Physiker die Messinstrumente im Labor unter Welt-raumbedingungen. Die Tests müssen in staubfreien Räumen stattfinden. Deshalb trägt Techniker Harald Mischler eine Schutzbekleidung.

### **Seite 14:**

Bevor sie ins Weltall dürfen, werden die hoch empfindlichen Messinstrumente auf einer Vibrationsanlage heftig geschüttelt. Ingenieur Michael Gerber simuliert den Start einer Ariane-Trägerrakete und testet, ob die mechanischen Eigenschaften des Instruments diesen unbeschadet überstehen werden.

### **Seite 17:**

Die fertig zusammengebaute Rosetta-Sonde im Raumfahrtzentrum Kourou in Französisch-Guyana. In der Mitte

der linken Kante sieht man den Berner ROSINA-DFMS-Sensor herausragen. Jetzt wird noch die Landeinheit PHILAE, die im November 2014 auf dem Kometen abgesetzt werden soll, auf die Sonde montiert.

### **Seite 18:**

Die Ariane 5-Trägerrakete bereit zum Abheben kurz vor dem Start der Rosetta-Mission am 2. März 2004 von Kourou, Französisch-Guyana.

### **Seite 21:**

Nicht ganz gleich hoch wie eine Ariane 5-Trägerrakete fliegen am Raketenwettbewerb der Berner Schulen 2009 die liebevoll gebastelten PET-Raketen, die mit Druckluft und Wasser angetrieben werden.

### **Seite 22:**

Professorin Kathrin Altwegg erklärt der interessierten Öffentlichkeit die Rolle der Berner ROSINA-Instrumente für die Rosetta-Mission.

### **Seite 24:**

Während ihrer zehnjährigen Reise hat die Sonde Rosetta drei Mal einen Erdvorbeiflug genutzt, um Schwung für ihre lange Reise zu holen: Zum ersten Mal am 4. März 2005, zum zweiten Mal am 13. November 2007 und zum dritten und letzten Mal am 13. November 2009. Am 25. Februar 2007 flog sie auch am Planeten Mars nahe genug vorbei, um Schwung zu gewinnen.

### **Seite 26:**

Künstlerdarstellung der Sonde Rosetta, die sich ihrer endgültigen Destination nähert: dem Kometen Churyumov-Gerasimenko.

# Neuer Wind in der Handelsförderung

Einst kämpfte Rodrigo Polanco gegen Kraftwerke in Patagonien, dann lehrte er in Chile Investitionsrecht. Jetzt doktoriert er am World Trade Institute der Uni Bern – dank einem Projekt des Staatssekretariats für Wirtschaft, das in fünf Schwellenländern das Know-how zu Internationalem Wirtschaftsrecht stärkt.

Von Erich Schwarz

2002: Rodrigo Polanco steht in der unberührten Landschaft Patagoniens. Unternehmen beabsichtigen, hier am südlichsten Zipfel Südamerikas Aluminium herzustellen, wofür eine beträchtliche Menge an Energie notwendig ist. Der junge Anwalt setzt sich dafür ein, dass die geplanten Wasserkraftwerke nicht gebaut werden. Die Pläne werden später sistiert. Diese Erfahrung bestärkt Polanco, der nun als Assistent an der Universidad de Chile beginnt, in seiner Überzeugung: Handel, Investitionen und Umwelt sind miteinander verbunden und müssen auch im Rechtsstudium gleichermaßen berücksichtigt werden.

2013: Mittlerweile Assistenzprofessor, hat sich Polanco auf Investitionsrecht spezialisiert. Das Thema ist noch immer aktuell: «Regierung und Bevölkerung sind in Chile grundsätzlich der Ansicht, dass Handel und ausländische Investitionen für das Land förderlich sind», beobachtet er, «doch gleichzeitig ist man sich der Vor- und Nachteile nicht genügend bewusst.» Es brauche auf allen Stufen Experten im Internationalen Wirtschaftsrecht, die Handels- und Investitionsflüsse verstehen und lenken könnten, betont Polanco. Dazu müsse die Basis im eigenen Land verbreitert werden: «Notwendig sind mehr entsprechend ausgebildete lokale Universitätsabsolventen, damit das Wissen nicht teuer eingekauft werden muss.»

Zum gleichen Schluss gekommen ist das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) des Eidgenössischen Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF). Die Direktion für Aussenwirtschaft im SECO führt zum einen mit unterschiedlichsten Schwellenländern Verhandlungen

über Freihandels- und Investitionsschutzabkommen. Zum anderen ist sie aber auch in der wirtschaftlichen Entwicklungszusammenarbeit aktiv. In diesem Rahmen fördert sie den Aufbau von handelsrechtlichen Strukturen und Prozessen in den Partnerländern. Konkret sollen in fünf SECO-Schwerpunktländern (siehe Kasten «Die fünf Partnerinstitute») an universitären Einrichtungen regionale Kompetenzzentren für Handelsrecht und -politik aufgebaut werden. Umgesetzt wird dieses Projekt vom World Trade Institute (WTI) der Universität Bern.

## Freiraum für Forschung schaffen

Ein Ziel ist es, an den fünf Zentren die Ausbildung in Internationalem Wirtschaftsrecht zu stärken. Dazu unterstützt das WTI den Aufbau spezialisierter Masterprogramme in den Partnerinstitutionen. Dank den ebenfalls noch relativ frischen Erfahrungen beim eigenen, 2000 lancierten Masterprogramm (Master in International Law and Economics, kurz MILE) kann das WTI die Partnerinstitutionen beim Aufbau des Curriculums unterstützen. Gerade am Anfang werden in den Fachmodulen auch Lehrkräfte des MILE-Programms eingesetzt. Zunehmend werden Dozierende der Partneruniversitäten eingebunden, welche die Sommerakademien des WTI besucht haben. Stipendien für jährlich zehn MILE-Studierende und insgesamt fünf Doktorierende am WTI vervollständigen die Förderung auf allen Stufen.

Rodrigo Polanco ist einer der Doktoranden, welche vom SECO-Stipendium profitieren. Man zögert: Derselbe Rodrigo Polanco, der nach seinem Einsatz gegen die

Wasserkraftwerke in Patagonien an der Universität in Santiago Handels-, Investitions- und Umweltrecht lehrte? – Ja, es ist tatsächlich der mittlerweile 39-jährige Anwalt, der bis vor kurzem auch als Leiter der internationalen Verbindungsstelle der Universidad de Chile amtierte.

Sein Beispiel offenbart einiges über die akademische Kultur in vielen Schwellenländern – eine Herausforderung, der sich viele Förderorganisationen der entwickelten Welt gegenübergestellt sehen: Universitäten in Schwellenländern bauen hauptsächlich auf dem Pfeiler Lehre auf. Gewachsene Tradition ist, dass Universitätsdozierende der Rechtswissenschaft eine Anstellung in einer privaten Kanzlei haben. Für Forschung bleibt meistens kein Freiraum mehr. Sie muss in der Freizeit stattfinden, doch fehlen die Anreize des Wissenschaftssystems: Eine, die publiziert, stärkt damit im Gegensatz zu unseren Breitengraden nicht unbedingt ihren Ruf als erfolgreiche Wissenschaftlerin.

## Für besser informierte Wirtschaftspolitiker

Eine der Herausforderungen und gleichzeitig Zielsetzungen des Kooperationsprojekts besteht deshalb darin, die praxisrelevante Forschung in den ausgewählten Universitäten zu stärken. Während die Ausbildung den Nachwuchs an Dozierenden an den Partneruniversitäten sichert, ermöglicht Forschung und die damit verbundene Publikationstätigkeit einen Wissenstransfer, der über die direkt beteiligten Personen hinausgeht. So können akademische Berichte und Studien in öffentliche Debatten eingebracht werden. Forschende



Rodrigo Polanco aus Chile will mit seiner Forschung in Bern dazu beitragen, dass Schwellenländer die Vor- und Nachteile ausländischer Investitionen besser einschätzen können.

Experten können eine beratende Rolle spielen, wenn es darum geht, wie eine nachhaltig erfolgreiche Handels- und Investitionspolitik betrieben werden könnte.

Deshalb ermutigt das Kooperationsprojekt die Partneruniversitäten, einen Schritt hin zu den Regierungen zu machen. Gemeinsame Veranstaltungen mit Handelskammern, Ministerien und akademischen Angehörigen sind im letzten Jahr zum Beispiel in Lima (Peru) auf ein reges Interesse gestossen. Die Forschung soll zudem über das eigene Land hinausstrahlen: Gefördert werden deshalb regionale Forschungsnetzwerke. Ein Beispiel dafür ist die zweite afrikanische Veranstaltung der «Society of International Economy Law» im vergangenen März (siehe Kasten «Von Bern aus in Johannesburg aktiv»).

### Vernetzte Welt braucht Internationales Wirtschaftsrecht

Forschen im Netzwerk – davon profitiert jetzt Doktorand Rodrigo Polanco am WTI. Das Thema seiner Doktorarbeit – «Die Rolle des Investorenstaats in der Streitschlichtung bei Investitionsschutzabkommen» – passt zu einem Schwerpunktbereich des WTI: Investitionspolitik. Genau wegen dieser Spezialisierung kam Polanco nach Bern. 2011 traf er an einer Veranstaltung des peruanischen Projektpartners «Pontificia Universidad Católica del Perú» den damaligen Leiter des erst kurz davor am WTI initiierten Aktionsprogramms zu Investitionsrecht und -politik. Durch die spätere Aufnahme der Universidad de Chile ins Kooperationsprojekt ergab sich für Polanco die Gelegenheit, seine Dissertation am WTI zu schreiben.

