

Was man so alles messen kann...

Vier Beispiele aus der Forschung

Die Lüge. Üble Gerüche. Die Urheberschaft von Texten. Es ist schon verblüffend, was man so alles messen kann – oder zumindest zu messen versucht. Hier einige Beispiele.

Haben Sie Vorurteile gegenüber Schwarzen? Verabscheuen Sie insgeheim Homosexuelle? Sind Ihnen Menschen ohne Behinderungen lieber als Behinderte? Wer die verborgenen Tiefen seiner Psyche ausloten möchte, sollte an den Tests des „project implicit“ teilnehmen (implicit.harvard.edu). Denn auch, wenn die meisten Menschen die Fragen oben wohl mehr oder weniger strikt verneinen würden: Die dort ermittelten Ergebnisse sprechen häufig eine ganz andere Sprache.

Lässt sich Lügen messen? „Nein, das geht nicht“, sagt Dr. Alexander Schmidt von der Abteilung für Sozial- und Rechtspsychologie. „Manchmal sagt unser Bauch jedoch etwas anderes als unser Kopf. Und diese Diskrepanz kann man aufdecken.“ Das „project implicit“ nutzt dazu eine Methode namens 'Impliziter Assoziations-Test' (IAT). Am Bildschirm erscheinen beispielsweise in zufälliger Folge Gesichter von Schwarzen oder Weißen. Dazwischen sind Begriffe wie „Liebe“, „Bombe“, „böse“ oder „glücklich“ eingestreut. Der Teilnehmer soll nun Gesichter und Begriffe per Tastendruck nach links oder rechts sortieren.

Die meisten Menschen haben mit dieser Aufgabe kaum Probleme, wenn sie schwarze Gesichter und negative Begriffe derselben Seite zuordnen müssen. Wenn sie dagegen schwarze Gesichter nach links sortieren sollen, Wörter wie „Bombe“ oder „böse“ jedoch nach rechts, sind sie langsamer und machen mehr Fehler. Mehr als 70 Prozent aller bisherigen Teilnehmer zeigten diese Auffälligkeit. Der Test interpretiert das als automatische Präferenz für Weiße. „Wenn man dieselben Personen zu ihrer Einstellung gegenüber Schwarzen befragt hätte, hätte das Ergebnis wahrscheinlich ganz anders ausgesehen“, vermutet Schmidt. „Wir neigen dazu, das anzukreuzen, was sozial erwünscht ist.“

Andererseits korrigieren wir vielleicht auch unbewusst Empfindungen, die wir selbst nicht für gut halten: Mal angenommen, nachts kommt uns auf einer menschenleeren Straße ein Obdachloser entgegen. Unsere Füße wollen uns automatisch auf die andere Straßenseite führen. Doch halt, denken wir, das ist doch ein armer Tropf. Also gehen wir weiter und werfen ihm womöglich noch einen freundlichen Gruß zu. Hätten wir dagegen in derselben Situation gerade mit dem Handy telefoniert, hätten wir wahrscheinlich die Straßenseite gewechselt: Uns wären nicht mehr genügend kognitive Kapazitäten geblieben, um gegen diesen Impuls anzukämpfen.

Kopf oder Bauch – wer lügt?

Psychologen sehen sich häufig mit der Schwierigkeit konfrontiert, dass ihre Probanden nicht ihre „wirklichen“ Einstellungen zu Protokoll geben. „Wobei sich die Frage stellt, ob der erste Impuls tatsächlich immer ‚wahrhaftiger‘ ist als das, was unser Kopf daraus macht“, gibt Schmidt zu bedenken. Gerade den Einfluss der „sozialen Erwünschtheit“ wollen Forscher jedoch meist ausblenden. Schmidts Kollege Roland Imhoff hat kürzlich beispielsweise eine Studie zu antisemitischen Neigungen durchgeführt. Bei einem solchen Thema, zumal in Deutschland, ist nicht auszuschließen, dass Teilnehmer ihre Angaben schönen.

Imhoff hätte seine Probanden natürlich an einen Lügendetektor anschließen können. „Doch diese Geräte messen ja letztlich nicht die Lüge, sondern physiologische Stressreaktionen“, betont er. Ein abgebrühter Lügner besteht einen solchen Test daher womöglich mit Bravour. Andere Menschen bekommen schon aufgrund der bloßen Tatsache schwitzige Hände, dass sie an einen Lügendetektor angeschlossen wurden. Imhoff hat daher mit einem „gefaketen“ Lügendetektortest gearbeitet: „Wir haben unsere Probanden verkabelt, aber in Wirklichkeit nichts gemessen. Dennoch mussten die Teilnehmer annehmen, dass ihre Täuschungsversuche auffallen würden.“ Dieser Ansatz nennt sich in der Forschungsliteratur „bogus pipeline“.

In Imhoffs Fall scheint er funktioniert zu haben: Im „bogus pipeline“-Experiment gaben seine Probanden viel höhere Antisemitismus-Werte zu Protokoll als unverkabelt.

Gesucht: Anonymus

Jan Seifert möchte der Lüge mit anderen Methoden auf die Schliche kommen. Der promovierte Germanist arbeitet gelegentlich als Gutachter: Er „misst“ gewissermaßen die Urheberschaft von Texten, die niemand geschrieben haben möchte. „Wobei das Wort ‚messen‘ eine Exaktheit suggeriert, die wir mit unseren Methoden nicht gewährleisten können“, relativiert er. Daher wehrt sich Seifert auch gegen den Begriff „sprachwissenschaftlicher

► Die forensische Linguistik versucht, in anonymen Schreiben Hinweise auf ihren Verfasser zu finden.



Foto: projekt.quartett

Fingerabdruck“, den der Kölner Linguist Raimund Drommel in der Barschel-Affäre geprägt hatte.

Der Kieler Ministerpräsident Uwe Barschel war Ende der 1980er Jahre in die Schlagzeilen geraten. Ihm wurde vorgeworfen, eine Verleumdungskampagne gegen seinen Herausforderer Björn Engholm initiiert zu haben. Nach dem Tode Barschels im Oktober 1987 tauchte ein Brief auf, der angeblich aus seiner Feder stammte. Dem Schreiben nach war der damalige CDU-Landesvorsitzende Gerhard Stoltenberg von Anfang an Mitwisser der Verleumdungskampagne gewesen. Im Nachhinein stellte sich der Brief als Fälschung heraus – trotz der „signifikanten Übereinstimmungen“ zum Schreibstil Barschels, die Drommel festgestellt haben wollte.

