EDITORIAL

ARCHIV

Über Wert und angeblichen Unwert der Mathematik – so leidenschaftlich verteidigte Alfred Pringsheim, der Schwiegervater Thomas Manns, sein Fach beim jährlichen Stiftungsfest unserer Akademie im Jahr 1904. Ob er es heute leichter hätte? Die Mathematik, so scheint es, hat weiterhin einen schweren Stand. Sie fasziniert, fordert, schreckt aber so manchen auch schon in der Schule ab. Zugleich ist sie eine der ältesten Wissenschaften überhaupt, integraler – oft unsichtbarer – Bestandteil unserer Kultur und Grundlage vieler Disziplinen, v. a. der Naturwissenschaften.

Das Wissenschaftsjahr 2008 steht im Zeichen der Mathematik. Die Bayerische Akademie der Wissenschaften hat verschiedene Aspekte des Themas in einer öffentlichen Vortragsreihe unter dem Motto „Magie der Zahl“ vorgestellt. Auf den Münchner Wissenschaftstagen im Oktober werden wir Forschungsvorhaben der Akademie präsentieren, die ohne Mathematik nicht auskämen. Und schließlich wollen wir mit dem vorliegenden Themenheft von „Akademie Aktuell“ einen Bogen schlagen zwischen der Mathematik, den Natur- und den Geisteswissenschaften.

Zum Auftakt diskutiert Hans-Joachim Bungartz über „alte“ und „neue“ Mathematik (S. 6), Friedrich Pukelsheim erläutert ihre Rolle beim jüngsten Karlsruher Urteil zum Bundeswahlgesetz (S. 22); wir gehen zurück zu den Anfängen des Faches im Orient des 3. Jahrtausends v. Chr. (S. 17), machen Station bei der Musikgeschichte des Frühmittelalters (S. 48) und blicken vom Weltraum auf die Erde: Mit Hilfe der Satellitentechnologie lassen sich Veränderungen des globalen Wasserkreislaufs berechnen (S. 36).

Schließlich darf die Informatik als jüngere Schwester der Mathematik nicht fehlen. Der anstehende Wechsel im Direktorat des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ist Anlass, die „Ära Hegering“ zu beleuchten und u. a. über die weiteren Planungen für den Ausbau des Höchstleistungsrechners zu berichten (S. 52). Im Gebäude des LRZ gehen Kunst und Mathematik in den Installationen des Künstlers Rainer Wittenborn eine ideale Verbindung ein (S. 30). Wollen Sie sich selbst ein Bild von Kunst und Hochtechnologie im Rechenwürfel machen? Dann besuchen Sie das LRZ am Tag der offenen Tür am 18. Oktober 2008 auf dem Forschungscampus Garching. Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Roland Z. Bulirsch

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Roland Z. Bulirsch
Sekretar der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

INHALT. AUSGABE 03/2008. HEFT 26

NEUGRÜNDUNG

Stärkung der Editionswissenschaft

DAS MÜNCHENER ZENTRUM FÜR EDITIONSWISSENSCHAFT (MÜZE) MACHT MÜNCHEN ALS FÜHRENDEN STANDORT DER EDITIONSWISSENSCHAFTEN NOCH SICHTBARER.

LMU

Know-how für Forschung und Lehre: Rolf Griebel, Lothar Gall, Bernd Huber, Dietmar Willoweit und Rudolf Schieffer (v. l. n. r.) bei der Unterzeichnung; dahinter Gregor Horstkemper, Hildegard Schäffler, Marc-Aeilko Aris, Eva Regenscheidt-Spies, Martin Hose und Oliver Jahraus.

VON MARC-AEILKO ARIS

Am 2. Juni 2008 wurde im Senatssaal der Ludwig-Maximilians-Universität der Kooperationsvertrag für das Münchener Zentrum für Editionswissenschaft (MüZE) unterzeichnet. Mit diesem Vertrag schließen sich die beteiligten Institutionen, die Ludwig-Maximilians-Universität, die Bayerische Akademie der Wissenschaften (BAdW), die Historische Kommission bei der BAdW, die Monumenta Germaniae Historica (Deutsches Institut für Erforschung des Mittelalters), die Bayerische Staatsbibliothek sowie das Institut für Zeitgeschichte, enger zusammen, um München als führenden Standort der Editionswissenschaft noch sichtbarer zu machen.

Das neue Zentrum wird der Zusammenarbeit universitärer sowie außeruniversitärer Forschungseinrichtungen einen institutionellen Rahmen geben und helfen, die wissenschaftliche Kompetenz in diesem Bereich wirkungsvoll zu positionieren. Es wird die wissenschaftlichen Editionsvorhaben der beteiligten Einrichtungen bündeln und die interdisziplinäre und internationale Kooperation mit anderen Institutionen intensivieren und koordinieren. MüZE wird die Durchführung von editorischen Forschungsvorhaben begleiten und elektronische Lösungen für Editionsvorhaben entwickeln. Es fördert laufende Projekte durch die gemeinsame Nutzung von Forschungsergebnissen, Einrichtungen und Ressourcen und bietet neuen Editionsprojekten einen Rahmen, innerhalb dessen sie effizient bereits vorhandene Lösungen nutzen und fortentwickeln können. So dient es der Qualitätssicherung wissenschaftlicher Editionen und der verschiedenen Präsentationsformen, mit denen editorische Forschungsergebnisse publiziert werden. Darüber hinaus stellt es das in München versammelte editionswissenschaftliche Know-how für die Lehre und die wissenschaftliche Nachwuchsförderung zur Verfügung. Entsprechende Lehrveranstaltungen werden zudem zur Verbesserung des Lehrangebots der LMU beitragen.

Geisteswissenschaftliche Grundlagenforschung

Editionsvorhaben bilden einen Schwerpunkt der von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften betriebenen Forschung. Editionen stellen in allen geisteswissenschaftlichen Disziplinen wissenschaftlich gesicherte Textausgaben zur Verfügung. Sie entwickeln überlieferungsgeschichtlich adäquate Formen der Textpräsentation und tragen durch Text- und Quellenkritik sowie durch die Kommentierung zur Erschließung der edierten Texte bei. So sichern Editionen die Grundlagen geisteswissenschaftlicher Forschung. Indem die Akademie langfristig angelegte Editionsvorhaben in ihr wissenschaftliches Programm übernimmt, garantiert sie die gleichbleibende Qualität und Einheitlichkeit der kritischen Textausgaben. An diese seit vielen Jahren in der Akademie geleistete Arbeit knüpft das neue Zentrum an. Es will die Erfahrung der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Akademie nutzen und die Instrumente der Qualitätssicherung auch für kurzfristiger angelegte Einzelprojekte fruchtbar machen. Damit ist das neue Zentrum ein Beispiel für die interdisziplinäre und interinstitutionelle Vernetzung und das enorme Potenzial der geisteswissenschaftlichen Grundlagenforschung am Standort München.

Nucleus

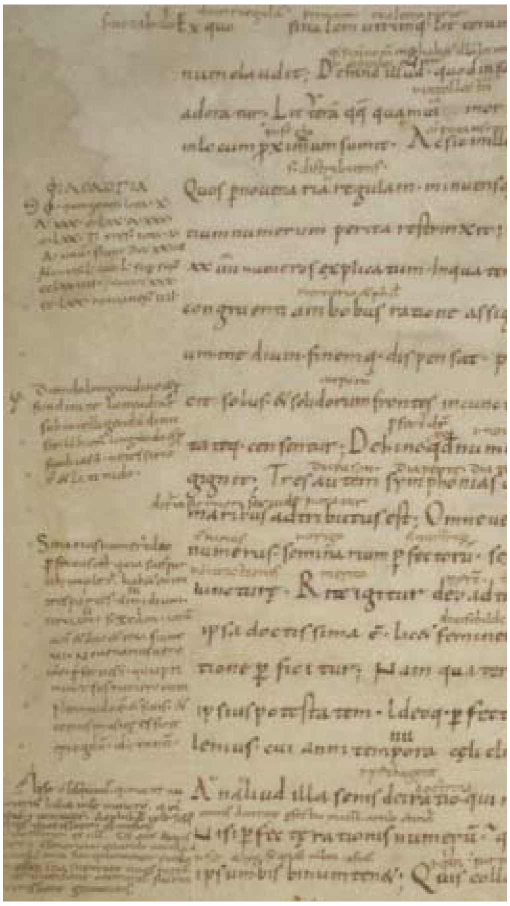
Den Nucleus des Münchener Zentrums für Editionswissenschaft bildet das an der LMU München aus den Mitteln der Exzellenzinitiative geförderte Projekt „Glossenedition“ am Lehrstuhl für Lateinische Philologie des Mittelalters. Es widmet sich einer für die Textualität der Vormoderne spezifischen Textsorte: In zahlreichen mittelalterlichen Handschriften wird der überlieferte Haupttext (Biblische Texte, juristische und kanonistische Texte, Klassikertexte, Unterrichtsmaterialien etc.) durch nachträglich interlinear oder am Rand hinzugefügte Bemerkungen erklärt und kommentiert. Diese Randbemerkungen sind in den seltensten Fällen spontane Äußerungen zufälliger Leser, sondern stellen ein Corpus kohärenter Erklärungen dar, das seinerseits überliefert, bearbeitet, erweitert oder ergänzt wird. Dabei vermischen sich Glossierungstraditionen, die einem bestimmten Autor zugeordnet werden können, mit solchen, die aufgrund veränderter Rezeptionsbedingungen (Sprachkompetenz, Verwendung der Volkssprache, Texthermeneutik etc.) gewandelten Interessen verpflichtet sind.

Die Untersuchung und Edition solcher Textsorten kann mit der herkömmlichen Druckedition nur unzureichend geleistet werden. Die Einrichtung solcher Texte zum Druck hat zur Folge, dass die quantitative und qualitative Dynamik sowie die Interdependenzen des Glossierungsvorgangs dabei pervertiert werden. Deshalb sind neue Erschließungsformen dieser Texte zu kreieren, die geeignet sind, die Interdependenzen der Texte und deren Überlieferungs- und Umfangsspielräume variabel aufzuzeigen und mit den jeweiligen Überlieferungsträgern zu verbinden. Im Rahmen des Münchener Zentrums für Editionswissenschaft wird daher anhand der im Projekt „Glossenedition“ untersuchten Texte eine Datenbankarchitektur entwickelt, die es ermöglicht, unterschiedliche Zustände des Glossierungsprozesses adäquat abzubilden und so miteinander zu verknüpfen, dass Varianz und Stabilität der Texte erkennbar werden, und darüber hinaus eine Präsentationsform erarbeitet, die die Textdatenbank mit aufbereiteten Digitalisaten der Überlieferungsträger verbindet. Die im Projekt „Glossenedition“ entwickelten elektronisch gestützten Lösungen zur Edition glossierter Texte werden den Mitgliedern des Zentrums zur weiteren Nutzung und Fortentwicklung zur Verfügung stehen.

Kooperation

Mitglieder des Zentrums sind Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer sowie wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der LMU München, die in Verbindung mit dem Münchener Zentrum für Editionswissenschaft selbständig Forschungsprojekte entsprechend der Zielsetzung des Zentrums betreiben, sowie Mitglieder und wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der beteiligten Einrichtungen. Das Zentrum fördert die wissenschaftliche Arbeit in den beteiligten Editionsvorhaben durch gemeinsame Kolloquien, Weiterbildungs- und Qualifizierungsangebote und führt wissenschaftliche Veranstaltungen im Bereich der Editionswissenschaft durch. Im Jubiläumsjahr der Akademie wird es sich an der Vorbereitung und Durchführung des Kongresses „Editionen für das 21. Jahrhundert“ beteiligen, zu dem die Arbeitsgemeinschaft philosophischer Editionen (AGphE) vom 17. bis 20. Februar 2009 in die Räume der Bayerischen Akademie einlädt.

Ferner bemüht sich das Münchener Zentrum für Editionswissenschaft um eine koordinierte Außendarstellung der editionswissenschaftlichen Aktivitäten der beteiligten Einrichtungen und fördert die Kontakte seiner Mitglieder im nationalen und internationalen Umfeld. Die Geschäftsführung des Zentrums obliegt bis auf Weiteres dem Lehrstuhl für Lateinische Philologie des Mittelalters an der LMU München.


ERZBISCHÖFLICHE DIÖZESAN- UND DOMBIBLIOTHEK KÖLN, COD. 193 FOL. 14V.

Glossierte Martianus Capella-Handschrift aus der Kölner Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek.

Der Autor, seit 2005 Inhaber des Lehrstuhls für Lateinische Philologie des Mittelalters an der LMU München, ist Initiator und Geschäftsführer des Münchener Zentrums für Editionswissenschaft. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Lateinische Literatur des Mittelalters sowie Paläographie und Überlieferungsgeschichte. Er ist Mitglied der Kommission zur Herausgabe eines mittellateinischen Wörterbuches sowie der Kommission für die Herausgabe ungedruckter Texte aus der mittelalterlichen Geisteswelt der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

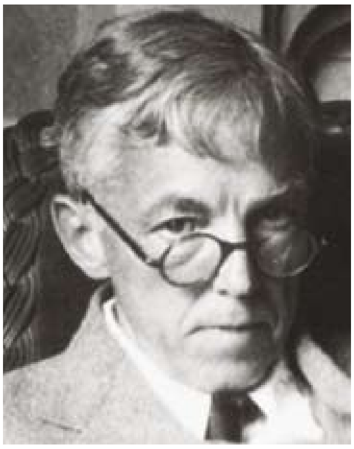
KÖNIGIN DER WISSENSCHAFTEN

Faszinosum Mathematik

DIE PLAKATE ZUM LETZTEN, DAMALS SOGAR INTERNATIONALEN JAHR DER MATHEMATIK 2000 WAREN NOCH NICHT VERGILBT, DA WURDE FÜR 2008 SCHON DAS NÄCHSTE, DIESMAL NATIONALE AUSGERUFEN. WER NUN ABER EINEN AUFGALOPP VON CORDHOSEN UND HORNBRILLEN ERWARTET HAT, WIRD DERZEIT EINES BESSEREN BELEHRT. ÜBERHAUPT HAT SICH MANCHERLEI GEWANDELT RUND UM MATHEMATIK, MATHEMATIKER UND MATHEMATIKERINNEN.

VON HANS-JOACHIM BUNGARTZ

Was ist denn anders geworden? Oder vielleicht sollte man – angesichts unserer Erfahrungen sowie angesichts von Publikationen wie „die innenwelt der mathematik. zur kultur und praxis einer beweisenden disziplin“ der Soziologin Bettina Heintz – besser fragen: Was ist denn anders geworden über das Maß hinaus, in dem die Mathematik einschließlich ihrer Repräsentanten schon immer irgendwie anders war? Nun, für die „alte“ Mathematik steht beispielsweise der begnadete britische Zahlentheoretiker G. H. Hardy, der 1940 seine legendär gewordene „A mathematician’s apology“ verfasste; für die alte Mathematik



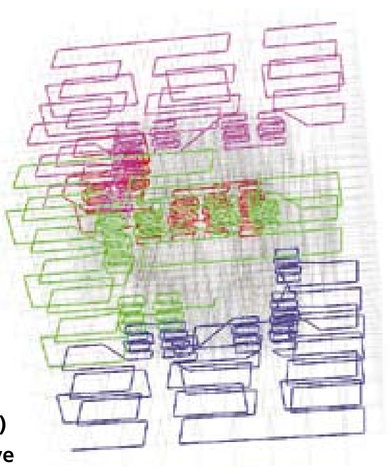
TRINITY COLLEGE LIBRARY, CAMBRIDGE

Der Mathematiker Godfrey Harold Hardy (1877–1947).

steht auch die Gewissheit des mit mathematischer Begabung nur durchschnittlich Gesegneten, mit einem Outing in Sachen mathematischer Unzulänglichkeit auf der Sympathieskala sicher punkten zu können – wie Myriaden so genannter Prominenter immer wieder zeigten und zeigen; oder der im Nobel-Trauma kulminierende selbstmitleidige Frust, zur unsichtbaren Innovation verdammt zu sein; und schließlich nicht zuletzt die Fachvertreter: nicht immer, aber doch oft Verteidiger der Schiefertafel, Alptraum der Modedesigner, Paradebeispiel des der Welt nicht immer zugewandten Wissenschaftlers – Mathematiker halt.

Das vertraute Bild oder: die „alte“ Mathematik

Die „alte“ Mathematik zelebrierte ihr Anderssein geradezu, getreu dem Motto „je verschrobener, desto besser“. Dies hatte fast zwangsläufig eine gewisse Isolation zur Folge, die bei den einen zu einem „jetzt erst recht“ führte, bei anderen dagegen ein zunehmendes Unwohl-



TUM/INSTITUT FÜR INFORMATIK (I5)

J. DREHER/R. GRAUER, THEOR. PHYSIK I, RUHR-UNI BOCHUM

Raum füllende Kurven – „topologische Monster“ im heutigen Einsatz: Verteilung der Rechenlast auf die Prozessoren eines modernen Parallelrechners mittels einer Peano-Kurve (3D, links) bzw. einer Hilbert-Kurve (2D-Strömungssimulation, Mitte/rechts).

sein aufkommen ließ. Und da war er, der Graben zwischen „echter“ oder „reiner“ Mathematik einerseits und „angewandter Mathematik“ andererseits. In Hardys „Apology“ lesen wir auf S. 80 (Hardy war überzeugter Pazifist): „There is one comforting conclusion which is easy for a real mathematician. Real mathematics has no effects on war. (…) It is true that there are branches of applied mathematics, such as ballistics and aerodynamics, which have been developed deliberately for war and demand a quite elaborate technique: it is perhaps hard to call them ‚trivial‘, but none of them has any claim to rank as ‚real‘. They are indeed repulsively ugly and intolerably dull.“ Heintz zitiert in ihrem oben erwähnten Buch einen Mathematiker aus der jüngeren Vergangenheit: „Wir Mathematiker tragen zwar nichts zur Krebsbekämpfung bei, aber dafür sind wir auch nicht schuld an der Umweltverschmutzung.“ Mal ganz abgesehen davon, dass die stattliche Schar prominenter und erfolgreicher Mathematiker, die sich mit Modellierung und Numerik in der Strömungsmechanik befassen, die Abklassifizierung als „Stumpfsinn“ nicht so einfach hinnehmen werden; mal auch abgesehen davon, dass die Mathematik sehr wohl signifikante Beiträge zur Krebsbekämpfung leistet, von der Diagnose bis zur Therapie: So einfach kann man es sich nicht machen, sich selbst ab einem gewissen Abstraktionsgrad von der Bombenbauerei reinzuwaschen. Aber wir wollen nicht ins Philosophische abdriften. Zuweilen blitzt die „alte“ Mathematik auch heute noch durch. Etwa, wenn in einer Berufungskommission für eine neue W2-Professur „Numerik partieller Differentialgleichungen“, wie jüngst geschehen, ein Kommissionsmitglied die Kandidatinnen und Kandidaten der Reihe nach zu deren wichtigster „mathematischer, also nicht etwa numerischer“ Arbeit befragt.

Um nicht missverstanden zu werden: Auf beiden Seiten des Grabens wurden und werden Fehler gemacht; nicht nur der Hedonismus des Wahr-Rein-Gut-Schönen, auch die Arroganz der Nützlichkeit kann zuweilen durchaus unerträglich werden. Aber so ist sie halt, die „alte“ Mathematik. Der Graben an sich ist das Problem. Ja, es gibt reine Theorie und reine Mathematik, deren Fragen und Antworten nur aus sich selbst heraus motiviert und zu finden sind. In den meisten Fällen kann (und will) dabei niemand abschätzen, ob solche Resultate je eine Anwendung finden. Schön, falls ja – Raum füllende Kurven sind ein besonders überzeugendes Beispiel dafür, haben sie doch als „topologische Monster“ Ende des 19. Jahrhunderts reine Mathematiker an den Rand des Wahnsinns getrieben (schließlich ist es nicht so leicht, sich vorzustellen, wie man mit einer endlos langen, endlos dünnen Nudel einen Nudeltopf absolut lückenlos ausfüllen kann), sind dann in einen langen Dornröschenschlaf gefallen, bevor der Parallelisierungsprinz sie endlich wachgeküsst hat. Aber es gibt eben auch die angewandte Mathematik. Die anderen Wissenschaften profitieren davon, doch auch die Industrie. Es gibt mathematisch orientierte Fraunhofer-Institute, es gibt ein BMBF-Förderprogramm „Mathematik für Innovationen in Industrie und Dienstleistungen“, und vieles, was dort so getrieben wird, ist ohne Rechnerunterstützung undenkbar. Ist solche nicht-reine Mathematik unrein, oder ist die nicht angewandte zu nichts zu gebrauchen? Beides haben die jeweiligen Protagonisten oft implizit durchscheinen lassen, ja sogar explizit zum Besten gegeben – was es nicht weniger unsinnig macht.

Metamorphosen oder: die „neue“ Mathematik

Und die „neue“ Mathematik? Die scheint mit der Vielfalt – endlich – etwas unverkrampfter umzugehen zu vermögen und die durch den Verzicht auf die fortdauernden, Kräfte raubenden internen Scharmützel freien Valenzen zum Nutzen aller einsetzen zu wollen. Die „neue“ Mathematik strotzt nur so vor Selbstbewusstsein, produziert Bücher und Vortragsreihen mit Titeln wie „Alles Mathematik“ oder „Mathematik ist überall“ im Minutentakt; sie scheut sich nicht mehr, auf nahezu allem – vom Navi-Gerät im Auto bis zum Pflaster am Berliner Alexanderplatz – keck das Wapperl „Mathe inside“ anzubringen; sie entwickelt plötzlich ungeahnte Bestsellerqualitäten, auf der Leinwand und in Buchform – von „Good Will Hunting“ über die Nash-Biografie „A beautiful mind“ (aufgemerkt: vier Oscars für den Film und ein Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften für den amerikanischen Mathematiker John Nash) bis hin zu Daniel Kehlmanns „Die Vermessung der Welt“; und sie schickt Protagonisten ins Feld, die – auch, aber keinesfalls nur wegen eines goldenen Rings im rechten Ohr – dem Bild vom vergeistigen älteren Herrn mit

TUM/ZENTRUM FÜR MATHEMATIK (M10)

Teil der mathematischen PR-Maschinerie, und besonders gelungen dazu: das Museum ix-quadrat im Gebäude der Fakultäten für Mathematik und Informatik der TU München in Garching.

Horn- oder Nickelbrille so ganz und gar nicht entsprechen wollen.
Was genau hat es mit diesem Ohrring auf sich – oder genauer, mit seinem Träger? Günter Ziegler, Mittvierziger, ist Professor für Mathematik an der TU Berlin, Leibniz-Preisträger und Sprecher der „Berlin Graduate School of Mathematics", einem Sprössling der Exzellenzinitiative. Sein Lebenslauf liest sich zunächst so, wie man das erwartet hätte: Wenn nicht schon embryonal, so war spätestens in Kindheitstagen die mathematische Karriere sonnenklar; in der Schulzeit dann der Reigen der Wettbewerbe – Jugend forscht, mehrmals der Bundeswettbewerb Mathematik; anschließend das Turbo-Studium – Vordiplom nach drei Semestern, Auslandsstudium und Promotion am MIT; schließlich mit 32 jüngster Professor an der Berliner TU. Doch dann hagelt es Überraschungen: kein gestrenger seriöser Herr im grauen Anzug mit chronisch vergeistigtem Blick, sondern auffällig gefärbte Haare und besagter Ohrring eben; kein Eremitendasein im von Papier und Bleistift geprägten Kabuff, sondern Präsident der Deutschen Mathematiker-Vereinigung und 2008 zudem auch Oberhäuptling der PR-Maschinerie der Mathematik; weder verzweifeltes Ringen nach verständlichen Worten noch gezieltes Vorbeischauen an der Kamera in Interviews, sondern vielmehr das Engagieren einer Psychologin als Coach. Und die Medien greifen so etwas dankbar auf. Auf meine Frage, warum immer dieselben Vertreter der Wissenschaft durch die Medienlandschaft geisterten (ob Parteienforscher, Gesundheitsexperten oder Automobilsachverständige), antwortete ein Journalist einmal: „Weißt du, wir sind ja so begeistert, wenn einer von euch ausnahmsweise mal in der Lage ist, zwei inhaltlich zusammenhängende Sätze am Stück zu formulieren, dass wir Presseleute so jemanden nie mehr loslassen." Kein schmeichelhaftes Urteil für die Wissenschaft insgesamt, insbesondere aber für deren vergeistigte Fraktion. Und so schafft es also ein Mathematiker durchaus auf Seite 4 der „Süddeutschen Zeitung" mit einem „Profil".

Das Mathematische Forschungsinstitut Oberwolfach im Schwarzwald.

MFO

Sechs Vorurteile in der „ZEIT"

Auch die „ZEIT" nahm sich der mathematischen Metamorphose an. „Schöne Formeln: Jeder weiß, was Biologen oder Historiker tun. Aber was treiben Mathematiker? Eine Abrechnung mit sechs klassischen Vorurteilen anlässlich des Jahres der Mathematik", so schrieb Christoph Drösser in der Rubrik „Wissen" am 24. Januar 2008. Schauen wir uns das mal etwas genauer an, zumal die „Abrechnung" doch noch inhärent von den eben genannten Vorurteilen durchdrungen ist:

1. Mathematiker sind verschroben. Oberwolfach wird ins Feld geführt – das legendäre Mathematische Forschungsinstitut im Schwarzwald, unweit der Stelle, wo Fuchs und Hase ...; die nicht abschließbaren Einzelzimmer, die vielen Tafeln mit noch mehr Kreide, der Spaziergang am Mittwochnachmittag als einzig erlaubter Fluchtversuch zu (und dieses eminent wichtige Detail hat Christoph Drösser aus irgendeinem Grund doch glatt vergessen – oder verschwiegen) immer demselben Café, wo dann stets Schwarzwälder Kirschtorte serviert wird. Und natürlich wird Grigorij Perelman erwähnt, das russische Genie, das den schon lange gesuchten Beweis für die Poincarésche Vermutung fand. Perelman, das Genie, das völlig zurückgezogen mit seiner Mutter lebt, das Schneiden von Haaren und Fingernägeln kategorisch ablehnt und – man ist versucht zu sagen, natürlich – dem spanischen König einen Korb nicht nur gibt, sondern geradezu hinwirft, wenn er zur Verleihung der Fields-Medaille nach Madrid geladen ist, passt gar nicht so schlecht ins Bild der „alten" Mathematik. Abschließend steht da noch etwas von mit Büroklammern geflickten Brillen, bevor dann kurz und knapp postuliert wird, dass die meisten aber doch dem Klischee der Verschrobenheit nicht gerecht werden. Korrekt – aber nicht sehr überzeugend vorgetragen!

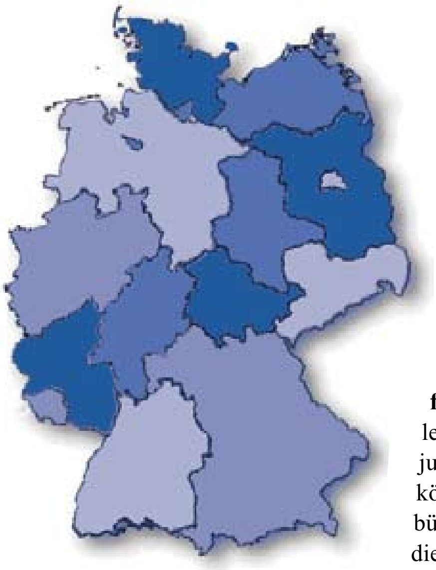
2. Mathematiker reden nur in Formeln. Auch hier gelingt die Widerlegung nicht so ganz. Mathematiker kommunizieren in gewöhnlicher (meist englischer) Sprache, lernen wir da. Aha. Dann werden die Oberwolfacher Serviettentaschen – mit Namensetiketten versehen – genannt, die zu jeder Mahlzeit bunt durchmischt werden, damit sich auch wirklich mal jede mit jedem und jeder mit jeder austauscht. Also bedarf es doch der Kommunikationskatalyse?

3. Mathematik ist reine Theorie. Hier ahnt man Ungemach, ein Aufleben des bereits erwähnten Grabens, ein Aufflammen des Mathematik-internen „Clash of the Civilizations", der die Mathematik an den Rand der Selbstzerfleischung getrieben hat. Es ist wahrlich nicht schwierig, dieses Vorurteil zu widerlegen.

4. Mathematik ist eigentlich schon längst fertig. Was gibt es denn in

FH GIESSEN-FRIEDBERG/M. BÖRGENS; WWW.FUSION-SUPPORT.DE

der Mathematik noch zu erforschen? Nahezu alles, was man in Mathematik in der Schule lernt, hat mit Menschen zu tun, die längst tot sind – zum Teil schon recht lange. Man denke an den Satz des Pythagoras, den Euklidischen Algorithmus, die wesentlich auf Leibniz und Newton zurückgehende Differenzialrechnung oder an die Gaußsche Glockenkurve. Dem halten die Zeugen des „ZEIT"-Autors – Günter Ziegler und Ulrich Trottenberg, der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Wissenschaftliches Rechen und Algorithmen (SCAI) in St. Augustin – zweierlei entgegen. Zum einen sind es Vertreter der heutigen Generation von Mathematikern, die die Rätsel um mehrere der die Mathematik jahrzehnte- bis jahrhundertelang faszinierenden Vermutungen schon lange toter Berühmtheiten (z. B. Poincaré, Kepler und Fermat) lösen konnten. Zum anderen ist ein Großteil der modernen angewandten Mathematik rechnergestützt und damit erst nach dem Zweiten Weltkrieg richtig in Schwung geraten – auch wenn auch hier viele zentrale Verfahren und Zusammenhänge nach schon lange toten Geistesgrößen wie Gauß oder Newton benannt sind. Wenn immer wieder auf die atemberaubende Entwicklung der Rechnerleistung verwiesen wird, die im Wesentlichen dem „Mooreschen Gesetz" folgt (dem nach dem Intel-Mitbegründer Gordon E. Moore benannten Zusammenhang zufolge wachsen die Integrationsdichte von Transistoren auf Chips und folglich deren Rechenleistung in fünf Jahren etwa um den Faktor zehn), so ist das schlicht und ergreifend richtig; kein anderes technisches Gerät kann eine solche Leistungsexplosion aufweisen. Richtig ist aber eben auch, dass die Effizienz numerischer Verfahren zur Lösung großer linearer Gleichungssysteme in den vergangenen drei Jahrzehnten in etwa um denselben Faktor zugelegt hat.