Nun sitzt Rodrigo Polanco also an der Hallerstrasse 6 im Institutsgebäude des WTI an seinem Arbeitspult. Sein Blick schweift über die zahlreichen Nationalflaggen im Lesesaal, welche die Internationalität der MILE-Klasse symbolisieren. Die Wirtschaft, sagt Polanco, sei heute global vernetzt – entsprechend vernetzt müssten auch Fragen des Internationalen Wirtschaftsrechts angegangen werden: «Vor fünfzig Jahren war die Volkswirtschaft eines Landes mittels der Bestimmungen des Steuer-, Wettbewerbs- und Handelsrechts überwiegend national reguliert. Die gleichen Gebiete sind auch heute noch vorhanden, doch werden sie durch die Instrumente des Völkerrechts angegangen.» Darunter fielen zum Beispiel internationale Verträge, das Gewohnheitsrecht, aber auch die zunehmende Bedeutung des Soft Law (das sind nichtverbindliche Vereinbarungen wie etwa Richtlinien der OECD oder der WHO) und der Politiknetzwerke (etwa regelmässige Fachministertreffen). «Heutzutage», bilanziert Polanco, «ist Wirtschaftsrecht immer automatisch auch Internationales Wirtschaftsrecht.»

Ein solcher Blick von aussen auf globale Realitäten ist für die Schweiz ebenfalls gewinnbringend. Wird doch das Internationale Wirtschaftsrecht hierzulande wenig wahrgenommen, weil auch sein Gegenstand oft zu wenig beachtet wird: die enge Verwobenheit der Schweiz in der globalen Wirtschaftswelt.

**Kontakt:** Rodrigo Polanco, World Trade Institute, [rodrigo.polanco@wti.org](mailto:rodrigo.polanco@wti.org)

**Autor:** Erich Schwarz ist Kommunikationsbeauftragter des World Trade Institute und des NFS Trade Regulation, [erich.schwarz@wti.org](mailto:erich.schwarz@wti.org)



### Von Bern aus in Johannesburg aktiv

Malebakeng Forere verfasst zurzeit während eines zweijährigen Aufenthalts am WTI ihre Dissertation. Ihr Thema: Wie können die Streitschlichtungsgerichte der WTO und diejenigen, welche in Freihandelsabkommen vorgesehen sind, besser zusammenarbeiten? Die Lesotherin ist auch Vorsitzende des afrikanischen Netzwerks der Society of International Economic Law (SIEL) – der grossen akademischen Mitgliedsorganisation ihres Fachs. Anfangs März organisierte sie mit dem Projektpartner Mandela Institute eine Konferenz des Netzwerks in Johannesburg – von Bern aus. Gleichzeitig als Doktorandin und Konferenzorganisatorin tätig zu sein, ermöglichte es ihr, das persönliche Netzwerk auszubauen und auch ihre «Soft Skills» zu vertiefen, findet sie. Das Projekt sei eine hervorragende Möglichkeit gewesen, mit einem globalen Team zusammenzuarbeiten und sich in Multitasking zu üben.

**Kontakt:** Malebakeng Forere, World Trade Institute, [malebakeng.forere@wti.org](mailto:malebakeng.forere@wti.org)

### Die fünf Partnerinstitute

Das «SECO-WTI Academic Cooperation Project» umfasst folgende Partnerinstitute:

- Foreign Trade University, Hanoi, Vietnam
- Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru
- Mandela Institute, University of Witwatersrand, Johannesburg, Südafrika
- Universitas Pelita Harapan, Jakarta, Indonesien
- Universidad de Chile, Santiago, Chile

Das SECO finanziert das Kooperationsprojekt 2010–2014. Koordiniert wird es von zwei Mitarbeitenden des World Trade Institute (WTI) der Universität Bern. Vier Doktorierende – darunter Rodrigo Polanco und Malebakeng Forere – forschen zurzeit am WTI.

# «Oeschger-Zähler» erhalten Hightech-Nachfolger

Vor über 50 Jahren schrieb Hans Oeschger in Bern Wissenschaftsgeschichte mit der Entwicklung eines C14-Messgeräts zur Altersdatierung etwa von Eisbohrkernen aus Grönland. Jetzt verfügt die Universität Bern über ein neues C14-Analysegerät, das der Klima- und Umweltforschung neue Möglichkeiten eröffnet.

Von Kaspar Meuli

Eine Zeitreise erlebt, wer sich die beiden C14-Analysegeräte vorführen lässt, die es seit Neuestem an der Universität Bern gibt. Und für einmal trifft das Bild von der Reise durch die Zeit wirklich zu.

Hier die verworrene Laborinstallation, wie aus einem Schwarz-Weiss-Film mit einem genialischen Wissenschaftler in der Rolle des Bösewichts: Bunsenbrenner, Glaskapelle und eine ganze Batterie von dampfenden Kühlgefässen in den Tiefen des Gebäudes der Exakten Wissenschaften. Dort der todschicke «Elemental Analyzer», Modell «Elementar»: Ein kompakter Kubus mit rot glänzender Stirnseite, der aussieht wie eine überdimensionierte Minibar in einem hellen Raum des Departements für Chemie und Biochemie. Hier: Messbehälter so lang wie ein Kinderarm. Dort: Probenzylinder nicht grösser als ein Fingernagel. Die eine Anlage in Betrieb seit über 50 Jahren; die andere soeben fertig montiert.

Das Überraschende an dieser Gegenüberstellung: Beide Geräte zur Datierung mittels Radiokarbonmethode liefern vergleichbare Resultate – das alte ist nicht etwa von der technischen Entwicklung überholt und unbrauchbar geworden, und das neue ist nicht präziser und damit besser. Der Fortschritt liegt anderswo: Das neue, MICADAS (Mini radioCARbon DAting System) genannte C14-Gerät kommt mit viel kleineren Materialproben aus und ist in der Handhabung so vereinfacht, dass damit in derselben Zeit rund zehn Mal so viele Messungen vorgenommen werden können wie mit den sogenannten Oeschger-Zählern.

Doch blenden wir zurück und erzählen von Anfang an, wie der Berner Physiker Hans Oeschger mit seinen Zählrohren Wissenschaftsgeschichte schrieb und wie es zum Bau der neuen Berner C14-Messanlage – einem Beschleuniger-Massenspektrometer im Kleinformat – gekommen ist.

## Im Tiefenlabor drei Tage lang Atome zählen

Der junge Physiker dachte nicht im Traum daran, bestehende Technologie zu übernehmen, als er den Auftrag erhielt, im Rahmen seiner Dissertation an der Universität Bern das erste Radiokarbonlabor der Schweiz aufzubauen. Mit der einfachsten Lösung gab sich Hans Oeschger nie zufrieden, und so entwickelte er kurzerhand ein neues Gerät: das Proportionalzählrohr. Es war derart präzise, dass sich damit zum ersten Mal Radioaktivität in kleinsten Mengen messen liess. Was die Untersuchung von ganz neuen Umweltarchiven ermöglichte – darunter nicht zuletzt der Eisbohrkerne aus Grönland, mit deren Analyse und Interpretation Oeschger später zu Weltruhm gelangte.

An dieser Stelle drängt sich ein Einschub zum Funktionieren der C14-Methode auf. Das Verfahren, mit dem sich das Alter von kohlenstoffhaltigen Materialien bestimmen lässt, beruht darauf, dass in abgestorbenen Organismen die Menge an gebundenen radioaktiven C14-Atomen abnimmt. Ihre Halbwertszeit beträgt 5730 Jahre. Startpunkt für den Zerfall ist der Tod des Lebewesens – zum Beispiel einer Eiche aus der Pfahlbauerzeit. C12-Atome hingegen sind stabil. Deshalb ist das Verhältnis zwischen C14 und C12 eines organischen Materials ein Mass für die Zeit, die – um beim Beispiel zu bleiben – seit dem Fällen der Pfahlbauer-Eiche vergangen ist. Um diese Zeitdauer zu bestimmen, gilt es herauszufinden, wie stark radioaktiv das Material noch ist. Je weniger C14-Atome sich messen lassen, desto älter ist zum Beispiel unser archäologischer Holzfund aus dem Bielersee. Die Grenze dieser Art von Altersbestimmung liegt bei rund 55 000 Jahren.

Entwickelt hat die Radiokarbonatierung 1946 der Amerikaner Willard Frank Libby,

der dafür 1960 den Nobelpreis für Chemie erhielt. Als Hans Oeschger 1958 mit seinem Gerät zu messen begann, bewegte er sich also in noch wenig erforschtem Terrain.

«Bern war weltweit eines der ersten Zähl labore», erzählt René Fischer, einer der Mitarbeitenden des Radiokarbonlabors. «Wir gehören nach wie vor zu den zehn genauesten Labors der Welt – und dies mit einer mehr als 50-jährigen Methode!» Nicht nur die Messmethode ist ein halbes Jahrhundert alt, Fischer und seine Kollegen arbeiten noch immer mit denselben Geräten wie einst Hans Oeschger. Bei diesem aufwändigen Verfahren – jede Analyse bedingt einen Arbeitsaufwand von rund 24 Stunden – wird der Kohlenstoff über mehrere Schritte in Methan umgewandelt. Schliesslich wird in einem Zählrohr der Zerfall der C14-Atome gemessen. Ein Vorgang, der ganze drei bis sechs Tage dauert.