So sehr der Name „forensische Linguistik“ die Phantasie von Krimilesern beflügeln mag – wirklich „beweisen“ kann die Disziplin nichts. „Inzwischen steht sie jedoch auf einer festen empirischen Grundlage“, betont Jan Seifert. „Daher können die Gutachten oft auch tatsächlich wertvolle und gewichtige Indizien zur Urheberschaft eines Textes geben.“ Es gibt verschiedene Spuren, denen ein „linguistischer Detektiv“ nachgehen kann. Auffällig sind beispielsweise regionalspezifische Ausdrücke. So kann der Gebrauch des Wortes „Sonnabend“ statt „Samstag“ darauf hindeuten, dass der Autor aus Norddeutschland stammt. Andere Merkmale sind eher individuelle Vorlieben: Ob der Anonymus Kausalsätze mit „da“ oder „weil“ beginnt, ob er „des Erfolges“ schreibt oder „des Erfolgs“, ob er den „11. Januar“ in voller Länge aufs Papier bringt oder schlicht zum „11.1.“ kürzt oder ob er zu bestimmten charakteristischen Fehlern neigt. „Je mehr Merkmale man auswertet, desto sicherer ist das Ergebnis“, sagt Seifert. „Das gilt insbesondere, wenn man verschiedene Ebenen untersucht – also neben Rechtschreibung und Formenbildung auch Wortschatz, Wortbildung und Satzkomplexität einbezieht.“

Künstliche Nase soll Eberschnüffeln

Dieses Prinzip – je mehr Merkmale, desto besser das Ergebnis – würde wohl auch Dr. Peter Boeker unterschreiben.

Der Privatdozent an der Landwirtschaftlichen Fakultät tüftelt momentan an einem Sensor, der den Geruch männlicher Schweine messen kann.

Vier von zehn Menschen sind für Ebergeruch geruchsblind. Für die restlichen 60 Prozent riecht das Fleisch dagegen äußerst unangenehm – insbesondere, wenn man es erhitzt. Verantwortlich sind vor allem der Fäkalgeruchsstoff Skatol sowie ein Verwandter des Sexualhormons Testosteron, das Androstenon. Männliche Ferkel werden daher traditionell kurz nach der Geburt kastriert. Aus Tierschutzerwägungen soll das jedoch verboten werden.

Der Bonner Agrarwissenschaftler Dr. Ernst Tholen möchte daher männliche Schweine züchten, deren Fleisch und Speck überhaupt nicht mehr stinken. „Wer züchten will, braucht ein Merkmal, das er messen kann“, sagt er. „Das bisherige Standardverfahren ist zwar für die oben genannten Leitkomponenten ausreichend genau, aber auch sehr aufwändig und teuer. Daher benötigen wir die künstliche Nase.“ Die Forscher wollen für die Zucht Tiere aussuchen, die möglichst wenig Skatol und Androstenon im Körper einlagern. Sie hoffen so, die Geruchsbestandteile innerhalb einiger Generationen deutlich zu reduzieren. An dem Projekt sind mehrere Zuchtorganisationen beteiligt. „Ob es klappt, ist mit absoluter Sicherheit nicht zu beantworten“, gibt Tholen zu. „Schließlich handelt es sich bei Androstenon um eine hormonelle Substanz mit einem wichtigen Einfluss auf die Fruchtbarkeit. Wir wollen ja Schweine züchten, die sich in ausreichendem Maße fortpflanzen können.“

Zudem erklären Skatol und Androstenon den unerwünschten Ebergeruch nur zu 80 Prozent. „Wir beschränken uns zunächst auf diese zwei Leitsubstanzen; mit Sicherheit gibt es aber noch weitere Komponenten“, betont Peter Boeker. Die fertige „künstliche Nase“ könnte dann nicht nur bei der Zucht zur Anwendung kommen, sondern auch in Schlachthöfen eingesetzt werden. Aller Anstrengung zum Trotz werden manche Tiere wahrscheinlich immer noch riechen. Diese ließen sich dann aber rechtzeitig einer gesonderten Verwertung zuführen, bevor ihr Fleisch über die Ladentheke geht. So ließe sich das geruchs-

belastete Fleisch z. B. zu Kochschinken verarbeiten, da bei der dazu vorgenommenen Erhitzung die geruchsaktiven Komponenten entweichen.

Hochdruck an den Polen bringt die Erde auf Touren

Die Technik für die „künstliche Nase“ passt in einen mittelgroßen Külschrank. Das Messinstrument, mit dem Dr. Axel Nothnagel arbeitet, ist ein wenig größer – so groß wie die Erde selbst, wenn man so will. Nothnagel ist Geodät, also ein Vermessungsspezialist. Sein Maßband ist unsichtbar: Es besteht aus Radiowellen, die von punktförmigen Quellen im All ausgesandt werden, den so genannten Quasaren. Ein Netz von mehr als 70 Radioteleskopen weltweit fängt diese Wellen auf. Weil die Messstationen so weit voneinander entfernt sind, empfangen sie das Signal ein- und desselben Quasars mit einer geringen zeitlichen Differenz. „Daraus können wir den Abstand zwischen den Radioteleskopen berechnen“, erklärt der Privatdozent. „Und das auf wenige Millimeter genau.“ Das Verfahren nennt sich VLBI – das steht für „Very Long Baseline Interferometry“. Damit lässt sich beispielsweise nachweisen, dass Europa und Nordamerika sich voneinander entfernen: Ihr Abstand wächst jährlich um 18 Millimeter.

Nothnagels Leib- und Magenthema ist jedoch die Bestimmung der Erdrotationsgeschwindigkeit. Der Blaue Planet eiert nämlich ein wenig: Wenn auf der Nordhalbkugel Winter herrscht, braucht er im Schnitt eine halbe tausendstel Sekunde länger für eine Umdrehung als im Sommer. „Grund ist vor allem die unterschiedliche Verteilung der Luftmassen“, erläutert Nothnagel. „Wandernde Hoch- und Tiefdruckgebiete verursachen Änderungen in den Luftmassenverteilungen. Ein Hoch am Äquator wirkt dann, als würde ein Eisläufer während einer Pirouette die Arme ausbreiten: Die Erde wird langsamer.“

Die Messungen der Geodäten sind beispielsweise für die genaue Positionsbestimmung per GPS wichtig. Die funktioniert nämlich nur, wenn man dabei den Drehstand der Erde mit einkalkuliert. Ein paar unberücksichtigte Millisekunden können ansonsten in einer stundenlangen Suche nach dem richtigen Weg resultieren. **FL/FORSCH**

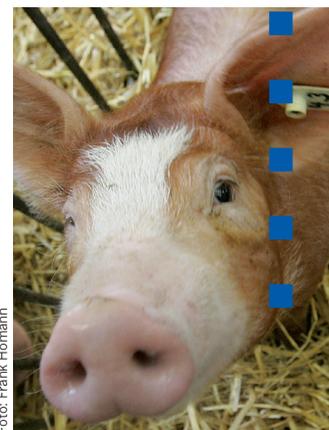


Foto: Frank Homann

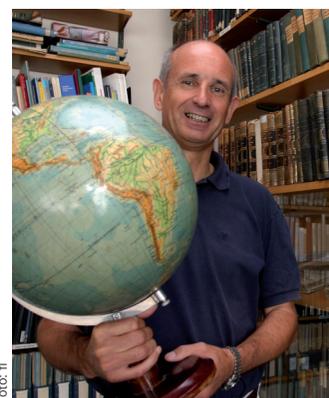


Foto: fl

▲ Mit einer künstlichen Nase wollen Bonner Agrarwissenschaftler den Geruch von Ebern messen.