5. Mathematik ist eine brotlose Kunst. Dieses Vorurteil mag am Fehlen einer Mathematik-Industrie liegen und daran, dass jeder Zahnarztpraxen und Anwaltskanzleien kennt – aber ein Mathematikbüro? Wenn ein Maschinenbauer eine schöne Maschine baut (so er oder sie das heute überhaupt noch tun und sich nicht vielmehr den Nadelstreifen verpflichtet fühlen), dann wird diese anschließend produziert und verkauft. Wenn ein Mathematiker ein Problem löst, haben meistens weder das Problem noch die Lösung das Zeug zum Exportschlager – das ist schon richtig. Aber die Physik hat auch keine Industrie, und wer wollte die als brotlos bezeichnen? Zu Recht verweist Christoph Drösser auf Banken, Investmentgesellschaften und Biotech-Firmen als Beispiele für Unternehmen, die heutzutage massiv auf Mathematik und Mathematiker angewiesen sind. Dass eine Broschüre des Oberwolfach-Instituts einige Spitzenmanager der deutschen Industrie Lobeshymnen auf die Mathematiker unter ihren Mitarbeitern absingen lässt, wäre zwar ein noch gelungenerer Coup gewesen, wenn dieser Berufsstand zurzeit nicht so arg in der Kritik stünde, aber dies ändert nichts am Wahrheitsgehalt der Botschaft. Also von wegen brotlos – Mathematiker reüssieren in Mathematik-nahen wie Mathematik-fernen Tätigkeitsfeldern, können Fußballtrainer, Ministerpräsident oder Konzernchef werden und beschäftigen die Nürnberger Bundesagentur für Arbeit nur höchst selten. Das ist doch was!

6. Mathematik ist nur etwas für Überflieger. Hier nun erleben wir den Triumph des Konjunktivs: 20 oder 30 Prozent könnten aus den Mathe-Schulbüchern rausgestrichen werden; die Computer, die mittlerweile in jedem Klassenzimmer stehen, könnten vielfältig für mathematische Experimente mit Bezug zur Lebenswirklichkeit eingesetzt werden; die Lehrer müssten in der Lage sein, aus der Mathematik zu erzählen – zeigen, dass sich das Fach mit aktuellen und lebensnahen Problemen beschäftigt, wenn auch die Verfahren, die dabei verwendet werden, den Schulstoff übersteigen oder noch gar nicht vorhanden sind. Könnten, sollten, müssten. Tja, der lange Weg von „Alt" nach „Neu" ist eben steinig – aber kein Grund zum Wehklagen: Schließlich ist Einsicht der erste Schritt zur Besserung!

Was übersteht den Wandel?

Was also überlebt die Metamorphose, was übersteht den Wandel von Alt nach Neu? Glücklicherweise das Meiste dessen, was wirklich wichtig ist: die immense Bedeutung und Relevanz der Mathematik – für Wissenschaft, Forschung und Technik, aber auch für unsere Kultur; die intellektuelle Herausforderung, Bollwerk gegen alle Versuchungen des akademischen Weichspülens; bei aller Komplexität die Ästhetik und Eleganz des Einfachen; die Kraft der Abstraktion; und nicht zuletzt einfach die Lust am Grübeln, am Nachdenken.

Von wegen „Ich habe fertig!" Erst 1976 bewiesen Kenneth Appel und Wolfgang Haken die seit 1852 im Raum stehende Vierfarbenvermutung von Francis Guthrie, wonach vier Farben ausreichen, eine beliebige Landkarte so einzufärben, dass gleiche Farben allenfalls an isolierten Punkten aufeinandertreffen. Die Post in Urbana (Illinois) trug die Botschaft flugs in alle Welt – obwohl die mathematische Freude getrübt war, waren doch wesentliche Teile des Beweises von einem schnöden Computer ausgeführt worden.

Also fürwahr rosige Aussichten. Da ist auch das Sitzen zwischen allen Stühlen der Wissenschaftsfamilie zu ertragen. Überhaupt gerät so manche diesbezügliche Diskussion leicht esoterisch.
Warum sich nicht einfach an der Vielfalt erfreuen? Mathematik ist eine der wenigen Disziplinen, die von allem etwas sind: ein bisschen Naturwissenschaft, ein bisschen Geisteswissenschaft, ein bisschen Ingenieurwissenschaft; ein kräftiger Schuss Formalwissenschaft, aber eben auch eine wahrnehmbare Brise Realwissenschaft. Formal und empirisch, theoretisch und praktisch, analytisch und konstruktiv: Das ist doch was!

Zu viel des Guten?

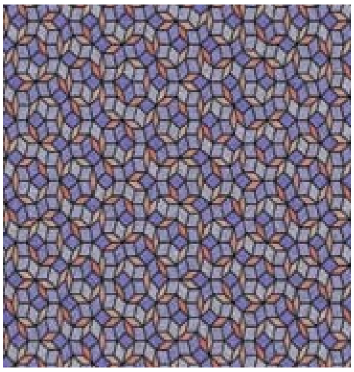
Manchmal freilich überholt die „neue“ Mathematik ihre eigenen Leute. Ein Beispiel gefällig? Nun, um obiges Vorurteil 5 zu widerlegen, werden auf Schülerinformationstagen an Universitäten landauf, landab ehemalige Absolventen in Laufsteg-gleichem Ambiente präsentiert, die heute höchst erfolgreich alles Mögliche tun – nur keine Mathematik: der promovierte Gruppentheoretiker, der heute Software entwirft; der Differentialgeometer, der inzwischen als Berater Ölkonzerne berät; die Stochastikerin, die bei einer Großbank längst in rechenfreie Hierarchieebenen vorgedrungen ist. Der Mathematiker quasi als omnipotenter Generalist, als Inkarnation des *Homo sapiens* mit Betonung auf dem zweiten Wort – ein wuchtiges Selbstverständnis, bezüglich dessen wohl nur seitens der Physik echte Konkurrenz droht. Und dennoch: Im Auswahlausschuss der Studienstiftung des Deutschen Volkes galt es neulich über einen Fall zu entscheiden, in dem ein Konstanzer Mathematikprofessor sich in seinem Gutachten fast empörte, wie jemand Mathematik studieren und Unternehmensberater werden wollen könne – damit wisse er nichts anzufangen. Tja, liebe Mathematik, so ist das halt – wer mit der Consulting-Traumkarriere lockt, zieht eben auch Leute an, die genau das erreichen wollen, und es nicht nur als Notausstieg sehen, falls es mit der Gruppentheorie wider Erwarten doch nicht klappen sollte – und das ist auch gut so, das hilft der „neuen“ Mathematik weiter! Ein Physikstudent, zur Aufnahme in die Studienstiftung vorgeschlagen, formulierte das jüngst in einem Aufnahmegespräch mir gegenüber fast entschuldigend: Nein, er sei keiner dieser zahlreichen McKinsey-Physiker, er wolle wirklich und tatsächlich Physik treiben!

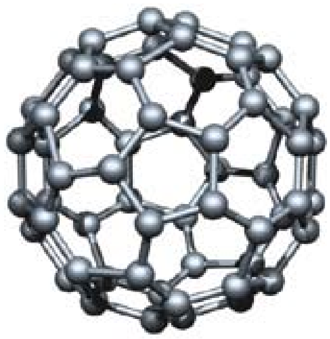
Versuch eines Fazits

Ein Fazit? Nun, der Mathematiker in mir freut sich riesig ob des PR-Erfolgs der Mathematik. Lange genug hat dieser auf sich warten lassen, und lange genug mussten leuchtende Beispiele wie der unermüdliche Münchner Mathematiker Roland Bulirsch Einzelkämpfern gleich ihre Botschaft von „Nutz und Frommen der Mathematik“ in die weite Welt tragen – und sich dabei ein ums andere Mal von den selbst ernannten Gralshütern als „unmathematisch“ beschimpfen lassen. Inzwischen kommen sie wieder, die Studienanfänger – zwar nicht in BWL-verdächtigen Zahlen, aber immerhin. Nicht alle lieben Mathematik, aber irgendwie cool scheint die eine oder andere Knobelei schon zu sein.

Dem Informatiker in mir möge bitte das eine oder andere Schmunzeln vergönnt sein und verziehen werden. Wo wären die modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften ohne die Mathematik? – Völlig richtig. Aber auch: Wo wäre denn die moderne, die „neue“ Mathematik ohne die Informatik, oder ganz konkret z. B. ohne die Visualisierung? Vermutlich noch bei den verstaubten Gips- und Drahtmodellen ebenso verstaubter mathematischer Sammlungen, aufopfernd gepflegt

Mathematische Schönheit hat viele Gesichter: Penrose-Parkettierung, C_{60}-Molekül des Buckminster-Fulleren, gewöhnlicher Fußball, Eschers „Belvedere“ im zeitgemäßen Gewand sowie der „Goldene Schnitt“ bei Leonardo da Vinci (v. l. n. r.).





GEORGIA INSTITUTE FOR TECHNOLOGY

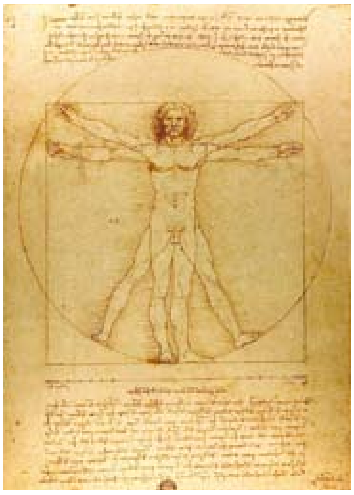
ANDREW LIPSON

von nicht minder verstaubten mathematischen Gestalten. Das soll bei all den mathematischen Bild-Tsunamis der letzten Jahre – von Mandelbrotschen Orgien über die Skulpturen in der oben erwähnten Ausgabe der „ZEIT“ bis hin zu den zahllosen Buchpublikationen und Ausstellungen à la „Imaginary – Die Welt mit den Augen der Mathematik“ (Wanderausstellung des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach aus Anlass des Mathematikjahrs) nicht vergessen werden.

„Was ich noch sagen wollte“ (fast wie bei Columbo ...) – Epilog

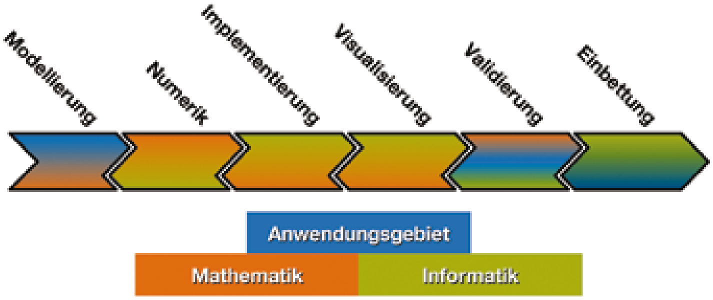
Halt, einen hab ich noch – schließlich stand im mir vorgegebenen Pflichtenheft zu diesem Beitrag auch die Verbindung von Mathematik und Informatik. Diese ist natürlich nach wie vor eng, und das keinesfalls nur aufgrund der Abstammung. Logik, Algorithmik, Effizienz, Simulation, Optimierung, Grafik – all diese Begriffe stehen für Teilbereiche, die weder der Mathematik noch der Informatik allein „gehören“, weil sie in beiden verwurzelt sind, beide irgendwie benötigen und zugleich befruchten.

Schauen wir uns ein Beispiel – mein Beispiel – etwas genauer an:



die numerische Simulation. Wer ein Phänomen aus den Natur- oder ein System oder einen Prozess aus den Ingenieurwissenschaften numerisch simulieren möchte, muss die so genannte Simulationspipeline durchlaufen: ein geeignetes Modell erstellen, dieses Modell diskretisieren und in eine durch den Computer abarbeitbare Form, einen Algorithmus bringen, den Algorithmus effizient (also Hardware-nah und parallel) implementieren, die relevante Information aus dem Wust der berechneten Ergebnisse extrahieren, visuell aufbereiten und dadurch einer kritischen Bewertung zuführen, schließlich den zunächst isolierten Simulationsschritt in einen übergeordneten Kontext – einen Entwurfs- oder Produktionsprozess beispielsweise – integrieren. Es ist offensichtlich, wie sehr hier die beteiligten Disziplinen – Mathematik, Informatik sowie die Disziplin, die die Problemstellung geliefert hat – verwoben sind.

Dennoch darf diese punktuelle Nähe von Mathematik und Informatik nicht darüber hinweg täuschen, dass sich die Informatik insgesamt von der Mathematik entfernt hat – ob man das als Reifungsprozess, Emanzipation oder Entfremdung bezeichnen mag, bleibt jedem selbst überlassen. Worin sich der Drift äußert? Nun, vor 25 Jahren hatte der typische Informatik-Studienanfänger das Selbstverständnis eines „Mathematikers mit menschlichem Antlitz und Technologiebezug“; wer die Bewerberinnen und Bewerber heute in der Eignungsfeststellung erlebt, stellt dies nur noch selten fest – es überwiegt eine Mathematik-fernere Motivation, getragen von IT, Business Solutions und Software-Themen. Während vor Jahrzehnten der Begriff des „Computing“ noch untrennbar mit dem Rechnen im eigentlichen Sinne, dem „Zahlenfressen“ verbunden wurde, wendet sich die erste



TUM/INSTITUT FÜR INFORMATIK (I5)

Die Simulationspipeline – Mathematik und Informatik in Treue vereint.

Assoziation heute oftmals eher in die Richtung des Ubiquitous oder Pervasive Computing. Während zu Beginn die Mathematik-Ausbildung im Informatik-Studium noch mit die härteste außerhalb der Mathematik war, findet sie sich heute an manch einer Universität irgendwo zwischen Bauingenieur- und Vermessungswesen wieder. Das braucht man nun weder zu beklagen noch zu bejubeln: Es ist einfach, wie es ist. Allerdings täte die Informatik schlecht daran, das Spielfeld des Grübelns und Knobelns, das Feld der Ehre der intellektuellen Herausforderung einfach der dies alles für sich reklamierenden Mathematik zu überlassen (der „neuen“ wohlgemerkt – die „alte“ hätte das weder gefordert noch verdient). Und in solchen Wettbewerbssituationen darf es dann ruhig auch mal ordentlich krachen – wie unter Geschwistern. Wohl denen, die dann zwei Hüte haben und sich über jeden Ausgang freuen können!

Der Autor ist seit 2005 Inhaber des Lehrstuhls für Informatik mit Schwerpunkt Wissenschaftliches Rechnen an der TU München. Seine Forschungsgebiete reichen von numerischen und algorithmischen Konzepten über die effiziente Parallelisierung und Einbettung von Simulationsverfahren bis hin zu Anwendungen, etwa in den Bereichen Strömungsmechanik oder Verkehr. Im Jahr 2006 wählte ihn die Kommission für Informatik der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, die das Leibniz-Rechenzentrum in Garching betreibt, zu ihrem Mitglied.

GEOMETRIE

Streben nach Vollkommenheit

OHNE MATHEMATIK SIND DIE KUNSTWERKE DER RENAISSANCE NICHT DENKBAR.

VON ROLAND Z. BULIRSCH

In der Renaissance entdeckt die Kunst die Geometrie; verschüttete mathematische Dogmen architektonischer Vollkommenheit werden wieder ausgegraben. Vollkommenheit, so die revolutionäre Entdeckung der Antike, ist mathematisch bedingt. Es war die Überzeugung der großen Baumeister der Renaissance, dass die sichtbare Welt, dort, wo sie sich in geometrisch vollendeter Kirchenarchitektur zeigt, die metaphysische erschließt.

Dürer: um der Kunst in geheimer Perspektive willen

Albrecht Dürer (1471–1528), *Praeceptor Germaniae*, macht sich vor 500 Jahren auf zu Reisen nach Italien (1494–1495 und 1505–1507), die Kunst der Antike und die Kunst der Meister der italienischen Renaissance zu studieren. Kunde war aus Italien nach Nürnberg gedrungen auch über das „neue Sehen", die perspektivische Malerei. Aber die italienischen Künstler hüteten das Wissen um die neu entdeckte Perspektive. 1506, von seiner zweiten Italienreise, schreibt Albrecht Dürer aus Venedig dem Willibald Pirckheimer nach Nürnberg: „… werde ich nach Bologna reiten, um der Kunst in geheimer Perspektive willen, die mich einer lehren will. … Danach will ich mit dem nächsten Boten kommen." Dürers Lehrer in Bologna sei, so erzählt man, einer der engsten Freunde und Weggefährten Leonardo da Vincis, der Franziskanermönch Luca Pacioli (um 1445–1514/17) gewesen, der große italienische Mathematiker der Renaissance, berühmt durch seinen Traktat über Algebra und über Polyeder. Dürer freundet sich mit Pacioli an.

Der Mathematiker Luca Pacioli. Gemälde von Jacopo de' Barbari, um 1495.

MUSEO DI CAPODIMONTE, NEAPEL

Leonardo: keine Gewissheit ohne Mathematik

„Keiner lese mich, in meinen Werken, der nicht Mathematiker ist," forderte Leonardo da Vinci (1452–1519). Seine Schriften sind angefüllt mit geometrischen Gebilden, Konstruktionen und mathematischen Berechnungen. Er hatte auch Luca Paciolis mathematisches Werk über die Platonischen Körper eigenhändig illustriert. „Keine Forschung darf sich wahre Wissenschaft nennen, wenn sie nicht von mathematischer Beweisführung durchdrungen ist. Ihr Studierenden, baut nicht ohne Fundamente, studiert die mathematischen Wissenschaften, keine Gewißheit gibt es, wo man nicht eine der mathematischen Wissenschaften anwenden kann" – so offenbarte sich einer der Großfürsten und Herrscher im Reich der Kunst der Hochrenaissance der Nachwelt.

Diese „Nachwelt" hat Leonardos Enthusiasmus für mathematische Wissenschaften eher skeptisch beurteilt. Karl Jaspers fragt: „.... weiß Lionardo überhaupt, was Mathematik ist?" Und er stellt fest, dass bei Leonardo die Mathematik bei der faktischen Naturerkenntnis und seinen technischen Apparaten keine Rolle spielt. Jaspers' wortreiche Bemerkungen über Defizite im Mathematikverständnis des Leonardo – und er ist nicht der einzige, der so urteilt – müssen verwundern. Woher hätte Leonardo die passende Mathematik nehmen sollen? Zu seiner Zeit beschränkte sich Mathematik auf die überlieferte Geometrie und etwas Algebra; und das mächtige Hilfsmittel der mathematischen Formelsprache steckte noch in den Anfängen. Gerade waren Formeln zur Auflösung kubischer Gleichungen entdeckt worden, eine großartige Sache, gewiss. Doch mit den Wurzeln algebraischer Gleichungen lassen sich weder Vorgänge der Natur noch der Technik beschreiben. Bis zu einer Mathematik, die das hätte tun können, war noch ein Jahrhunderte dauernder, mühseliger Weg zu gehen.

Leonardo war durch Mathematik inspiriert, nicht ohne Grund umgab er sich in seinem Freundeskreis mit

Mathematikern, Luca Pacioli war nur einer von ihnen. Seine klugen Bemerkungen über den engen Zusammenhang zwischen Mechanik und Mathematik machen noch heute staunen. Die Formeln dafür, die differentiellen Beziehungen, wurden erst Jahrhunderte später gefunden, das Genie hatte intuitiv die Zusammenhänge erahnt.

Raffael: Hymnus an die Geometrie

Da ist der andere Große, Raffaello Santi aus Urbino (1483–1520). Raffael verehrt den 31 Jahre älteren Leonardo. In dem berühmten Fresco „Die Schule von Athen" gibt Raffael dem griechischen Philosophen Platon die Züge des Leonardo. Neben Platon schreitet Aristoteles. Über dem Eingang zu Platons Akademie soll gestanden haben „Nur Mathematiker haben Zutritt". Und Raffaels Bild ist auch ein Hymnus an die Geometrie: Es zeigt neben den Philosophen Sokrates und Demokritos auch Geometer und Astrologen wie Pythagoras, Euklid, Archimedes, Ptolemäus. Sich selbst stellte Raffael zur Gruppe der Geometer rechts im Bild, sieht sich also mehr als Geometer denn als Maler.

Und die Geometrie hinter dem Bild? Schaut man genau hin, entdeckt man kleine Abweichungen von der exakten geometrischen Vorgabe. Hat der 27-jährige Raffael damals nicht genau genug gemalt? Er hätte es tun können, doch es sind diese „Unvollkommenheiten", die das Genie wahrscheinlich unbewusst eingefügt hat. Sie lassen das Bild vollkommen erscheinen. Auch in Raffaels Hochzeit Mariens, um 1504 gemalt, verbirgt sich Geometrie; seine Schriften waren mit mathematischen Formeln und geometrischen Figuren angefüllt. *Il Divino*, der Göttliche, hat man Raffaello Santi genannt. Und wer wollte widersprechen!

Die Renaissance und das „neue Sehen"

Peruginos Fresco von 1481 aus der Sixtina, die Schlüsselübergabe an Petrus, war den Künstlern Vorbild. Das war kein Zufall. Pietro Perugino (1445/48–1523) war in Arezzo bei Piero della Francesca in die Schule gegangen. Piero della Francesca und der Goldschmied und Baumeister Filippo Brunelleschi (1377–1446) – er schuf die Kuppel des Doms Santa Maria del Fiore in Florenz – gelten als Wiederentdecker der mathematischen Perspektive.

Inbegriff klassischer Vollkommenheit: Die Schule von Athen; Fresko von Raffaelo Santi in der Stanza della Segnatura im Vatikan (1510/1511).

Vorbild der Renaissance-Künstler: Peruginos perspektivisches Meisterwerk „Christus übergibt Petrus die Schlüssel" in der Sixtinischen Kapelle, 1481.

Piero della Francesca (1415/20–1492) war selbst ein bedeutender Maler der Frührenaissance. Er verfasste mehrere Traktate über Geometrie, Perspektive und den Abakus. Die Skizzen zur Perspektive in seiner „Mathematischen Kunst" füllte er mit langen Zahlenreihen, fügte den geometrischen Strukturen noch Zahlenkolonnen hinzu. Nicht viel anders arbeiten moderne Rechenautomaten, wenn sie aus den Unmengen von Zahlen, die aus den Rechenverfahren, den Algorithmen fließen, feste und bewegte Bilder auf den Bildschirmen entstehen lassen.

Aber vor Piero della Francesca und Brunelleschi gab es noch einen: Biagio Pelacani (um 1345), Philosoph aus Parma. Mit geometrischer Perspektive hatte auch er sich beschäftigt und war der Meinung: Das mathematische Wissen bietet den höchsten Grad an Sicherheit und ist in der Erkenntnis ebenso wie in der Schönheit des Beweisgangs allen anderen Wissenschaften überlegen.

Doch Biagio Pelacani war nicht der Einzige. Vor ihm war da Abu Ali al-Hasan Ibn al-Haitham (965–1040), im Westen Alhazen genannt. Im Bagdad des 11. Jahrhundert hatte er gelebt, Bagdad, damals das absolute Zentrum der islamischen Welt. Alhazen hatte den Weg, den das Licht, ein Lichtstrahl nimmt, eingehend untersucht, die Perspektive erforscht. Kepler und Galilei sollen von ihm, Alhazen, dem großen Vorbild, gewusst haben.

Die Mathematik mit ihrer Teildisziplin, der Geometrie, kann selbst keine Kunstwerke schaffen. Sie will es nicht und sie könnte es auch nicht. Aber immer, bis in die jüngste Neuzeit, hat sie großen Künstlern Anregungen gegeben. Für die Großmeister der Renaissance waren Kunst und Mathematik auf das engste miteinander verbunden. Manche waren von einer Leidenschaft für Mathematik erfüllt, von einer mathematischen Passion geradezu besessen, geniale Künstler und große Wissenschaftler zugleich.

Künstler der Renaissance führten gelegentlich Wettbewerbe aus. Freistehend und freihändig waren große Kreise in einer einzigen Umfahrung zu zeichnen. Manche ließen sich dabei die Augen verbinden. Dann wurde mit dem Zirkel geprüft, wie genau die Kreise ausgefallen waren. Zweck der Sache: Wie genau konnten Gehirn und Augen die Motorik des Bewegungsablaufs in Armen, Händen und Fingern steuern. Einer der Meister ließ einmal mit dem Zirkel einen großen Kreis zeichnen, verließ dabei den Raum. Zurückkommend, fixierte er kurz den Kreis und markierte darauf mit einem Stift den exakten Mittelpunkt. Ihm wurde die Krone zugesprochen. Auch Pablo Picasso konnte perfekte Kreise zeichnen, demonstrierte seine perfekte Motorik zwischen Hand und Gehirn. Einem Kunstkritiker unserer Tage fiel dazu nur ein: „Was hat das alles mit Kunst zu tun?“ Von der Ideenwelt der Renaissance trennen uns weit mehr als nur 500 Jahre. Die Renaissance war auch eine große Zeit für die Mathematik im Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation. In Augsburg erscheinen Bücher über Mathematik; und die Fugger zeichneten als Herausgeber der Werke des Euklid. In der Augsburger Benediktinerabtei St. Ulrich und Afra verfasst der gelehrte Mönch Vitus Rechenanleitungen: In seinen deutschen Texten aus dem Jahre 1500 erscheint schon das lateinische Wort computus, computj (computieren); es fand keinen Eingang in die deutsche Sprache, wurde nicht akzeptiert. 470 Jahre später taucht es in Deutschland wieder auf, jetzt aber mit betont angelsächsischer Aussprache: Computer; in angelsächsischer Intonation wurde es angenommen.

Hans Holbein d. J.: ein perspektivisch verzerrtes Geheimnis

Wie vollkommen die großen Maler der Renaissance die geometrischen Gesetze der Perspektive beherrschten, sieht man am Bild „Die Gesandten“, einem Meisterwerk des Augsburger Hans Holbein d. J. (1497/98–1543) aus seiner Londoner Zeit. Das Bild, 1533 gemalt, zeigt den französischen Botschafter Jean de Dinteville und den Bischof von Lavour, Georges de Selve, und steckt voller Symbolik. Hier mathematisch-astronomische Instrumente als wesentliche Hilfsmittel zur Erkenntnis der Welt, da Peter Apians deutsches Lehrbuch einer Arithmetik für Kaufleute, aus Leipzig. Neben dem französischen Bischof des Johannes Walthers protestantisches Gesangsbuch aus Wittenberg, aufgeschlagen die Seite mit dem deutschen Lied „Komm Heiliger Geist“. Das war kein Zufall. Der französische Bischof war bekümmert über die Glaubensstreitereien in Deutschland – es war die Zeit der Reformation – und hatte die Deutschen angefleht, sie möchten heimkehren zu den anderen Christen. Zwischen den beiden Figuren ein längliches Etwas, noch vor 200 Jahren rätselte man darüber. Es ist ein perspektivisch verzerrter Schädel; im Rechner kann man die Verzerrung rückgängig machen, Mathematiker sagen, man wendet auf das Gebilde die inverse Abbildung an. Das Ergebnis: ein perfekt gemalter Schädel, des jungen Holbein vollkommene Kenntnis der Malerei und erstaunliches Wissen um Mathematik offenbarend.

Nochmals Dürer: die eigentliche Grundlage aller Malerei

Geometrie ist für Dürer Offenbarung der Naturgesetze. Einer, der nicht Algebra und Geometrie beherrscht sowie alles, was man über Astronomie und Naturwissenschaften lernen kann, ist für ihn kein ganzer Maler. Den

NATIONAL GALLERY, LONDON

Hans Holbein d. J.: „Die Gesandten“ (1533), mit dem perspektivisch verzerrten Schädel am unteren Bildrand (links) und die inverse Abbildung (rechts).

FOISTER/ROY/WYLD, S. 52

Studien zur Perspektive: Albrecht Dürers „Underweysung der messung mit dem zircke..." (Erstausgabe 1528).

Johannes Müller aus Unterfranken, dem unterfränkischen Königsberg, einen Erneuerer der Mathematik der Renaissance, studiert er sorgfältig. Die Welt kennt Müller als Regiomontanus (Königsberger). Columbus und Amerigo Vespucci sollen nach seinen Sternkarten gesegelt sein.

Auch die Schriften eines anderen Großen liest Dürer mit entzückter Verblüffung: Es ist der schon zu Lebzeiten berühmte Nikolaus von Kues aus Bernkastell an der Mosel – Cusanus, Kardinal Nikolaus von St. Peter in den Ketten. Giordano Bruno, der große Italiener und Rebell – vor über 400 Jahren verbrannt – rühmt den Cusaner „… daß er dem Pythagoras nicht gleich sei, sondern ein Größerer...". In seiner Schrift „De mathematica perfectione" bekennt der Kardinal, mathematische Einsichten führen uns zum beinahe absolut Göttlichen und Ewigen. Mit Kurven- und Flächenmessung beschäftigte er sich und erfand beinahe die Integralrechnung.

Nach seiner Rückkehr aus Italien packt Albrecht Dürer alle seine Erkenntnisse über das „neue Sehen" in sein Werk „Underweysung der messung mit dem zirckel und richtscheyt...". Und dem Willibald Pirckheimer schreibt er: „Dieweil aber dies die eigentliche Grundlage aller Malerei ist, habe ich mir vorgenommen … eine Grundlage zu schaffen … um daraus die rechte Wahrheit zu erkennen. … … gar leicht verlieren sich die Künste, … schwer nur … werden sie wieder erfunden. … Und habe ich Euch dieses Büchlein aus besonderer Zuneigung und freundlicher Absicht zugeschrieben." Dürer hatte sein Buch mit Herzblut geschrieben, schätzte es höher als seine Kunstwerke. In deutscher Sprache hatte er es abgefasst und war dabei als Sprachschöpfer tätig geworden. Über den Rat seiner humanistischen Freunde, es in Latein zu schreiben, hatte er sich hinweggesetzt.

Was kann Dürers Buch heute noch bedeuten? Jeder Rechner geht bei der perspektivischen Bilderzeugung wie Albrecht Dürer und Piero della Francesca vor, die Maschine kann es nur schneller, unendlich viel schneller. Aber: Perspektivisches Sehen ist nicht alles in der Kunst der Malerei. Wo bliebe Monet, wo blieben van Gogh und die anderen Großen?

Der Autor ist em. o. Prof. für Höhere und Numerische Mathematik an der TU München. 1991 wählte ihn die Bayerische Akademie der Wissenschaften zu ihrem ordentlichen Mitglied, seit 1998 ist er Sekretar ihrer Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse. Er ist außerdem Vorsitzender der Kommission für die Herausgabe der Werke von Johannes Kepler.

Literaturhinweise:

Hans Belting: Florenz und Bagdad. Eine westöstliche Geschichte des Blicks, München 2008.
Albrecht Dürer: Unterweisung der Messung mit dem Zirkel und Richtscheit, Nördlingen 2000.
Albrecht Dürer-Ausgabe, München 1971.
Richard Fichtner: Die verborgene Geometrie in Raffaels Schule von Athen, München 1984.
Susan Foister, Ashok Roy, Martin Wyld: Making & Meaning. Holbein's Ambassadors, London 1997.
Bruno Nardini: Leonardo da Vinci, Stuttgart 1980.
Irmgard Palladino: Gläubige mitreißen, Ungläubige überwältigen. Die Kuppeln von Rom.
Ladislao Reti: The Unknown Leonardo, New York 1990.
Marianne Schneider: Unterwegs zu Leonardo. Texte von Luca Pacioli bis Karl Jaspers, München 2006.
A. D. Sertilanges: I Pensieri di Leonardo da Vinci, Amboise 1986. (Mehrere Übersetzungen; die Übertragung von Leonardos im Italienisch der Renaissance formulierten Gedanken ist nicht immer korrekt).
Rolf Toman: Die Kunst der italienischen Renaissance, Köln 1994.