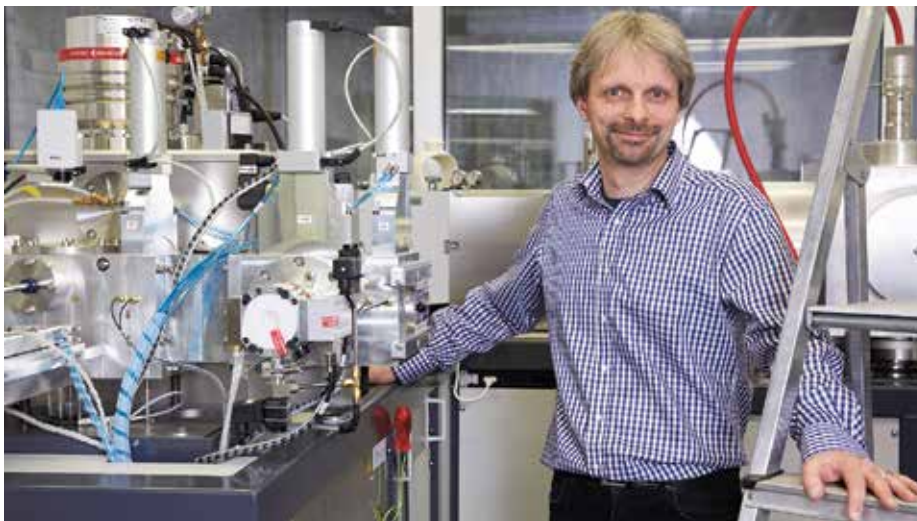
Hans Oeschger leistete nicht nur bei der Entwicklung dieser Messtechnologie Pionierarbeit, sondern auch beim Bau des Berner Tiefenlabors, das Anfang der 1970er Jahre 35 Meter tief unter dem Gebäude der Exakten Wissenschaften (ExWi) auf der Grossen Schanze in den Sandstein gesprengt wurde. Im mit Spezialbeton ausgekleideten Bunker stehen sogenannte Bleiburgen, schrankartige Bauten mit zwei Dutzend Abteilen wie in einem Banksafe – die eigentlichen Messplätze. Die ganze aufwändige Abschirmung dient nur einem Ziel: natürliche Radioaktivität, welche die Messungen verfälschen würde, möglichst vollständig auszusperren.

Soviel also zur ersten Station unserer Zeitreise. Etwas allerdings gilt es noch anzufügen: Mit seinem Radiokarbonlabor hat Hans Oeschger entscheidend dazu beigetragen, dass die Berner Klimaforschung heute international so hoch angesehen ist.





Damals: Hans Oeschger in den 1950er Jahren mit seinen «Oeschger-Zählern».



Heute: Sönke Szidat mit dem neuen C14-Analysegerät, das zwar nicht präziser ist als der Oeschger-Zähler, aber sehr viel schneller.

### Tausend Mal kleinere Messproben

Nun also auf ins brandneue C14-AMS-Labor – das Kürzel steht für «Accelerator Mass Spectrometry», zu Deutsch «Massenbeschleunigungs-Spektrometrie». Die Anlage steht im Departement für Chemie und Biochemie und hat rein äusserlich nichts mehr mit ihrer geschichtsträchtigen Schwester unter der Uni-Terrasse zu tun. Der Beschleuniger-Massenspektrometer ist eine Black Box. Uneingeweihte werden nie wissen, was sich in diesem Gerät abspielt. Seine Vorläufer füllten ganze Turnhallen, die an der ETH Zürich hergestellte Mini-Version MICADAS ist noch knapp so gross wie zwei Kleinwagen.

Einen Blick ins Innere der 1,4 Millionen Franken teuren Anlage erhaschen lässt sich nur auf dem Kontrollmonitor. Sönke Szidat, der Verantwortliche für die Anlage, öffnet ein Bildschirmfenster, über das sich via Video mitverfolgen lässt, wie die Proben automatisch in den Beschleuniger eingeschoben werden. Messen kann man übrigens bis zu 40 Proben gleichzeitig. Der Unterschied zur traditionellen Radiokarbonmethode? «Wir zählen keine zerfallenden Atome mehr», erklärt Szidat, «sondern messen die Masse des vorhandenen C14 vor dem Zerfall.» Dieses Vorgehen hat einen entscheidenden Vorteil: Es braucht dazu nicht mehr mehrere Gramm eines Materials, sondern es reichen einige Milligramm, für einige Spezialanwendungen sogar nur einige Mikrogramm.

Sönke Szidat ist Dozent für Umwelt-radionuklide und Mitglied des Oeschger-Zentrums. Er gehörte mit Kollegen aus anderen Forschungsgruppen des Berner Klimaforschungszentrums zu den Initianten des Projekts «C14-AMS». Eine weitere treibende Kraft war Andreas Türlor vom Labor für Radio- und Umweltchemie. Der Ersatz der für heutige Bedürfnisse nicht mehr effi-

zienten ersten Berner C14-Messanlage war unter den Forschenden schon länger ein Thema. Denn zunehmend arbeiten sie mit Proben im Milligramm- oder Mikrogramm-Bereich und sind auf zahlreiche Messungen angewiesen. Was zur Folge hatte, dass sie ihre Proben häufig in auswärtigen Labors in halb Europa analysieren lassen mussten.

Konkret wurde die Beschaffung eines neuen Geräts allerdings erst mit der Dynamik, die das 2007 gegründete Oeschger-Zentrum unter den Klima- und Umweltforschenden an der Universität Bern entfachte. Wie eine Bedürfnis-abklärung zeigte, sind rund ein Dutzend Forschungsgruppen bei ihren Projekten auf C14-Messungen angewiesen – und damit stark an einer anwenderfreundlichen, effizienten und preisgünstigen neuen Messanlage interessiert. Die Arbeit dieser Forscherinnen und Forscher reicht von der Rekonstruktion der Klimageschichte über das bessere Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs bis zur Bestimmung von Feinstaubquellen.

### Archäologen, Pharmakologinnen und Kunstfälscher

Am Beispiel der Feinstaub- oder Aerosolforschung lässt sich gut zeigen, welcher grosser Nutzen die Arbeit mit kleinsten Probenmengen im MICADAS bringt. Bis anhin musste, um überhaupt genügend Material für eine Analyse zusammenzubringen, über mehrere Wochen Feinstaub in Luftfiltern gesammelt werden. Nun aber reicht so wenig Staub, dass Messungen im Abstand von Tagen oder gar Stunden möglich werden. «Damit kommen wir in zeitliche Dimensionen», so Sönke Szidat, «die wissenschaftlich Sinn machen.» Dadurch lässt sich etwa folgende Forschungsfrage beantworten: Welcher Anteil von Russpartikeln in der Luft

stammt von Dieselfahrzeugen, und wie viel trägt das Verbrennen von Holz zur Verschmutzung bei?

Die neue Berner Datierungsanlage steht übrigens nicht nur Forschenden des Oeschger-Zentrums offen, sondern auch allen übrigen Interessenten. Und davon gibt es viele. Das Bundesamt für Gesundheit etwa, das in Bern schon bis anhin mittels C14-Messung die radioaktive Belastung durch Atomkraftwerke und Industrieanlagen ermitteln liess. Weiterhin auf möglichst genaue Datierungen angewiesen sind Archäologinnen, aber auch im Kunstbereich sind C14-Analysen gang und gäbe. Mit ihrer Hilfe lässt sich schnell und zweifelsfrei nachweisen, ob es sich bei einem Werk um eine Fälschung handelt oder nicht. Und schliesslich spielt C14 als sogenannter Tracer auch eine zunehmend wichtigere Rolle bei der Entwicklung von Medikamenten.

Vor allem aber wird MICADAS für die Klimaforschung im Einsatz stehen. Denn wie vor genau 55 Jahren das C14-Labor von Hans Oeschger soll die hochklassige neue Infrastruktur der Berner Klimaforschung zusätzliches Profil verleihen. «Der Zugang zu dieser Anlage macht unsere Forschungsgruppen zu attraktiven Partnern für internationale Forschungsprojekte», erklärt Sönke Szidat, «dadurch wird unsere Position gestärkt und die Wettbewerbsfähigkeit der Universität Bern als Ganzes verbessert.»

**Kontakt:** PD Dr. Sönke Szidat, Departement für Chemie und Biochemie (DCB), [soenke.szidat@iac.unibe.ch](mailto:soenke.szidat@iac.unibe.ch)

**Autor:** Kaspar Meuli ist Leiter Kommunikation des Oeschger-Zentrums für Klimaforschung, [kaspar.meuli@oeschger.unibe.ch](mailto:kaspar.meuli@oeschger.unibe.ch)

# Von Kunst-Räumen

Warum sind es meist die Frauen, die für ein gemütliches Zuhause sorgen? Was haben Weihnachtskrippen mit zeitgenössischen Kunstinstallationen zu tun? Das Projekt «The Interior» unter der Leitung der Kunsthistorikerin Christine Göttler fragt danach, wie sich Räume und menschliche Praktiken seit der Frühen Neuzeit gegenseitig beeinflussen.