▲ Privatdozent Dr. Axel Nothnagel misst, wie schnell sich die Erde dreht.

Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt



Auf der Suche nach dem Maß aller Dinge

Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung von Forschung

Kann man Forschung messen? Welche Kriterien werden angelegt? Wo liegen die Stärken und Schwächen heutiger Bewertungssysteme? forsch hat bei Prof. Dr. Stefan Hornbostel nachgefragt.



Der Sozialwissenschaftler Stefan Hornbostel (Jahrgang 1955) arbeitete nach seinem Studium an den Universitäten Kassel, Köln, Jena und Dortmund sowie am Centrum für Hochschulentwicklung (CHE). Heute ist er Professor für Soziologie (Wissenschaftsforschung) an der Humboldt-Universität zu Berlin und leitet das Institut für Forschungsinformation und Qualitätssicherung (iFQ) in Bonn. Diese Hilfseinrichtung der Wissenschaft wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Der Träger des Instituts ist ein gemeinnütziger Verein, dem auch die Universität Bonn angehört. Mit Stefan Hornbostel sprach Andreas Archut.

Herr Professor Hornbostel, kann man Forschung messen?

Forschung ist nur schwer zugänglich für direkte Untersuchungen, zudem muss man zwischen Forschungsaktivität und -qualität trennen. Die Qualitätsbeurteilung kann nur durch die im jeweiligen Gebiet ausgewiesenen Wissenschaftler selbst erfolgen, deshalb zieht man entweder die

Urteile von ausgewählten Wissenschaftlern als Maßstab heran (Peer Review), oder man nutzt die im Wissenschaftssystem routinemäßig erzeugten Bewertungen, um an Aussagen über die Aktivität und Qualität von Wissenschaft zu kommen (Indikatoren). Insbesondere nutzen wir dazu den Zugriff auf den wissenschaftlichen Kommunikationsprozess.

Wie funktioniert das?

Der erste Weg über das Peer Review hat eine lange Tradition und ge-

hört heute in der Wissenschaft zum Alltagsgeschäft. Allerdings ist das Peer Review auch immer wieder erheblicher Kritik aus der Wissenschaft ausgesetzt. Dabei geht es meist um mangelnde Validität und Reliabilität, Urteilsverzerrung zugunsten weniger riskanter Forschung bzw. zuungunsten interdisziplinärer

Natürlich hat die Bibliometrie auch die Schwächen. Ihre Indikatoren sind träge und haben stets einen Vergangenheitsbezug. Die Motive für eine Zitierung können recht unterschiedlich sein. Auch treffen die Indikatoren keine Aussage über die Nutzung der wissenschaftlichen Literatur, denn sie erfassen nur Zitate in anderen Publikationen, nicht aber die Rezeption und eventuelle Verwendung des Wissens in praktischen Kontexten. Hier bieten die Nutzungsanalysen elektronisch verfügbarer Literatur, die auch die Nichtschreiber erfassen, eine sehr interessante Ergänzung. Auch Strukturanalysen, die mit Algorithmen arbeiten, wie man sie von Internet-Versandhäusern kennt („Kunden, die dieses Produkt angeschaut haben, haben auch jenes Produkt angeschaut“), geben sehr interessante Einblicke in die Formierung von Forschungsfeldern. Wichtig ist aber in jedem Fall, dass die Interpretation bibliometrischer Indikatoren ein fundiertes Wissen über ihre Konstruktion und die Publikations- und Zitationsgepflogenheiten der jeweiligen Disziplin voraussetzen. Das wird angesichts der leichten Verfügbarkeit vieler Indikatoren häufig übersehen und gilt analog auch für andere Wissenschaftsindikatoren (z.B. Drittmittelwerbungen).

chen. Die Bibliometrie produziert in diesem Sinne kein eigenes Qualitätsurteil, sondern informiert über die Resonanz einer Publikation oder einer Arbeitsgruppe in der scientific community.

Klingt gut. Aber ist das Messen von Zitaten und Publikationen nicht ein bisschen einseitig?

Natürlich hat die Bibliometrie auch die Schwächen. Ihre Indikatoren sind träge und haben stets einen Vergangenheitsbezug. Die Motive für eine Zitierung können recht unterschiedlich sein. Auch treffen die Indikatoren keine Aussage über die Nutzung der wissenschaftlichen Literatur, denn sie erfassen nur Zitate in anderen Publikationen, nicht aber die Rezeption und eventuelle Verwendung des Wissens in praktischen Kontexten. Hier bieten die Nutzungsanalysen elektronisch verfügbarer Literatur, die auch die Nichtschreiber erfassen, eine sehr interessante Ergänzung. Auch Strukturanalysen, die mit Algorithmen arbeiten, wie man sie von Internet-Versandhäusern kennt („Kunden, die dieses Produkt angeschaut haben, haben auch jenes Produkt angeschaut“), geben sehr interessante Einblicke in die Formierung von Forschungsfeldern. Wichtig ist aber in jedem Fall, dass die Interpretation bibliometrischer Indikatoren ein fundiertes Wissen über ihre Konstruktion und die Publikations- und Zitationsgepflogenheiten der jeweiligen Disziplin voraussetzen. Das wird angesichts der leichten Verfügbarkeit vieler Indikatoren häufig übersehen und gilt analog auch für andere Wissenschaftsindikatoren (z.B. Drittmittelwerbungen).

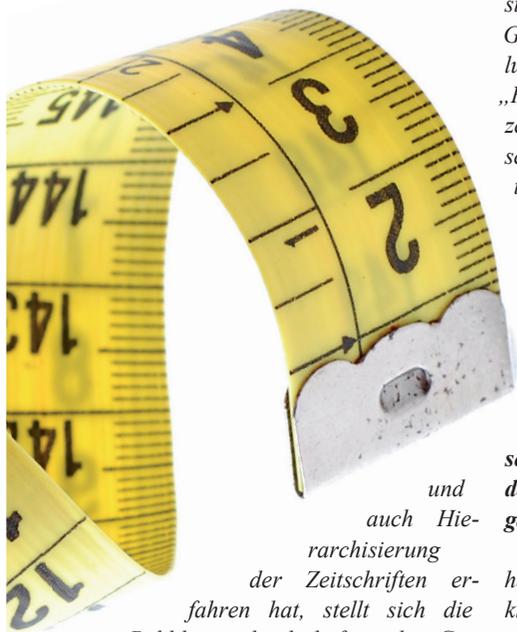


Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt

Viele Geisteswissenschaftler kritisieren, dass die bibliometrische Bewertung an die Gegebenheiten in den Naturwissenschaften angelehnt sei und ihre Fachkultur nicht abbilde.