KEILSCHRIFTMATHEMATIK

Zählen – Messen – Wägen: Rechnen vor 4000 Jahren

MIT TONTAFELN MATHEMATISCHEN INHALTS BESCHÄFTIGEN SICH HEUTE ALTERTUMS- UND NATURWISSENSCHAFTLER GLEICHERMASSEN.

VON SABINE ECKLIN

Dass die Babylonier die Griechen und damit unsere Wissenschaft beeinflusst haben, ist allgemein bekannt. Zum Zeitpunkt jener Kulturübernahme, besonders im naturwissenschaftlichen Bereich, war seit den ersten schriftlich überlieferten Zeugnissen wissenschaftlicher Tätigkeit schon fast so viel Zeit vergangen, wie zwischen uns und den griechischen Anfängen liegt. Die „mesopotamische Mathematik" ist ein langer Prozess, der zum ersten Mal schon auf Wirtschaftstexten des 3. Jahrtausends belegt ist, derer Schreiber nach allgemeiner Ansicht die Sumerer waren. Er reicht über tiefgreifende Reformen um das Jahr 2000 bis zum Beginn unserer Zeitrechnung.

Berücksichtigt man dazu die große geographische Ausdehnung (das Kernland zwischen Euphrat und Tigris, vom persischen Golf über das iranische Hochplateau bis nach Kleinasien, Syrien und Palästina) mit dadurch bedingten örtlichen Besonderheiten, so erstaunt es nicht, dass die „Keilschriftmathematik" ein äußerst vielfältiges Forschungsfeld ist. Gerade in jüngster Zeit bekommt diese „Wissenschaft in der Wissenschaft" durch Forschungen mathematisch/astronomisch spezialisierter Assyriologen resp. Mathematiker/Physiker/Astronomen mit Spezialgebiet Assyriologie neuen Aufwind.

Keilschriftmathematik an der Akademie

In Band sieben des „Reallexikons der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie" (1987–1990), einem Projekt der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, stehen die zwei Artikel, die zum ersten Mal das Wissen um „Mathematik" (Verfasser: J. Friberg) und „Maße und Gewichte" (Verfasser: M. A. Powell für Mesopotamien, Th. van den Hout für Anatolien) zusammenfassten. Beide Artikel, die gemeinsam fast 130 Seiten füllen, sind auch heute noch die Grundlagenwerke zu diesem Thema.

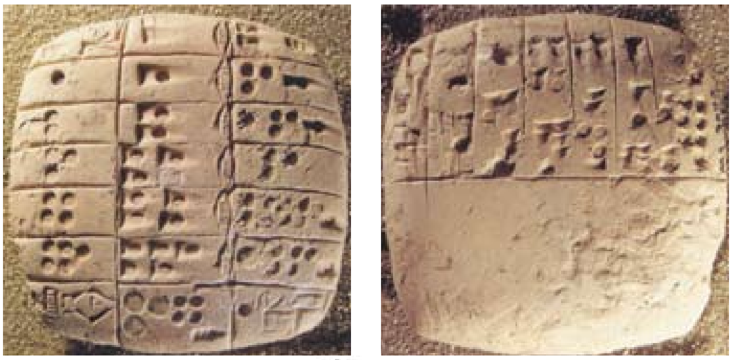
Entdeckungen im Orient

Bis diese Reallexikoneinträge geschrieben werden konnten, war viel Kleinarbeit nötig: zuerst in Vorderasien von Archäologen, dann an den Schreibtischen von Philologen. Vor etwas mehr als hundert Jahren wurden in Nippur (Südmesopotamien) die ersten Tafeln ausgegraben, mit denen die Forschungsgeschichte der Keilschriftmathematik begann. Es handelte sich bei jenem Fund um Hunderte von Tontäfelchen, auf denen Schreiberschüler mathematische Aufgaben gelöst hatten. Während mehr als eines halben Jahrhunderts bildeten diese Texte,

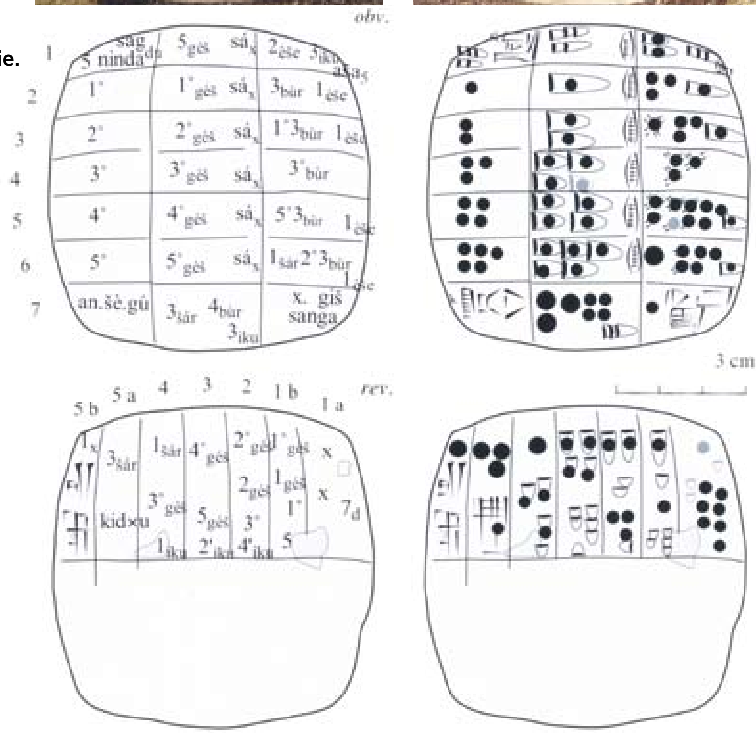
P. Attinger, J. Friberg und P. Paoletti haben mir freundlicherweise ihre Unterlagen zur Verfügung gestellt, H. Brunke hat mich fachlich beraten. Ihnen danke ich an dieser Stelle.

QUELLE: P. PAOLETTI (UNVERÖFFENTLICHT)

Gewogenes auf einer Ur III-Wirtschaftstafel (aus dem sog. Schatzarchiv). Text auf der Tafel: „2/3 Mine 7 5/6 Schekel Silber, „ausgewählte Sachen", hat Ada-galšum gesandt. Aus dem Palast gekommen, Einlieferung, via Lisin. Ludiĝira war Empfänger, in Puzriš-Dagān". (Datum) Auf dem Rand ist das Gewicht noch einmal notiert: 2/3 Mine 7 5/6 Schekel.



Altsumerische Tafel mit Übungen zu Maßeinheiten (wahrscheinlich früh-dynastisch).



Transliteration und Kopie.

QUELLE: J. FRIBERG, A REMARKABLE COLLECTION OF BABYLONIAN MATHEMATICAL TEXTS, S. 484 (PHOTO) UND 150 (KOPIE UND TRANSLITERATION)

die aus der altbabylonischen Zeit stammen, die Hauptquelle für die Rekonstruktion mathematischen Denkens und Unterrichtens vor 4000 Jahren. Zwar wurden auch an vielen anderen Stätten − v. a. Südmesopotamiens – mathematische Tafeln gefunden, sie weckten aber kaum Interesse und verschwanden in den Magazinen der Museen. Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde das Interesse der Assyriologen und Naturwissenschaftler neu entfacht, als auch in Nordmesopotamien und Elam Tafeln mit mathematischem Inhalt ausgegraben und publiziert wurden.

Fundlage

Die meisten Tafeln, anhand derer das mathematische Denken, Wissen und Lehren rekonstruiert wird, stammen entweder aus Schultexten von den ersten drei Jahrhunderten des 2. Jahrtausends (altbabylonische Zeit) oder aus den Erzeugnissen der durch die „neue“ Wissenschaft Astronomie beeinflussten Schreibertätigkeit der Seleukidenzeit in den letzten Jahrhunderten vor der Zeitwende.

Eine andere überaus reiche Quelle sind Verwaltungsdokumente, die seit der Zeit der Schrifterfindung (und eventuell darüber hinaus) belegt sind, sowie Tabellen und Listen aus allen drei Jahrtausenden, während derer sich die Menschheit im Vorderen Orient der Keilschrift bediente. Allerdings gibt es Überlieferungslücken, die – gerade im 2. Jahrtausend – über Jahrhunderte dauern.

Zählen, messen, wägen

Mathematik beginnt beim Zählen. In der Keilschriftmathematik ist einer der ganz großen Schritte der Menschheit nachvollziehbar: das Loslösen der Anzahl vom Gezählten. Etwa zeitgleich – wir denken hier in Dimensionen von Jahrhunderten – fand auch der Prozess vom Sprechen zum Schreiben (das Loslösen des Lautes vom bezeichneten Gegenstand) statt.

Auf den frühesten Tafeln aus der Uruk-Zeit sind Anzahl und Gezähltes eine Einheit. Je nach Gezähltem wird ein anderes Zählsystem verwendet. Das abstrakte Zählen findet zwar schon statt, ist aber noch untrennbar mit einem Gegenstand resp. einer Gruppe von Gegenständen verbunden. Es werden zwar teilweise die gleichen Keilschriftzeichen benutzt, die aber je nach System etwas anderes bedeuten. Ein Beispiel:

Das Zeichen ● steht für
10 Einheiten (eines Zahlensystems) für Menschen, Tiere usw.
10 Einheiten (eines Zahlensystems) für tote Tiere usw.
10 Einheiten (eines Zahlensystems) für verschiedene Rationen
1 Flächeneinheit
1 Getreideeinheit

Bis heute ließen sich 13 verschiedene Zählsysteme rekonstruieren, darunter:
– verschiedene Systeme für das Zählen von zählbaren Gegenständen: eines für Tiere, Menschen, Gemüse, getrockneten Fisch,

Werkzeug usw., eines für tote Tiere, Krüge, eines für Getreide, Käse, frischen Fisch, eines für einen zur Zeit noch unbekannten Gegenstand;
– verschiedene Systeme für Flüssigkeiten und Getreidesorten;
– ein System für Flächen.

Nachdem diese Systeme – zwar sehr kompliziert, aber in sich eindeutig – erkannt wurden, erweisen sie sich als ungemein nützlich: Der heutige Leser, wie schon der Leser im Alten Orient, weiß mit einem Blick auf ein Zeichen nicht nur, *wie viel*, sondern auch *was* gezählt wird.

Erst zum Zeitpunkt, als die Zahl sich bis zu einem gewissen Grad vom Gezählten gelöst hatte, konnten theoretische Berechnungen angestellt werden. Dies gipfelte in unzähligen Tafeln und Tabellen zu Reziprokwerten, Multiplikation und Division, Potenzen und Wurzeln, Exponentialfunktionen und Logarithmen, ohne die gewisse Rechenaufgaben nicht hätten gelöst werden können.

Zählen

Auch zum Zählen einerseits und zum Notieren der Zahlen andererseits wurden verschiedene Systeme benutzt. Das in den mathematischen Texten aus altbabylonischer Zeit zu findende so genannte Sexagesimalsystem, womit das Zahlensystem mit der Grundzahl (Basis) 60 gemeint ist (lat. sexagesimus „der Sechzigste" in Entsprechung zu Dezimalsystem aus lat. decimus „der Zehnte"), hat sich teilweise bis in die heutige Zeit erhalten: Es findet sich noch in unserer Zeitrechnung (Stunde, Minuten) und ebenso im Winkelmaß (Grad, Bogenminuten).

QUELLE: J. FRIBERG, A REMARKABLE COLLECTION OF BABYLONIAN MATHEMATICAL TEXTS, S. 470 (PHOTO) UND 71 (TRANSLITERATION)

Altbabylonische Multiplikationstafel: 12er-Reihe.

Sexagesimalsystem

Der in der Literatur stets verwendete Begriff „Sexagesimalsystem" ist insofern nicht korrekt, als alternierend Zehner- und Sechserschritte anwendet werden. Die Grundzeichen sind (diš: Zeichen für Eins), (u: Zeichen für Zehn) und (ĝeš$_{2}$: Zeichen für Sechzig, gleiches/ähnliches Zeichen wie Eins) und (šar$_{2}$: Zeichen für Dreitausendsechshundert). (s. Tab. 1)

Für Eins und für Sechzig benutzt die Keilschrift das gleiche oder ein ähnliches Zeichen. Ursprünglich waren die Zeichen gut unterscheidbar, was beweist, dass dem so genannten „Sexagesimalsystem" die zwei Basen 10 und 6 zugrundelagen. Für Zahlen, die das Vorstellungsvermögen überstiegen, wurden keine eigenen Zeichen verwendet, sondern die Umschreibung „große Gesamtheit" (für 216.000) und „große Gesamtheit, die nicht erreicht werden kann" (für 2.160.000).

In einem Wirtschaftstext heißt es zum Beispiel:

4 šar$_{2}$	3 ĝeš'u	8 ĝeš$_{2}$	5 u	7 diš	ku$_{6}$
4 x 3600	3 x 600	8 x 60	5 x 10	7	Fisch(e)

Übersetzt wird die Sequenz mit „16.737 Fische".

Ein besonderes Mischsystem

In akkadischen Texten (nicht aber mathematischen Inhalts) ist schon seit Mitte des 3. Jahrtausends ein Mischsystem belegt. Bis 99 zählt es gleich wie das sumerische Sexagesimalsystem. Dann folgt aber das Wort für Hundert (*me'at*) und für Tausend (*līmu*).
So heißt es in einem Text:
li-im *mi-at*
Transliteration:
13 *li-im* 9 *mi-at* 72 (60 + 12)
Übersetzung: 13.972.

Tab. 1: Sexagesimalsystem.

šar$_{2}$-gal šu nu-ta$_{3}$	←x10	šar$_{2}$-gal	←x6	šar'u	←x10	šar$_{2}$	←x6	ĝeš'u	←x10	ĝeš$_{2}$	←x6	u	←x10	diš/aš (oder)	←x60	giĝ$_{4}$
große Gesamtheit, die die Hand nicht berührt (= nicht erreicht werden kann)		große Gesamtheit		zehn Gesamtheiten		Gesamt(heit)		zehn Sechziger		Sechzig		Zehn		Eins		Schekel
2.160.000		216.000		36.000		3.600		600		60		10		1		1/60

Literaturhinweise:

Pascal Attinger: Vorlesungsmanuskript „Mathematik“, Universität Bern, Sommersemester 2006.

Robert K. Englund: Texts from the Late Uruk Period, in: P. Attinger/M. Wäfler (ed.) Mesopotamien, Annäherungen 1 (= Orbis Biblicus et Orientalis 160/1), Freiburg 1998.

Robert K. Englund: Organisation und Verwaltung der Ur III-Fischerei (= Berliner Beiträge zum Vorderen Orient 10), Berlin 1990.

Jöran Friberg: A Remarkable Collection of Babylonian Mathematical Texts, New York und Berlin 2007.

Joachim Oelsner: Zur Mathematik des alten Mesopotamien, in: C. Wilcke (ed.), Das geistige Erfassen der Welt im Alten Orient, Wiesbaden 2007.

Christine Proust: Mathématique en Mésopotamie, Site CultureMath: http://www.dma.ens.fr/culturemath/, 2006.

Sexagesimales Stellenwert- oder Positionssystem

Im Zuge einiger – allerdings nicht genau fassbarer – Reformen kurz vor 2000 v. Chr. erfuhr auch die Art und Weise, wie Zahlen in den mathematischen Texten geschrieben wurden, eine grundlegende Änderung. Es wird nur noch mit den beiden Zeichen für Eins und Zehn operiert, deren Position ihren Wert bestimmt. Nach 59 beginnt die nächste Einheit auf der nächsten Position. Der große Unterschied zu unserem System, das nach 9 auf einer neuen Position beginnt, besteht darin, dass weder ein Platzhalter für einen nicht durch eine Zahl besetzten Platz existierte (unsere Null), noch ein Zeichen, um die dezimalen Bruchteile abzutrennen (unser Komma). Jedes Zifferzeichen einer keilschriftlich geschriebenen Zahl steht für ein ganzzahliges Vielfaches einer negativen oder positiven Potenz von Sechzig. Dabei werden allerdings diejenigen Potenzen von Sechzig, welche mit der Vielfachheit Null auftreten, nicht durch ein eigenes Zeichen, sondern überhaupt nicht notiert. Auch kann der Exponent der Potenz von Sechzig, deren Vielfachheit durch eine bestimmte Ziffer wiedergegeben wird, aus dem Keilschrifttext nicht ohne weiteren Kontext bestimmt werden (relatives Positionsnotationssystem).

Zum Beispiel kann die Zeichenfolge 𒐏𒐉 𒎙𒐋 𒐏 (die Abfolge der Ziffernzeichen für 44, 26 und 40) verschiedene Zahlenwerte bezeichnen:

	44×60^2	+	26×60	+	40	=	160.000
oder:	44×60^3	+	26×60^2	+	40×60	=	9.600.000
oder:	44×60	+	26	+	$40 \times 1/60$	=	2.666,66666
oder gar:	44×60^4	+	26×60	+	$40 \times 1/3.600$	=	570.241.560,01111
usw.							

Messen und wägen

Hohl-, Längen-, Flächenmaße, Gewichte und Volumen wurden durch je ein eigenes System ausgedrückt, wobei sich die Systeme gegenseitig beeinflusst haben. Erschwert wurde und wird die Rekonstruktion mathematischen Denkens durch die Tatsache, dass es während der fast drei Jahrtausenden einerseits zu Entwicklungen, dann aber auch zu bewussten Reformen kam und gleichzeitig geographische Besonderheiten und Ausnahmen zu berücksichtigen sind. Die in Tabelle 2 aufgeführten Beispiele der Hohlmaße sind nur für eine bestimmte Zeit an einem bestimmten Ort gültig (vgl. die Vielfalt an Systemen – z. B. Währungseinheiten – auch noch in unserer Zeit).

Schlussbemerkung

Wirtschaftstexte gibt es zu Hunderttausenden. Auf den ersten Blick scheinen sie unspektakulär, ja langweilig. Erst wenn mit den darauf notierten Mengenangaben gerechnet werden kann, eröffnet sich ein Blick auf den Alltag in Mesopotamien, der in keinem Epos, keiner Königsinschrift, keiner noch so großartigen Architektur, keinem Grab gefunden werden kann. Es ist möglich, die Anzahl der Arbeiter in einer Wirtschaftseinheit zu bestimmen, zu rekonstruieren, was sie aßen, womit sie handelten, was sie in welchen Mengen anbauten, wie viel Besitz sie hatten, wie sie sich kleideten, wie sie bauten, sogar wohin sie reisten usw. Noch sind unzählige Fragen offen – die Assyriologie ist und bleibt eine äußerst spannende und vielfältige Wissenschaft. An der Bayerischen Akademie der Wissenschaften entsteht zur Zeit das „Reallexikon der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie“. Die Einträge von A bis S sind in den schon erschienenen 11 Bänden nachzuschlagen.

Die Autorin studierte Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie. Seit Anfang 2006 ist sie wiss. Mitarbeiterin der 1946 gegründeten Kommission für Keilschriftforschung und Vorderasiatische Archäologie und leitet die Redaktion des Reallexikons der Assyriologie und Vorderasiatischen Archäologie.

Tab. 2: Hohlmaße (die Umrechnung in heutige Maße und Gewichte ergibt Ungefähr-Werte!).

šar$_2$ (/kuru13)		ĝeš'u		ĝeš$_2$		u		aš		bariga		ban$_2$		sila$_3$		giĝ$_4$
Gesamt (heit) /Speicher		zehn Sechziger		Sechzig		Zehn		Eins		Scheffel		Seah		Liter		Schekel
3600 gur	←x6	600 gur	←x10	60 gur	←x6	10 gur	←x10	1 gur	←x5	60 sila	←x6	10 sila	←x10	1 sila	←x60	1/60 sila
Kor		Kor		Kor		Kor		Kor		Liter		Liter		Liter		Liter
1.080.000 l		180.000 l		18.000 l		3.000 l		300 l		60 l		10 l		1 l		17 ml

Kulturelle Entwicklung zur Zeit der Keilschrift

	Archäologische Periode	Epochenbezeichnung: Nordmesopotamien Anatolien	Epochenbezeichnung: Südmesopotamien	Kultur/Technik	Sprache
4000	Frühe Bronzezeit	Uruk		Esel Rad „Uruk-Schrift“ Verwaltungsdokumente: zählen Fernhandel Metalle: Gold, Silber, Blei, Kupfer-Arsenik Städte Lexikalische Listen	sumerisch?
3000		frühdynastisch		Keilschrift Verwaltungstexte (Buchhaltung) Mathematische Problemlösungen Schülertexte: Tabellen (Multiplikation von Längenmaßen ergibt Flächenmaße) Literatur Metalle: Zinn Stadtstaaten	sumerisch
2500		altakkadisch, sargonisch Ur III		Pferde Staatenbildung Reformen: Metrologie, Recht, Schrift, Verwaltung (Buchhaltung), Kalender Schülertexte: Flächenberechnungen, Reziproken-Tabellen Schulen Medizin Sexagesimales Positions- oder Stellenwertsystem	akkadisch, sumerisch
2000	Mittlere Bronzezeit Späte Bronzezeit	altassyrisch	alt-babylonisch	Wagen, Speichenräder Kühlhäuser Schülertexte: metrologische und numerische Tabellen, Rechenaufgaben Rechtscodizes	akkadisch (sumerisch als tote Sprache für Literatur, Königsinschriften, Ritualtexte …)
1500		mittel-assyrisch Mitanni Hethiterreich	mittel-babylonisch kassitisch	Glas Eisen Astrologie Astronomie	akkadisch kassitisch? (sumerisch)
1000	Eisenzeit	neuassyrisch	neu-babylonisch	Münzen Messing Bibliotheken (Ninive, Assur) Sternenwarten	akkadisch aramäisch (sumerisch als tote Sprache)
600		achämenidisch seleukidisch		Bibliotheken (Uruk, Babylon) Mathematische Astronomie	aramäisch (akkadisch, sumerisch als tote Sprachen)
300					

WAHLMATHEMATIK

Wenn der Wählerwille in sein Gegenteil verkehrt wird ...

... DANN KANN DIE MATHEMATIK HELFEN, DAS WAHLSYSTEM WIEDER ZURECHTZURÜCKEN: ANFANG JULI 2008 ERKLÄRTE DAS BUNDESVERFASSUNGSGERICHT DAS BUNDESWAHLGESETZ IM HINBLICK AUF DAS SOG. NEGATIVE STIMMGEWICHT TEILWEISE FÜR GRUNDGESETZWIDRIG.

BUNDESVERFASSUNGSGERICHT

Der Zweite Senat des Bundesverfassungsgerichts (v. l. n. r. die Richter Landau, Mellinghoff [Berichterstatter], Osterloh, Lübbe-Wolf, Hassemer [Vorsitz], Gerhard, Broß, Di Fabio) urteilte auf Grund der mündlichen Verhandlung vom 16. April 2008, dass Regelungen im Bundeswahlgesetz, die zu einem negativen Stimmgewicht führen und somit den Wählerwillen in sein Gegenteil verkehren können, verfassungswidrig sind.

VON FRIEDRICH PUKELSHEIM

Im Juli 2008 urteilte das Bundesverfassungsgericht in Karlsruhe über den Einspruch zweier Wähler gegen die Bundestagswahl vom September 2005. Streitgegenstand waren die Regelungen des Bundeswahlgesetzes zur Auswertung von Erst- und Zweitstimmen. Mit den Erststimmen vergeben die Wählerinnen und Wähler 299 Direktmandate. Die Zweitstimmen sind maßgebend für die verhältnismäßige Verteilung der 598 Sitze insgesamt auf die Parteien.

Das Gesetz vertraut auf den Regelfall, dass sich die Direktmandatsgewinne von den Verhältnismandaten abrechnen lassen; die verbleibenden Sitze werden dann aus den Kandidatenlisten der Parteien besetzt. Was aber, wenn eine solche Abrechnung nicht möglich ist, weil eine Überzahl von Direktmandaten einer Unterzahl von Verhältnismandaten gegenüber steht? Wenn es also zu einem Überhang an Direktmandaten (bezogen auf die Verhältnisrechnung) kommt?

Dieser Sonderfall wurde einstmals für eine Eventualität gehalten, die nur sehr selten eintreten werde. Da Gesetze nicht auf abstrakt konstruierte Fallgestaltungen abzielen, sondern auf die politische Wirklichkeit, löst das 1956 entworfene Bundeswahlgesetz die Sonderfälle auf die denkbar einfachste Weise: Es stellt sich blind und tut – nichts. Die Direktmandatsgewinne bleiben unangetastet, der Bundestag wird über die 598 Ausgangssitze hinaus um die Überhangmandate vergrößert.

Seit 1980 steht das Bundeswahlgesetz kopf: Aus dem alten Regelfall wurde ein Fall fürs Museum, und aus dem seltenen Sonderfall wurde der neue Regelfall. Vorher fielen Überhangmandate nur vereinzelt an, seit 1980 ist es immer so. Das Grummeln und Unbehagen über Zusatzsitze, die das Wahlgesetz per Überhang eher aus Hilflosigkeit als absichtsvoll kreiert, wuchs seitdem beständig. Der Tenor lag zunächst auf der Verletzung der Chancengleichheit der Parteien.

Negative Stimmgewichte

Die Wende zur wählerorientierten Sicht leitete 1996 der Frankfurter Staatsrechtler Hans Meyer ein. Er ersetzte die parteienorientierte *ex post*-Beurteilung durch eine *ex ante*-Analyse, welche Wähleraktionen Zusatzsitze kreieren. Die Unterschiedszahl – wie das Gesetz Überhangmandate ins Leben ruft – wird vergrößert, indem die Überzahl der Direktmandate erhöht *und die Unterzahl der Verhältnismandate erniedrigt wird*. Die Erststimme würde ich der Partei meiner Wahl geben, die Zweitstimme aber *nicht*. Das Wahlgesetz zwingt mich als Wähler also zu einem grotesken Spagat. Der destruktiv scheinende Akt, die Zweitstimme meiner Partei vorzuenthalten, kann die konstruktive Auswirkung zeitigen, ihr ein Überhangmandat zu erschaffen. Umgekehrt könnte ich zum Wegfall eines Sitzes einer von mir nicht gewünschten Partei beitragen, indem ich sie wähle. Schlecht ist gut und gut ist schlecht. Das Gesetz verkehrt die Wirkung meiner Stimme ins Gegenteil und gibt ihr ein sog. *negatives Stimmgewicht*.

Eine solche gesetzliche Regelung sei mit dem Grundgesetz unvereinbar, urteilte das Bundesverfassungsgericht nun Anfang Juli. Die Möglichkeit negativer Stimmgewichte beeinträchtige die Wahl in eklatanter Weise. Sie lasse den demokratischen Wettbewerb unter den Parteien um die Stimmen des Wahlvolks als widersinnig erscheinen. In den Worten des Gerichts schwingt Genugtuung mit, in Sachen Überhangmandate nach Jahren ziellosen Umhermäanderns auf festen Verfassungsgrund zurückgefunden zu haben.

The Best of Both Worlds?

Der harsche Ton des Gerichts verurteilt nicht das Bundeswahlgesetz als Ganzes. Die dort angestrebte, *mit der Personenwahl verbundene Verhältniswahl* ist nach wie vor ein Exportschlager. Es gibt wohl kein anderes Wahlsystem einer lebenden Demokratie, das so erfolgreich anderen Staaten als Vorlage gedient hat und übernommen worden ist. Aber auch Spitzenprodukte bedürfen der Pflege. Das aktuelle Urteil macht den Weg frei, die angeprangerten Systemdefekte zu heilen.

Die Literatur sieht im Bundestagswahlsystem gelegentlich den besten Weg, wie die Welt der Personenwahl – die Mehrheitswahl in Einerwahlkreisen – und die Welt der Verhältniswahl – auf Bundesebene, mit Unterzuteilungen an die Landeslisten – sich verbinden lassen. Ob der Superlativ am Platz ist, bleibt eine offene Frage. Den Ausschlag gibt, ob das System den im Grundgesetz niedergelegten Wahlgrundsätzen genügt. Allgemein und unmittelbar muss die Wahl sein sowie frei, gleich und geheim.

BAYHSTA

Allgemein und unmittelbar

Die ersten beiden Wahlgrundsätze sind das Produkt der jüngeren Geschichte. In der Französischen Revolution – und einigen weiteren Revolutionen und Kriegen danach – erkämpfte sich das allgemeine Volk die Stellung des demokratischen Souveräns. Seither ist die unmittelbare Wahl des Parlaments durch eben diesen Souverän ein zentraler Inhalt unseres Demokratieverständnisses.

Diese Ideen waren dem Mittelalter fremd. Nicht die große Allgemeinheit wählte, sondern kleine Kollegien. Die Wahlentscheidungen kamen mittelbar zu Stande, den sozialen Stufungen der Gesellschaft folgend. In der freien Reichsstadt Augsburg mussten beispielsweise alle Bürger einer Zunft angehören. Jede Zunft wählte ihren Zwölferrat. Die Zwölferräte aller Zünfte wählten den Großen Rat, Letzterer den Kleinen Rat. Das gestufte Wahlsystem sicherte der Gesellschaft die Kontinuität, die sie damals wollte.

Frei, gleich und geheim

Die letzten drei Wahlgrundsätze haben dagegen eine Tradition, die weit ins Mittelalter zurückreicht. Nikolaus von Kues beschrieb 1433 in seinem Erstlingswerk *De concordantia catholica* ein System zur Königswahl, das den sieben Kurfürsten eine freie, gleiche und geheime Stimmabgabe garantiert. Manche seiner peniblen Vorschriften stehen fast wortgleich im heutigen Bundeswahlgesetz. Überall ist Mittelalter.

Die ältesten Ausführungen über Wahlsysteme finden sich bei Ramon Llull (1232–1316), einem katalanischen Religionsphilosophen und christlichen Missionar. Im Zuge unserer Forschungen konnten wir den verschollenen Traktat *Artifitium electionis personarum* wiederentdecken, der den beiden bekannten Wahlschriften Llulls vorausging. Man kann darin schön nachlesen, wie Llull schwankt, ob eine offene oder eine geheime Wahl dem Wahlziel besser dient. Wir haben die drei Wahlschriften Llulls im Internet herausgegeben (www.uni-augsburg.de/llull).

Nikolaus von Kues, hier auf einer Darstellung von 1428, entwarf 1433 ein Königswahlsystem für die Kurfürsten, das den auch heute noch zentralen Grundsätzen der freien, gleichen und geheimen Wahl Raum gibt (G. Hägele/F. Pukelsheim, Sitzungsberichte der Math.-nat. Klasse der BAdW, München 2004, 103–144).