Von Timm Eugster

**Frau Göttler, die meisten Kunsthistorikerinnen beschäftigen sich mit Gemälden und Skulpturen. Sie und Ihre Kollegen am Institut für Kunstgeschichte der Universität Bern stellen jetzt Innenräume ins Zentrum der Forschung. Was haben Innenräume mit Kunst zu tun?**

Die Kunstgeschichte hat sich traditionell durchaus mit Räumen auseinandergesetzt. So ist es etwa üblich, dass man Gemälde und Skulpturen in räumlichen und auch sozialen Kontexten untersucht. In Bern haben wir darüber hinaus die spezielle Situation, dass wir uns am Institut alle sehr stark mit ganz unterschiedlichen Räumen befassen. Wir haben eine Textilhistorikerin, die zu «textilen Räumen» forscht, also über Veränderungen von Räumen durch Tapisserien und andere Stoffe. Wir haben einen Architekturohistoriker, der sich für sogenannte Durchgangsräume wie Einkaufszentren, Flughäfen oder Bahnhöfe interessiert. Wir haben einen Kollegen, der den Zusammenhang von Räumen und «Gender», also der sozialen Dimension von Geschlecht, untersucht. Und wir haben einen Spezialisten für zeitgenössische Kunst, der zu Rauminstallationen forscht. Ich selber beschäftige mich mit Gebetsräumen und Sammlungsräumen. Wir alle sind speziell an Überblendungen und Durchdringungen ganz unterschiedlicher Räume und Raumtypen interessiert, also beispielsweise von Ausstellungs- und Wissensräumen, Lebens- und Erinnerungsräumen, die im Einzelnen gar nicht so klar zu trennen sind.

**Beginnen wir mit Räumen, die speziell der Kunst gewidmet sind. Seit wann gibt es dies eigentlich?** Räume, die spezifisch für das Betrachten und für den Umgang mit Objekten konzipiert worden sind, ent-

wickelten sich im Verlauf des 15. Jahrhunderts zunächst an Höfen, später auch bei Kaufmannsfamilien mit internationalen Netzwerken oder Berufsgruppen wie Juristen, Apothekern oder Botanikern. Diese oft kostbar ausgestatteten «Kunstkammern» enthielten einerseits Artefakte wie Gemälde und Kleinskulpturen, andererseits Naturalien. Auch Bücher und Karten sowie optische und mathematische Instrumente waren wichtig, weil es auch Räume von Gelehrten waren. Hier wurde nicht einfach Neues und Kostbares gesammelt, sondern auch Wissen: Objekte aus unbekanntem Ländern, die neue Technologien aufzeigten, Porzellan etwa, aber auch exotische Naturprodukte wie Kokosnüsse, Strausseneier, Muscheln oder Pflanzen.

**Welchen Zweck hatten diese Kunstkammern?**

Herrscher inszenierten damit ihr Wissen und ihre Macht, auch territoriale Macht im Sinne der Aneignung neuer Räume: Indem man Produkte aus anderen Ländern vorzeigen konnte, demonstrierte man, dass man Kontakte oder gar territoriale Ansprüche über diese Gebiete hatte. Im Zeitalter der geografischen Expansion wurde dieser Aspekt besonders wichtig. So machten etwa die Schätze der Azteken, die Hernán Cortéz dem Kaiser Karl V gesendet hatte, auf den Künstler Albrecht Dürer bei seinem Besuch 1520 einen unglaublichen Eindruck: Noch nie habe er so seltsame und wunderliche Dinge gesehen ...

**Waren die Kunstkammern die Vorläufer der heutigen Museen?**

Ja, und zwar sowohl der Kunstmuseen als auch der ethnographischen und naturkundlichen Museen. Damals wurde der Begriff «Kunst» viel breiter

«Kunstkammern waren nicht allein Räume für «Kunst», sondern vor allem auch Orte des Austauschs, der Diskussion und Vernetzung zwischen Künstlern und Wissenschaftlern»

Christine Göttler



verstanden: Man hat vieles dazu gezählt, dessen Produktion spezifische Kenntnisse und handwerkliche Fähigkeiten erforderte – wie eben chinesisches Porzellan, das man im Westen lange vergeblich nachzuahmen versucht hat, was erst im 18. Jahrhundert gelang. Kunstkammern waren nicht allein Räume für «Kunst», sondern vor allem auch Orte des Austauschs, der Diskussion und Vernetzung. In der Frühen Neuzeit waren Künstler und Wissenschaftler in engen Gesprächen miteinander verknüpft, etwa über optische und geometrische Probleme oder komplexe künstlerisch-technische Verfahren. Das wird ja heute wieder aktuell, wo Kunst stärker als Wissenschaft wahrgenommen wird, in der man vermehrt auch mit dem Doktor der Bildenden Künste abschliessen kann.

**In heutigen Kunstmuseen ist der Raum ja oft mehr als einfach der Behälter für Kunst: Gezeigt werden Kunstinstallationen, die in den Raum ausgreifen – ganze Wohnzimmer, Supermärkte oder sogar Swinger-Clubs werden in Museen inszeniert ...**

Dass man Räume in andere Räume verpflanzt, mit denen sie ursprünglich nichts zu tun haben, ist im Grunde nichts Neues: Denken Sie an die Krippen, die den Geburtsort Christi in Kirchen und in den eigenen vier Wänden sozusagen «installieren». Was bei Raumverpflanzungen in der zeitgenössischen Installationskunst geschieht, zeigt die Doktorandin Natalie Keppler am Beispiel von Christoph Schlingensiefel auf. Der Aktionskünstler baute die Kirche seiner Ministrantzeit in Oberhausen detailgetreu nach. Das so entstandene Raumobjekt wurde dann nach Schlingensiefels Tod in den deutschen Pavillon an der letzten Biennale in Venedig eingebaut. Die Kirchenkulisse diente als Kontext und

kinematographischer Raum für sein umfangreiches und interdisziplinäres Werk, und gleichzeitig wurde dieser Raum fast zum Mausoleum. In diesem Zusammenhang ist auch das Projekt der Postdoktorandin Tabea Schindler interessant: Sie untersucht Künstlerräume des 18. und 19. Jahrhunderts. Diese waren gleichzeitig Wohn-, Arbeits- und Ausstellungsräume und wurden nach dem Tod des jeweiligen Künstlers oft zu Erinnerungsräumen, also Mausoleen.

**Private Wohnräume gelten ja im Gegensatz zur öffentlichen Aussenwelt traditionell als weibliche Domäne. War das immer so?**

Nein. Im 15. Jahrhundert spielten Frauen noch eine sehr wichtige Rolle in der Öffentlichkeit. Bei Handwerkerfamilien etwa war es in der Regel die Witwe, die nach dem Tod des Mannes den Betrieb übernahm. Erst nach der Reformation wurden den Geschlechtern zunehmend spezifische Räume zugeteilt – und zwar im Protestantismus wie im Katholizismus. Hier haben wir eine extreme Figur wie Carlo Borromeo in Mailand, der in Kirchen Trennwände einrichten liess, so dass Männer und Frauen vom Eingang her unterschiedliche Räume betraten. In den calvinistischen Niederlanden wiederum haben wir Künstler wie Samuel van Hoogstraten oder Jan Vermeer, die in ihren Gemälden private Interieurs zeigten, die eindeutig «weiblich» konnotiert waren.

**Also ist es noch gar nicht so lange her, dass primär die Frau für ein gemütliches Zuhause zuständig ist?** Erst im Zuge der industriellen Revolution wird die ästhetische Gestaltung von Interieurs klar den Frauen überlassen. In unserem Projekt untersucht die Doktorandin Simone Streibich dies anhand der «Arts and Crafts»-



*«Die Frau musste den realen Innenraum so gestalten, dass er erholsam war – und wurde auch für die Harmonie im <psychischen Innenraum> ihres Ehemanns zuständig.»*

Christine Göttler

Bewegung in England. Ihre Quellen sind neben Gemälden auch populäre Lebensanleitungen aus dem viktorianischen Zeitalter. Hier wurde eine eindeutige Arbeitsteilung postuliert: Der Mann widmet sich dem Beruf, kommt überanstrengt nach Hause und möchte ein Interieur vorfinden, das ihm physische und psychische Erholung vom anstrengenden Berufsleben ermöglicht. Die Frau musste also einerseits den realen Innenraum so gestalten, dass er erholsam war. Andererseits wurde sie auch für die Harmonie im «psychischen Innenraum» ihres Ehemanns zuständig.

#### **Wurden noch andere Möglichkeiten entwickelt, sich Räume für den Rückzug von der hektischen Aussenwelt zu schaffen?**

In Klöstern haben Räume für den persönlichen Rückzug zum Gebet natürlich eine grosse Tradition. Im Zuge des Spätmittelalters bildeten sich auch an Höfen und bei wohlhabenden Kaufleuten und Gelehrten neue Raumtypen aus, die privater und kleiner waren als andere Räume. Diese privaten Andachtsräume waren oft nicht geweiht, also keine Kapellen: Sie dienten zugleich als Schlafräume oder als Studierzimmer, hatten also vielfältige, sich überschneidende Funktionen.