Anders als in den Naturwissenschaften, wo das Publizieren schon sehr früh eine Internationalisierung



und auch Hierarchisierung

der Zeitschriften erfahren hat, stellt sich die

Publikationslandschaft in den Geisteswissenschaften sehr viel bunter und vielfältiger dar. Auch die Qualitätskontrolle hat sich bei ihnen anders entwickelt. Die Fachkultur unterscheidet sich von den Naturwissenschaften ebenso wie die Prozesse, mit denen Fächer und Forscher zu einer Bewertung von Forschungsleistungen gelangen. Diese sind natürlich auch in den Geisteswissenschaften vorhanden, aber eben nicht so zugänglich wie etwa in der Physik oder den Lebenswissenschaften. Die Schwierigkeit besteht in den Geisteswissenschaften vor allem in der Verfügbarkeit von Daten. In den Naturwissenschaften hat man schon sehr früh damit begonnen, Datenbanken anzulegen. Diese waren zunächst lediglich als Hilfe bei der Suche nach Publikationen gedacht, erst später kam man auf die Idee, damit auch Messungen und Bewertungen durchzuführen. In den Geisteswissenschaften gibt es keine vergleichbare Datenbasis, die etwa auch die dort viel wichtigeren Monographien und Sammelbände systematisch erfasst. Die beiden großen internationalen Datenbanken Web of Science und Scopus sind jedenfalls für eine Evaluation geisteswissenschaftlicher Fächer ungeeignet.

Ist diese Unzugänglichkeit nicht auch ein Vorteil?

Solange sie folgenlos bleibt, vielleicht. Derzeit gibt es aber zum Beispiel eine heftige Debatte – angestoßen durch die European Science Foundation – über die Entwicklung einer Qualitätskategorisierung geisteswissenschaftlicher Journale. In Großbritannien, wo das zur Verteilung der Forschungsmittel genutzte „Research Assessment Exercise“ derzeit für die Natur- und Lebenswissenschaften im Wesentlichen auf Indikatoren umgestellt wird, fürchten die Geistes- und Sozialwissenschaften, langfristig in der „Schmuddelecke“ zu landen, wenn es nicht gelingt, einige für ihre Fachgebiete geeignete Messgrößen zu etablieren.

Hängt der prozentual geringe Anteil geisteswissenschaftlicher Forschung an der Förderung im Rahmen der Exzellenzinitiative auch am Mangel von Bewertungskriterien?

Nein, die Geisteswissenschaften haben vielmehr einfach einen deutlich kleineren Anteil an Forschungsprojekten, in denen intensiv kooperiert werden muss oder in großem Umfang Forschungsinfrastruktur benötigt wird. In den Naturwissenschaften findet dagegen die Wissenschaftsproduktion fast ausschließlich in Teams statt. Folglich waren die Geisteswissenschaften in den auf Verbundforschung ausgerichteten Förderlinien der Exzellenzinitiative weniger aktiv oder zumindest nur da, wo sie als Kooperationspartner anderer Disziplinen auftraten.

Kritiker der Exzellenzinitiative sagen, dabei sei vor allem „Antragsexzellenz“ belohnt worden, also die Fähigkeit, gute Anträge zu stellen.

Bei der Exzellenzinitiative haben die Gutachter vor allem zwei Kriterien gewichtet: Die „past performance“, also bereits erzielte Forschungsleistungen einerseits und die Qualität der vorgelegten Konzepte andererseits. Fragt man führende Wissenschaftler, so benennen sie immer zuerst die früheren Erfolge eines Antragstellers als wichtigsten Bewertungsmaßstab. Aber auch das Schreiben eines Antrags gehört natürlich dazu! Der Antrag reflektiert ja auch die Fähigkeit einer Gruppe von Antragstellern, über Grenzen

hinaus zusammenzuarbeiten, sich mit der Hochschulleitung abzustimmen und einen kohärenten Antrag zu verfassen. Dies ist eine absolut untypische Anforderung gewesen. Insofern kann man sagen: Der Antrag bildet auch die Organisationsfähigkeit einer Hochschule ab. Für die Gutachter war es darüber hinaus extrem schwierig, eine Qualitätsgrenze zu ziehen. Das bedeutet: Nur weil ein Antrag in der Exzellenzinitiative nicht erfolgreich war, muss er noch nicht schlecht gewesen sein. Dies zeigt sich auch daran, dass viele abgelehnte Vorhaben anderweitig weiterverfolgt und umgesetzt worden sind.

Die Messung von Forschungsleistung ist schon weit vorangekommen, aber wie sieht es mit der Messung von Exzellenz in der Lehre aus?

Evaluation wurde ja zuerst in der Lehre eingeführt. Allerdings ist das eine ganz andere Welt mit anderen Mechanismen. Die Messung von Lehrleistung ähnelt eher der Kompetenzmessung im schulischen Bereich wie bei der PISA-Studie. Die Frage ist hier meist, ob es gelungen ist, einen erfolgreichen Lernprozess zu initiieren. Es ist schwierig, dafür Messungen zu etablieren, die über eine Akzeptanzmessung bei den Studierenden hinausgeht. Immerhin arbeitet die OECD derzeit an einem international einsetzbaren Kompetenztest für Studierende.

Wie kommt es, dass Rankings sich so häufig im Ergebnis widersprechen?

Ich habe den Eindruck, die Ergebnisse der fachlich ernst zu nehmenden Rankings gleichen sich immer mehr an. Zwar mag die einzelne Hochschule mal so und mal so abschneiden, jedoch findet man im oberen Drittel immer wieder dieselben Namen. Allerdings gewichtet nicht jeder die Kriterien gleich. Im Idealfall stellt der Nutzer seinen eigenen Kriterienkatalog zusammen. Denn wer eine kleine, gemütliche Uni will, kommt für sich zu anderen Ergebnissen als jemand, der im Studium möglichst nah an der aktuellen Forschung sein will. Es geht also meist nicht darum, „die beste Uni“ zu finden, sondern vielmehr „die beste Uni für ...“

Vielen Dank für das Gespräch!

Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt



Inseln schlagen Festland neun zu eins

Weltkarten dokumentieren biologische Vielfalt

Die auf den Weltmeeren gelegenen Inseln sind für den Erhalt der globalen biologischen Vielfalt rund neun Mal so wertvoll wie ein gleich großes Stück Festland. Zu diesem Ergebnis kommen Forscher der Universität Bonn und der Fachhochschule Eberswalde zusammen mit US-Kollegen in einer aktuellen Studie. Hierfür haben sie die bislang größte Datensammlung zum globalen Vorkommen von Pflanzen- und Wirbeltierarten zusammen gestellt. Auf dieser Grundlage haben sie einen Index berechnet, der sowohl die Anzahl der vorkommenden Arten als auch ihre Seltenheit widerspiegelt. Die Ergebnisse liegen nun in Form von Weltkarten vor.

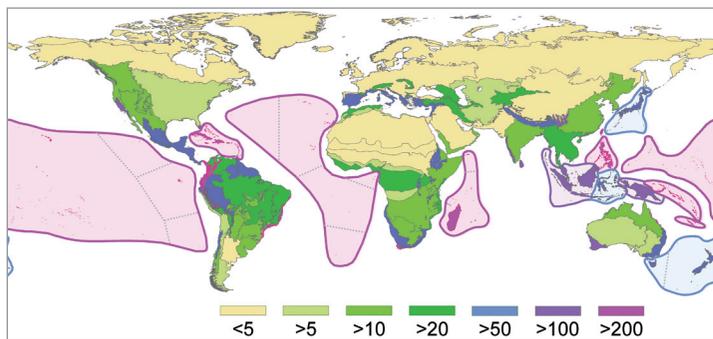


Foto: Universität Bonn

▲ Artenvielfalt und Seltenheit der Pflanzen – die Weltkarte mit 90 Regionen zeigt beides in einem kombinierten Index. Besonders wertvolle Regionen sind demzufolge ozeanische Inseln. Zu den Festlandregionen mit den höchsten Werten gehören vorrangig tropische Gebirge und Gebiete mit mediterranem Klima.



Foto: Prof. Dr. Wilhelm Barthlott

► Beispiel für die Bedrohung der Biodiversität auf Inseln: Ein fossiles Ei des Elefantenvogels, der bis vor wenigen hundert Jahren auf Madagaskar heimisch war. Die bis zu 3 Meter großen und 400 kg schweren Elefantenvögel wurden nach der Besiedlung Madagaskars durch den Menschen ausgerottet.

Spitzenreiter im „Biodiversitäts-Ranking“ ist die Insel Neukaledonien. Auf einer Fläche vergleichbar mit Rheinland-Pfalz beherbergt sie 3.270 Pflanzenarten, von denen 2.432 nur auf dieser Insel vorkommen. Darunter ist beispielsweise Amborella, die ursprünglichste aller lebenden Blütenpflanzen. „Karten wie unsere hatte es bislang nur für einzelne Kontinente gegeben“, erläutert Projektleiter Dr. Gerold Kier von der Universität Bonn. „Man kann damit beispielsweise unseren ‚ökologischen Fußabdruck‘ berechnen oder etwa erkennen, welche Regionen im weltweiten Vergleich besonders wichtig für den Naturschutz sind.“

Dr. Holger Kreft, Ökologe von der University of California in San Diego und einer der beiden Leitautoren der Studie: „Inseln sind zwar schon seit Charles Darwin für ihre einmalige Pflanzen- und Tierwelt bekannt. Aber es fehlte bislang an einer weltweiten Analyse, die ihren Wert im Hinblick auf den Naturschutz mit Kontinenten vergleicht.“ Allerdings haben auch einige Festlandgebiete bemerkenswert hohe Index-Werte, allen voran die als Kapensis bekannte Südspitze Afrikas. Auch viele Gebirge, insbesondere in den Tropen, gehören zu den aus Sicht der biologischen Vielfalt besonders wertvollen Regionen, gefolgt von Gebieten mit mediterranem Klima.

„Wir haben jetzt neue, wichtige Daten an der Hand, aber weiterhin keine einfachen Patentrezepte für den Naturschutz“, betont Kreft und ergänzt: „Insbesondere müssen wir die Frage beantworten, wie sich Schutzgebiete in ihrer Tier- und Pflanzenwelt am besten gegenseitig ergänzen können. Auch Leistungen der Ökosysteme, etwa ihre Fähigkeit zur Bindung des Treibhausgases Kohlendioxid oder ihre Beiträge zum großräumigen Wasserhaushalt, sollten verstärkt berücksichtigt werden.“ Es mache übrigens keinen Sinn, Schutzbestrebungen jetzt einseitig auf Inseln zu konzentrieren. Denn dort sei zwar der Studie zufolge jeder Quadratkilometer besonders wertvoll. So seien dort über 70.000 Pflanzenarten beheimatet – fast ein Viertel der weltweit rund 315.000 Arten. In Anbetracht der Tatsache, dass Inseln weniger als vier Prozent der gesamten Landfläche stellen, ist dies ein erheblicher Anteil. Dennoch entfielen drei Viertel aller Pflanzenarten auf das kontinentale Festland.

Auch die Bedrohungen durch menschliche Einflüsse nahmen die Wissenschaftler unter die Lupe. Ihre für das Jahr 2100 errechneten Szenarien lassen befürchten, dass die Tier- und Pflanzenwelt auf Inseln zukünftig deutlich stärker beeinträchtigt wird als auf dem Festland. Grund dürfte vor allem die Änderung der Landnutzung sein, also etwa die Ausweitung von Ackerbauflächen und die damit verbundenen Rodungen. Für die Auswirkungen des Klimawandels gilt hingegen die gegenläufige Prognose: Hier scheinen Inseln durch die puffernde Wirkung der Ozeane etwas geringer bedroht zu sein – sieht man einmal von den Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs ab. Gerold Kier mahnt zum Handeln: „Der Klimawandel bleibt eine der Hauptbedrohungen für die biologische Vielfalt der Erde. Wenn wir ihn nicht deutlich bremsen können, werden Naturschutzgebiete nur noch wenig helfen.“

Die weltweite biologische Vielfalt ist demnach zahlreichen neuartigen Gefährdungen ausgesetzt. In der Geschichte war es dagegen besonders der direkte Einfluss des Menschen, der zum Aussterben von Arten geführt hat. „Madagaskar, die zweitgrößte Insel der Erde, ist ein besonders dramatisches Beispiel“, erläutert Professor Dr. Wilhelm Barthlott vom Bonner Nees-Institut für Biodiversität der Pflanzen. „Der Elefantenvogel, der Vogel Roc der arabischen Märchen, ist eine von zahlreichen Arten, die hier im Laufe der letzten Jahrhunderte ausgestorben sind.“ Bereits 1996 hatte Barthlotts Arbeitsgruppe eine vielbeachtete Weltkarte der pflanzlichen Artenvielfalt veröffentlicht, die in viele Lehrbücher aufgenommen wurde. Mit der nun fertiggestellten Arbeit, die auch den Aspekt der Seltenheit berücksichtigt, konnten sie aber erst Jahre später beginnen, als sie Förderzusagen der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, des Bundesforschungsministeriums und der Wilhelm-Lauer-Stiftung erhielten.