Erfolgswertgleichheit der Wählerstimmen

In modernen Parteiendemokratien sind allgemeine Wahlen ein Massengeschäft. Bei der Bundestagswahl 2005 mussten über 45 Millionen Zweitstimmen verrechnet werden. Es ist klar, dass alte Grundsätze – wie dass die Wahl frei, gleich und geheim sei – den neuen Gegebenheiten anzupassen sind. Ebenso klar ist, dass in unserem gewaltengeteilten Staat das Deutungsmonopol beim Bundesverfassungsgericht liegt.

Für Verhältniswahlsysteme präzisiert das Gericht den Grundsatz der gleichen Wahl zur Erfolgswertgleichheit der Wählerstimmen: *Alle Wähler sollen mit der Stimme, die sie abgeben, den gleichen Einfluss auf das Wahlergebnis haben*. Diese Präzisierung hat das Gericht in einer seiner ersten Entscheidungen 1951 formuliert – übrigens mit Bezug auf ein vorausgegangenes Urteil des Bayerischen Verfassungsgerichtshofs – und seitdem konsequent aufrechterhalten.

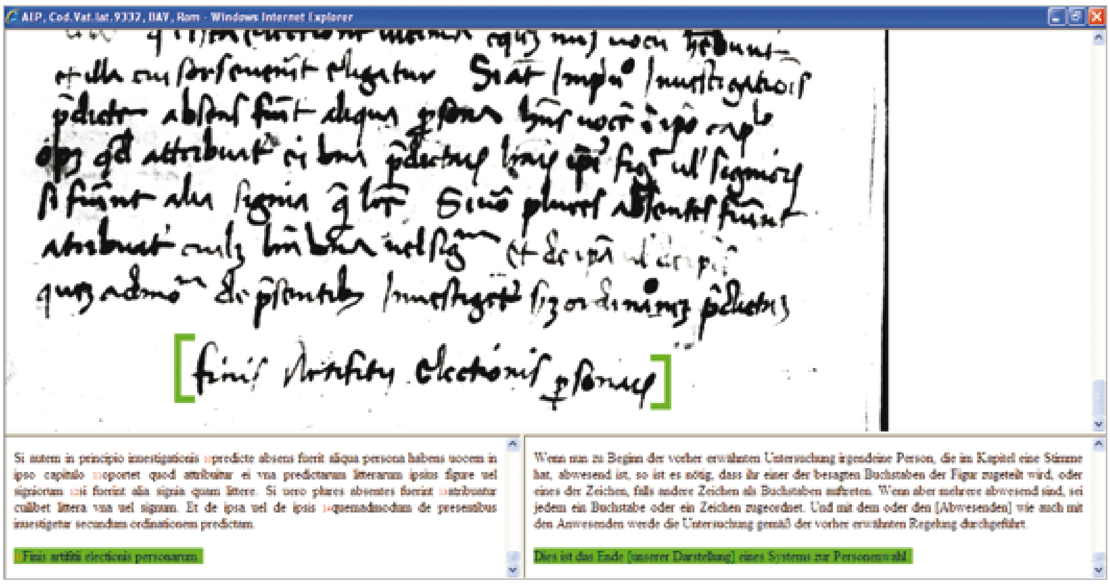
Die qualitativ-normativen Worte der rechtsdogmatischen Definition gehen nahtlos einher mit quantitativ-operationalen Zahlen. Der Erfolgswert einer für eine Partei abgegebenen Wählerstimme berechnet sich als Quotient von Mandatsanteil und Stimmenanteil dieser Partei. Ist der Quotient etwas größer als Eins, können sich die Wähler der Partei über eine Besserstellung freuen, weil der Erfolgswert ihrer Stimme einen ganzen, hundertprozentigen Erfolg leicht übertrifft. Kommt ein Quotient etwas kleiner als Eins heraus, wird der ganze, hundertprozentige Erfolg knapp verfehlt.

Die Verfassungsgerichtsbarkeit hat damit auf Grund des ihr eigenen Problemverständnisses ein Konzept verbalisiert, das unter dem Namen *Dichtequotient* (der anzupassenden Sitzverteilung relativ zur gegebenen Verteilung der Stimmen) in der mathematischen Statistik wohlbekannt ist und dort eine zentrale Rolle spielt. Dass ganz unterschiedliche Wissenschaften zu deckungsgleichen Ansätzen führen, ist ein gutes Omen für die Stabilität der darauf aufbauenden Problemlösung.

Das Augsburger Zuteilungsverfahren

In diesem Rahmen ließe sich das Bundeswahlgesetz mit wenig Aufwand reparieren. Wir nennen unseren Vorschlag das *Augsburger Zuteilungsverfahren*, weil es aus interdisziplinären Seminaren und Diskussionen zwischen Mathematik, Politikwissenschaft und Staatsrecht an der Universität Augsburg erwachsen ist. Es baut auf der Divisormethode mit Standardrundung auf, bei der ganz einfach die Stimmenzahlen durch einen *Zuteilungsdivisor* geteilt und zur nächstgelegenen Sitzzahl gerundet werden.

Um die Verbindung mit den auf der Personenwahl beruhenden Wahlkreisgewinnen herzustellen, wird die Methode um eine Zusatzbedingung ergänzt. Bei jeder Partei werden Direktmandate und Verhältnismandate verglichen und das *bessere* der beiden Ergebnisse übernommen. Der Zuteilungsdivisor wird so bestimmt, dass unter Berücksichtigung der Zusatzbedingung die vorgegebene Sitzzahl genau ausgeschöpft wird. Die Mathematik stellt sicher, dass das Augsburger Zuteilungsverfahren bestens mit der Erfolgswertgleichheit der Wählerstimmen einhergeht, sobald die Bedingung hinzugenommen wird, dass jeder Partei ihre Direktmandatsgewinne garan-



Ramon Llull (1232–1316), katalanischer Religionsphilosoph und christlicher Missionar, verfasste drei Schriften über Wahlsysteme (www.uni-augsburg.de/llull). Das Bild zeigt die Schlussschrift des Traktats *Artifitium electionis personarum*, die einzige Stelle, aus der sich der Titel des Werks erschließt. Es galt als verschollen und wurde im Codex Vaticanus Latinus 9332 der Biblioteca Apostolica Vaticana wiederentdeckt.

	SPD	CDU	FDP	LINKE	GRÜNE	CSU
Oberzuteilung von 598 Mandaten an die Parteien (Bundesdivisor = 76000)						
Bund	16194665	13136740	4648144	4118194	3838326	3494309
	145v213=213	106v173=173	0v61=61	3v54=54	1v51=51	44v46=46
Unterzuteilungen an die Landeslisten						
Schleswig-Holstein	655361	624510	173320	78755	144712	
	5v8=8	6v8=8	0v2=2	0vl=1	0v2=2	
Mecklenburg-Vorpommern	314830	293316	62049	234702	39379	
	4v4=4	3v4=4	0v1=1	0v3=3	0v1=1	
Hamburg	365546	272418	84593	59463	140751	
	6v5=6	0v3=3	0v1=1	0v1=1	0v2=2	
Niedersachsen	2058174	1599947	426341	205200	354853	
	25v26=26	4v20=20	0v6=6	0v3=3	0v5=5	
Bremen	155366	82389	29329	30570	51600	
	2v2=2	0v1=1	0v0=0	0v0=0	0v1=1	
Brandenburg	561689	322400	107736	416359	80253	
	10v7=10	0v4=4	0v1=1	0v5=5	0v1=1	
Sachsen-Anhalt	474909	357663	117155	385422	59146	
	10v6=10	0v5=5	0v2=2	0v5=5	0v1=1	
Berlin	637674	408715	152157	303630	254546	
	7v8=8	1v5=5	0v2=2	3v4=4	1v3=3	
Nordrhein-Westfalen	4096112	3 524351	1 024924	529967	782551	
	40v51=51	24v44=44	0v13=13	0v7=7	0v10=10	
Sachsen	649807	795316	269623	603824	126850	
	3v8=8	14v10=14	0v4=4	0v8=8	0v2=2	
Hessen	1197762	1131496	392123	178913	340288	
	13v15=15	8v14=14	0v5=5	0v2=2	0v5=5	
Thüringen	432778	372435	115009	378340	69976	
	6v5=6	3v3=5	0v1=1	0v5=5	0v1=1	
Rheinland-Pfalz	822074	877632	278945	132154	172900	
	5v10=10	10v11=11	0v4=4	0v2=2	0v2=2	
Bayern	1806548		673817	244701	559941	3494309
	1v23=23		0v9=9	0v3=3	0v7=7	44v46=46
Baden-Württemberg	1754 834	2283085	693835	219105	623091	
	4v22=22	33v29=33	0v9=9	0v3=3	0v8=8	
Saarland	211201	191067	47188	117089	37489	
	4v3=4	0v2=2	0v1=1	0v2=2	0v0=0	
Parteidivisoren	*80000*	*79300*	*77000*	*77000*	*75000*	*76000*

DEUTSCHES VERWALTUNGSBLATT, 15.7.08, 891

Das Augsburger Zuteilungsverfahren, am Beispiel der letzten Bundestagswahl 2005. In der bundesweiten Oberzuteilung bedeutet der Eintrag 145 v 213 = 213 für die SPD, dass ihre 145 Direktmandate verbunden sind mit 213 Verhältnismandaten, die erfolgreichere Sitzzahl gilt (213). Zur Berechnung der Verhältnismandate werden die Zweitstimmenergebnisse (16.194.665) durch den Bundesdivisor (76.000) geteilt und zur nächsten Sitzzahl gerundet (213).
Der Bundesdivisor muss gewährleisten, dass die vorgegebenen Gesamtsitze (598) genau ausgeschöpft werden; durch diese Auflage sind die Sitzzahlen eindeutig bestimmt und können nicht manipuliert werden. Die materielle Verbindung zwischen der Personenwahl und der Verhältniswahl ist also in den Divisoren versteckt.
Die Unterzuteilungen an die Parteien gehen genauso vor. Bei der SPD sind zum Beispiel in Schleswig-Holstein die Verhältnismandate bestimmend (5 v 8 = 8), in Mecklenburg-Vorpommern sind die Sitzerfolge ausgeglichen (4 v 4 = 4), in Hamburg dominieren die Direktmandate (6 v 5 = 6). Somit begründen je 80.000 Zweitstimmen rund einen SPD-Sitz und je 79.300 rund einen CDU-Sitz, es sei denn, dass die Direktmandatsgewinne mehr Sitze erfordern.

tiert werden. Genauer sollte man von einer *mit der Personenwahl verbundenen Erfolgswertgleichheit* sprechen. Gegen eine solche Verbindung ist wohl von Verfassung wegen nichts einzuwenden, wie die Ausführungen des Bundesverfassungsgerichts andeuten.

Diese Überlegungen stellen die Wahlgrundsätze in den Vordergrund. Ganz unbemerkt sind im Schlepptau aber auch all die Defekte geheilt worden, die die aktuelle Unbill verursachen. Beim Augsburger Zuteilungsverfahren sind negative Stimmgewichte unmöglich. Mehr Stimmen führen höchstens zu mehr Sitzen, nie zu weniger. Gut ist gut und schlecht ist schlecht. Auch Überhangmandate werden unmöglich. Jede Partei bekommt mindestens so viele Sitze, wie sie Direktmandate vorweist. Überhangmandate wandern ins Museum und komplettieren die Vitrine, die den alten Regelfall präsentiert.

Im geltenden Bundeswahlgesetz verbergen sich noch mehr Fallgruben, wie doppelte Stimmenerfolge, Nachrückerregelung, Nachwahlen. Da im Augsburger Zuteilungsverfahren eine nun deutlich sichtbare und materiell wirksame Verbindung zwischen der Personenwahl und der Verhältniswahl hergestellt wird, ließen sich all diese Fallen elegant und systemkonform entschärfen. Eine Nachwahl wie im Wahlkreis Dresden I, die 2005 das Fass zum Überlaufen brachte, könnte umgangen werden. Die Nachwahl war wegen des Todes einer NPD-Wahlkreiskandidatin notwendig geworden. Das Phänomen des negativen Stimmgewichts führte dazu, dass die CDU mit weniger Zweitstimmen ein zusätzliches Überhangmandat erringen konnte, was im Wahlkampf erklärt und von den Wählern verstanden wurde.

Das Augsburger Zuteilungsverfahren ist die schonendste Therapie, die beanstandeten Defekte im Bundeswahlgesetz zu heilen, aber natürlich nicht die Einzige. Es wird spannend bleiben zu sehen, wozu der Bundestag sich entschließt. Erst einmal hat das Bundesverfassungsgericht ihm einen Regelungsauftrag erteilt und mit geduldiger Gelassenheit eine dreijährige Frist gesetzt. Gewichtige Signale deuten darauf hin, dass der Bundestag schneller handeln will, damit der Wahl im September 2009 der Makel der Verfassungswidrigkeit erspart bleibt.

Der Autor ist Inhaber des Lehrstuhls für Stochastik und ihre Anwendungen an der Universität Augsburg und seit 2002 o. Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Als Sachverständiger nahm er am 16. April 2008 in einer Verhandlung des Zweiten Senats über die wahlmathematischen Grundlagen des negativen Stimmgewichts Stellung. Das von ihm entwickelte „Neue Zürcher Zuteilungsverfahren" wurde erstmals bei den Gemeinderatswahlen in der Stadt Zürich 2006 eingesetzt und seitdem – umgangssprachlich auch „doppelter Pukelsheim" genannt – in weiteren Schweizer Kantonen übernommen.

WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Reine Wissenschaften: Mathematik, Philologie und Philosophie

MATHEMATIK IM WISSENSCHAFTSSYSTEM DES 19. JAHRHUNDERTS.

VON PAUL ZICHE

Wohl keine andere Wissenschaft war so lange und so eng mit der Philosophie verbunden wie die Mathematik: Der vorsokratische Philosoph Thales wird als Begründer der westlichen Philosophie genannt und ist zugleich als Namensgeber für einen mathematischen Lehrsatz allgemein bekannt; Platon soll als Motto über den Eingang zu seiner Akademie geschrieben haben, dass niemand ohne mathematische Kenntnisse Zugang finden solle; Aristoteles charakterisiert den wesentlichen Gewinn der griechischen Philosophie gegenüber derjenigen aller Vorgängernationen wesentlich durch den Vergleich der systematischen, auf allgemeine Beweise gegründeten Mathematik der Griechen mit der strikt praktisch, auf konkrete Problemlösung ausgerichteten Rechen- und Messkunst der Ägypter.

Systematisierung der Wissenschaften

Dennoch bleibt die Relation zwischen Mathematik und Philosophie stets prekär. Wenn die Mathematik eine besonders wichtige Modellwissenschaft für die Philosophie ist, wird die Philosophie dann nicht von dieser abhängig und damit in ihrem Anspruch eingeschränkt? Umgekehrt: Benötigt

die Mathematik noch eine weitere, philosophische Begründung, oder kann sie völlig autonom bestehen? Das Problem der Verhältnisbestimmung zwischen unterschiedlichen Wissenschaften kulminierte im späten 19. Jahrhundert in großen Versuchen, die Gesamtheit der sich stets weiter ausdifferenzierenden Einzelwissenschaften zu systematisieren. Eine damals eingeführte und bis heute wirksame Grundeinteilung stellte die Natur- und die Geisteswissenschaften einander gegenüber; wo aber, so fragte man sich immer wieder, sind die zwei ältesten Wissenschaften der europäischen Geistesgeschichte, nämlich Philosophie und Mathematik, in dieser Einteilung unterzubringen?

Wo haben Mathematik und Philosophie ihren Platz?

Gute Gründe schienen dafür zu sprechen, die Mathematik bei den Geisteswissenschaften anzusiedeln, handele es sich doch in der Mathematik um eine Wissenschaft, die ihren Gegenstand aus den reinen Kreationen des menschlichen Geistes schöpfe und auch nur durch die Restriktionen des Geistes eingeschränkt sei. Auf der anderen Seite wiesen die typischen Anwendungen der Mathematik auf einen direkten Zusammenhang mit den Naturwissenschaften hin (obwohl im späteren 19. Jahrhundert gerade in der sich verselbständigenden

PENN STATE UNIVERSITY (2)

Psychologie, die ihrerseits zwischen Natur- und Geisteswissenschaften schwankte, von der seinerzeit avanciertesten Mathematik intensiv Gebrauch gemacht wurde). Ähnlich ortlos stellte sich die Philosophie dar, die aufgrund des ihr eigentümlichen Allgemeinheitsanspruchs zu keiner der speziellen Wissenschaftsgruppen zu gehören schien.

Die um 1900 typische Antwort fiel salomonisch aus: Mathematik und Philosophie wurden vielfach gemeinsam als reine und in besonderer Weise allgemeine Wissenschaften den speziellen, nach Natur- und Geisteswissenschaften aufgeschlüsselten Gebieten gegenüber- oder vorangestellt. Immer noch aber blieb die Mathematik gegenüber der Philosophie dadurch ausgezeichnet, dass in ihr ein präzise umrissener Gegenstandsbereich und eindeutige Methoden zu finden waren und dass alle Teilnehmer am mathematischen Diskurs über die Resultate der Mathematik sich einig waren – ganz anders als in den traditionellen Gebieten der Philosophie, die gerade durch den fortwährenden Streit individueller Positionen gekennzeichnet waren. Mathematik konnte also die Qualitäten besonderer Reinheit und Allgemeinheit mit der konkreten Präzision spezieller Wissenschaften verbinden. Genau aus diesem Grund konnte sie immer wieder als Vorbild für die Philosophie dienen oder sogar überhaupt ein Modell für Wissenschaftlichkeit abgeben.

Verbindungen zur Philologie

In dieser Funktion trat sie im späteren 19. Jahrhundert wiederholt an die Seite einer anderen Disziplin, der dieselben auszeichnenden Merkmale zuerkannt wurden: der klassischen Philologie. Beide Wissenschaften, so wurde wiederholt argumentiert, sind durch Tradition, Komplexität und Stringenz der Methoden und die Bedeutsamkeit ihres Gegenstandsbereichs geadelt. Insbesondere aber hängen beide nicht von einem unmittelbaren Anwendungsbezug ab bzw. versagen sich sogar gänzlich der pragmatischen Indienstnahme für konkrete Zwecke; genau deshalb eignen sie sich als Modell für Wissenschaftlichkeit schlechthin.

Allegorische Figuren der Mathematik und der Philosophie aus der „Iconologia" von Cesare Ripa (hier nach der englischen Erstausgabe von 1709); Philosophie als Buchwissenschaft ist von Mathematik als konstruierender Wissenschaft durch die Flügelkappe mit der Freiheit des Gedankenflugs – „her Elevation to high Contemplation" – ausgezeichnet, unterschieden. Die idealistische Philosophie Schellings argumentiert hingegen gerade für eine Identifizierung traditioneller Buch- und Textwissenschaften auf der einen, der Mathematik und überhaupt aller anderen kreativen Unternehmungen des Menschen auf der anderen Seite.

Kant: Reine Mathematik als kreative Wissenschaft

Die für die Mathematik kennzeichnende Verbindung von freier Kreativität des menschlichen Geistes mit der strikten Verbindlichkeit ihrer Resultate wurde einerseits Leitmotiv für philosophische Diskussionen um die Mathematik und erwies sich andererseits als engstens mit dem methodischen und inhaltlichen Unterschied zwischen Natur- und Geisteswissenschaften verbunden. Bereits vor dem Aufkommen einer Gegenüberstellung von Natur- und Geisteswissenschaften machte Immanuel Kant die Verschränkung von menschlichem Geistesprodukt und sachlicher Verbindlichkeit zum Kern seiner Reflexion auf die Mathematik. Er revolutionierte dabei nicht nur die Philosophie generell, indem er in seinem transzendentalen Idealismus die kritische Untersuchung der menschlichen Erkenntnisvermögen zur Grundlage von Philosophie und damit auch von Wissenschaft überhaupt machte, sondern auch – unmittelbar mit seiner Revolution der Philosophie verbunden und damit die Verbindung von Mathematik und Philosophie nochmals betonend – das philosophische Nachdenken über Mathematik.
Die Frage, die er anhand der ihm vorliegenden Mathematik entwickelte, kann so formuliert werden: Wie kann man die Tatsache, dass sich die Mathematik ausschließlich auf Leistungen des menschlichen Geistes stützt, zusammenbringen mit der strikt objektiven Allgemeingültigkeit ihrer Resultate? Die Gewissheit der mathematischen Resultate, so Kant, kann nicht aus der Erfahrung stammen: Anders als alles, was wir durch Erfahrung und mithin nur empirisch wissen, sind die Resultate der Mathematik absolut gewiss. Mathematik kann deshalb nicht aus der Erfahrung, aus der Welt der Dinge, abstrahiert werden. Als einzige Alternative bleibe eben, dass Mathematik Kreation des Geistes, des menschlichen Erkennens ist. Hierin liegt eine der großen und

Christoph Friedrich Pfleiderer (1736–1821) nach einem unbekannten Maler, um 1785.

EBERHARD KARLS-UNIVERSITÄT TÜBINGEN, PROFESSORENGALERIE

überraschenden Entdeckungen Kants: Gerade weil Objekte der Mathematik – geometrische Figuren, Zahlen – vom Menschen selbst erzeugt werden, besteht in ihnen absolute Gewissheit; zur Erzeugung von mathematischen Objekten benötigen wir nämlich nach Kant lediglich diejenigen Vermögen des Menschen (Kant nennt sie die Anschauungsformen von Raum und Zeit), die wir bei allen erkennenden Subjekten voraussetzen müssen und können. Praktisch-pragmatische, individuell variierende Fertigkeiten, etwa besondere Genauigkeit des Beobachtens, sind für die Mathematik irrelevant. Mathematik erzeugt ihre Objekte selbst, durch eine „Konstruktion" im Raum der reinen Anschauung (metaphorisch zu umschreiben als ein Zeichnen „im Kopf"), und kann über diese Objekte dann strikt verbindliche Aussagen treffen.

Mathematik im Idealismus: Philologie als didaktische Strategie

Damit bleibt aber ein Problem: Wenn die von uns konstruierten Objekte völlig in unserer Macht stehen, wird unklar, wie anhand solcher Objekte stets neue Entdeckungen möglich werden, wie die Mathematik also, im Rückgriff auf immer dieselben Objekte, immer wieder neue Strukturen ausfindig machen kann. Entdeckungen in der Mathematik scheinen strikten Richtlinien gehorchen zu müssen; selbst wenn ihre Objekte vom Geist geschaffen sind, ist der Umgang mit ihnen nicht völliger Beliebigkeit anheimgegeben.

Kant war von der Möglichkeit solcher Entdeckungen überzeugt und gab ihr einen Namen: Urteile der Mathematik sind „synthetisch", erweitern also unsere Kenntnis tatsächlich, indem sie neuartige Verbindungen herstellen. Für ihn ist die Möglichkeit solcher Erkenntniserweiterung durch die reine Anschaubarkeit der Objekte der Mathematik „im Kopf" gesichert.

Damit verschiebt sich das Problem. Kant hatte die Möglichkeit einer echten entdeckenden Kenntniserweiterung im Reich unseres eigenen Geistes angesprochen, aber im Wesentlichen nur negativ durch die Freiheit von Dingen der äußeren Welt und von der bloßen Begriffsanalyse umschrieben. Baut man die Forderung nach kreativer Erweiterung des menschlichen Geistes nochmals in die Wissenschaftssystematik ein, erhält man folgende Aufgabe: Zu suchen ist ein Methodenmodell, das es gestattet, im Umgang mit Produkten des Geistes nach strengen Regeln operieren zu können und dabei zugleich noch kreativ sein zu können. Dazu sollten naheliegenderweise die Methoden der Mathematik mit denen anderer Wissenschaften, die sich mit Produkten des menschlichen Geistes befassen, in Beziehung gebracht und damit die Grenze zwischen Mathematik und Geisteswissenschaften explizit aufgehoben werden.

Eine solche Strategie lässt sich tatsächlich finden, nicht nur als theoretisches Problem der Philosophie oder der Grundlagen der Mathematik, sondern auch als praktische didaktische Strategie. Wie soll man, so kann man die Frage hinter dieser Strategie formulieren, die engagierten und motivierten, in einem harten landesweiten Ausleseverfahren ausgewählten württembergischen Studenten – Studenten wie Schelling, Hegel oder Hölderlin –, die im 18. Jahrhundert zum Studium an das Tübinger Stift kamen, an die Mathematik heranführen? Diese Frage war alles andere als trivial. Alle diese Schüler hatten einen außerordentlich gründlichen Unterricht in den klassischen Sprachen und den Grundtechniken philologischen Arbeitens erhalten, waren jedoch kaum mit Mathematik und Naturwissenschaften in Kontakt gekommen. Universitäre Mathematikausbildung sollte zudem wissenschaftlich ausgerichtet sein, also nicht auf praktische Abwendung abzielen.

Euklids „Elemente" als mathematisch-philologisches Problem

Die Tübinger Dozenten fanden eine geniale Ausbildungsstrategie, um Mathematik im Allgemeinen, dabei aber auch im Besonderen die scheinbar paradoxe regelkonforme Kreativität, die für Mathematik erforderlich ist, zu trainieren, indem sie Mathematik und Geisteswissenschaften kombinierten. Der Tübinger Professor für Mathematik und Physik, Christoph Friedrich Pfleiderer, bediente sich eben der philologischen Kompetenzen seiner Schüler, um diese an genuin mathematische Probleme heranzuführen.

Pfleiderer selbst war vornehmlich ein Experte für die Euklidische Mathematik, für die Detailprobleme des großen Systems der Geometrie und Arithmetik, das Euklid um 300 v. Chr. unter dem Titel „Elemente" zusammengestellt hatte. Er studierte die Werke des Euklid unter einem philologischen Ansatz, der aber

Literaturhinweise:
Die Schelling-Verweise folgen den Sämmtlichen Werken, hg. v. K. F. A. Schelling, Stuttgart/Augsburg 1856ff.
Zur Wissenschaftssystematik im 19. Jh.: Paul Ziche: Wissenschaftslandschaften um 1900. Philosophie, die Wissenschaften und der nichtreduktive Szientismus, Zürich 2008.
Zum Studium in Tübingen: Michael Franz (Hg.): ... im Reich des Wissens cavalieremente? Hölderlins, Hegels und Schellings Philosophiestudium an der Universität Tübingen,Tübingen 2005.
Zur Interpretation des Buchs der Natur: Hans Blumenberg: Die Lesbarkeit der Welt, Frankfurt a. M. 1981.

zugleich wichtige mathematische und philosophische Fragen aufwarf. Ein Philologe vergleicht Handschriften bzw. Drucke historischer Texte, stellt Abweichungen fest, die dann mit den klassischen Methoden der Philologie zu behandeln sind, etwa indem man Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Überlieferungsträgern aufzeigt, durch Emendationen und Konjekturen Fehler in der Überlieferung korrigiert und so zu einem kohärenten Textganzen und zu einer umfassenden Übersicht über die Überlieferungsgeschichte kommt. Angewendet auf einen Text wie die „Elemente", liefern diese Techniken aber zugleich mathematische oder logische Einsichten: Sind beispielsweise in einer Ausgabe zwei Lehrsätze vertauscht, so werden damit zugleich mathematisch-logische Abhängigkeits- und Ableitungsverhältnisse verändert. Ein anderes Beispiel: Die Euklid-Ausgaben weichen in der Zählung und Benennung der Prinzipien, eingeteilt in Definitionen, Axiome und Postulate, voneinander ab. Auch dieses Problem ist rein philologisch diskutierbar, wurde aber zugleich zum wohl berühmtesten Problem der Euklidischen Geometrie: Ist das Parallelenpostulat nun wirklich ein Postulat oder, wie in manchen Versionen des Textes, ein Axiom oder gar ein Lehrsatz?

Auf diese Weise konnten die Studenten ihre Methodenkompetenzen als Philologen einsetzen, um Einblick in die Struktur eines mathematischen Systems zu erlangen. Eine solcherart erlernte Mathematik legt das Augenmerk auf die systematische Struktur der Mathematik, nicht auf das einzelne Resultat; sie liefert ein hochdifferenziertes Begriffssystem, in dem philosophisch zentrale Konzepte wie „System" selbst, aber auch „Beweis", „Lehrsatz" oder „Postulat" genau bestimmt wurden. F. W. J. Schelling macht später mehrfach Gebrauch von diesen Distinktionen.

Aus rein didaktischer Sicht war diese Strategie sehr erfolgreich. Ihre Spuren lassen sich nicht nur bei den Philosophen, die aus dem Stift hervorgingen, nachweisen; Pfleiderers engere Schüler entwickelten auch die Wechselwirkung von Philologie und Mathematik aktiv weiter: Die deutschen Euklid-Ausgaben des 19. Jahrhunderts beruhen durchweg auf den Notizen Pfleiderers, die dieser auch für seine Lehre und Prüfungen verwendet hatte.

Schelling: Philologie als „Surrogat" der Mathematik

Im Zusammenhang mit einer Diskussion über die Form des Bildungssystems in Bayern griff Schelling eine Idee Friedrich Immanuel Niethammers (1766–1848) „über Studium der alten Sprachen als Surrogat des mathematischen" affirmativ auf (SW I,7,529). Aus seinen eigenen Studienerfahrungen in Tübingen wird dieser Ansatz bereits verständlich. Schelling ging aber noch weiter und integrierte die Philologie und damit – wenn philologische Ausbildung eng mit mathematikrelevanten Fertigkeiten verbunden ist – auch die Mathematik in eine allgemeine Theorie zur Notwendigkeit von Kreativität in den Wissenschaften. Er feierte den Philologen als gleichrangig mit dem Künstler und Philosophen (SW I,5,246) und verglich zugleich das Vorgehen des Philologen mit dem des Physikers. Grundlage des Vergleichs ist die für beide erforderliche Kreativität im Ersinnen von sinnvollen Hypothesen. Wie man einen Text durch Emendationen und Konjekturen zu vervollständigen und verbessern hat, so hat der Naturwissenschaftler dort, wo die Natur nicht oder noch nicht explizit zu uns spricht, Hypothesen einzuführen. Bereits 1797 hatte Schelling die Mathematik in philologischer Metaphorik als Grundlage eines Zugangs zur Natur bestimmt: „Es ist wahr, daß uns Chemie die *Elemente*, Physik die *Sylben*, Mathematik die *Natur lesen* lehrt" (SW I,2,6); gerade die inhaltsleerste Disziplin, die Mathematik, ermöglicht also ein zusammenhängendes Erfassen von Naturstrukturen.