#### **Warum stieg im Spätmittelalter und in der Frühen Neuzeit das Bedürfnis nach Rückzug im Alltag?**

Diese Räume waren einerseits eine Antwort auf das hektische Leben am Hof, wo man nie wusste, woran man war: An einem Tag war man oben, an einem anderen wieder unten. Andererseits entstanden sie, als sich eine neue städtische Elite herausbildete, für die Überbeschäftigung ein Problem wurde: im entstehenden Kapitalismus.

#### **Auf welche Art hat man sich in diesen Räumen konkret erholt?**

Weit verbreitet waren ab dem Ende des 16. Jahrhunderts die geistigen Übungen des Ignatius von Loyola, also des Begründers der Jesuiten. Im Idealfall bestehen sie aus einem vierwöchigen Programm mit asketischen Praktiken: Man fastet, schläft wenig, geis-

selt sich vielleicht sogar. Ziel war die spirituelle Erholung. Schon Ignatius empfahl, dieses Programm an einem abgelegenen Ort fernab des Stadtlärms, abseits von der Familie und vom Alltag, unter Anleitung eines sogenannten Exerzitenmeisters durchzuführen. Doch bereits im 16. Jahrhundert waren viele so eingespannt, dass sie nicht weg konnten – deshalb hat man eben im eigenen Haus einen entsprechenden Raum eingerichtet. Allerdings war auch dies einer Elite vorbehalten.

#### **Also war dieser Ausbruch aus dem Alltag nur für wenige möglich?**

Nein, das Programm wurde sehr flexibel für verschiedenste Zielgruppen angepasst: für Religiöse, für Gelehrte, für Ungelernte, für sehr beschäftigte Leute, für Frauen, für Kranke ... Je nach den individuellen Möglichkeiten beschränkten sich die Exerziten auf wenige Stunden pro Woche. Wer nun keinen realen Rückzugsraum hatte, der errichtete sich diesen in der Imagination. Dazu gab es detaillierte Anweisungen, welche Zufluchtsorte man sich vorstellen konnte. Zu den imaginären Orten des Rückzugs gehörten der Kalvarienberg, die Kreuzigungsstätte Jesu, oder der verlassene Stall der Geburt, aber auch die Wunden des Herrn: Man konnte sich in eine Körperöffnung hinein meditieren. Es sind diese Raumkonstruktionen in der Imagination und ihre Wechselbeziehungen zu realen Bildern und Räumen, die mich interessieren.

#### **Wie hängen denn bei diesem Rückzug in die Einsamkeit Realität und Imagination zusammen?**

Die «Zufluchtsorte» oder Gebetsräume wurden in der Regel mit jener Wildnis und Wüste identifiziert, in die sich Jesus und die frühen Anachoreten zurückzogen, um allein mit Gott zu sein. Ab dem Spätmittelalter wurden Gebetsräume manchmal mit Bildern von Wüstenheiligen ausgestattet oder bemalt, welche die Imagination zusätzlich anregten. Darüber hinaus zirkulierten gedruckte Bilder von Eremiten und Eremitinnen. Diese Bilder versammelten eine Vielfalt unterschiedlicher «Zufluchtsorte» für das Gebet wie Höhlen, hohle Bäume und andere natürliche Behausungen, die ihrerseits an-

dere Bilder und künstlich geschaffene «natürliche Architekturen» anregen. Wälder, Höhlen und Wüsten sind Einsamkeitsorte par excellence, die auch eine gewisse Desorientierung oder Ortlosigkeit mit sich bringen. Die Wüste wird schon in der Bibel und den frühen Väterchriften als ein Hybrid-Raum beschrieben, der sowohl auf Gott hin geöffnet als auch von Dämonen bevölkert war. Denken Sie etwa an die zahlreichen Versuchungen, denen der Eremit Antonius in der Wüste ausgesetzt war und die in der europäischen Kunst von Hieronymus Bosch bis Salvador Dalí zahllose Bilder mit fantastischen Raumkonfigurationen hervorgerufen haben.

**Das «Interior»-Projekt untersucht eine enorme Fülle an Räumen – wir haben jetzt nur einige wenige Beispiele angesprochen. Was hält diese Vielfalt zusammen?**

Im Zentrum stehen die Innenräume selbst, deren Architektur, Ausstattung, Inszenierung und Verwendung. Die Vielfalt unterschiedlicher architektonischer und künstlerischer Strategien im Umgang mit Innenräumen ist in der kultur- und sozialwissenschaftlichen Raumtheorie erstaunlicherweise kaum angesprochen worden. In diesem Sinn hat unser Projekt durchaus Pioniercharakter. Seit dem Projektbeginn vor 14 Monaten konnten wir unsere Sammlung von Innenräumen und Interieurs stetig erweitern; aus dieser Arbeit und durch das intensive Gespräch untereinander und mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ergaben sich neue Fragestellungen zum Raum, die wir in den kommenden Jahren weiter entwickeln werden.

**Und Sie persönlich, in welchen Räumen fühlen Sie sich besonders wohl?**

Ich bevorzuge nach aussen geöffnete Räume, in denen man Geräusche hört – der Stadt, der Menschen oder der Krähen, wie hier in meinem Büro. Und ich benötige auch eine gewisse städtische Kulisse und Szenerie. Also keine einsame Wüste ...

**Kontakt:** Prof. Dr. Christine Göttler, Institut für Kunstgeschichte, [christine.goettler@ikg.unibe.ch](mailto:christine.goettler@ikg.unibe.ch)

## Das Projekt «The Interior»

Der Schweizerische Nationalfonds (SNF) fördert das Forschungsprojekt «The Interior: Art, Space, and Performance (Early Modern to Postmodern)» in den Jahren 2012 bis 2015 mit 1,4 Millionen Franken. Das aus einem Schwerpunkt des Berner Instituts für Kunstgeschichte hervorgegangene Sinergia-Projekt wird an den Universitäten Bern und Köln unter der Leitung von fünf Kunsthistorikerinnen und Kunsthistorikern und einem Theaterwissenschaftler in sechs Teilprojekten durchgeführt. Ausgehend von einem heterogenen und dynamischen Konzept des Innenraums, das sich auf verschiedene Medien, Gattungen und Kontexte bezieht, werden neue Fragestellungen formuliert, wie sie gegenwärtig die Kunst- und Architekturgeschichte, die Theaterwissenschaft und die Bildwissenschaften beschäftigen. Die einzelnen Forschungsprojekte behandeln reale, fiktive und virtuelle Räume. Mit Sinergia-Projekten will der SNF «kleine Netzwerke fördern, wo ein synergetischer Ansatz nötig ist, um in vielversprechende neue Forschungsgebiete vorzudringen, komplexe wissenschaftliche Fragestellungen anzugehen oder bahnbrechende Erkenntnisse zu gewinnen». Es ist selten, dass ein einzelnes Institut so viel Fördergeld zugesprochen erhält.

### Dies sind die einzelnen Teilprojekte:

- Prof. Dr. Birgitt Borkopp-Restle: «Mit köstlichen tapetereyen und anderer herrlicher zier» – Interiors for Court Festivals and Ceremonies
- Prof. Dr. Christine Göttler: The Art and Visual Culture of Solitude: Interiority and Interior Spaces in Post-Tridentine Europe
- Prof. Dr. Norberto Gramaccini: Constructions of the Feminine Interior
- Prof. Dr. Peter W. Marx (Köln): The Stage as Scena Mundi: Narration, Performance and Imagination
- Prof. Dr. Bernd Nicolai, Asst. Prof. Dr. Wendy Shaw: Heterotopian Spaces: Public, Semi-public and Non-public Interiors in Contemporary Architecture, 1970–2010
- Prof. Dr. Peter J. Schneemann: Anagrammatic Spaces: Interiors in Contemporary Art

Weitere Informationen: [www.interior-unibe.ch](http://www.interior-unibe.ch)

**Christine Göttler** (1952) ist seit 2009 Professorin für Kunstgeschichte der Neuzeit an der Universität Bern. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Kunst, Wissenschaften und Handel im Europa der Frühen Neuzeit; Kunst und visuelle Kultur in den spanischen Niederlanden; Bildkünste in Rom, Genua und Neapel; Kunst der Jesuiten; Peter Paul Rubens; frühe niederländische Malerei; Geschichte und Theorie neuzeitlicher Sammlungen sowie Theorie und Historiographie künstlerischer Medien, Materialien und Techniken.

### UniPress Gespräch als Podcast

Sie können dieses Gespräch auch hören. Den Podcast finden Sie auf [www.unipress.unibe.ch](http://www.unipress.unibe.ch) unter «Download».

## Pendlerin zwischen verschiedenen Welten

Sie ist jung, schnell, mehrsprachig und engagiert. Aber mit dem Begriff «hochbegabt» hat sie Mühe. Veronica Schärer studiert Betriebswirtschaftslehre an der Universität Bern und wird durch das Begabtenprogramm der Schweizerischen Studienstiftung gefördert.