FORSCH

Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt



Messen in der Schwerelosigkeit

Foto: Dr. Markus Braun, Uni Bonn

Biologin an der Universität Bonn untersucht Pflanzenwurzeln im schwebenden Zustand

▲ Nicole Greuel genießt ihre 22 Sekunden Schwerelosigkeit sichtlich.

Nicole Greuel muss sich einer Extrem-Situation aussetzen, um in ihrer Forschung weiterzukommen: Sie benötigt den schwerelosen Zustand, um das Wachstum von Pflanzenwurzeln zu untersuchen. Dafür fliegt die Biologin nicht ins All, sondern nimmt an Parabelflügen teil.

Warum wachsen Pflanzenwurzeln nach unten? Diese Frage stellt sich auch Nicole Greuel und schreibt darüber ihre Doktorarbeit am Institut für Molekulare Physiologie der Pflanzen. Dazu führt sie Experimente in einem Parabelflugzeug durch und setzt sich bei jedem Flug 31 Mal für je 22 Sekunden der Schwerelosigkeit aus. Ihre Pflanzen könnte Nicole Greuel auch mit dem Spaceshuttle ins All schicken, dann würden sie 14 Tage lang in diesem Zustand verharren. „Doch der Nachteil daran ist, dass ich nicht mehr ins Experiment eingreifen könnte, wenn etwas schief läuft“, sagt die Biologin.

Nicole Greuel untersucht die Grünalge Chara. Die „Quasi-Wurzeln“ dieser einzelligen Pflanze, die Rhizoide, sind Fortsätze des Zellkörpers. Ihr einfacher Aufbau erleichtert eine genauere Untersuchung ihrer Funktion. „Leider ist die Grünalge in ihrem Genmaterial noch nahezu unerforscht“, bedauert die Biologin. „Das erschwert es uns natürlich, den Rezeptor zu cha-

rakterisieren, also den Teil in der Pflanze, der die Schwerkraft wahrnimmt.“ Mit „uns“ meint Nicole Greuel ihr Team unter der Leitung von Privatdozent Dr. Markus Braun. „Ohne seine Unterstützung wäre die viele Arbeit gar nicht möglich gewesen“, erklärt die Forscherin.

Nicole Greuel ist schon sieben Mal im Parabelflugzeug mitgeflogen – entweder vom Flughafen Köln/Bonn aus oder vom französischen Bordeaux. Auf deutscher Ebene organisiert das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt die Flüge. Um daran teilzunehmen, muss man einen Projektantrag stellen und seine Untersuchungen vorstellen. Wenn man das geschafft hat, folgen aufwändige Vorbereitungen: So muss das Experimentrack, ein Regal, auf dem die Versuchsobjekte mit Gurten festgeschnallt werden, nach strengen Sicherheitskriterien gebaut werden. „Es muss 9g sicher sein, das heißt, die neunfache Erdbeschleunigung aushalten“, erzählt Nicole Greuel.

Das Forschungsflugzeug lässt sich aus 8.000 Metern Höhe in Richtung Erde fallen. Dabei entsteht für 22 Sekunden Schwerelosigkeit. „Diese wenigen Sekunden reichen aus, um diesen Zustand in vollen Zügen zu genießen“, schwärmt die Forscherin. Bevor der Flug startet, nimmt jeder der Teilnehmer ein Medikament mit dem Wirkstoff Scopolamin, einer Art Nervengift, zu sich. Danach sind die Probanden entspannter und können die „Achterbahnfahrt“ besser verarbeiten. „Es kommt nicht von ungefähr, dass unser Airbus A 300 auch als Kottzombomben bezeichnet wird“, schmunzelt Nicole Greuel. Der Innenraum des Flugzeugs ist komplett mit Turnmatten ausgelegt und erinnert an eine Art Gummizelle. An Bord sind meist mehrere Wissenschaftler-Teams, die ihre Experimente der Schwerelosigkeit aussetzen.

Die Keimlinge für Nicole Greuels Versuch müssen fit sein und dürfen nur zwei bis vier Tage alt sein. Ein Teil davon liegt an Bord in einer Zentrifuge. Hier wird zur Kontrolle die normale Schwerkraft durch die Zentrifugalkraft simuliert. Nach dem Flug wird es spannend: Die Krümmungswinkel der beiden Pflanzenproben werden

Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt



verglichen: Es ist kein Unterschied feststellbar. Die Pflanze findet also auch in der Schwerelosigkeit den Weg nach unten und wirkt nicht orientierungslos. „Aber welcher Mechanismus ist dafür verantwortlich?“, fragt sich Nicole Greuel. Für eine Antwort muss man mehr ins Detail gehen: Es gibt kleine Steinchen in den Wurzelzellen der Pflanzen, auch Statholiten genannt. Diese aktivieren den Rezeptor, der das Wachstum der Wurzeln ausrichtet. Bei den Rhizoiden der Grünalge Chara läuft das ganz analog.

Nun stellt sich die Frage, worauf der Rezeptor reagiert: auf den Druck, den die Statholiten durch ihre Schwerkraft auf ihn ausüben, oder durch bloßen Kontakt? Bei dem Experiment in Schwerelosigkeit hat sich herausgestellt, dass der bloße Kontakt ausreicht. Wie der Rezeptor eigentlich aussieht, bleibt aber noch völlig ungeklärt. Da die Grünalge Chara ein evolutionärer Vorgänger aller Pflanzen ist, gilt dieses Prinzip wahrscheinlich allgemein. Das Untersuchungsergebnis ist revolutionär, denn in der Forschungsliteratur wird seit Jahren der Druckmechanismus als

Auslöser gepredigt. „Wir haben diese Aussage mit einem doch recht simplen Experiment widerlegt“, berichtet die Biologin stolz.

Im September dieses Jahres wird Nicole Greuel an ihrem nächsten Parabelflug teilnehmen. Diesmal aber nicht in eigener Sache, sondern sie begleitet eine befreundete Mediziner-Gruppe aus Berlin. Dann wird die Doktorandin wieder das unbeschreibliche Gefühl der Schwerelosigkeit erleben.