Brückenschlag zwischen den Wissenschaftskulturen

Die Verbindung von Mathematik und Philologie bleibt durch das ganze 19. Jahrhundert hindurch weiterzuverfolgen. Um nur ein Beispiel zu nennen: Der große deutsche Mathematiker Hermann Grassmann (1809–1877), dem zentrale Beiträge zur Verallgemeinerung der Algebra zu verdanken sind, hat auch eine umfassende Grammatik des Sanskrit erarbeitet und über deutsche Sprachgeschichte geforscht, alles auf der Position eines Gymnasialprofessors. Fortschrittlichste Mathematik konnte in dieser Zeit also ihren Ort neben der Philologie in einem allgemeinen, wesentlich philosophisch bestimmten Bildungskontext finden, der ausdrücklich von Nutzenerwägungen absah; gerade ein Ideal reiner Wissenschaft erlaubte den so oft nur pragmatisch eingeforderten Brückenschlag zwischen den Wissenschaftskulturen.

Der Autor war, nach einem Studium der Philosophie, Physik und Psychologie in München und Oxford, von 2001 bis 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission zur Herausgabe der Schriften von Schelling. Seit 2008 ist er Professor für Geschichte der neueren Philosophie an der Universität Utrecht in den Niederlanden. Seine Forschungsschwerpunkte sind u. a. die Philosophie des Deutschen Idealismus und die Wechselwirkung von Philosophie und Einzelwissenschaften.

ARCHITEKTUR UND KUNST

Historische Momente der Mathematik

DAS LEIBNIZ-RECHENZENTRUM IN GARCHING UND DIE BILDENDE KUNST.

VON ARMIN ZWEITE

Die seit Jahrzehnten gültige Regelung, bei öffentlichen Bauten einen bestimmten Prozentsatz der Bausumme für bildende Kunst zu reservieren, hat in den seltensten Fällen überzeugende Lösungen hervorgebracht. Das erklärt sich daraus, dass sich im Laufe der historischen Entwicklung die Einheit aller bildenden Künste auflöste. Zwar hatte sich noch das Weimarer Bauhaus diesem Ideal verschrieben, aber angesichts der Ausdifferenzierung aller Wertsphären und der damit einhergehenden Spezialisierung, die die Architektur genauso betrifft wie die Kunst, die Wissenschaften oder die politische Kultur, ist solcher Anspruch kaum mehr einzulösen.

Heute gilt es vor allem zwei Gefahren zu umgehen: Die Neubauten zur Applikation des Beliebigen zu nutzen oder den Kontrast von Architektur und bildender Kunst besonders zu betonen. Mit anderen Worten: Gefällige Dekoration sollte ebenso vermieden werden wie radikale Intervention als Selbstzweck. So wünschenswert eine fruchtbare Kooperation von Architekten und Künstlern auch ist – aufgrund der völlig unterschiedlichen Arbeitsweisen kann sie nur erreicht werden, wenn sie möglichst schon in der Entwurfsphase des Baus einsetzt. Und das war offensichtlich beim Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften der Fall. Rainer Wittenborn und Stephan Huber haben sich der Herausforderung gestellt. Wegen ihrer Größe stellen wir hier nur die Arbeit Wittenborns vor. Der Beitrag Hubers ist für eines der folgenden Hefte vorgesehen.

Das Äußere

Vergegenwärtigt man sich den Bau von Thomas Herzog, dann fällt auf, wie seine Funktionen die architektonische Form prägen. So befindet sich der eigentliche Rechner in einem großen Kubus, während der flachere Unterrichtstrakt mit Hörsaal und Seminarräumen davon deutlich abgesetzt ist. Beide Komplexe verbindet das lang gestreckte, vierstöckige Institutsgebäude mit Arbeitsräumen und Büros, in denen die eigentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit stattfindet. Die Konfiguration der unterschiedlichen Volumen, die Verdichtung und Weitung des Raums, das Verhältnis von lagernden und gestreckten Baukörpern, der Wechsel von Transparenz und Geschlossenheit sowie die Sorgfalt bei den Details unterstreichen die Qualität des richtungweisenden Entwurfs, der in seiner formalen Prägnanz beeindruckt.

ALLE BILDER: LRZ/KOOPMANN

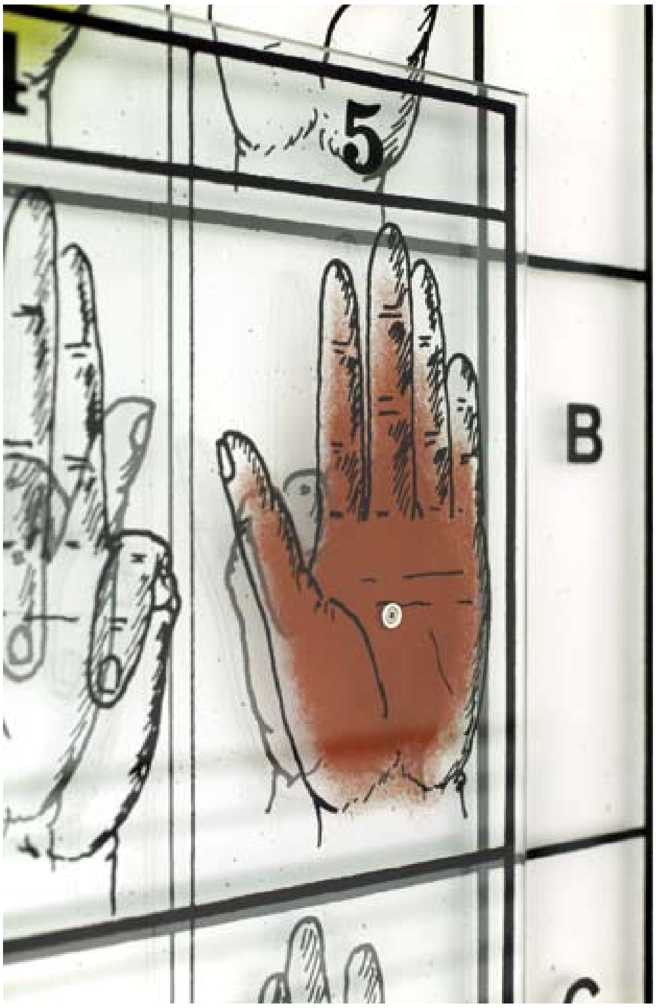
„Versuchskaninchen – L'Immersità e i numeri di Leonardo Fibonacci."

Davon abgesehen gewinnt das neue LRZ auch durch die farbige Behandlung nach Vorstellungen von Rainer Wittenborn einen unverwechselbaren Charakter, der freilich nicht dominant in Erscheinung tritt, sondern wie selbstverständlich wirkt. So sind die im Westen und Osten liegenden Außenwände von Unterrichtstrakt und Institutsgebäude in einem kräftigen Rotorange gehalten. Diese großen homogenen Farbflächen betonen den Bildcharakter der Architektur. Ähnliches ist beim Rechnerwürfel zu beobachten. Aus Gründen der elektromagnetischen Abschirmung ist der gesamte fensterlose Baukörper von einem Gewebe aus nicht rostendem Stahl umkleidet, unter dem sich hell- und dunkelgraue Quadrate in Art eines Schachbretts abzeichnen. Akzentuiert wird das Ganze durch rotorange Felder mit ausgesparten Ziffern an den oberen Ecken, wobei die „1" und die „0" auf das von Leibniz erfundene und beschriebene binäre System verweisen, die entscheidende Grundlage der neuzeitlichen elektronischen Rechner. Das ist eine ebenso einfache wie überzeugende Lösung, zumal Wittenborn damit zwei Aspekte auf sinnfällige Weise miteinander in Einklang bringt. Die markante architektonische Form ist durch die farbige Gestaltung nicht beeinträchtigt, sondern durch die Binnenstruktur auf subtile Weise erfahrbar gemacht, und zugleich weisen die Ziffern an den Eckpunkten auf die Funktion des Bauwerks hin.

Das Innere

Im Innern des von angenehmen Proportionen beherrschten und gut durchlichteten Baus setzen sich die Arbeiten Wittenborns fort. Der gläserne Aufzug, der Wissenschaftler und Gäste in die oberen Stockwerke befördert, erlaubt den Durchblick auf eine weiße Wand, wobei im Erdgeschoss das gedoppelte und gespiegelte Bild eines gewöhnlichen Kaninchens zu sehen ist, kombiniert mit der Frage „How many pairs of rabbits are created by one pair in one year?" Als Antwort folgen über der zoomorphen Darstellung in vertikaler Ausrichtung neben einem vergoldeten Stab aus Stahl die Ziffern der so genannten Fibonacci-Reihe, die man bei der Fahrt des Aufzugs in rasender Folge auf- oder absteigend registriert. Bekanntlich bildet bei der Fibonacci-Reihe jede einzelne Zahl die Summe aus den beiden vorangegangenen: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 … usw. Leonardo Pisano (ca. 1180–1240), genannt Fibonacci, einer der ersten selbständigen und bedeutenden Mathematiker des Mittelalters, verfasste Anfang des 13. Jahrhunderts ein Rechenbuch (*Liber abaci*), in dem er die natürliche Grundlage seiner Zahlenreihe erläuterte. Sie basiert auf seiner (irrigen) Ansicht, ein Kaninchenpaar würde jeden Monat ein weiteres Paar hervorbringen, während ein neugeborenes Paar bereits zwei Monate nach seiner Geburt ebenfalls Nachwuchs hätte, so dass innerhalb eines Jahres aus einem Paar 377 Paare geworden wären. So realitätsfern die Grundlage einer derart explosionsartigen Fruchtbarkeitsprogression ist, die spekulativen Überlegungen Fibonaccis erscheinen gelegentlich auch heute noch so faszinierend, dass man in unterschiedlichsten Zusammen-

„Das Zählen mit den Fingern ... Rechenmaschine Hand."



hängen auf sie zurück kommt. Mit dem Fahrstuhl oben angekommen, geht die Zahl 129.583.862.445 an der Decke in das Wort *immersità* (d. h. Unendlichkeit) über. Links neben dem golden schimmernden Stab erscheint die Zahlenfolge leicht aufgehellt und gespiegelt. Und gespiegelt ist auch das Bild des Kaninchens im Erdgeschoss, so als würden wir dort tatsächlich auf ein Pärchen blicken, den Ursprung der biologisch fundierten Zahlenfolge. Auf der Außenwand des Fahrstuhlgehäuses finden sich zwei gegenein-

ander verschobene Glasscheiben, die jeweils in 20 rechteckigen Feldern das Zählen und das Rechnen mit Fingern darstellen, d. h. die anthropologische Grundlage unseres Dezimalsystems. Dass sich mit den Fingern einfache Additionen und Subtraktionen durchführen lassen, macht das verdoppelte und gespiegelte Tableau ebenso erkennbar wie die Schwierigkeit bei komplexeren Manipulationen. Die Funktion der „Rechenmaschine Hand" ist indessen keineswegs so begrenzt, wie es hier den Anschein hat. So unentbehrlich Finger und Hände für manche einfachen Vorgänge des Alltags, die sich auf Zahlen beziehen, auch sind, diffizilere mathematischen Operationen lassen sich durchaus vollführen, wie uns die Geschichte des Rechnens lehrt. Das wird hier freilich nur angedeutet, aber nicht explizit dargestellt. Überlagerung und Verschiebung der beiden transparenten Bildträger und der Einsatz von Farbe konterkarieren den illustrativen Charakter und machen nachvollziehbar, wie der Künstler die Materialien im Hinblick auf die Entfaltung ästhetischen Eigensinns transformiert.

Betreten wir den langen Korridor, der im 3. Stockwerk das Gebäude erschließt, dann folgen auf der linken Seite weitere Darstellungen, die sich auf die Geschichte der Mathematik beziehen. Rechenbretter, Rechentücher, Rechentische, Zählbäume und anderes werden exemplarisch angeführt, wobei u. a. chinesische Schriftzeichen auf das dortige Suan-Rechnen mit Stäbchen verweisen. Und auch ein Bild Adam Rieses fehlt nicht. Der heterogene Stoff ist aus der Orthogonalen in die dynamische Schräge gestürzt. Durch formale Überschneidungen und motivische Durchdringungen erzeugt der Maler eine bildliche Spannung, die über die Darstellung hinausweist, den vergleichsweise engen Raum scheinbar weitet und den Betrachter darüber hinaus motiviert, seinen Weg fortzusetzen und einige Schritte weiterzugehen.

Dort folgt, aufgesprengt durch einen Wandpfeiler, eine große schwarze Null, die weder in der antiken noch in der mittelalterlichen Mathematik existierte, da mit der Figur die Vorstellung von Nichts, Negation und Leere verknüpft war. Indischen Ursprungs und von Chinesen und Arabern aufgegriffen, war es wohl in Europa zuerst Fibonacci, der in seinem *Liber abaci* Bedeutung und Funktion der Null behandelte. Es sollte freilich noch lange dauern, bis sich durchsetzte, was uns heute als selbstverständlich

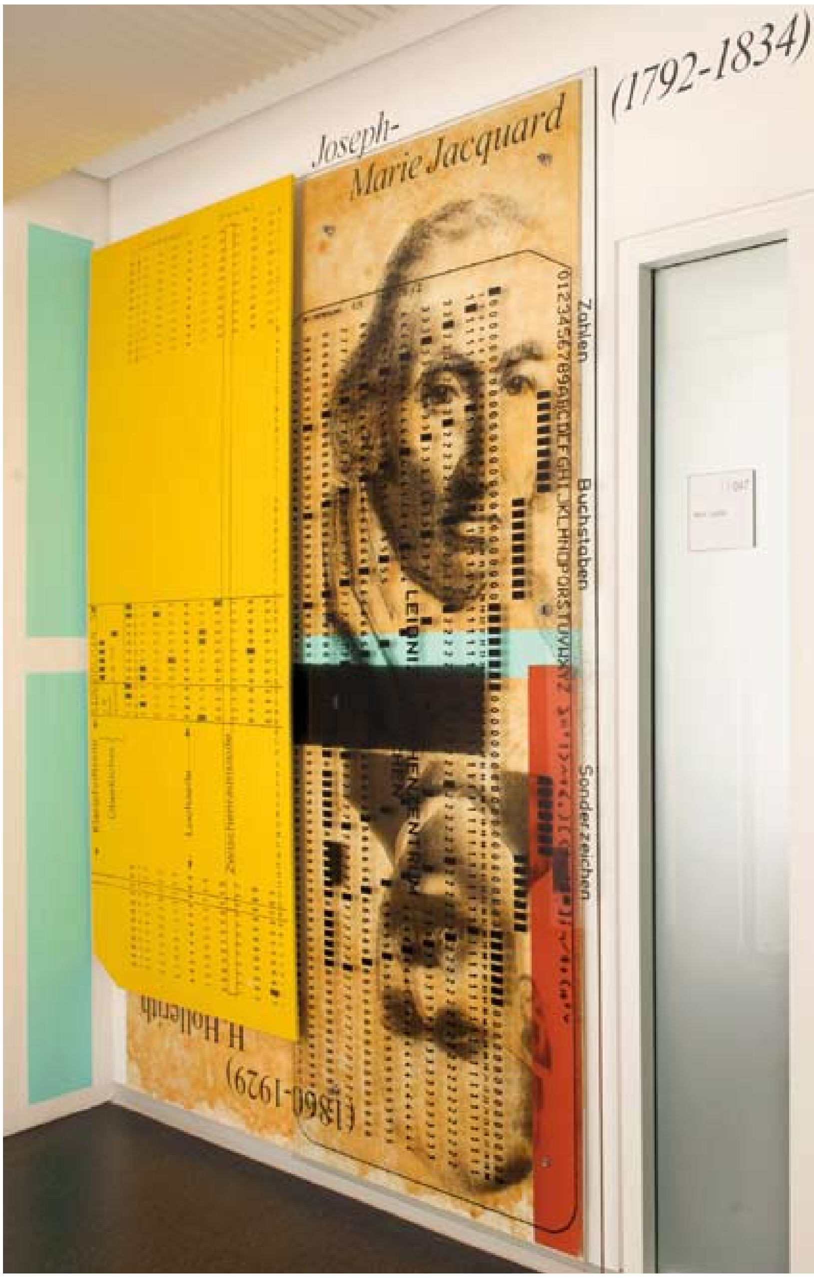
„... Adam Riesen im 1550. Jar. Rechenbretter, -tische, -tücher, -pfennige + Stäbchen."

erscheint und aus unserer Kultur nicht mehr wegzudenken ist.

Im Zentrum der mehrgliedrigen Arbeit Wittenborns steht selbstverständlich Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), dessen Namen das Rechenzentrum seit Juli 1966 trägt. Wir haben es hier mit einer großen Glaswand zu tun, in der sich der Betrachter immer wieder in den Reflexen wiedererkennt und so gleichsam zum Teil des Arrangements wird. Auch hier kommt das Collageverfahren zur Anwendung. Ein Porträt des Gelehrten ist mit Partien aus seinen handschriftlichen Notizen und dem Titelblatt einer maßgeblichen Veröffentlichung kombiniert: Der 1703 entstandene Aufsatz *Explication de L'Arithmétique Binaire* erschien zwei Jahre später in der Pariser Zeitschrift „Histoire de L'Académie Royale des Sciences". Leibniz erläutert hier die Möglichkeit, das gebräuchliche dekadische Zahlensystem durch die binäre Arithmetik zu ersetzen und alle Zahlen nur durch die Ziffern 0 und 1 darzustellen. Die Bedeutung der genialen Entdeckung – immerhin die entscheidende Voraussetzung elektronischer Datenverarbeitung – konnte man im 18. Jahrhundert nicht voraussehen, obwohl Leibniz selbst die Arbeitsweise einer Rechenmaschine skizzierte, die auf dem Binärsystem basiert.

Wieder mutet uns der Parcours einen großen zeitlichen Sprung zu. Man begegnet nämlich den leicht verfremdeten Porträts von Joseph-Marie Jacquard (1752–1834) und Hermann Hollerith (1860–1929). Während der Franzose die Lochkartensteuerung bei der Weberei einführte, hatte der Amerikaner die Idee, Lochkarten als Informationsträger großer Datenmengen zu benutzen und dabei das automatische Sortieren und Zählen nach bestimmten Kriterien zu ermöglichen. Eine Glasplatte mit der graphischen Reproduktion des IBM-Lochkartencodes – seinerzeit vom LRZ verwendet – liegt über beiden Bildnissen. Ergänzt wird die

„G. W. Leibniz – Handschriftliches, Gedrucktes und ein Bildnis von 1703."



„Frühe Spieler, späte Karten." Joseph-Marie Jacquard (oben), verhalf 1805 mit der Konstruktion eines Webstuhls, der berühmten Jacquard-Maschine, dem Prinzip der Lochkartensteuerung in der Weberei zum wirtschaftlichen Durchbruch. Der gebürtige Pfälzer Hermann Hollerith (unten) hatte als Beamter des Statistischen Amtes in Washington 1885 die Idee, Lochkarten als Informationsträger für große Datenmengen zu benützen und automatisch zählen zu lassen. Sein System wurde erstmals bei der US-Volkszählung 1890 eingesetzt.

zweischichtige Darstellung durch das Diagramm einer Lochkarte, wie sie um 1970 gebräuchlich war.

Am Ende begegnet uns Konrad Zuse (1910–1995), der 1941 die erste voll funktionsfähige programmgesteuerte Rechenanlage baute. Benannt als Z1, war das der Ausgangspunkt für die weiteren Rechner Z2 , Z3, Z4 und Z5. Auch hier ist das überlebensgroße Bildnis auf Glas mit Vergrößerungen handschriftlicher Notizen Zuses unterlegt. Auszüge aus seinen Tagebüchern betreffen Überlegungen zur Funktionsweise des mechanischen bzw. mathematischen Gehirns. Und genau diese in Kurzschrift überlieferten Partien sind unter dem Gesicht erkennbar und lassen verständlich werden, dass Zuse sich immer wieder fragte, ob nicht der Irrtum überhaupt die Triebkraft des Menschen sei.

Den programmatischen Abschluss findet die gesamte Arbeit in einer Galerie von wichtigen Mathematikern, wobei das Spektrum von Wilhelm Schickardt (1592–1635) bis zu Heinz Rutishauser (1918–1970) reicht, freilich ohne Anspruch, auch nur annähernd eine Vorstellung von der großen historischen Leistung der Mathematik zu vermitteln.

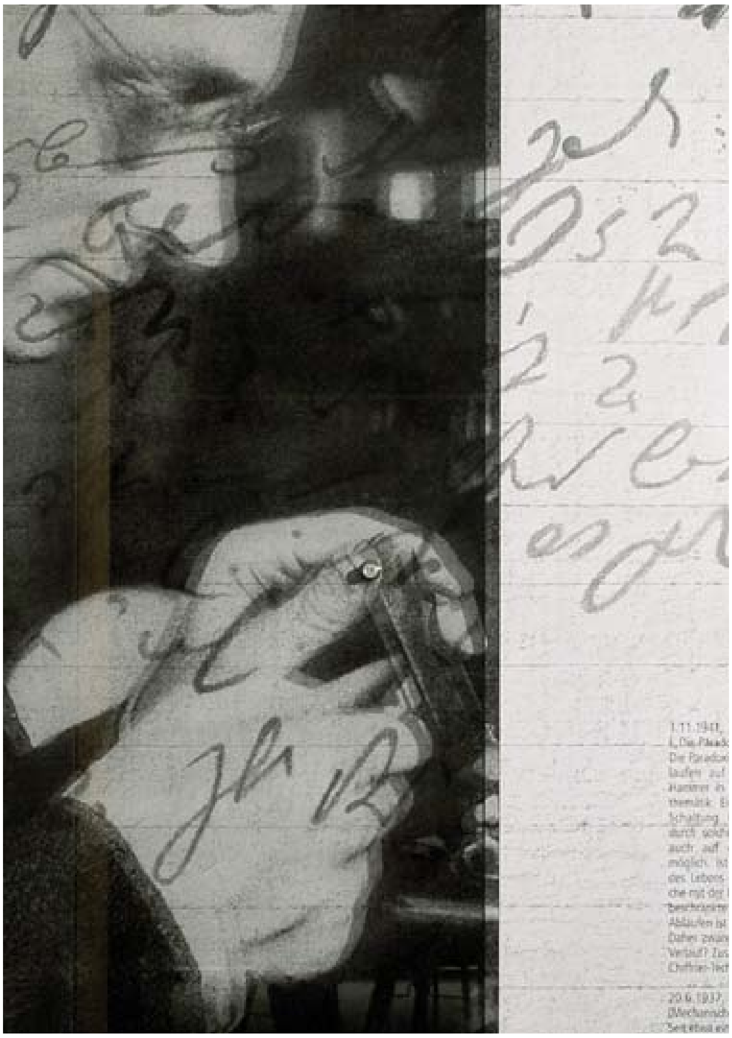
Fazit

Rekapituliert man den hier zurückgelegten Weg, dann wird eines deutlich: Rainer Wittenborn illustriert nicht Geschichte, sondern er arbeitet die Geschichte auf, eignet sie sich an und versucht, ihr eine aus heutiger Sicht adäquate Erscheinungsform zu geben. Was augenscheinlich evident zu sein scheint, entzieht sich dabei unmittelbarer Vergegenwärtigung. Die tradierten Bilder und Vorstellungen werden verdoppelt, gespiegelt oder sie überlagern und durchdringen einander. Autographen und gedruckte Dokumente gewinnen in der Vergrößerung, Fragmentierung, Schrägstellung usw. insofern einen anderen Charakter, als der Informationswert zurücktritt und Besonderheiten von Handschrift, Typographie und Layout größeres Eigengewicht bekommen. Der Künstler öffnet durch seine Gestaltung gleichsam eine Lücke zwischen den Zeichen und dem, was die Zeichen bedeuten. Und dieser Zwiespalt wird durch etwas anderes modifizierend verstärkt. Betrachter und betrachtetes Werk sind nicht nur statisch zu sehen, sondern partiell auch als beweglich zu begreifen. Die Fibonacci-Reihe

Der Künstler Rainer Wittenborn ist Maler und Zeichner; nach dem Studium an der Münchner Akademie der bildenden Künste seit 1965 zahlreiche Einzel- und Gruppenausstellungen im In- und Ausland, vielfache Auszeichnungen. Er beschäftigt sich seit den 70er Jahren mit Themen, in denen unter dem Primat von Ökologie soziale, politische und wirtschaftliche Interessen eine zentrale Rolle spielen. Unter dem Begriff „Landscape Management" wurden die Entlaubungsaktionen der USA im Vietnamkrieg zum Thema seiner Darstellungen, danach die Zerstörung des Regenwaldes im Amazonasbecken, die Errichtung eines gigantischen Wasserkraftwerks im Jagdgebiet der Cree-Indianer im Norden Quebecs, schließlich die Veränderungen an der Südspitze Apuliens: Migration, Geschichte, Wirtschaft, Architektur sind ineinander geblendet und machen zugleich die menschlichen Einzelschicksale nachvollziehbar. Mit der Zerstörung von Natur geht die Auflösung sozialer Bindungen Hand in Hand. Entstanden sind nicht marktgängige Gemälde, sondern komplexe dokumentarische Installationen, die auf hohem ästhetischem Niveau aufklären. Von 1996 bis 2006 Professor für künstlerisches Gestalten an der TU München.

wird während der Fahrt des Aufzugs gleichsam filmisch wahrgenommen, andere, fixierte Arbeiten regen Bewegung an oder führen dazu, dass das Spiegelbild des Betrachters oder Teile desselben zu Bestandteilen der betrachteten Arbeit werden. Auch auf diese Weise wird die Imagination des Betrachters angeregt, sodass er eigene Vorstellungen und Bilder entwickeln kann, während sich ihm zugleich in der realen und potentiellen Bewegung neue Perspektiven eröffnen. Zwischen Evokation von Geschichte einerseits und ästhetischer Verfügbarkeit bzw. Veränderbarkeit der Materialien andererseits wird auf hohem künstlerischem Niveau ein Balanceakt vollführt. Das gelingt Wittenborn auf überzeugende Weise und macht deutlich, wie fruchtbar im LRZ Architektur und Kunst aufeinander bezogen sind. Die Geschichte der Mathematik wird punktuell vergegenwärtigt und zugleich der ästhetischen Erfahrung zugänglich gemacht. Hier geht es nicht um Darstellung subjektiver Befindlichkeiten und auch nicht um die Unterlaufung gängiger künstlerischer Codes, sondern in erster Linie darum, dem architektonischen Ort und seinen Funktionen ein Gesicht zu geben, reich an Anspielungen bzw. historischen Reminiszenzen und zugleich inspirierend. Der schwierige Ausgleich zwischen künstlerischer Autonomie und geschichtlicher Reflexion ist hier beispielhaft eingelöst. Und es wird, wie wir gesehen haben, zudem eine Dialektik zwischen Werk und Betrachter entfaltet, die nicht einsinnig (der Betrachter sieht etwas), sondern reziprok zu denken ist (der Betrachter nimmt sich als Sehenden auch selbst wahr). So verstanden ergänzen die imponierenden Arbeiten für das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Wittenborns vorangegangene dokumentarische Environments, die sein großes Renommee begründet haben.

Der Autor ist Kunsthistoriker und seit Anfang 2008 Direktor der Sammlung Brandhorst in München, deren Museumsneubau neben der Pinakothek der Moderne im Jahr 2009 eröffnet werden wird. Von 1974 bis 1990 war Armin Zweite Direktor der Städtischen Galerie im Lenbachhaus, anschließend bis 2007 Leiter der Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen.



„K. Zuse – Z1 – 4+5, ... ist also die Triebkraft des Menschen der Irrtum?"

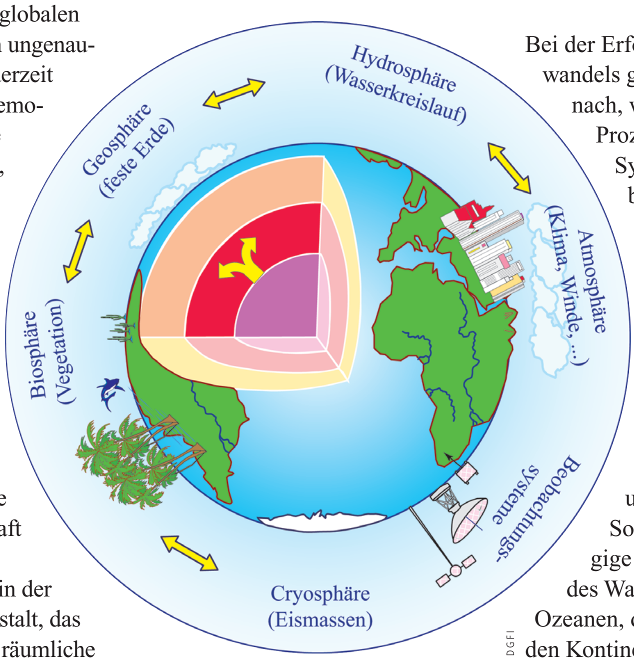
KLIMA

Die Wasserspeicher Mitteleuropas – beobachtet aus dem Weltall

DAS DEUTSCHE GEODÄTISCHE FORSCHUNGSINSTITUT BERECHNET MIT MODERNSTER SATELLITENTECHNOLOGIE MODELLE, DIE DIE VERÄNDERUNGEN DES GLOBALEN WASSERKREISLAUFS UND DEREN AUSWIRKUNGEN AUF DAS KLIMA ZEIGEN.

VON MICHAEL SCHMIDT UND FLORIAN SEITZ

Der jüngste Bericht des Internationalen Wissenschaftsrats zum Klimawandel (IPCC) aus dem Jahre 2007 bewertet die kontinentale Hydrologie als die Komponente des globalen Wasserkreislaufs, die am ungenauesten bestimmt ist. Die derzeit existierenden Hydrologiemodelle erfüllen noch lange nicht die Anforderungen, die für genaue, zuverlässige Aussagen über klimatische Veränderungen notwenig wären. Dies verdeutlicht, wie wichtig es ist, die Hydrologie mit all ihren Speicherkomponenten und Wechselbeziehungen zu erforschen. Die Geodäsie als messende Wissenschaft ist mit ihren modernen Beobachtungsverfahren in der Lage, die Oberflächengestalt, das Gravitationsfeld und die räumliche Orientierung der Erde mit hoher Genauigkeit und Kontinuität darzustellen. Sie kann daher auch Aufschluss über die Hydrologie geben, denn hydrologische Massenvariationen beeinflussen die Oberflächengestalt, das Gravitationsfeld und die Orientierung der Erde.



DGFI

Abb. 1: Die wichtigsten Komponenten des Systems Erde sind die Geosphäre (feste Erde), die Hydrosphäre (Ozeane und kontinentale Hydrologie), die Atmosphäre, die Biosphäre (Vegetation) und die Cryosphäre (Eis, Gletscher). Geodätische Beobachtungssysteme registrieren Signale der Erdsystemkomponenten.

System Erde

Unter diesem Begriff versteht man den physikalisch definierten Bereich, der die festen, flüssigen und gasförmigen Elemente innerhalb des Erdkörpers, auf der Erdoberfläche und im erdnahen Außenraum umfasst. Abbildung 1 zeigt die wichtigsten Systemkomponenten; sie sind ständigen Veränderungen unterworfen und durch Wechselbeziehungen miteinander verknüpft. Massentransporte und Massenumverteilungen innerhalb des Systems Erde werden durch eine Vielzahl von Prozessen verursacht, z. B. durch Ozeanzirkulationen, Wasseraustausch zwischen verschiedenen Wasserspeichern, Gewässerabfluss oder Meeresspiegelvariationen.