Von Marcus Moser

Veronica Schärer liebt Vorlesungen, sie braucht «Inputs», möglichst viele. Und weil sie diese Inputs sofort verarbeite, sei sie eigentlich ständig unter Strom und habe einen konstant hohen Adrenalinpegel, erklärt die junge Frau. Genau darum ist ihr die Grosse Schanze so wichtig. Genau darum nimmt sie nach den Vorlesungen gerne ihren Rollkoffer, ihr fahrendes Büro, schlendert aus dem Hauptgebäude der Universität und stellt sich auf der Grossen Schanze ganz vorne ans Geländer. Und schaut. Sie schaut auf die Berge, sie schaut aufs Bundeshaus: «Das Bundeshaus gibt mir Sicherheit, ich bin sehr stolz auf die Schweiz.»

Sicherheit? Das Bundeshaus? «Hier in der Schweiz kann man sich Gehör verschaffen und Vertrauen in die Behörden haben.» Veronica Schärer erzählt zur Illustration von ihrer mexikanischen Grossmutter, die nach einem Überfall in Mexiko-Stadt eine Polizeistelle aufsuchte und Schmiergelder zahlen sollte, damit überhaupt eine Anzeige aufgenommen würde. Mexiko ist wichtig für Veronica Schärer – und die Differenz der Lebensweisen dort und hier mit ein Schlüssel fürs Verständnis ihrer Persönlichkeit.

Die Eltern lernten sich beim Architekturstudium an der Universidad Nacional Autónoma de Mexiko (UNAM) kennen. Die Mutter – eine Mexikanerin mit spanischen Wurzeln, der Vater – ein mexikanisch-schweizerischer Doppelbürger, dessen Eltern ausgewandert waren. Nach Studienende verliess das junge Paar Mexiko und kam in die Schweiz. Veronica Schärer wurde zwar hier geboren. Aber sie kennt die andere Heimat ihrer Familie und war selber über zwanzig Mal in Mexiko und den umliegenden Ländern.

Frau Schärer, welches sind Ihre Stärken? «Ich bin kreativ, schreibe gerne und mag die Improvisation am Klavier. Ich



analysiere gerne und schätze Zahlen. Ich diskutiere gern und kann mich gut ausdrücken. Ich bin ausdauernd und diszipliniert.» Form und Inhalt stimmen. Die Antworten kommen nicht hastig, aber bestimmt. Veronica Schärer hat schon viele Bewerbungs- und Vorstellungssituationen erlebt; sie weiss, wie sie sich präsentieren kann. Die Schwächen? «Die Meisten stellen ihre Schwächen ja lieber als Stärken dar. Also: Manchmal bin ich zu exakt». Kurze Pause. «Ich bin ein wenig ein Kontrollfreak.» Wir lachen beide.

Sprache ist ihr wichtig. Besser: Sprachen sind ihr wichtig. Die Matura hat sie zweisprachig absolviert, in Englisch und Deutsch. Und auch Französisch beherrscht Schärer auf Niveau B2. «Da fehlt jetzt noch C2», erklärt die Vielsprachige, «aber nicht mehr lange.» Auch das glaubt man ihr aufs Wort. Mit ihrer Mutter spricht Veronica Schärer ausschliesslich spanisch. Eine andere Leidenschaft ist das Schreiben. Obwohl sie gelegentlich als freie Mitarbeiterin bei einer Zeitung arbeitet, zieht sie fiktionale Texte dem Journalismus vor. Und hat Erfolg: Bereits 2006 wurde sie ausgezeichnet; seit 2012 ist sie eine Geförderte des Aargauer Literaturhauses.

Frau Schärer, sind Sie eine Streberin? «Nein, ich habe einfach Freude am Lernen.» Und diese Freude – am Lernen und an Sprache – versucht sie als Lehrerin zu vermitteln. Sie hat selbständig ein Kursmodul in Arbeitstechnik entwickelt und bietet an einer Privatschule seit 2010 Lerntrainings für Schüler aller Stufen an. Das Pensum beträgt rund 40 Prozent, Schärer absolviert es neben ihrem Vollzeitstudium. Das macht die Tage voll. Veronica Schärer schildert ihren Tagesablauf unaufgefordert: morgens Universität, nachmittags Unterricht, abends Sport. Ohne Rollkoffer wären die nötigen Utensilien nicht zu transportieren.



Ihr Engagement zur Vermittlung und Unterstützung dauert bereits länger: Ab 2004 erteilte Veronica Schärer beim Sozialdienst ihrer Wohngemeinde Förderunterricht für Kinder aus benachteiligten Familien.

«Ich selber bin sehr behütet aufgewachsen und wurde immer unterstützt», sagt Schärer. «Ich habe bald bemerkt, dass es auch anders sein kann.» Christliche Werte spielten und spielen bei Veronica Schärer eine wichtige Rolle. Sie bezeichnet sich selber als kritische Katholikin und ist begeistert von Abt Martin Werlen. Dass der neue Papst aus Südamerika stammt, freut sie, aber sie glaubt nicht, dass deshalb bestimmte Traditionen automatisch ändern.

Frau Schärer, sind Sie hochbegabt? «Ich mag das Wort hochbegabt nicht. Ich bin hochoffen und hochmotiviert.» Die Antwort kommt erstaunlich dezidiert. Es war der Prorektor des Gymnasiums, der die Hochoffene der Schweizerischen Studienstiftung als Kandidatin empfahl. «Die Assessments waren sehr spannend», strahlt Schärer, «es gab drei einstündige Interviews.» Das Thema der obligatorischen Präsentation wählte sie aus «strategischen Gründen» ausserhalb ihres Fachgebiets: In-vitro-Fertilisation – statt irgendein Thema aus der Betriebswirtschaftslehre. Der Ausgang bestätigte die gewählte Strategie.

Frau Schärer, sind Sie schon mal gescheitert? «Klar, das ist bei meinen hohen Erwartungen normal.» Die Antwort verblüfft kurz, ist aber letztlich konsequent. Sie ist tatsächlich bei einer Uniprüfung durchgefallen; Thema «Bilanzierung». «Ich war zeitlich etwas eng drin und habe gepokert», meint Schärer mit einem Achselzucken. Auf den zweiten Durchgang hat sie sich dann vorbereitet und die Prüfung mit der Höchstnote bestanden. «Das ist meine Art. Manchmal provoziere ich solche Dinge, weil ich meine Grenze suche. Das ist natürlich ein Risiko, aber daran kann man wachsen.» Dixit Veronica Schärer.

Frau Schärer, hat für Sie die Hochbegabung – pardon – Hochmotivation auch Nachteile? «Erfolg ist ein zweischneidiges Schwert. Es gibt Anerkennung und Vorteile. Gleichzeitig widerspricht persönlicher Erfolg den hier in der Schweiz verbreiteten Vorstellungen von Gleichheit», sagt Veronica Schärer. «Tritt der Erfolg jedoch verbunden mit Bescheidenheit auf, dann geht es.» Sie achtet darauf, eine Balance zwischen den beiden Merkmalen zu finden.

Glaubt man der verbreiteten Literatur, ist es nicht leicht, hochbegabt zu sein. Mit überragenden Fähigkeiten ausgezeichnete Personen haben oft Mühe: Sie sind zu schnell, zu aufnahmefähig, zu motiviert, zu veränderungsbedürftig, zu rebellisch – jedenfalls für ein Normalumfeld. Vielleicht liegt es daran, dass Veronica Schärer ausgeprägte Pfeiler der Stabilität um sich herum aufgebaut hat: Die Beziehung zu ihrer Mutter ist innig; mit ihrem Freund und Verlobten ist sie seit Jahren zusammen; die Gruppe der besten Freundinnen trifft sich regelmässig. Und in der Gruppe der Studienstiftler kann sie ungeniert sein, was sie ist. Begabt eben.

Seit Mai 2011 wird die Hochmotiverte von der Schweizerischen Studienstiftung unterstützt. Regelmässige Teilnahmen an den angebotenen «Intellectual Tools», den Sommerakademien, Workshops und Fördererevents bezeugen im CV die Breite von Schärers Interessen. Überhaupt: dieses Curriculum – perfekt. Nur etwas findet man nirgends: ihr Geburtsjahr. Tatsächlich ist sie jünger, als all die Aktivitäten vermuten lassen würden. Veronica Schärer hat das Geburtsdatum weggelassen – aus strategischen Gründen.

*Veronika Schärer, Studentin der Betriebswirtschaftslehre, veronica.schaerer@yahoo.com*

**Isabelle Stadelmann-Steffen, Prof. Dr.**, geboren 1979, hat an den Universitäten Bern und Genf Politikwissenschaft und Volkswirtschaft studiert und in Bern doktort. Postdoc-Stipendium des Schweizerischen Nationalfonds an der Universität Konstanz und am European University Institute in Florenz. Projektmitarbeiterin an der «Forschungsstelle Bürgerschaftliches Engagement und Sozialkapital» der Universität Konstanz. Seit 2011 Assistenzprofessorin für Vergleichende Politik an der Universität Bern. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die vergleichende Wohlfahrtsstaatsforschung und individuelles Verhalten, soziale Ungleichheit, zivilgesellschaftliches Engagement und Schweizer Politik.

*Die hier geäußerte Meinung muss nicht der Auffassung von Redaktion oder Universitätsleitung entsprechen.*



## Macht direkte Demokratie wirklich glücklich?

Von Isabelle Stadelmann-Steffen

Die Schweiz ist berühmt für ihre direkte Demokratie. In keinem anderen Land hat die Bevölkerung auf nationaler Ebene die Möglichkeit, sich zu so vielen wichtigen und unwichtigeren Sachfragen direkt an der Urne zu äussern. Die direkte Demokratie ist Teil der schweizerischen politischen Kultur und ist deshalb nicht wegzudenken. In Umfragen geben über 80 Prozent der Schweizerinnen und Schweizer an, dass direkte Demokratie eine gute Art sei, politische Entscheide zu treffen.