CORINNA BOHN/FORSCH

Vom „Flickenteppich“ zur Weltkarte

Die Vermessung der Welt auf historischen Karten

Detailgenaue Satellitenatlanten, Navigationssysteme und Geodatensammlungen haben uralte Wurzeln. Von Anbeginn waren Zwecke von Kartenwerken Wegbeschreibungen für Reisende, territoriale Herrschaft, aber auch Wissen festzuhalten. Die vielleicht erste kartographische Darstellung stammt aus der Jungsteinzeit: Bei Ausgrabungen entdeckte man in einem Haus in Çatal Hüyük in der Türkei eine Wandzeichnung, die das komplette Dorf bis hin zu den inneren Strukturen der Häuser um etwa 6200 v. Chr. zeigt. Eine exakte und einheitliche Karte der gesamten Welt existiert erst seit den 1990er Jahren, die „IGBP Global Land Use and Land Cover Map“. Bis dahin gab es nur Flickenteppiche von einzelnen Überflügen. Auch heute sind Karten manchmal von individueller Weltsicht geprägt – denn für Australier ist Australien eben nicht „Down Under“.

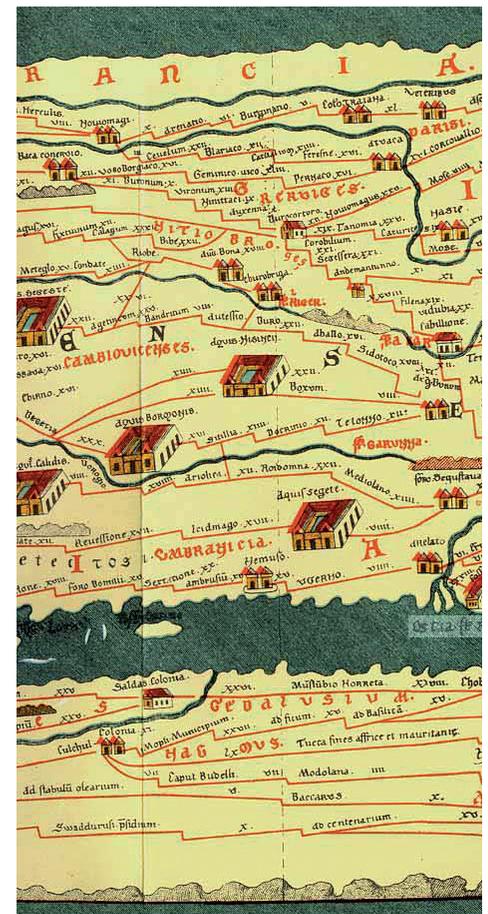
Wichtig bei Wegekarten war immer der praktische Nutzen: Sie nennen Distanzen und Stationen auf dem Weg zum Ziel, nicht aber die „Richtung“. Deshalb wurden sie häufig nur als Linien dargestellt. Kaufleute, Kuriere oder Wallfahrer reisten von einer Landmarke oder Herberge zur anderen. Auch die Schifffahrt nutzte lineare Küstenkarten, die Portolane, denn das offene Meer war riskant. Orientierungskarten des römischen Reiches waren ebenfalls als Linien dargestellt – schließlich führen sowieso alle Wege nach Rom. Ähnlich arbeiten heutige Routenplaner im Internet, die nur eine Liste von Abzweigungen mit den dazwischen liegenden Entfernungen liefern. „Die Vorstellungen und Bedürfnisse antiker Reisender haben die Entwicklung der Raumwahrnehmung beeinflusst“, sagt Dr. Michael Rathmann von der Alten Geschichte, die dem Thema eine eigene Tagung widmete. „Außerdem benötigten Reiche wie das Römische für die

Verwaltung ihres Herrschaftsgebiets verlässliche geographische Daten. Erstaunlich präzise waren bereits die Karten des Ptolemaios aus dem 2. Jh.“

Mathematik – Geometrie bedeutet ursprünglich Erdvermessung – und auch die Astronomie spielten dabei eine wichtige Rolle: So löste sich die Seefahrt ab dem 13. Jahrhundert mit Hilfe des Kompasses von der Küste, auf hoher See bestimmte man die Position mit einem Winkelmessgerät, dem Astrolabium. Wie korrekt alte Werke oft sind, ist weniger erstaunlich, als man vielleicht denkt. Der Geodät Thomas Kötter erläutert: „Auch heute in der Zeit digitaler Atlanten mit Zoomfunktion bis in kleine Einheiten und der Photogrammetrie entstehen Kartenwerke in der Regel nicht nur aus Luftbildern. Je nach Genauigkeitsanforderung werden bei der terrestrischen Vermessung Strecken und Winkel mit dem Thachymeter ermittelt.“

Weltkarten mit Phantasie – oder erstaunlich korrekt

Von kleinen Strichzeichnungen bis zu mehrere Meter großen Darstellungen, mit Feder und Pinsel gezeichnet, später als Holzschnitt oder Kupferstich gestaltet, reichen historische Karten. Als „Urmutter“ großräumiger Darstellung gilt



Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt

eine Tonscheibe aus Nuzi im heutigen Irak. Sie stammt aus der Zeit zwischen 2340 und 2200 v. Chr. und zeigt hauptsächlich das Zweistromland mit seinen Bergen und Flüssen. Die Ebsdorfer Weltkarte hat einen Durchmesser von dreieinhalb Metern und gehört zu den spannendsten und ungewöhnlichsten Quellen wie auch die Tabula Peutingeriana aus dem 13. Jahrhundert. Sie geht auf eine spätantike Vorlage zurück, ist fast sieben Meter lang und stellt bei einer Höhe von nur 38 Zentimetern die antike Welt von Spanien bis Indien in stark gestreckter beziehungsweise gestaucher Weise dar.

Die frühesten noch erhaltenen Karten der bekannten Welt wurden im Mittelalter meist in Klöstern erstellt, um Wissen zu sammeln und zu archivieren. Meist stellten diese „Mappae Mundi“ die heilige Stadt Jerusalem als Nabel der Welt in die Mitte, was in der Regel zu starken Maßstabsverzerrungen führt. Außerdem gehen in ihnen oft reale Landmarken und religiöse Vorstellung ineinander über. Da die zeichnenden Mönche nie selbst zu den beschriebenen Orten reisten, enthalten sie naturgemäß Fehler.

Die ersten kartographischen Zeugnisse, ein Globus und eine Karte, die die „Neue Welt“ als Kontinent sehen und ihn Amerika nennen, stammen übrigens von Deutschen: Martin Waldseemüller erstellte sie 1507 mit Hilfe seines Partners Ringmüller. Woher die Beiden zu diesem Zeitpunkt die östliche Kontur Amerikas kannten, ist nicht geklärt. Rein wissenschaftliches Reisen und Kartieren begann erst später zu Zeiten Alexander von Humboldts – zumindest in Europa. In China gilt Xu Xiake fast zweihundert Jahre zuvor als erster Forschungsreisender und Geograph. Über ihn schreibt derzeit die Geographin und Sinologin Bianca Hausherr bei Professor Dr. Winfried Schenk, dem Leiter der Historischen Geographie, ihre Doktorarbeit.