Globaler Wasserkreislauf

Bei der Erforschung des Klimawandels geht man der Frage nach, welche grundlegenden Prozesse innerhalb des Systems Erde das Klima beeinflussen. Hierbei ist es wichtig, globale Kreisläufe ebenso wie die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Systemkomponenten zu verstehen. Der globale Wasserkreislauf ist ein geschlossenes System und bedeutet die von der Sonnenenergie abhängige ständige Zirkulation des Wassers zwischen den Ozeanen, der Atmosphäre und den Kontinenten infolge Verdunstung, Niederschlag und Abfluss. Bezeichnet man für ein bestimmtes Gebiet, etwa das Einzugsgebiet der Donau, den von der Zeit t abhängigen Gesamtniederschlag mit P(t), die Verdunstung mit E(t) und den Gesamtabfluss mit R(t), so liefert die Wasserbilanzgleichung $\Delta S(t) =$

P(t) – E (t) – R(t) die Wasserspeicheränderung ΔS(t) innerhalb des Gebiets.

Kontinentale Hydrologie

Die kontinentale Hydrologie beinhaltet die Wasserspeicherkomponenten Oberflächenwasser (Seen, Flüsse, Reservoirs und Feuchtgebiete), Schnee, Eis, Bodenfeuchte und Grundwasser. Dabei sind nur 3 % des Gesamtwassers der Erde Süßwasser. Ungefähr 68 % des Süßwassers sind als Schnee und Eis auf der Antarktis und in Grönland gespeichert, weitere 30 % bilden das Grundwasser. Nur 0,3 % des Süßwassers sind Oberflächenwasser.

Geodätische Satellitenmessverfahren

In der Vergangenheit war es äußerst schwierig oder häufig sogar unmöglich, Massenverlagerungen und Massenbewegungen innerhalb des Systems Erde zu beobachten. Heutzutage machen es moderne Satellitenmissionen möglich, Massenumverteilungen festzustellen, wobei aber immer nur der integrale Effekt, d. h. die Gesamtmassenverteilung, registriert werden kann. Hydrologische Variationen lassen sich also nur beobachten, wenn die Effekte der übrigen Komponenten des Systems Erde bekannt sind und berücksichtigt, d. h. von den Messwerten reduziert werden. Üblicherweise werden diese Effekte aus geophysikalischen Modellen, z. B. für die Ozeane und die Atmosphäre, berechnet. Es ist demnach unbedingt zu beachten, dass die resultierenden residualen Messreihen nicht nur die hydrologischen Variationen enthalten, sondern auch die Fehler dieser geophysikalischen Reduktionsmodelle, die auch als Hintergrundmodelle bezeichnet werden.

Das Hauptziel der deutsch-amerikanischen Satelliten-Gravitationsfeldmission GRACE (*Gravity Recovery And Climate Experiment*) ist die hochgenaue Erfassung des statischen und zeit-variablen Gravitationsfeldes der Erde. Aus Letzterem lassen sich die Zirkulationen ozeanischer Wassermassen und des globalen Wasserkreislaufs erkennen und deren Auswirkungen auf Klima und Umwelt entschlüsseln.

Die GRACE-Mission besteht aus zwei identischen Satelliten, die im März 2002 gestartet wurden und in einer Höhe von ungefähr 500 Kilometern und mit einem Abstand von 220 Kilometern entlang derselben Satellitenbahn fliegen. Da die Neigung der Satellitenbahn 89° beträgt, liegt eine nahezu globale Überdeckung vor. Das Satellitenpaar reagiert empfindlich auf kleinste Gravitationsfeldänderungen, die aus der räumlichen Verteilung der unterschiedlichen Massen resultieren. Diese Änderungen werden über extrem genaue Distanzmessungen zwischen den beiden Satelliten erkannt; die Genauigkeit einer Abstandsmessung beträgt nur wenige Mikrometer. Zudem haben beide GRACE-Satelliten GPS-Empfänger an Bord, mit deren Hilfe die Satellitenbahn bestimmt wird; Akzelerometer erlauben es ferner, die Messungen um nicht-gravitative Einflüsse wie z. B. den Athmosphärenwiderstand zu korrigieren.

GRACE Gravitationsfeldmodelle

Am Helmholtz Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), am Center for Space Research (CSR) in Austin, Texas, und am Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, Kalifornien, werden aus den GRACE-Daten Gravitationsfeldmodelle der Erde berechnet. Man unterscheidet generell zwischen statischen und zeit-variablen Gravitationsfeldern. Für hydrologische Untersuchungen sind Letztere von Interesse. Mathematisch handelt es sich dabei um Kugelfunktionsentwicklungen, die üblicherweise für jeweils einen Monat berechnet werden. GRACE liefert mittlerweile eine fast sechsjährige Zeitreihe globaler Gravitationsfelder, aus denen Massenverlagerungen und Massenbewegungen mit einer zeitlichen Auflösung von einem Monat und mit einer räumlichen Auflösung von ungefähr 500 Kilometer festgestellt werden können. Es lassen sich demnach großräumige saisonale und mehrjährige Effekte erkennen.

Bei der Untersuchung hydrologischer Effekte in Flussbeckensystemen handelt es sich aber nicht um eine globale, sondern um eine regionale Problemstellung. Während Kugelfunktionen mathematisch ein globales Funktionensystem bilden, können beispielsweise sphärische Splines oder Wavelets zur regionalen Darstellung genutzt werden. Am Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut (DGFI) in München wird das Gravitationsfeld in sphärischen Wavelets entwickelt. Abbildung 2 zeigt als Beispiel für ein Wavelet eine sphärische Blackman-Funktion, die hervorragend zur regionalen Modellierung geeignet ist.

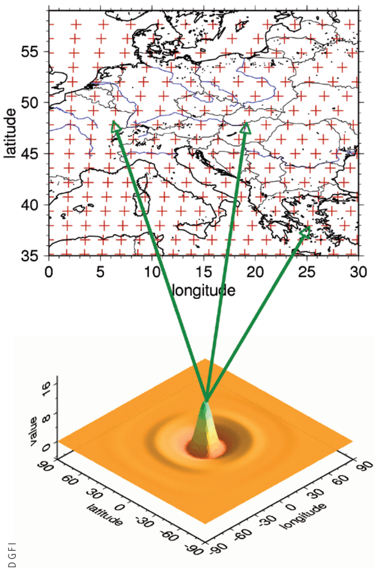


Abb. 2: Sphärische Blackman-Funktion (unten), die wie ein „Hütchen" rotationssymmetrisch wirkt und näherungsweise nur in einem kleinen Gebiet auf der Kugeloberfläche ungleich Null ist. Dies ist der Grund, warum solche lokalisierenden Funktionen hervorragend zur regionalen Modellierung geeignet sind. Als Berechnungspunktgitter wurde das Reuter-Gitter gewählt (oben). Jedem Gitterpunkt wird eine Blackman-Funktion zugeordnet; die grünen Pfeile symbolisieren diesen Vorgang.

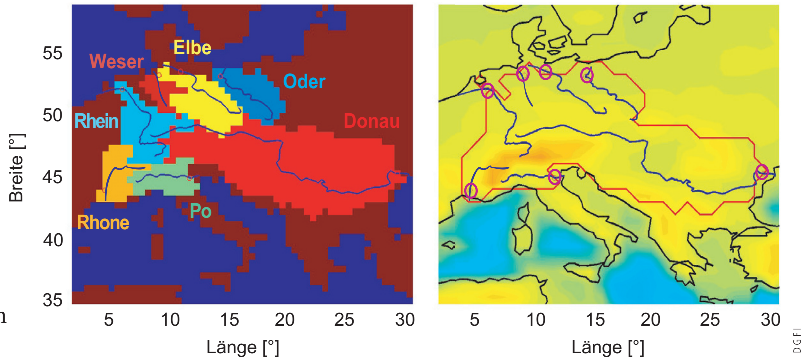


Abb. 3: Das Untersuchungsgebiet in Mitteleuropa, bestehend aus sieben Flussbecken (links); der Rand des Untersuchungsgebietes ist rot markiert (rechts), die purpurfarbenen Kreise weisen auf die Orte der gewählten Pegelstationen nahe der Flussmündungen.

Untersuchungsgebiet

In den letzten Jahren wurden in Mitteleuropa extreme Wetterverhältnisse beobachtet: Hitzewellen und Dürreperioden wechselten sich mit übermäßigen Regenfällen und damit verbundenen katastrophalen Hochwassern ab. Extrem schneereichen, langen Wintern folgten milde, nahezu schneefreie Winter. Solche großräumigen Wetterphänomene spiegeln sich als Massenvariationen in den Wasserspeichern wider und lassen sich daher mit Hilfe der GRACE-Mission beobachten. Abbildung 3 zeigt links das Untersuchungsgebiet in Mitteleuropa, das aus den sieben größten Flussbecken Rhone, Rhein, Weser, Elbe, Oder, Donau und Po besteht.

Die folgenden Untersuchungen lassen sich an der oben beschriebenen Wasserbilanzgleichung erläutern. Während mittels der GRACE-Messungen die Wasserspeicheränderung $\Delta S(t)$ innerhalb des Untersuchungsgebiets gemessen bzw. gerechnet werden kann, wird die Differenz $P(t) - E(t)$ zwischen Gesamtniederschlag und Verdunstung innerhalb des Untersuchungsgebiets aus einem Modell der Atmosphäre berechnet. Den Abfluss $R(t)$ kann man an den Flusspegelstationen messen. Auf diese Weise lässt sich also feststellen, inwieweit die verwendeten Messungen und Modelle die obige Gleichung erfüllen.

Wasserspeichervariationen aus GRACE

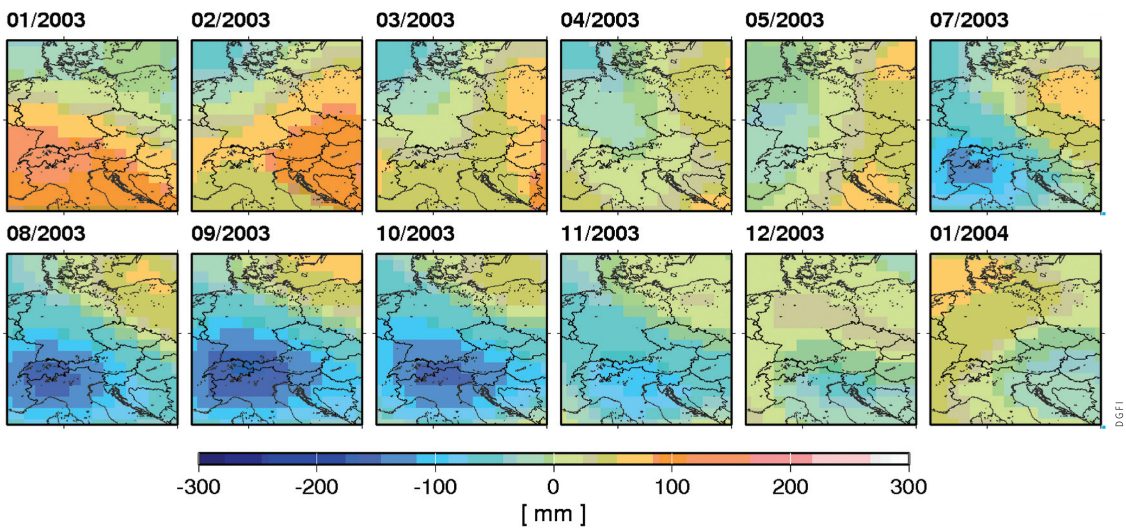
Das Gravitationsfeld der Erde wird – wie schon erwähnt – mathematisch als Reihe in den Blackman-Funktionen (siehe Abb. 2) beschrieben. Dazu wählt man zunächst ein geeignetes Punktgitter für das Untersuchungsgebiet aus; jedem Gitterpunkt wird dann eine Blackman-Funktion zugewiesen. Aufwändige Auswerteprozeduren berechnen im nächsten Schritt aus den GRACE-Messungen diejenigen Koeffizienten, die das Gravitationsfeld innerhalb des Untersuchungsgebiets mit einer hohen Genauigkeit approximieren. Die vorprozessierten GRACE-Eingangsdaten wurden uns freundlicherweise von der Ohio State University in Columbus, USA zur Verfügung gestellt. Mittels physikalischer Parameter wird das berechnete Gravitationsfeld in Oberflächendichten transformiert. Dividiert man weiter die Oberflächendichte durch die Dichte des Wassers, so erhält man die äquivalente Wasserhöhe (*equivalent water height*, EWH), in der Gravitationsfeldänderungen infolge hydrologischer Massenvariationen üblicherweise angegeben werden. Dabei entspricht 1 m EWH einem Druck von ungefähr 100 mbar. Abbildung 4 zeigt „Schnappschüsse“ der EWH in Mitteleuropa, gültig für den jeweils 1. Tag eines Monats im Jahr 2003. Deutlich erkennt man sehr niedrige EWH-Werte für die Monate Juli bis November. In dieser Zeit wiesen die Wasserstände der großen mitteleuropäischen Flüsse Rekordtiefstände auf.

Die räumliche Integration der EWH über das Untersuchungsgebiet für jeden Zeitpunkt t liefert die Wasserspeicheränderung $\Delta S(t)$ für das Untersuchungsgebiet (grüne Kurve in Abb. 5). Die Kurve weist für einen Zeitraum von etwa vier Monaten in der zweiten Hälfte des Jahres 2004 eine Lücke auf, da während dieser Zeit infolge der ungünstigen Verteilung der Satellitenbahnen nur ungenaue GRACE-Lösungen berechnet werden konnten.

Wasserspeichervariationen aus Modellen und Pegeldaten

Die Berechnung der Differenz $P(t) - E(t)$ auf der rechten Seite der Gleichung wurde mittels eines Atmosphärenmodells des National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/

Abb. 4: Äquivalente Wasserhöhen (EWH) für Mitteleuropa in zeitlichen Abständen von einem Monat.



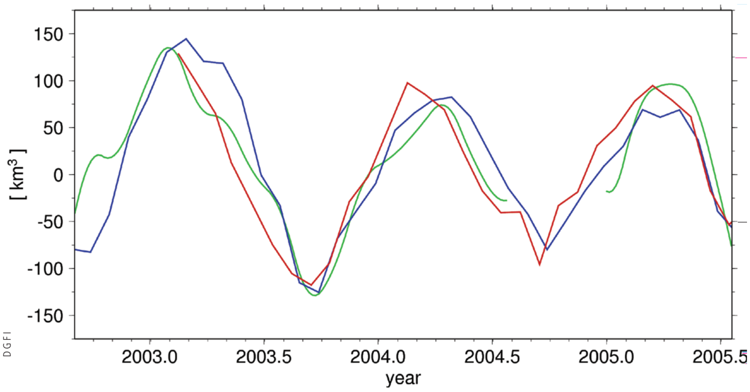


Abb. 5: Wasserspeichervariationen berechnet mit dem regionalen Modellansatz des DGFI (grün), den Modellwerten von NCEP/NCAR und den Abflusswerten des GRDC (blau) sowie des RL04 Graviationsfeldmodells des GFZ (rot).

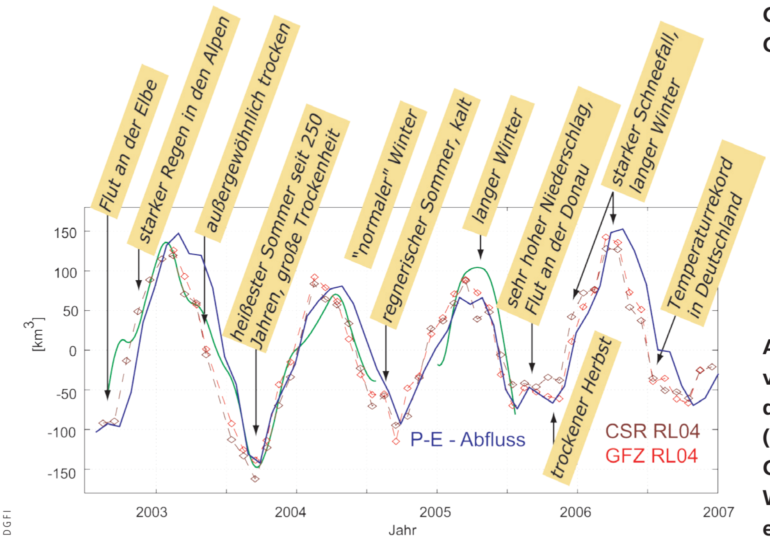


Abb. 6: Wasserspeichervariationen des DGFI (grün), des NCEP/NCAR/GRDC (blau), des GFZ (rot) und des CSR (braun) sowie extreme Wetterereignisse in Mitteleuropa seit 2002.

NCAR) berechnet. Die Integration der Modellwerte über das Untersuchungsgebiet liefert den Gesamtzufluss, d. h. die Wassermenge, die zu einem Zeitpunkt t in das Gebiet eintritt. Der Gesamtabfluss wird aus den von den Pegelstationen (siehe Abb. 3) registrierten Abflussdaten R(t) berechnet. Diese Datensätze stellte uns freundlicherweise das Global Runoff Data Centre (GRDC) in Koblenz zur Verfügung. Berechnet man für jeden Zeitpunkt die Differenz zwischen Gesamtzufluss und -abfluss, erhält man die blaue Kurve in Abbildung 5. Aus dem Vergleich der grünen mit der blauen Kurve, d. h. der linken und der rechten Seite der Ausgangsgleichung, erkennt man eine recht gute Übereinstimmung. Die Gründe für die Abweichungen können vielfältig sein: Zum einen werden auf beiden Seiten fehlerbehaftete Messungen (GRACE-Daten und Pegeldaten) und unvollständige Modelle verwendet; zum anderen werden auch in der jeweiligen Auswertesoftware Vereinfachungen vorgenommen. Jedenfalls lässt sich feststellen, dass die Werte der grünen Kurve mit einer Genauigkeit von 15 bis 30 km³ berechnet wurden.

Zum Vergleich wurden auch noch die EWH aus dem zuvor erwähnten globalen Kugelfunktionsmodell des GFZ für das Gravitationsfeld berechnet und über das Untersuchungsgebiet integriert (rote Kurve in Abb. 5 und Abb. 6). Hierbei wurde die neueste Version RL04 gewählt und um Störeinflüsse korrigiert. Wieder stellt man eine gute Übereinstimmung mit den beiden übrigen Kurven fest. In einigen Zeitintervallen passt die grüne Kurve, d. h. die regionale Lösung des DGFI, besser zu der blauen Kurve als die GFZ-Lösung. Dies ist umso bemerkenswerter, weil bei der GRACE-Vorprozessierung an der Ohio State University im Jahr 2006 noch deutlich schlechtere Hintergrundmodelle für die Atmosphäre und den Ozean genutzt werden mussten, als es im aktuellen RL04 Modell möglich war.

Abbildung 6 zeigt die gleiche Zeitreihe, verlängert bis Ende 2007, und weist auf besondere Wetterereignisse während dieser Zeit im Untersuchungsgebiet hin. Insbesondere ist der schon erwähnte trockene heiße Sommer 2003 deutlich erkennbar, aber auch der extrem schneereiche Winter 2005/2006 oder das Donauhochwasser im August 2005.

Ausblick

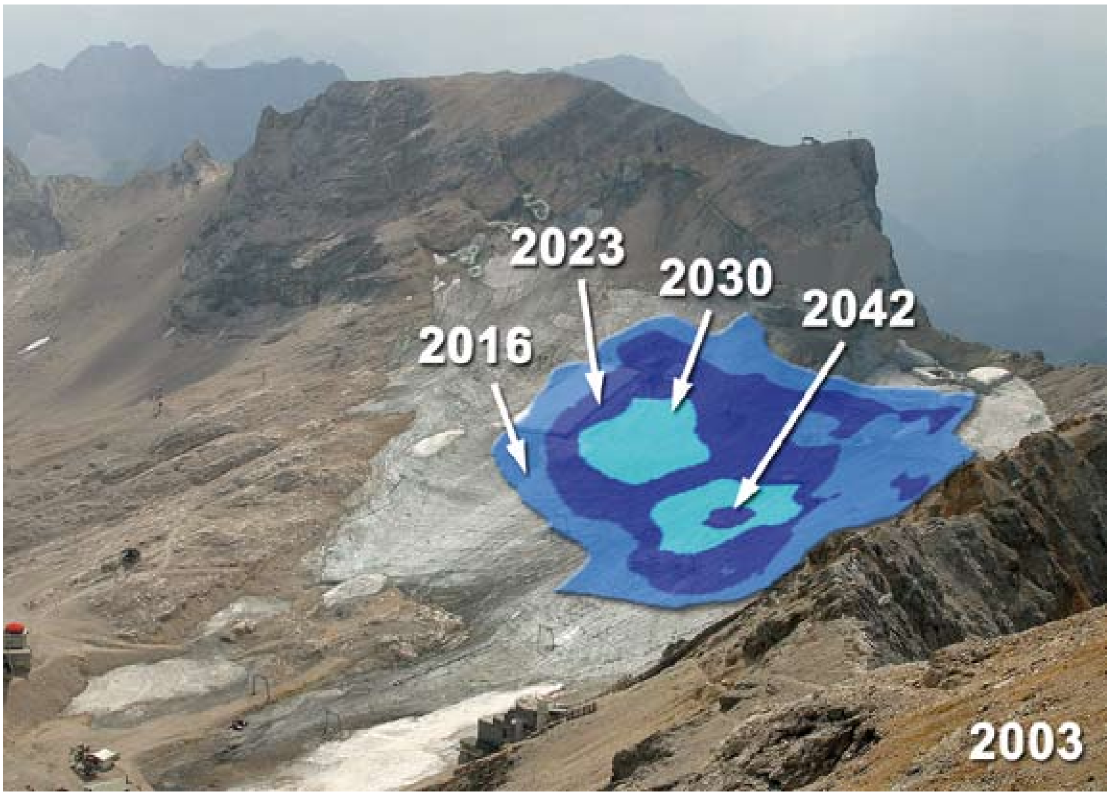
Es lässt sich feststellen, dass aus den Beobachtungen der Satellitenmission GRACE hydrologische Massenvariationen eindeutig detektiert werden können. Da zu erwarten ist, dass künftig noch präzisere Hintergrundmodelle für die übrigen Erdsystemkomponenten vorliegen werden, lassen sich dann auch deutlich verbesserte Modelle für die kontinentale Hydrologie entwickeln. Neben der GRACE-Mission werden in naher Zukunft auch noch eine Vielzahl weiterer Satellitenmissionen dazu beitragen, dass die Vorgänge in und zwischen den Wasserspeicherkomponenten erkannt und modellierbar werden.

Michael Schmidt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts (DGFI). Florian Seitz war ebenfalls am DGFI tätig und hat seit dem 1.10.2007 die Juniorprofessur für Earth Oriented Space Science and Technology (ESPACE) an der Technischen Universität München inne. Das DGFI führt die Forschungsaufgaben der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften aus.

GLAZIOLOGIE

Neue Erkenntnisse zur Gletscherschmelze

HÖHERE MATHEMATIK HILFT BEI DER SCHNEE- UND GLETSCHERMODELLIERUNG.



Vorhersagen zur zukünftigen Ausdehnung eines Gletschers, wie hier des Nördlichen Schneeferners an der Zugspitze, sind nur mit Hilfe komplexer Rechenmodelle möglich.

ALLE BILDER: KFG

VON MARKUS WEBER

Ist der Gletscherforscher bei der Berechnung der Gletscherschmelze auf die höhere Mathematik angewiesen? Diese Frage hängt wesentlich von der Komplexität und Genauigkeit des von ihm gewählten mathematischen Modells zur Beschreibung des Untersuchungsobjekts und der Wechselwirkung mit seiner Umgebung ab.

Die wissenschaftlichen Fragestellungen der Glaziologie sind vielfältig. Neben der einfachen Bestandsaufnahme der Eismassen interessieren hydrologische Details, wie z. B. die Menge des an irgendeiner Stelle der Gletscheroberfläche gebildeten Schmelzwassers unter gegebenen Wetterbedingungen oder das Fließen des Eises durch einen Querschnitt im Gletscherbett. Es besteht aber auch intensives Interesse daran, die Ausdehnung der Gletscherflächen in den Alpen gegen Ende des Jahrhunderts unter den Bedingungen des globalen Klimawandels vorherzusagen. Diese sehr umfassende Fragestellung wird gegenwärtig mit fachlicher Unterstützung der Kommission für Glaziologie im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes GLOWA-Danube untersucht.

Die Maßstabsfrage – Ein erster Schritt zur Parametrisierung

Um Zusammenhänge in der Natur zu verstehen oder gar berechnen zu können, sind Modellvorstellungen unverzichtbar, die in der Sprache der Mathematik formuliert werden müssen. Die Komplexität dieser Modelle hängt davon ab, wie viele physikalische Zusammenhänge im Detail beschrieben werden sollen und in welchem räumlichen und zeitlichen Maßstab. Es gibt sicherlich sachlich begründbare Argumente dafür, die Berechnung auf der kleinsten Skala, nämlich für die Atome der beteiligten Medien zu beginnen. Eine solche Vorgehensweise wäre jedoch für die wenigsten Problemstellungen überhaupt praktikabel. Vielmehr gilt es zu untersuchen, ob nicht bereits fertig formulierte Modelle für ein Teilproblem verfügbar sind, die wesentliche Beobachtungen gut erklären.

Theoretisch könnte man zur Berechnung der Schmelzwassermenge an einem beliebigen Punkt auf dem Gletscher einen komplexen Algorithmus auf Basis von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Messdaten der Zustandsgrößen der beteiligten Medien (z. B. absorbierte Strahlung, Lufttemperatur, -feuchte, -druck, -bewegung) formulieren, der ein exaktes Resultat liefern würde. Dieser hätte die Energiebilanz der Gletscheroberfläche als Grundlage und sollte alle Wechselwirkungen des Eises mit der Umgebung berücksichtigen. Eine Ausdehnung der Berechnung auf die *gesamte* Gletscherfläche würde dagegen bereits an der Verfügbarkeit der erforderlichen Messdaten scheitern, selbst wenn der Rechenaufwand mit geeigneten Maschinen zu bewältigen wäre. Aber spätestens dann, wenn die weitere Entwicklung der 550 Gletscherflächen im Donaueinzugsgebiet über einen Zeitraum von 50 bis 100 Jahre berechnet werden soll, sind dem vertretbaren Aufwand noch engere Grenzen gesetzt, denn es fehlt die Geduld, auf der Basis heutiger Rechenkapazitäten mehrere Jahrzehnte auf das Resultat zu warten.

Die Rechenmodelle müssen somit für eine praktische Anwendung stark vereinfacht werden, wozu wiederum die Mathematik die geeigneten Werkzeuge bereitstellt, vorzugsweise über die Statistik. Als Ergebnis dieser Bemühungen erhält man einfache Formeln zur Beschreibung der komplexen Zusammenhänge zwischen Prozessen und spärlich vorhandenen Messdaten, die zwar einen deutlich eingeschränkten, jedoch wohl definierten Gültigkeitsbereich für die Anwendung innerhalb eines räumlichen und zeitlichen Maßstabs besitzen. Dieser Maßstab muss dem Prozess und der Fragestellung entsprechend durch Abschätzung der Bedeutung der jeweils wirksamen Prozesse gewählt werden. Beispielsweise ist es unter Umständen nicht notwendig, die Ergebnisse in der Mikroskala im Zentimeterbereich zu betrachten, sondern man kann sie auf größere Einheiten von einigen Dekametern oder Kilometern zusammenfassen. Gleiches gilt für die Zeitmaßstäbe, die eventuell nicht mehr Sekunden, sondern Stunden oder Tage umfassen müssen. Dafür ergeben sich neue Variablen und Konstanten, die für eine Lösung der Gleichungen bestimmt werden müssen.

Diese nicht mehr explizite, sondern implizite Beschreibung eines komplexen Prozesses über angepasste Parameter wird in der Mathematik auch als Parametrisierung bezeichnet. Zur Festlegung der Parameter mittels statistischer Methoden muss man sich zumindest exemplarisch bzw. theoretisch mit den grundlegenden Prozessen befassen. Oft geschieht dies unter Anwendung weiterer mathematischer Modelle.

Die Glaziologie ist bei der Behandlung ihrer Fragestellungen in besonders hohem Maße auf die Anwendung von Parametrisierungen im Rahmen ihrer Rechenmodelle angewiesen, denn das meist schwer zugängliche Gelände und die raue Witterung machen es schwierig, kontinuierlich flächendeckende Messdaten zu gewinnen. In diesem Beitrag soll skizziert werden, wie ein sehr komplexes Problem bei der Berechnungen der Gletscherschmelze, nämlich die Berücksichtigung des turbulenten Wärmeübergangs aus der Luft, mit Hilfe der Mathematik, einigen Überlegungen und beschränkten Felduntersuchungen anwenderfreundlich gelöst werden kann.

Wie berechnet man Turbulenz?

Bei dem Transport von Wärme auf Grund der turbulenten Luftbewegung in der Luftschicht unmittelbar über dem Gletscher handelt es sich um einen komplizierten Prozess. Zwar wird der größte Teil der zur Gletscherschmelze aufgewandten Energie durch die kurzwellige Strahlung der Sonne aufgebracht, dennoch spendet auch die Atmosphäre unter Schmelzbedingungen einen nennenswerten Wärmestrom, welcher mit Flussdichten zwischen 25–150 Wm^{-2} positiv in die Oberflächenenergiebilanz eingeht. Dazu sind zwei Voraussetzungen notwendig:

1. die Luftmasse über dem Gletscher ist wärmer als 0° C,

2. die Existenz einer turbulenten Strömung mit horizontalen und vertikalen Luftbewegungen innerhalb der Luftschicht.

Eine weitere wichtige Randbedingung ergibt sich beim Auftreten von Schmelze: Die Oberflächentemperatur des Eises wird auf dem Schmelzpunkt fixiert. Mit Hilfe der irregulären Bewegungen in der Luftströmung wird wärmere Luft aus den höheren Schichten zur Oberfläche transportiert, obwohl die mittlere Vertikalverteilung der Temperatur eine Zunahme zeigt, die in der Regel Vertikalbewegungen dämpft.