Vor dem Hintergrund dieser überaus positiven öffentlichen Meinung erstaunt es wenig, dass Bruno S. Frey und Alois Stutzer auf offene Ohren stiessen, als sie vor gut zehn Jahren die These präsentierten, dass direkte Demokratie nicht nur eine Reihe politischer und demokratiebezogener Vorteile habe, sondern eine viel umfassendere positive Wirkung mit sich bringe. Aus einem Vergleich der 26 Kantone schlussfolgerten sie: Direkte Demokratie macht die Leute glücklich! Diese «Happiness-These» erhielt auch international grosse Aufmerksamkeit und gehört heute zu den am häufigsten zitierten Befunden der Forschung zu direkter Demokratie.

Frey und Stutzer führen die höhere Lebenszufriedenheit – ihr Indikator für individuelles Glück – in stark direkt-demokratischen Kantonen auf zwei Faktoren zurück. Erstens erhöhe die direkte Demokratie die Kontrolle über den politischen Prozess, weshalb die politischen Ergebnisse näher an den Präferenzen der Bevölkerung lägen. Die damit verbundene Zufriedenheit mit den demokratischen Resultaten steigere auch das persönliche Glücksgefühl. Zweitens erhöhe die pure Tatsache, dass Bürgerinnen und Bürger direkt am politischen Prozess teilnehmen können, deren Lebenszufriedenheit.

In unserem kürzlich erschienen Artikel unterziehen wir die «Direkte Demokratie macht glücklich»-These einem doppelten Test: einem theoretischen und einem empirischen. Unsere Kritik an Frey und Stutzer zielt auf eine zentrale, von den Autoren nie diskutierte oder gar überprüfte Annahme: Zufriedenheit mit der Demokratie, beziehungsweise mit den politischen Ergebnissen, führt quasi automatisch zu glücklicheren Individuen. Wir argumentieren, dass dieses Fundament der «Happiness-Hypothese» nicht sonderlich stabil ist. Anschliessend an die bestehende Zufriedenheitsforschung muss vielmehr angenommen werden, dass Lebenszufriedenheit und Demokratiezufriedenheit zwar verwandte, aber teilweise unabhängige Aspekte individueller Zufriedenheit darstellen.

Im Grunde besteht die «Happiness-Hypothese» nach Frey und Stutzer aus zwei zu überprüfenden Teilhypothesen: Erstens soll direkte Demokratie zu einer höheren Demokratiezufriedenheit führen, und zweitens wird dann erwartet, dass eine gesteigerte Demokratiezufriedenheit mit mehr persönlichem «Glück» verbunden ist. Die empirische Umsetzung unserer theoretischen Kritik anhand von Umfragedaten aus allen 26 Kantonen zeigt, dass das Fundament der «Direkte Demokratie macht glücklich»-These in der Tat in sich zusammenfällt. Zunächst gibt es keinen Hinweis darauf, dass Demokratiezufriedenheit und Lebenszufriedenheit eng aneinander gekoppelt wären. Erst recht nicht haltbar ist die Annahme, dass Erstere die Letztere in irgendeiner Weise zu steigern vermag. Zweitens ergibt sich in unserem erweiterten Modell kein statistisch relevanter Zusammenhang zwischen direkter Demokratie und «Happiness». Wenn direkte Demokratie überhaupt individuelle Zufriedenheit

beeinflusst, dann betrifft dies den engeren Bereich des Politischen. In der Tat sind Individuen, die in einem Kanton mit häufigen Volksabstimmungen leben, systematisch zufriedener mit dem Funktionieren der Demokratie als Bürgerinnen und Bürger in Kantonen mit weniger ausgeprägter Nutzung direktdemokratischer Verfahren.

Die Befunde erklären also einerseits den guten Ruf und die Bedeutung der direkten Demokratie in der Schweiz. Offensichtlich besteht ein Zusammenhang zwischen der Verwendung direktdemokratischer Instrumente und einer positiven Wahrnehmung des demokratischen Prozesses. Andererseits deutet unsere Arbeit darauf hin, dass überhöhte Erwartungen an die direkte Demokratie nicht angebracht sind. Sie ist eben nicht einfach die «bessere» Art von Demokratie, sondern als grundsätzlich gleichwertige Alternative zur rein repräsentativen Demokratie zu sehen: Während die direkte Demokratie der Bevölkerung viel Macht bei Sachfragen zuspricht und Wahlen deshalb relativ unwichtig macht, wird in einer rein repräsentativen Demokratie der Einfluss der Bürgerinnen und Bürger bei Wahlen maximiert. Mag sein, dass das Modell der direkten Demokratie besonders gut und passend ist für die Schweiz, doch sie ist kein Heilmittel für alles Mögliche. Glück, etwa, ist in erster Linie ein individuelles Phänomen, dass sich nicht durch mehr oder weniger direkte Demokratie generieren lässt.

**Artikel:** [Link unter www.ipw.unibe.ch](http://www.ipw.unibe.ch) → Professuren → Vergleichende Politik → Aktuelle Publikationen

**Kontakt:** Prof. Dr. Isabelle Stadelmann-Steffen, Institut für Politikwissenschaft, [isabelle.stadelmann@ipw.unibe.ch](mailto:isabelle.stadelmann@ipw.unibe.ch)





**Zum Umgang mit Konvertiten**

Ein Religionswechsel führt zu folgenreichen Veränderungen im Lebenslauf von Menschen. 43 Studien aus Europa, Asien, Afrika und Amerika beleuchten verschiedene Aspekte der Konversionsproblematik. Nebst dem Christentum wird auch der Umgang mit Religionswechseln in islamisch geprägten Gesellschaften, im Hinduismus und in religiösen Traditionen Chinas untersucht.

**Religiöse Grenzüberschreitungen / Crossing Religious Borders**

Studien zu Bekehrung, Konfessions- und Religionswechsel / Studies on Conversion and Religious Belonging.

Christine Lienemann-Perrin, Wolfgang Liemann (Hrsg.) – 2012, 956 S., geb., Harrassowitz GmbH & Co., ISBN 978-3-447-06795-9



**Gesellschaft im Wettbewerb**

Das für unseren Alltag prägende Phänomen des Wettbewerbs wurde als wissenschaftliches Thema bislang der Ökonomie überlassen. In diesem Buch analysiert nun ein Soziologe vier Bereiche, respektive Märkte und die dort herrschenden Praktiken: Bildung, Finanzmärkte, Sport (Doping) und die Liebe (Onlinedating). Darauf aufbauend denkt der Autor über die Bedingungen guter Lebensführung in einer Wettbewerbsgesellschaft nach.

**Soziologie des Wettbewerbs**

Eine kultur- und wirtschaftssoziologische Analyse der Marktgesellschaft.

Dietmar J. Wetzel – 2013, 246 S., Softcover, Reihe: Wirtschaft und Gesellschaft, Springer VS, ISBN 978-3-658-01061-4

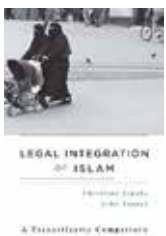


**Die Judenverfolgung in Osteuropa**

Als Gasteditorin hat die Berner Historikerin Marina Cattaruzza ein Themenheft zu Antisemitismus und Holocaust in Ostmitteleuropa mit herausgegeben. Die neuen Forschungsperspektiven umfassen unter anderem die antisemitische Wende in Ungarn und Rumänien 1907, der Holocaust in Rumänien unter dem Diktator Ion Antonescu sowie die Judenverfolgung 1939 bis 1944.

**Anti-Semitism and the Holocaust in East Central Europe**

New Research Trends and Perspectives. Marina Cattaruzza, Constantin Iordachi (Hrsg.) – 2012, 169 S., Special Issue aus «East Central Europe», Bd. 39/1, Brill, Leiden/Boston, ISSN 0094-3037



**Integration des Islam im Westen**

Der Status des Islams in westlichen Gesellschaften ist umstritten, insbesondere in der Politik. Die Analyse von vier liberalen Demokratien – Frankreich, Deutschland, Kanada und den USA – zeigt auf, wie diese Länder den Umgang mit dem Islam und Muslimen auf gesetzlicher Ebene regeln. Dabei widerlegen die Autoren die weit verbreitete Vorstellung, dass die institutionellen Integrationsbarrieren in Europa höher seien als in Übersee.

**Legal Integration of Islam**

A Transatlantic Comparison. Christian Joppke, John Torpey – 2013, 224 S., gebunden, Harvard University Press, ISBN-10 0-674-07284-7, EAN 9780674072848



**Die Sinne in der Religion**

Sinneseindrücke und Wahrnehmungen spielten eine zentrale Rolle bei Veränderungen der Religion – wie etwa der Reformation – im Europa der Frühen Neuzeit. Bezogen auf die Sinne werden in diesem von der Kunsthistorikerin Christine Göttler mitherausgegebenen Sammelband die Schnittpunkte der Religion mit den Bereichen Kunst, Literatur und Musik, Essen und Geruch sowie Wissenschaft und Medizin behandelt.