Eigene Sichtweise prägt Kartenwerke

„Alte Karten erzählen sehr viel über die Sicht ihrer Produzenten auf die Welt und nicht so sehr darüber, wie es zu der Zeit wirklich war“, sagt Jan-Erik Steinkrüger von der Historischen Geographie und erklärt: „Die

Ausrichtung der Karte etwa hat viel mit der ‚Leserichtung des Raumes‘ zu tun. So sind zum Beispiel Stadtpläne von Barcelona auch heute nicht geordnet, da die Schachbrettstruktur der Stadt parallel zur Küste von Süd-West nach Nord-Ost verläuft. Diese Strukturen sind wichtiger zur Orientierung als die übliche Nord-Süd-Achse. Einzelne australische Karten sind gesüdet – denn Australien ist eben für Australier nicht Down Under. Oder Peking steht in der Mitte chinesischer Karten.“ Mitunter wurde auch auf Maßstabstreue verzichtet, um bestimmte wichtige Gebäude noch auf eine Karte zu bekommen. Vielfach sind alte Werke bebildert: Tiere und Fabelwesen überdecken „blinde Flecken“, Entdecker und ihre Schiffe oder eine Region und ihre Bewohner sind dargestellt. Texte auf Karten bezeugen die politische Einschätzung der Zeit, wenn etwa der Sieg über eine Stadt lobend oder tadelnd herausgestellt wird.

Karten werden zum Politikum, wenn Länder von ihnen verschwinden wie lange Zeit Polen: 1795 wurde es bis nach dem Ersten Weltkrieg zwischen Russland, Österreich und



◀ Die Tabula Peutingeriana aus dem 13. Jahrhundert ist fast sieben Meter lang, aber nur 38 Zentimeter hoch. Sie zeigt die antike Welt von Spanien bis Indien in stark gestreckter beziehungsweise gestaucher Weise.

Schwerpunktthema:
Die Vermessung der Welt



AN DIESEM TAG BESCHLOSS SCHNABULAK –FALLS ER IHNEN DEMALS BEGEGNEN SOLLTE – CHRISTOPH KOLUMBUS, NIKOLAUS KOPERNIKUS UND GOOGLE ORDENTLICH DIE LEVITEN ZU LESEN!

Preußen aufgeteilt und ein zweites Mal 1939 von Stalin und Ribbentrop zwischen Deutschland und der Sowjetunion – die Originalkarte mit ihren Unterschriften existiert noch. Auch sagen die Auswahl und Bezeichnung von Orten oder Regionen wie „Bombay“ und „Mumbay“, „DDR“ und „Sowjetisch besetzte Zone“ oder die Wahl eines Kartenausschnittes viel über die vertretene Weltanschauung aus. Manchmal entstehen Länder erst durch Karten. So folgte in Afrika die Einteilung der Ethnien den kolonial eingeteilten Territorien und nicht umgekehrt. Steinkrüger beschäftigt sich zum Beispiel gerade mit einer ethnologischen Karte von 1940, die die vermeintliche Entstehung der afrikanischen Völker aus Sicht der kolonialen und nationalsozialistischen Rassenideologie darstellt. Dabei untersucht er, wie sich die Kolonialherren die Entstehung der Volksgruppen der Hutu und Tutsi in Ruanda vorgestellt haben.

„Für uns in der Historischen Geographie ist es vor allem interessant, ehemalige und heutige Strukturen zu vergleichen“, sagt Steinkrüger. „Gerade in der Kulturlandschaftsforschung und -pflege können wir oft erhaltene wie vergangene Nutzungen von Gebieten erkennen oder mit Hilfe der Karten wieder freilegen.“ Das ist weltweit, aber natürlich besonders für die unmittelbare Umgebung interessant: Unter den großmaßstäbigen Karten gab es bereits in der frühen Neuzeit erstaunlich genaue Werke. Für die Region Bonn besonders wichtig sind die Karten von Jean Joseph Tranchot. Er kartierte auf Befehl Napoleons zwischen 1801 und 1814 das französisch besetzte Rheinland, seine Karte des früheren Bonn zielt die Homepage der Historischen Geographen. Und nicht zuletzt sind viele der alten Kupferstiche einfach schön. So hat der junge Wissenschaftler als Bildschirmschoner keinen Palmenstrand, sondern wechselnde Stadtkarten von Matthäus Seutter und aus der Civitates Orbis Terrarum von Frans Hogenberg vor Augen.

UK/FORSCH

► Eine Ausstellung „Alexander von Humboldt – Reise zum Gipfel der Erde“ zeigt bis zum 21. August die wichtigsten Stationen seiner Amerikareise zur Vermessung einer neuen Welt. Siehe auch Seite 35

GEOPORTAL FÜR WESTAFRIKA

Wissenschaftler vom Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF) haben ein Geoportal für Westafrika konzipiert. Es enthält unter anderem hydrologische und meteorologische Messwerte, Daten zur Landnutzung und zu Vegetationsänderungen, aber auch zur Bevölkerung und zum Konsumverhalten. „Das Besondere an unserem Portal sind vor allem die bislang etwa 60 interaktiven Karten“, sagt der Projektverantwortliche Antonio Rogmann. „Diese können mit den Daten so verknüpft werden, dass man als Nutzer je nach Bedarf auch neue Karten erstellen kann.“

„Das Geoportal ist enorm hilfreich“, sagt Jacqueline Zougrana, Direktorin der nationalen Wasserbehörde in Burkina Faso. „Jetzt haben wir eine Basis, auf der wir weiter arbeiten können. Wir brauchen solche Daten, um bessere Entscheidungen beim

Management unserer Wasserressourcen treffen zu können. Wenn wir zum Beispiel wissen, wie viel Wasser aus einem Stausee abfließt, können wir einschätzen, wie viel davon für Strom, Industrie und für Haushalte zur Verfügung steht. Die Wissenschaftler liefern aber nicht nur das nötige Wissen, sondern zeigen uns auch, wie wir dieses Projekt in Zukunft selbständig weiterführen können.“ Zu diesem Zweck organisieren die Forscher nun eine Reihe von Trainings für regionale Nutzer und Entscheidungsträger aus Politik, Wissenschaft und Verbänden.

Das Portal ist im Rahmen des GLOWA Volta Projekts entstanden, das vom ZEF geleitet und durchgeführt wird. Ziel ist es, den Umgang mit dem knappen Gut Wasser in Westafrika zu verbessern.

Schwerpunktthema:

Die Vermessung der Welt