Dennoch ist der aus der turbulenten Durchmischung resultierende Wärmetransport H erstaunlich effizient im Vergleich zu dem durch die molekulare Wärmeleitung der Luft. Letzterer kann mathematisch einfach in der Form

[1] $$H = C_L \cdot (T_L - T_0)$$

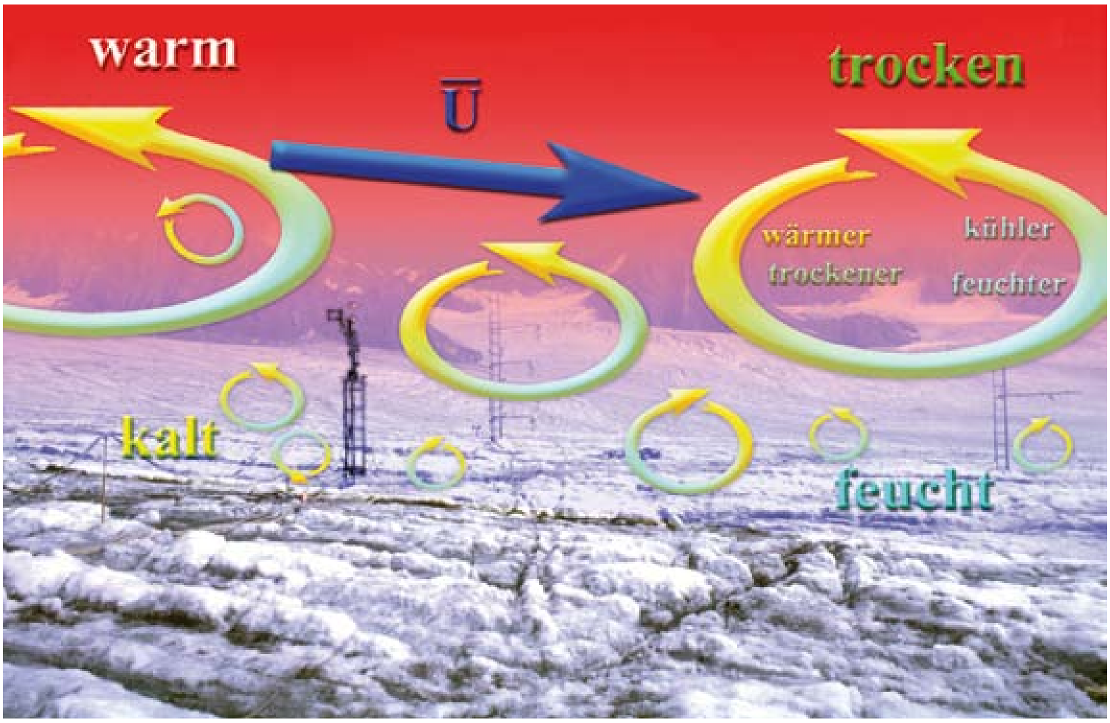


Abb. 1: Illustration der Modellvorstellung vom Vertikaltransport von Wärme (und Wasserdampf) durch turbulente Wirbel in der oberflächennahen Luftschicht. Die mit der mittleren Strömung an fest installierten Messgeräten vorbeidriftenden Elemente hinterlassen ihre Spur in den gemessenen Zeitreihen.

mit dem konstanten Wärmeleitungskoeffizienten C_L der Luft und der Differenz der Temperatur an der Obergrenze und der an der Untergrenze der bodennahen Luftschicht beschrieben werden. Eine einfache Formel wie diese kann ein interessanter Ansatz für eine Parametrisierung des turbulenten Wärmeflusses sein. Aber Letzterer variiert zusätzlich mit der vertikalen Temperaturverteilung und den Eigenschaften der turbulenten Bewegung. Deshalb benötigt man zu dessen genauer Berechnung sowohl die Kenntnis der räumlichen Verteilung der Temperatur als auch des dreidimensionalen Bewegungsfeldes der Luftteilchen.

Das mathematische Rüstzeug für die korrekte Berechnung dieser Felder steht den Meteorologen durch die nachfolgend skizzierten „primitiven" Grundgleichungen bereits zur Verfügung. Es handelt sich um einen Satz von gekoppelten Differentialgleichungen, welcher die meteorologischen Zustandsgrößen miteinander verknüpft. Er besteht aus:

1. der Bewegungsgleichung in vektorieller Schreibweise

[2] $$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho}\vec{\nabla}P - \vec{\Omega}\times\vec{v} + \vec{g} + \vec{F}_R$$

welche die zeitliche Änderung des Geschwindigkeitsvektors eines Luftteilchens durch die Summe aus der Wirkung der Druckgradientkraft (1. Term auf der rechten Seite, **P**: Druckfeld), der Coriolis-Kräfte (2. Term mit $\vec{\Omega}$, dem Vektor der Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation), der Schwerebeschleunigung **g** und der Reibungskräfte $\mathbf{F_R}$ beschreibt,

2. der Kontinuitätsgleichung

[3] $$\frac{d\rho}{dt} = -\rho\vec{\nabla}\cdot\vec{v}$$

welche die zeitliche Dichteänderung in einem sich mit bewegendem Luftpaket berechnet und die Massenerhaltung garantiert,

3. dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik

[4] $$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{c_p\rho}\frac{dp}{dt} + \frac{1}{c_p}\dot{H}_{ext}$$

welcher die Temperaturänderung eines sich bewegenden Luftpartikels durch eine Druckänderung (1. Term) und die Erwärmungsrate durch externe Energiezufuhr (2. Term, H_{ext}) beschreibt.

Die Lösung dieses auch als *Navier-Stokes*-Gleichungen bekannten Gleichungssatzes ist keinesfalls eine triviale Aufgabe. Er bildet z. B. die Basis für die moderne numerische Wettervorhersage, aber auch die Umströmung eines Tragflügels oder einer Fahrzeugkarosserie kann prinzipiell damit berechnet werden. Leider werden analytische Lösungen nur nach sehr stark vereinfachten Annahmen gefunden, so dass die Anwendung üblicherweise den Einsatz aufwändiger numerischer Mathematik erfordert. Dazu werden die Berechnungen näherungsweise auf einem mehr oder weniger dicht geknüpften Koordinatennetz und Zeitraster durchgeführt.

Die Gitterabstände müssen wiederum dem Problem angepasst werden. Spätestens an dieser Stelle benötigt man eine konkrete Modellstellung der Prozesse. Die Turbulenzelemente zeigen Dimensionen von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren Kilometern und haben dabei eine Lebensdauer von Bruchteilen von Sekunden bis hin zu vielen Minuten. Diesen Skalenbereich in einem Rechenmodell adäquat abzubilden, ist ebenso illusorisch wie die Beschaffung eines experimentellen Datensatzes der Anfangsfelder. Deshalb müssen zusätzliche Überlegungen herangezogen werden, welche das Modell noch weiter vereinfachen.

Messung mit dem Eddy-Korrelationsmodell

Dazu lassen sich anhand der Grundgleichungen [2] bis [4] die Felder der meteorologischen Grundgrößen Temperatur (T), Druck (p) und Wind (u, v, w) rein mathematisch in neue Felder zerlegen, welche nur die Abweichung der Größen in bestimmten Skalenbereichen beinhalten. Durch diese Filterung werden die für den vertikalen Wärmeübergang verantwortlichen Turbulenzelemente von der Grundströmung (Advektion) isoliert.

Die auf den Physiker Osborne Reynolds zurückgehende Zerlegung einer Zustandsgröße in eine mittlere Größe und deren Abweichung, z. B. der Temperatur oder einer Windkomponente, bildet die Grundlage zu einem einfachen mathematischen Modell der Turbulenz, wie es in Abbildung 1 illustriert wird. Hier werden unterschiedlich dimensionierte Turbulenzelemente mit der mittleren Windgeschwindigkeit der Grundströmung transportiert. Die Elemente rotieren um eine horizontal gelagerte Achse und transportieren dabei warme Luft nach unten und kalte Luft nach oben. Der Gesamttransport ergibt sich durch die Integration über alle Elemente innerhalb eines Zeitraums, der wiederum aus der mittleren Lebensdauer der größten Elemente resultiert.

Nach dieser Vorstellung muss also nicht mehr das individuelle Turbulenzelement berechnet werden, sondern nur deren statische Häufigkeits- bzw. Größenverteilung. Nimmt man nun zusätzlich an, dass sich diese im betrachteten Zeitrahmen nicht verändert, die Drehachsen aller Elemente parallel ausgerichtet sind und sich die statistische Verteilung längs dieser Drehachse ebenfalls nicht ändert, dann kann die räumliche Struktur des Feldes auf eine einfache Zeitreihe abgebildet werden. Zwar können auf diese Weise nicht die Einzelheiten des räumlichen Feldes anhand einer Zeitreihe rekonstruiert werden, jedoch dessen statistische Eigenschaften. Diese Modellvorstellung wird nach G. I. Taylor, der sie 1938 erstmals veröffentlichte, auch als Taylor-Hypothese der eingefrorenen Turbulenz bezeichnet.

Das Taylor-Modell ermöglicht auch einen messtechnischen Zugang zu den turbulenten Flüssen, denn demzufolge genügt die Installation eines einzigen Messkopfes,

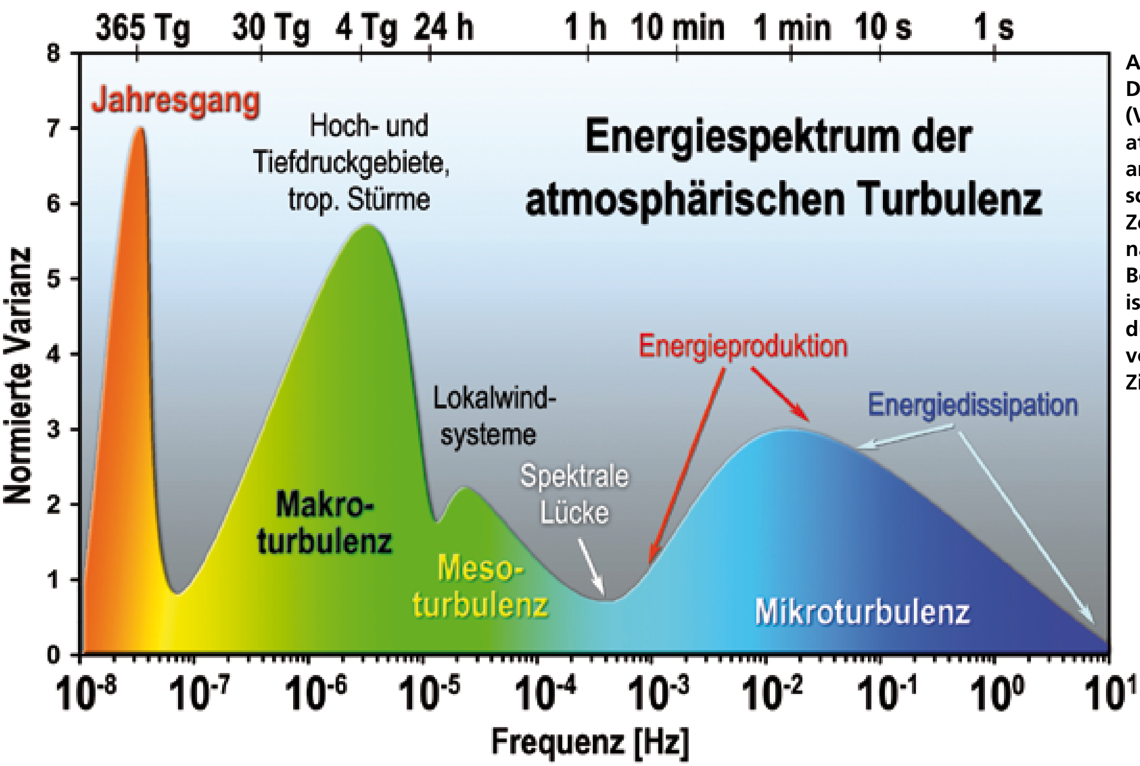


Abb. 2: Eine schematische Darstellung des Energie-(Varianz)spektrums der atmosphärischen Turbulenz anhand der Horizontalwindschwankung über einen Zeitraum von drei Jahren nach Van der Hoven. Der Bereich der Mikroturbulenz ist blau eingefärbt und durch eine markante Lücke von der großräumigen Zirkulation abgetrennt.

der zur Bestimmung des fühlbaren Wärmestroms Zeitreihen der Temperatur T und der vertikalen Windkomponente w mit möglichst hoher Genauigkeit und zeitlicher Auflösung misst. Nach der zuvor erläuterten Theorie können der kinematische Fluss der sensiblen Wärme, also das zuvor angeführte Zeit-Raum-Integral über alle Fluktuationen, und die aus beiden Zeitreihen berechnete Kovarianz gleichgesetzt werden. Die statistische Kovarianz berechnet sich aus den diskret vorliegenden Messwerten nach

[5] $$\overline{w'T'} = \frac{1}{N-1}\left[\sum_{k=1}^{N-1} w_k \cdot T_k - \frac{1}{N}\left(\sum_{k=0}^{N-1} w_k \sum_{k=0}^{N-1} T_k\right)\right]$$

wobei N für die Anzahl der Messwerte innerhalb des oben erwähnten Mittelungsintervalls steht. In der Praxis umfassen der Zeitraum zwischen den Messungen $\Delta t = 0.05$s und die Integrationsperiode 1 Stunde, folglich steht N für 72.000 Messwerte. Dieses Messverfahren zur unmittelbaren Messung des Wärmeübergangs aus der Atmosphäre auf einen Gletscher wird nach der englischen Bezeichnung *Eddy* für Wirbel allgemein als Eddy-Korrelationsverfahren bezeichnet.

Spektralanalyse und Varianzspektren von Messdaten

Die Berechnung des Wärmeflusses nach Gleichung [5] mit Messungen auf dem Gletscher erscheint zunächst einfach, in der Praxis sind diese jedoch ein umfangreiches logistisches Unternehmen, dessen vielfältige Probleme an dieser Stelle leider nicht weiter ausgeführt werden können. Die Kommission für Glaziologie führte solche Messungen im Rahmen eines durch die DFG geförderten Forschungsprojektes im August 1998 und 2000 auf dem Vernagtferner durch und konnte jeweils über knapp 5 Tage eine kontinuierliche Messreihe gewinnen.

Leider ist Gleichung [5] zur Bewertung der Ergebnisse nicht ausreichend, denn der Auswertung der Messungen liegen ja erhebliche Modellannahmen und Vereinfachungen zugrunde, welche die Realität nicht unbedingt widerspiegeln. Daher müssen die Messdaten daraufhin untersucht werden, inwieweit sie die Modellvorstellung bestätigen oder davon abweichen.

Das zugrunde liegende Turbulenzmodell hat noch weitergehende Anforderungen an die Verteilung der Turbulenzelemente, die bei der Betrachtung des allgemeingültigen Energiespektrums nach Van der Hoven (Abb. 2) verständlich werden. Die enthaltene kinetische Energie wird dort durch die Varianz der horizontalen Windgeschwindigkeit abgebildet. Das Spektrum gliedert sich in vier Bereiche der atmosphärischen Turbulenz, die jeweils Strukturen mit unterschiedlichen Dimensionen und Prozesse beinhalten. Der für die Bestimmung des turbulenten Flusses maßgebliche Abschnitt ist in Abbildung 2 mit dem Begriff „Mikroturbulenz" gekennzeichnet. Hier spielen die kleinräumigen Vertikalbewegungen der Luft eine dominierende Rolle. Er ist von den überwiegend horizontale Verfrachtungen (Advektion) bewirkenden

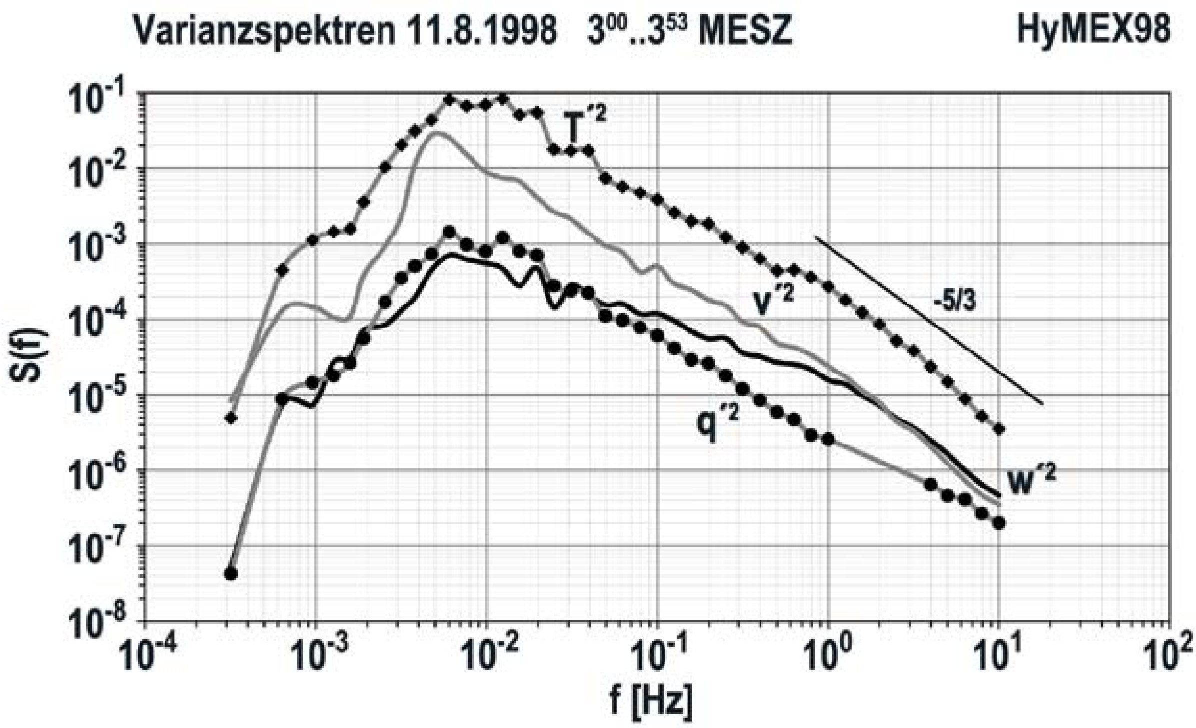


Abb. 3: Experimentell im Rahmen des Experimentes HyMEX98 auf dem Vernagtferner bestimmte Varianzspektren der Temperatur (T), der horizontalen (v) und vertikalen (w) Windgeschwindkeit sowie der Feuchte (q).

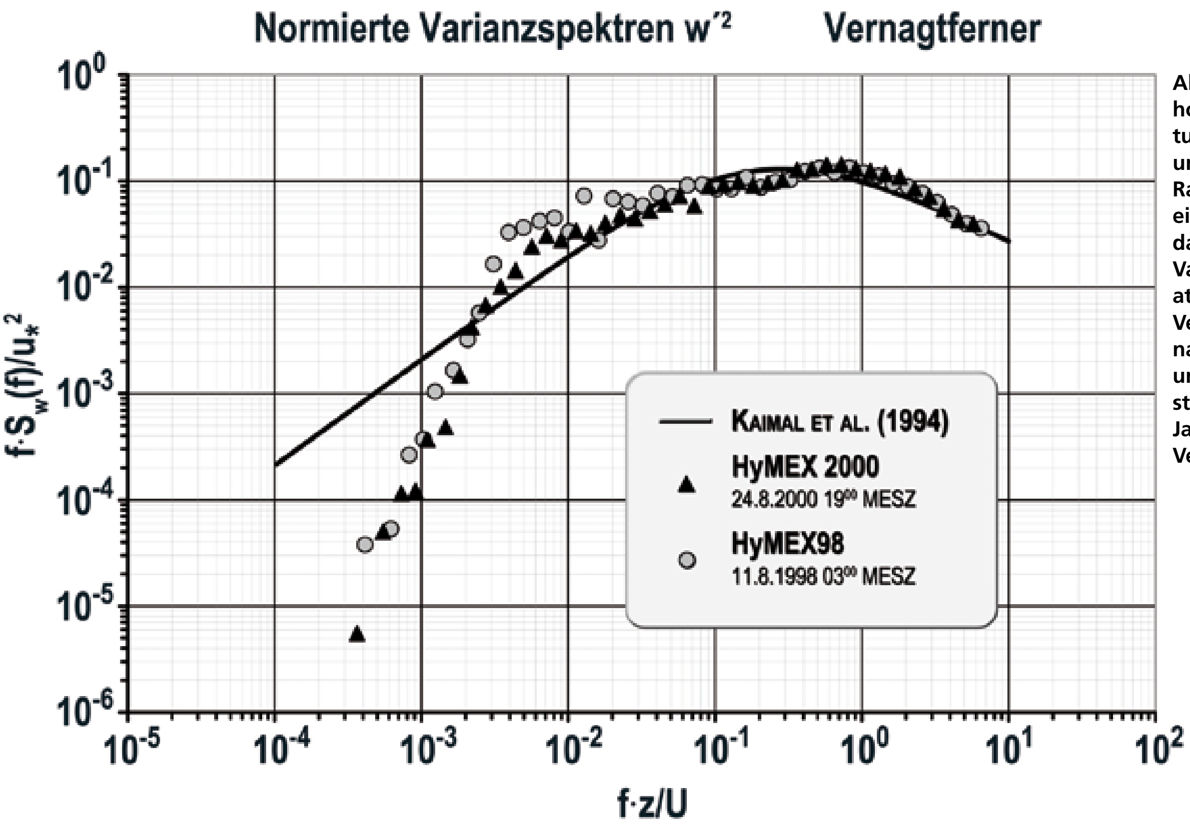


Abb. 4: Mit der mittleren horizontalen Verfrachtungsgeschwindigkeit U und einer aerodynamischen Rauhigkeitsskala u_* auf einem vergleichbaren Standard normierte gemessene Varianzspektren der Fluktuation des Vertikalwindes im Vergleich zu Modellspektren nach der Forschergruppe um Kaimal. Die Messungen stammen jeweils aus den Jahren 1998 und 2000 am Vernagtferner.

großräumigen Luftbewegungen deutlich durch eine Lücke im Spektrum abgegrenzt. Das Spektrum der Mikroturbulenz wird zusätzlich durch ein Maximum in zwei Bereiche unterteilt, die eine Aussage über die Ursache der turbulenten Bewegungen erlauben.

Die kleinsten Elemente folgen einer strengen Kaskade, in welcher die Energie von den größeren Wirbeln zu den kleineren weitergereicht wird. Dabei wird Energie verbraucht (Energiedissipation), welche der Grundströmung entnommen wird. Letztere benötigt somit einen Motor, im Falle des Gletschers ist dies in der Regel der katabatische Wind, in dem sich kalte schwere Luftmassen entlang der Falllinie infolge der Schwerkraft bewegen. Der Abfall der Varianz hin zu den hohen Frequenzen folgt dabei einem strengen linearen Gesetz, welches überprüfbar ist. Abweichungen deuten auf Fehler in den Daten hin.

Im Bereich des Spektrums links des Maximums wird dagegen Turbulenz auf Grund von Auftriebskräften erzeugt. Zur Bewertung der Ergebnisse muss geprüft werden, ob die gemessenen Zeitreihen die theoretisch geforderten Bedingungen erfüllen. Auch für diese Analyse verfügt die Mathematik über nützliche Werkzeuge. Die Transformation der räumlichen Information auf eine Zeitreihe entspricht einer Fourieranalyse. Das resultierende Varianz- oder „Powerspektrum“ kann auch aus diskreten Zeitreihen berechnet werden. Allgemein berechnen sich die Koeffizienten S(f) zu

[6] $$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{f(k)}{N} \exp(-i2\pi nk/n)$$

Die Summation über alle Fourierkoeffizienten S liefert die totale Varianz σ der Zeitreihe.

[7] $$\sigma^2 = \sum_{n=1}^{N-1} S(n)$$

Diese Spektren erlauben sowohl die Überprüfung der Messdaten auf systematische Fehler als auch die Gültigkeit der wesentlichen theoretischen Modellannahmen.

Abbildung 3 beispielsweise zeigt, dass die wesentlichen Charakteristika der Energiespektren für die untersuchten Messgrößen Temperatur (T), horizontale Windgeschwindigkeit (v), Vertikalwind (w) und spezifische Feuchte (q) erfüllt sind. Da die Abnahme der Varianzen im Rahmen der Messgenauigkeit dem theoretisch geforderten linearen Verhältnis von -5/3 entspricht, ist dem Messsignal kein übermäßiges Störrauschen überlagert.

Entsprechend der Theorie lassen sich Normspektren ableiten, mit denen man die gemessenen Spektren unmittelbar vergleichen kann. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen, dass sowohl die gemessenen Varianzspektren für die Temperatur als auch

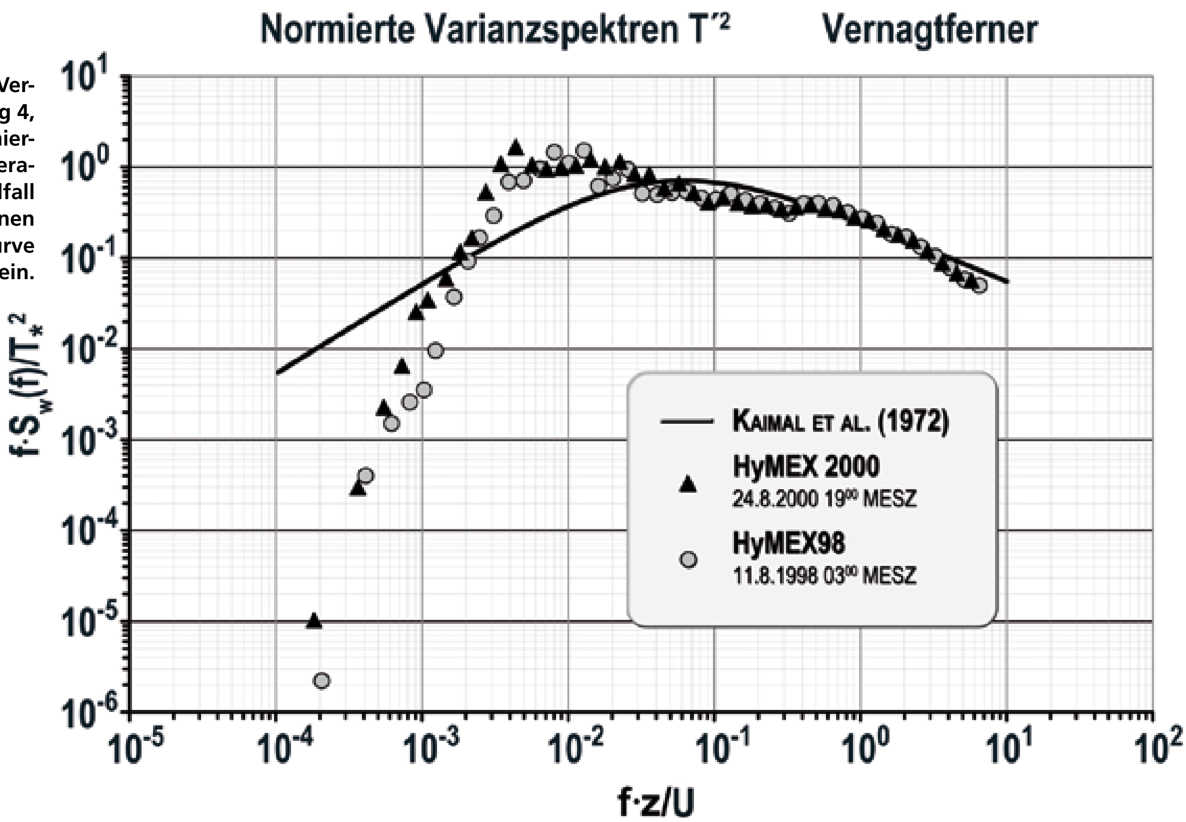


Abb. 5: Der analoge Vergleich wie in Abbildung 4, jedoch hier für die normierten Spektren der Temperaturfluktuation. Im Idealfall stimmen die gemessenen Werte und die Modellkurve überein.

diejenigen für die Vertikalwindfluktuation in den Bereichen, die durch die Erzeugung mechanischer Turbulenz gekennzeichnet sind, sehr gut mit den Modellen übereinstimmen. Im langwelligen Bereich zeigen sich dagegen Abweichungen, die durch die besonderen Verhältnisse in der Gletscherwindschicht verursacht sind. So werden sowohl die starke Dämpfung der Vertikalbewegung durch die andauernde stabile Schichtung über der 0° C-kalten Oberfläche (Abb. 4/5) durch einen stärkeren Abfall des Spektrums hin zu größeren Skalen als auch der Prozess des Einmischens wärmerer Luft durch eine stärkere Intensität im Bereich des Maximums (Abb. 5) sichtbar.

Das Co-Spektrum als Premium-Analysewerkzeug

Im Rahmen der Erläuterungen zum Eddy-Korrelationsverfahren wurde bereits auf die Bedeutung der Kovarianz bei der Berechnung des turbulenten Flusses hingewiesen. Aus den Varianzspektren kann aus Real- und Imaginärteil das Kospektrum berechnet werden

$$\textbf{[8]}\quad Co_{wT} = Re(S_w)\cdot Re(S_T) + Im(S_w)\cdot Im(S_T)$$

Das Kospektrum ist ein weiteres interessantes Analysewerkzeug. Es zeigt die Anteile der Flüsse pro Frequenz. Ist die mittlere Geschwindigkeit des Grundstroms bekannt, können diese Frequenzen unmittelbar in die statistischen Dimensionen der Turbulenzelemente umgerechnet werden. Dies lässt wie der Blick von einem Aussichtsturm auch Rückschlüsse über das Quellgebiet und die dortige Intensität für den Wärmeübergang zu.

Ein Beispiel für einen vollständigen Tagesgang der Intensität des Wärmeübergangs in Relation zur Größe der damit verbundenen Wirbel zeigen Abb. 6a und 6b. Generell stammen Beiträge aus einem Umkreis von über 1000 m, also von der gesamten Gletscherfläche. Die größten Intensitäten sind mit Wirbelgrößen von 100 m und kleiner verbunden. In den Nachtstunden, insbesondere jedoch zu den Zeiten von Sonnenauf- und -untergang wird der Beitrag des fühlbaren Wärmestromes zur Schmelze maximal, da in dieser Zeit auch die katabatischen Winde am stärksten sind, welche die Energiequelle für die turbulente Bewegung darstellen. Im Laufe des Nachmittags können dagegen sogar Bereiche gefunden werden, in denen ein Wärmeaustausch vom Boden in die Atmosphäre stattfindet. Dieser ist ursächlich mit der starken Erwärmung der aperen Felsen in der Gipfelregion durch die Sonneneinstrahlung verbunden. Somit enthalten die Messreihen Signale, die nichts mit der schmelzenden Oberfläche zu tun haben. Sie müssen durch mathematische Filteroperationen aus dem Kospektrum entfernt werden, bevor die Kovarianz durch Integration über das Spektrum berechnet wird.