**Religion and the Senses in Early Modern Europe**

Wietse de Boer, Christine Göttler (Hrsg.) – 2012, 520 S., gebunden, Intersections, Bd. 26, Verlag Brill, ISBN 13 9789004236349, ISBN 10 9004236341



**Was ist nachhaltiger Konsum?**

Dieser Bericht gibt einen Überblick über wichtige Akteure im internationalen politischen Diskurs rund um den nachhaltigen Konsum. Damit beleuchtet er das grössere politische Umfeld dieses Themas. Die Leitfragen sind, welches Verständnis von Nachhaltigkeit die einzelnen Akteure haben und welche Leistungen sie erbringen.

**Der politische Diskurs zu Nachhaltigkeit im Konsum**

Eine Zusammenstellung wichtiger Stationen, Akteure und Leistungen. Arthur Mohr – 2012, 107 S., broschiert, Reihe: Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 5, Schriftenreihe der Interfakultären, Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), Uni Bern

## Impressum

UniPress 157 Juni 2013 / 37. Jahrgang  
Forschung und Wissenschaft an der Universität Bern  
**Herausgeberin:** Abteilung Kommunikation  
**Leitung:** Marcus Moser

**Redaktion:** Marcus Moser (mm) (marcus.moser@kommunikation.unibe.ch); Timm Eugster (te) (timm.eugster@kommunikation.unibe.ch)

**Mitarbeit:** Julia Gnägi (julia.gnaegi@kommunikation.unibe.ch); Sandra Flückiger (sandra.flueckiger@kommunikation.unibe.ch)

### **Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe:**

Kathrin Altwegg (kathrin.altwegg@space.unibe.ch); Willy Benz (willy.benz@space.unibe.ch); Sylviane Blum (sylviane.blum@csh.unibe.ch); Martin Jutzi (martin.jutzi@space.unibe.ch); Kaspar Meuli (kaspar.meuli@oeschger.unibe.ch); Oliver Mühleemann (oliver.muehleemann@dcb.unibe.ch); Antoine Pommerol (antoine.pommerol@space.unibe.ch); Isabelle Stadelmann-Steffen (isabelle.stadelmann@ipw.unibe.ch); Erich Schwarz (erich.schwarz@wti.org); Nicolas Thomas (nicolas.thomas@space.unibe.ch);

### **Bildnachweise:** Titelbild, Seiten 9 und 14:

© Universität Bern, Foto Thomas Wüthrich  
Seiten 1 und 6: © Abt. WP Physikalisches Institut Uni Bern

Seiten 3 und 22: © Abt. WP Physikalisches Institut Uni Bern, Foto Yoshiko Kusano

Seiten 4, 5, 17, 18, 24 und 26: © ESA

Seite 8 linkes Bild: © ESA; rechtes Bild: © CSH Uni Bern, Foto Rudolf Steiner

Seite 10: © Martin Jutzi, CSH, Uni Bern/ Pascal Coderay, EPFL

Seite 11: © CSH Uni Bern

Seite 12: © CSH Uni Bern, Foto Sylviane Blum

Seite 13: Wikimedia Commons

Seite 15: © Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: Gerald F. Joyce, The antiquity of RNA-based evolution. Nature Vol. 418: 214–221, Issue 6894, copyright Jul 11, 2002

Seite 19: © NASA/Uni Arizona/Uni Bern

Seite 21: © Manu Friederich

Seiten 23 und 25: © Swiss Space Center, EPFL

Seite 29: © WTI, Uni Bern, Christine Kreis (links);

Prince Eno Bassey (rechts)

Seite 31: © Archiv OCCR, Uni Bern (links);

Annette Boutellier (rechts)

Seiten 33, 34, 36 und 37: © Adrian Moser

Seite 38: © Institut für Politikwissenschaft, Uni Bern

Seite 40: © Nathalie Matter

**Gestaltung:** 2. stock süd, Biel

(mail@secondfloorsouth.com)

**Layout:** Patricia Maragno (patricia.maragno@kommunikation.unibe.ch)

### **Redaktionsadresse:**

Abteilung Kommunikation der Universität Bern  
Hochschulstrasse 4

CH-3012 Bern

Tel. 031 631 80 44

Fax 031 631 45 62

unipress@unibe.ch

### **Anzeigenverwaltung:**

Stämpfli Publikationen AG

Postfach 8326

CH-3001 Bern

Tel. 031 300 63 88

Fax 031 300 63 90

insetrate@staempfli.com

**Druck:** Stämpfli Publikationen AG, Bern

**Auflage:** 13 500 Exemplare

Erscheint viermal jährlich,

nächste Ausgabe September 2013

**Abonnement:** UniPress kann kostenlos abonniert

werden: Stämpfli Publikationen AG, Abonnements-

Marketing, Postfach 8326, CH-3001 Bern,

Tel. 031 300 63 42, Fax 031 300 63 90,

E-Mail: abonumente@staempfli.com



Vorschau Heft 158

## PLANEN UND BAUEN FÜR DIE BILDUNG

In den nächsten Monaten ist es soweit: Rund 800 Mitarbeitende und 4500 Studierende der PHBern und Universität Bern beleben das neue Hochschulzentrum von Roll. Ein Meilenstein in der räumlichen Entwicklung der Universität. Neue Ausbildungsmodelle, steigende Studierendenzahlen oder veränderte Anforderungen an Forschungsinfrastrukturen fordern flexible, vorausschauende Lösungen. UniPress wirft einen Blick hinter die Mauern und in die Pläne.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck von Artikeln mit Genehmigung der Redaktion.



No. 01-13-185925 – www.myclimate.org  
© myclimate – The Climate Protection Partnership

# Werden Sie Mitglied im Alumni Netzwerk der Universität Bern

Alumnitag am Samstag, 14. September

Programm unter: [www.alumni.unibe.ch](http://www.alumni.unibe.ch)

Das Alumni-Netzwerk der Universität Bern vereint die Dachorganisation Alumni UniBE und die über zwanzig Alumni-Fachvereinigungen. Es stärkt die aktive Verbundenheit zwischen der Universität und ihren Ehemaligen, vernetzt Wissen und schafft Kontakte für die berufliche Karriere.

TRETEN SIE UNSEREM NETZWERK BEI, UM ...

- Kontakt zu Ihren Kolleginnen und Kollegen aus der Studienzeit zu halten
- Aktuelles aus der Universität zu erfahren
- von unseren Vergünstigungen und Dienstleistungen zu profitieren
- an unseren Alumni-Treffen wichtige Kontakte zu knüpfen
- Ihr Wissen in den Social Communities des Alumni-Webportals einzubringen
- durch die E-Mail-Forwarding-Adresse «[@alumni.unibe.ch](mailto:@alumni.unibe.ch)» verbunden zu bleiben

REGISTRIEREN SIE SICH UNTER: [www.portalalumni.unibe.ch](http://www.portalalumni.unibe.ch)

Geschäftsstelle Alumni UniBE  
Hochschulstrasse 4  
CH - 3012 Bern  
Tel. +41 31 631 52 40  
E-Mail: [office@alumni.unibe.ch](mailto:office@alumni.unibe.ch)  
[www.alumni.unibe.ch](http://www.alumni.unibe.ch)

**u<sup>b</sup>**

**b**  
**UNIVERSITÄT**  
**BERN**



Günstiger  
lesen im  
Studenten-  
Abo!

**Studieren ohne Scheuklappen:  
«Der Bund»-Jahresabo für nur CHF 269.40  
«Der Bund»-ePaper-Jahresabo für nur CHF 221.40**

Bestellen unter 031 330 32 36 oder per E-Mail  
[markus.schaerer@espacemedia.ch](mailto:markus.schaerer@espacemedia.ch)

Gültig bis 31.12.2013 nur mit gültiger Legi.

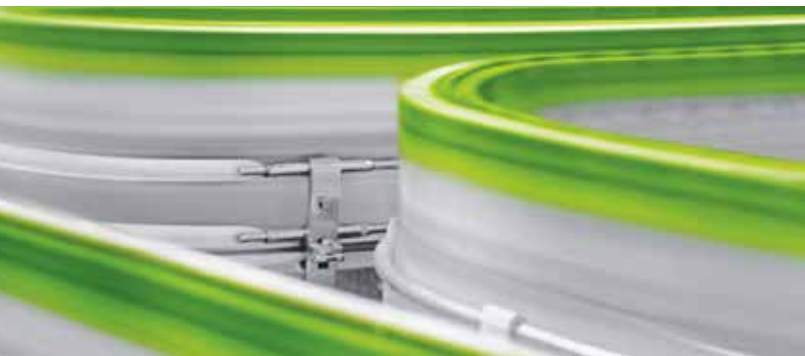


Für Leser.

# ILMAC<sup>==</sup>

Competence in Process and  
Laboratory Technology

24. bis 27. September 2013 | Messe Basel | [www.ilmac.ch](http://www.ilmac.ch)



Fokussiert auf Ihren Erfolg: Die ILMAC präsentiert wie keine andere Messe alle industriellen Anwendungen innerhalb der Prozess- und Labortechnologie – und das im Kerngebiet der pharmazeutischen und chemischen Industrie Europas. Hier treffen Anbieterkompetenz auf Kundenkompetenz und Innovation auf Nachfrage. Jetzt vormerken!