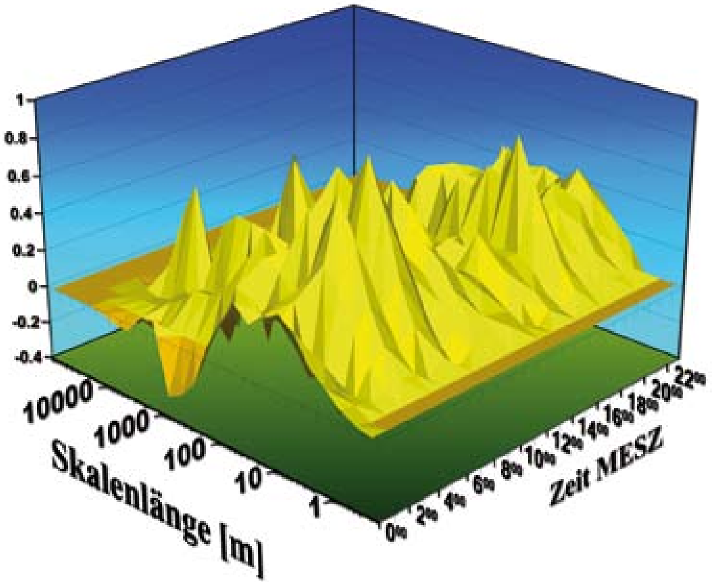


Abb. 6a: Dreidimensionale Darstellung des Beitrages der Turbulenzelemente zum Wärmefluss in Abhängigkeit von ihrer Größe im Verlauf eines Tages auf dem Vernagtferner.

Ableitung einer Parametrisierung

Das eigentliche Ziel der Untersuchung bestand aber nicht allein darin, eine mathematische Methode zu formulieren, mit welcher der Wärmeaustausch trotz der Komplexität der Zusammenhänge möglichst genau berechnet werden kann, sondern es sollten auch allgemeingültige einfache Formeln zur Berechnung abgeleitet werden. Dabei wird vor allen Dingen Wert auf möglichst geringe Ansprüche an die erforderlichen Eingangsdaten gelegt. Es sollten möglichst Mittelwerte für Temperatur und Wind genügen.

Für den Fall des Wärmeübergangs auf die Gletscheroberfläche kommen dafür wiederum allgemeine Erkenntnisse der Mathematik zur Hilfe. Das bereits zitierte Kospektrum lässt sich über den gesamten Frequenzbereich in einen Korrelationskoeffizienten R_{wt} und die Varianzen der Komponenten zerlegen

[9] $$\overline{w'T'} = \sum_{k=0}^{N-1} Co_{wT}(f_k) = R_{wT} \cdot \sigma_w \cdot \sigma_T$$

Der Korrelationskoeffizient R_{wt} zeigt nur geringe Abhängigkeit von der Frequenz f_k. Die Untersuchung der mit den Methoden der Spektralanalyse auf Qualität geprüften Messdaten zeigt, dass hinreichend lineare Proportionalitäten der Temperaturvarianz zur mittleren Differenz der Lufttemperatur in 2 m Höhe und der Oberflächentemperatur (in der Regel 0° C) sowie der Vertikalwindvarianz zur mittleren Windgeschwindigkeit

[10] $$\sigma_T \approx T_L - T_0 \;,\; \sigma_w \approx \sigma_u \approx \overline{U}$$

$$\text{und } R_{wt} \approx \frac{T_L - T_0}{U}$$

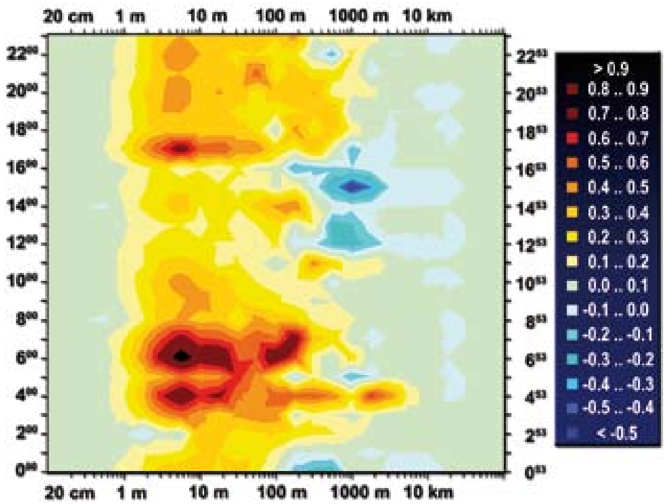
bestehen. Zusammen mit Gleichung [9] lässt sich eine relative einfache Formel für den kinematischen Wärmefluss ableiten, die strukturell der Wärmeleitungsgleichung [1] ähnelt, jedoch die eingangs erwähnten Besonderheiten des turbulenten Wärmeaustauschs weitgehend berücksichtigt:

[11] $$H = R_{wT} \cdot 0.01182 \cdot U \cdot (T_L - T_0)$$

$$\text{mit } R_{wt} = 0.119 \cdot \frac{T_L - T_0}{U} - 0.438$$

Im Gegensatz zu den sehr komplexen Gleichungssystemen [2] – [4] lässt sich eine Parametrisierung wie in Gleichung [11] auch in hydrologischen Modellen für große Einzugsgebiete gut einsetzen, denn sie zeigt einen ausgewogenen Kompromiss zwischen dem benötigten Rechenaufwand und der Genauigkeit bei der Wiedergabe der Prozesse. Inzwischen hat sich der Ansatz sowohl im Schneemodell des Entscheidungsunterstützungssystems DANUBIA für das Einzugsgebiet der Donau von 77.000 km² bewährt als auch im dort integrierten Gletschermodell SURGES, welches die Entwicklung von 556 Gletschern aller Größenordnungen im Einzugsgebiet über bis zu 100 Jahre berechnet.

Die Mathematik ist daher auch in der Glaziologie das wichtigste Werkzeug, um die physikalischen Zusammenhänge zunächst im Detail zu formulieren und anschließend praktikable Vereinfachungen abzuleiten.



Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Er arbeitet im Projekt GLOWA-Danube, ein durch das BMBF gefördertes Vorhaben zur Untersuchung des Globalen Wandels des Wasserkreislaufs, das mit der Verknüpfung von naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Fragestellungen im Untersuchungsgebiet Obere Donau bis zum Pegel Passau wissenschaftliches Neuland betritt.

Abb. 6b: Grundrissdarstellung der Abbildung 6a, abgeleitet aus den durch die mittlere Windgeschwindigkeit normierten Kospektren, gemessen auf dem Vernagtferner im hinteren Ötztal.

MUSIKWISSENSCHAFT

Zahlenverhältnisse, Proportionen, Tonabstände: Musik und Mathematik

EIN BEITRAG ZUR BEDEUTUNG DER MATHEMATIK AM ANFANG DER EUROPÄISCHEN MUSIKGESCHICHTE, ALS ES NOCH KEIN NOTENSYSTEM GAB, UM MELODIEN VISUELL EXAKT DARZUSTELLEN.

VON MICHAEL BERNHARD

Als sich im 7. und 8. Jahrhundert in den Ländern nördlich der Alpen das Christentum ausbreitete, gelangte aus Italien auch eine besondere Art von Musik, der so genannte Gregorianische Choral, in diese Länder, der wesentliche Teile der christlichen Liturgie feierlich gestaltete. Während man die Texte der Liturgie aufschreiben konnte, existierte für die Musik noch keine Methode, die Melodien festzuhalten. Isidor von Sevilla († 636) schreibt: *Nisi enim ab homine memoria teneantur soni, pereunt, quia scribi non possunt* (Wenn die Töne nicht im Gedächtnis behalten werden, vergehen sie, weil sie nicht aufgeschrieben werden können). Das Repertoire wurde also ausschließlich mündlich weitergegeben.

Wie lassen sich Melodien schriftlich festhalten?

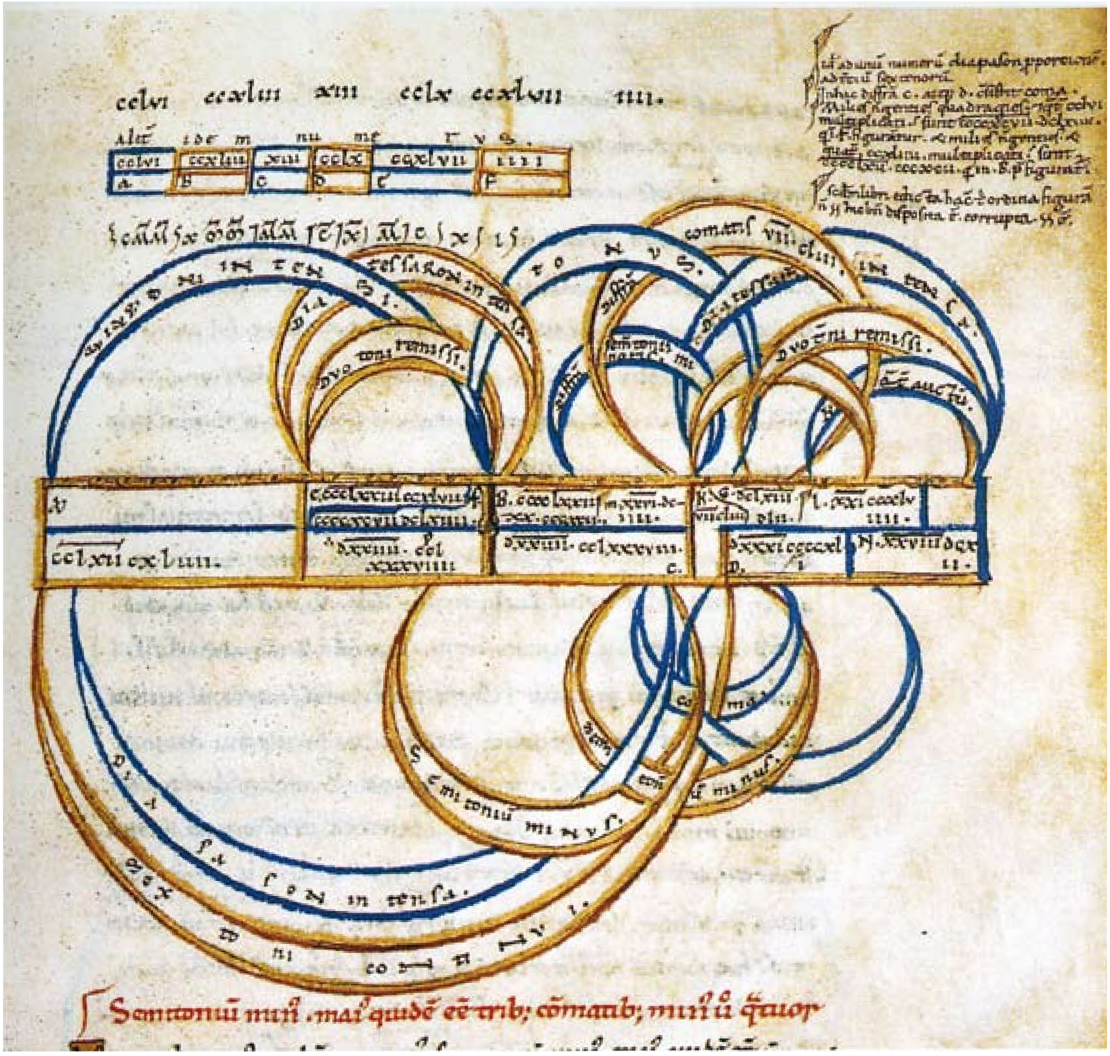
Doch das Gedächtnis ist eine nicht unerhebliche Fehlerquelle, die Liturgie aber von so zentraler Bedeutung, dass man ständig in Sorge war, die Melodien unverfälscht zu bewahren. Nachdem Karl der Große in seiner *Admonitio generalis* aus dem Jahre 789 den *cantus Romanus*, den Römischen Choralgesang, allgemein für verbindlich erklärt hatte, versuchten die Musiker nördlich der Alpen im 9. Jahrhundert, das große Repertoire an Gesängen irgendwie in den Griff zu bekommen. Man ordnete die Melodien nach bestimmten melodischen Eigenschaften in acht Modi, aus denen sich später das System der acht Kirchentonarten entwickelte. Aurelianus Reomensis, ein französischer Mönch des 9. Jahrhunderts, versuchte beispielsweise, die Melodien mit blumigen Ausdrücken zu beschreiben, ohne dass es ihm gelang, sie auch nur annähernd nachvollziehbar zu machen.

Ein spätantikes Werk über Musik gelangt in das Frankenreich

In dieser Situation kam unerwarteterweise die Mathematik der Musik zu Hilfe: Am Anfang des 9. Jahrhunderts gelangte ein einziges Exemplar eines spätantiken Werkes in das Frankenreich, das bis dahin vollkommen unbekannt war. Es handelte sich um die fünf Bücher *De institutione musica* des römischen Konsuls Anicius Manlius Severinus Boethius, der im Jahre 524 wegen einer angeblichen Verschwörung enthauptet worden war. Der Autor war durch seine Schrift *De consolatione philosophiae* wohlbekannt und hochgeschätzt. Der Titel des Buches *De institutione musica* versprach viel. Doch die Enttäuschung war wohl zunächst groß: Es ging nicht um erklingende Musik, sondern im Wesentlichen um Zahlen – weitschweifige Berechnungen zu Zahlenverhältnissen und Proportionen. Trotzdem studierte man das Werk sehr intensiv, was uns ausführlich kommentierte Abschriften seit der Mitte des 9. Jahrhunderts verraten.

Zunächst versuchte man, die Berechnungen zu verstehen. Multiplikationen und Divisionen mit dem römischen Zahlensystem waren sehr aufwändige Rechenoperationen. Wie man das macht, zeigt ein mittelalterlicher Kommentator. Die Aufgabe lautet: Multipliziere 256 mit 256. Die Zahl 256 wird dazu zerlegt in 200 + 50 + 6. Daraufhin multipliziert man alle Summanden miteinander:

200 x 200 = 40.000		50 x 200 = 10.000		6 x 200 = 1.200
200 x 50 = 10.000		50 x 50 = 2.500		6 x 50 = 300
200 x 6 = 1.200		50 x 6 = 300		6 x 6 = 36
51.200	+	12.800	+	1.536 = 65.536



BIBLIOTHÈQUE MUNICIPALE 46, AUTUN

Boethius' „De institutione musica" mit der Berechnung des Tonsystems in einer Handschrift des 12. Jahrhunderts aus Autun. Oben rechts ist ein mittelalterlicher Kommentar eingetragen.

Doch was haben Berechnungen dieser Art mit Musik zu tun?

Musik als mathematische Disziplin

Für Boethius gehört die Musik neben der Arithmetik, der Geometrie und der Astronomie zu den mathematischen Wissenschaften im Rahmen der *septem artes liberales*, der so genannten sieben freien Künste. Ihre spezielle Aufgabe ist es, mathematische Verhältnisse und Proportionen zu untersuchen.

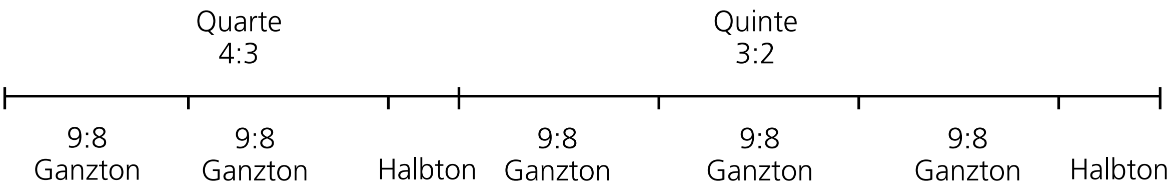
Wenn man eine Saite beliebiger Länge schwingen lässt, erklingt ein Ton. Eine Saite mit genau der halben Saitenlänge ergibt einen fast gleich klingenden, aber höheren Ton, nämlich die Oktave.

Eigentlich ist es natürlich die Zahl der Schwingungen, die für die Tonhöhe verantwortlich ist, aber das wusste man in der Antike nicht. Allerdings ist die Länge einer Saite mit der Zahl der Schwingungen unmittelbar verbunden. Eine Oktave ist also durch das Verhältnis 2:1 zu beschreiben. Ebenso kann man eine Quinte als Verhältnis von 3:2, eine Quarte als Verhältnis von 4:3 und einen Ganzton als Verhältnis von 9:8 bestimmen. Wenn man diese Verhältnisse entsprechend erweitert, ergibt sich die folgende Zahlenreihe:

12 : 9 : 8 : 6

12:6 = 2:1 = Oktave
12:8 = 9:6 = 3:2 = Quinte
12:9 = 8:6 = 4:3 = Quarte
9:8 = Ganzton

Aus diesen einfachen Zahlenverhältnissen lässt sich eine komplette Tonleiter konstruieren: Die Quinte besteht aus einer Quarte und einem Ganzton, die Quarte aus zwei Ganztönen und einem Rest, den man Halbton nennt, obwohl er nicht genau die Hälfte eines Ganztons umfasst (siehe Abb. nächste Seite).



Die mathematische Berechnung dieses Halbtons ist kompliziert, da er das Verhältnis 256:243 besitzt. (Hier taucht die Zahl 256 wieder auf, die Gegenstand der oben beschriebenen Multiplikation war.) Um die Zahlenverhältnisse eines Tonsystems über zwei Oktaven in einer durchgehenden Reihe darzustellen, muss man daher die Zahlen erheblich erweitern. Boethius berechnete eine Tonreihe über zwei Oktaven, die mit folgenden Zahlen dargestellt wurde:

9216	8192	7776	6912	6144	5832	5184	4608	
Ganzton	Halbton	Ganzton	Ganzton	Halbton	Ganzton	Ganzton	usw.	

Damit wird eine Tonleiter berechnet, die wir heute mit folgenden Tonbuchstaben benennen würden:

A	H	C	D	E	F	G	a

Um den Halbton und den Unterschied zwischen zwei Halbtönen und einem Ganzton darzustellen,

CAMBRIDGE, UNIVERSITY LIBRARY I.1.3

Boethius prüft an einem einsaitigen, mit Tonbuchstaben versehenen Instrument, dem so genannten Monochord, die Tonreihe.

sind sogar Rechenoperationen mit sechsstelligen Zahlen notwendig.

Die Mathematik ermöglicht eine exakte Bestimmung musikalischer Intervalle

Die Gelehrten des frühen Mittelalters merkten erst nach einiger Zeit, wozu die mathematischen Berechnungen dienen konnten. Im 9. Jahrhundert hatte sich zwar eine Methode entwickelt, den Verlauf von Melodien durch Punkte, Striche und andere graphische Zeichen, die so genannten Neumen, aufzuzeichnen, allerdings konnte man damit keine genauen Tonabstände notieren.

Plötzlich hatte man nun ein Mittel an der Hand, musikalische Intervalle exakt zu bestimmen und mit Hilfe eines Instruments für jeden nachvollziehbar zu machen. Wenn man sich die aus Zahlenverhältnissen berechneten Punkte des Tonsystems auf einer Saite markierte, konnte man durch Abgreifen der Saite jeden Ton und jedes Intervall hörbar machen. Die abgemessenen Punkte auf der Saite wurden bei Boethius mit griechischen Namen benannt: *hypate hypaton, parhypate hypaton, lichanos hypaton* usw. Das war für die Beschreibung einer ganzen Melodie natürlich viel zu umständlich. Man versuchte daher verschiedene Methoden mit neu erfundenen Zeichen oder Buchstaben, bis sich um das Jahr 1000 die Buchstabenreihe A B C D E F G durchsetzte, die auch heute noch in der Musik verwendet wird. Nur der Ton B, der ursprünglich einen Ganzton vom Ton A entfernt war, wurde in späteren Jahrhunderten durch das H ersetzt. Der Buchstabe B blieb für einen Ton, der einen Halbton von A entfernt ist. Erst im 11. Jahrhundert hatte Guido von Arezzo die geniale Idee, die Tonabstände durch Einführung von Linien, auf welche die Neumen notiert wurden, auch visuell umzusetzen. Letztendlich verdanken wir aber die Möglichkeit, Musik exakt darstellen zu können, dem Werk des Boethius.

Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Musikhistorischen Kommission. Er betreut als leitender Redaktor das Lexicon musicum Latinum, ein Wörterbuch der lateinischen musikalischen Fachsprache des Mittelalters bis zum Ende des 15. Jahrhunderts.

Die frühmittelalterlichen Kommentare zu Boethius' „De institutione musica" sind in den Veröffentlichungen der Musikhistorischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ediert: Michael Bernhard, Calvin M. Bower: „Glossa maior in institutionem musicam Boethii", 3 Bde. 1993–1996.

GEBURTSTAG

Walter Müller-Seidel zum Neunzigsten

DER MÜNCHNER GERMANIST FEIERTE AM 1. JULI 2008 SEINEN 90. GEBURTSTAG. DER AKADEMIE IST ER SEIT SEINER WAHL ZUM ORDENTLICHEN MITGLIED IM FEBRUAR 1974 ENG VERBUNDEN. DEN VORSITZ DER KOMMISSION FÜR NEUERE DEUTSCHE LITERATUR HATTE ER VON IHRER GRÜNDUNG 1986 BIS 2003 INNE.

VON WULF SEGEBRECHT

Man könnte, ein berühmtes Medizinerwort abwandelnd und dabei auch an Brechts Galileo Galilei denkend, über Walter Müller-Seidels Arbeiten sagen: „Jede Wissenschaft wird Humanwissenschaft sein, oder sie wird nicht sein." Dass sie es nicht zu jeder Zeit war und immer wieder in Gefahr gerät, es nicht zu sein, ist für den Münchner Literaturwissenschaftler Anstoß zu Analyse, Diskussion und Wertung geworden. Konsequenterweise münden seine Studien oft in den „Fragenkreis des Menschlichen" ein, der in seiner Streitschrift „Probleme der literarischen Wertung" (1965) das letzte und entscheidende Kriterium der Wertung markiert.

So verhält es sich auch mit der Monographie über Fontane (1975), deren letzter Abschnitt das Beziehungsverhältnis von „Gesellschaft und Menschlichkeit" in Fontanes Werk unter Rückgriff auf Schillers „Horen"-Programm erörtert – in der Überzeugung, „dass Literatur und Literaturwissenschaft mitwirken ‚am stillen Bau besserer Begriffe, von dem zuletzt alle wahre Verbesserung des gesellschaftlichen Zustandes abhängt'". Auf Schiller kommt Müller-Seidel nicht zufällig zurück; dessen Dramen waren schon Gegenstand seiner Dissertation (1949) in Heidelberg bei Paul Böckmann gewesen, und als Herausgeber von Briefen Schillers im Rahmen der Nationalausgabe und des Jahrbuchs der deutschen Schillergesellschaft hat er diesen Dichter immer wieder ins Zentrum seiner Interessen gerückt, wenn es galt, die „Geschichtlichkeit der deutschen Klassik" (1983) zu erläutern. Noch für sein jüngstes, kurz vor dem Abschluss stehendes Buch über Schillers politische Ästhetik hat er Max Piccolominis Wort „Nicht das Große, das Menschliche geschehe" als Titel gewählt.

Auch schon in seiner Habilitationsschrift über Heinrich von Kleist („Versehen und Erkennen", 1961) wird die „Frage des Humanen" erörtert, die sich umso dringlicher stellt, als Kleist offensichtlich „Deformationen des Menschen in einer befremdlichen und oft auch bestürzend-entsetzlichen Weise in den Mittelpunkt seiner Dichtkunst" rückt. Die Bedrohungen des Humanen werden gerade dann sichtbar, wenn die Literatur der Moderne vor dem Hintergrund der Zeitgeschichte und der Geschichte der Wissenschaften betrachtet wird. Solchen literatur- und zugleich wissenschaftsgeschichtlichen Betrachtungsweisen hat sich Müller-Seidel seit den siebziger Jahren zunehmend zugewandt, wobei vor allem die Kontexte der Medizin und der Justiz in den Blick treten, wo er kritische Antworten gab auf die Rechtfertigungsstrategien der Euthanasie. Mit der Kritik an den Pervertierungen der Humanitätsidee, vor allem aber mit einer der Gegenwart gemäßen Neubestimmung des Humanen, ist Walter Müller-Seidel vorrangig befasst. Erreichte, aber auch ausbleibende Erneuerungen von Bewusstseinsverhältnissen, Denkformen und Gattungen der Dichtung finden deshalb sein vorzügliches Interesse. Dafür stehen seine Arbeiten über Goethes jugendliche Alterslyrik, über Büchner, Storm, Hofmannsthal, Thomas Mann und viele andere.

An einer Neubestimmung der Moderne ist Müller-Seidels unentwegter Widerspruch gegen bisherige Urteile, sofern diese mit Herrschaftsansprüchen, Instrumentalisierungen und Ideologisierungen jeder Art auftreten, maßgeblich und auf sehr differenzierte Weise beteiligt. Programmatisch schon 1961 seine Münchner Antrittsvorlesung: „Gottfried Benn und der Nationalsozialismus".

Walter Müller-Seidel hat die Literaturwissenschaft gegen alle Versuche, sie endgültig zu verabschieden, unverzagt in Schutz genommen. Sie hat seinen Forschergeist, seine Neugier, seine Revisionslust und sein kritisches Festhalten am Humanen nach wie vor bitter nötig.

Der Autor war bis zu seiner Emeritierung Professor für Neuere Deutsche Literatur an der Universität Bamberg.

BADW

Walter Müller-Seidel.

Der Artikel erschien am 1. Juli 2008 in der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung". Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Autors.

ABSCHIED UND AUSBLICK

Die „Ära Hegering“ am LRZ

ZUM 1. OKTOBER 2008 GEHT HEINZ-GERD HEGERING, DER IM MAI SEINEN 65. GEBURTSTAG FEIERTE, ALS GESCHÄFTSFÜHRENDER DIREKTOR DES LEIBNIZ-RECHENZENTRUMS DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN DEN RUHESTAND. ZEIT FÜR EINIGE – AUCH PERSÖNLICHE – BEMERKUNGEN.

LRZ/WENZEL SCHÜRMANN

Die Politik zu Gast im Leibniz-Rechenzentrum: Auf Einladung Heinz-Gerd Hegerings (rechts) informierten sich Ministerpräsident Günther Beckstein und Staatsminister Thomas Goppel am 18. April 2008 über Aufgaben und Entwicklung des LRZ; links Akademie-Präsident Dietmar Willoweit und Ernst Weidenbusch, MdL.

VON CHRISTOPH ZENGER

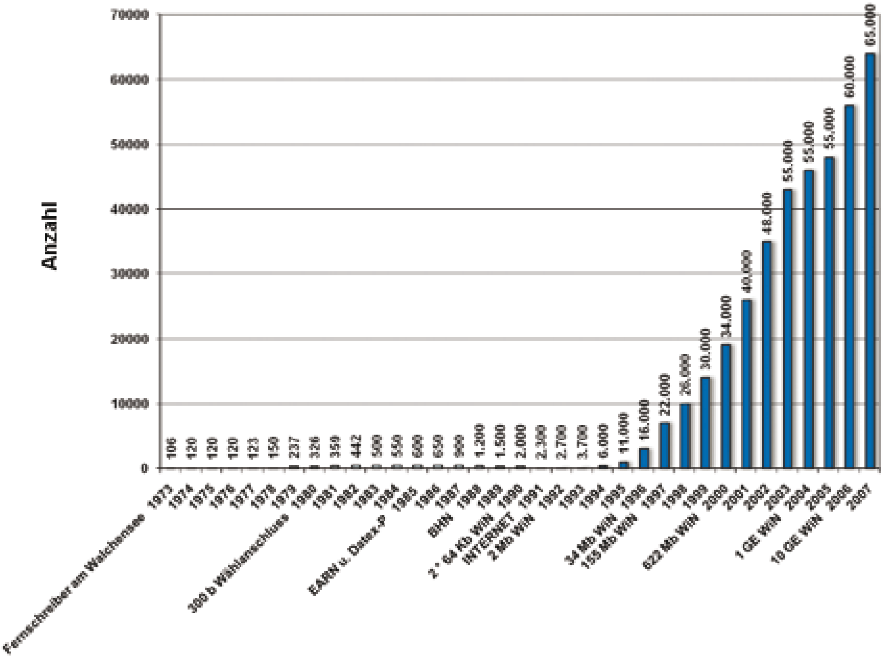
Ist es nicht ein weiteres Zeichen der heute leider weit verbreiteten Inflation des Begriffs, bei einem Zeitraum von knapp 20 Jahren von einer „Ära“ zu sprechen? Aber wenn man mit einigem Recht noch die Jahre dazu nimmt, die Heinz-Gerd Hegering in leitender Funktion als Mitarbeiter das Erscheinungsbild des Leibniz-Rechenzentrums schon wesentlich mitprägte, und sich erinnert, welche Entwicklungen in diesem Zeitraum stattfanden, ist das Wort „Ära“ vielleicht doch berechtigt: Der Durchbruch des PC, der Siegeszug von E-Mail, Internet und WWW (Startzeitpunkt erst 1993 vor gerade 15 Jahren – wer glaubt das heute noch!) fielen in diese Zeit und haben die Wissenschaft, aber auch unsere Kultur und vor allem unsere Wirtschaft tief greifend geprägt. Heute ist das Fach Informatik an allen großen Universitäten etabliert, die Bedeutung der Informatiker im Berufsalltag wächst ständig. Als Hegering am LRZ antrat, gab es an der Ludwig-Maximilians-Universität noch keine Informatik, er musste sie erst aufbauen. An der TU war die Informatik zu dieser Zeit schon voll etabliert, auf Initiative vor allem von F. L. Bauer, der in seiner unermüdlichen Tatkraft und der ihm eigenen Durchsetzungsfähigkeit auch die Gründung des LRZ und dessen Einbindung in die Bayerische Akademie der Wissenschaften wesentlich mit auf den Weg gebracht hatte. Rechenzentren prägten die technologischen Entwicklungen erheblich mit und wurden ihrerseits durch den technologischen Fortschritt in Frage gestellt. Durch die Dezentralisierungswelle der 80er und 90er Jahre schon als überholt abgeschrieben, beobachten wir heute im Gegenzug eine fast ebenso starke Rezentralisierungswelle, die kleine Rechenzentren in großen Superrechenzentren aufgehen lassen will.

Kluge Weichenstellungen

In einer solchen Zeit an einem der führenden Rechenzentren Europas Verantwortung zu tragen, ist eine einmalige Chance, aber zugleich ein nur schwer kalkulierbares Risiko. Heinz-Gerd Hegering hat, das wissen wir im Nachhinein natürlich besser als zu Beginn der Entwicklung, die Weichen glücklicherweise stets richtig gestellt, auch gegen Widerstände. Als er 1989 das Amt als geschäftsführender Direktor des LRZ antrat, war die Dezentralisierungswelle gerade in vollem Gange. Er machte umgehend den Aufbau eines Münchner Wissenschaftsnetzes zu einem Schwerpunkt seiner Tätigkeit; seine fachliche Spezialisierung auf das Gebiet der Rechnernetze kam ihm da entgegen. In den ersten fünf Jahren seiner Tätigkeit wurde die flächendeckende Verkabelung der beiden Münchner Universitäten einschließlich der Standorte Garching und Weihenstephan in Angriff genommen, die untereinander bereits mit von der DBP Telekom gemieteten Glasfaserkabeln verbunden waren. Die Datenrate für die Verbindung nach Erlangen sprang von 64 kbit (1988) auf 34 MBit (1993), ein Faktor 500 in fünf Jahren – und solche Leistungssprünge waren über Jahre hinaus nicht ungewöhnlich.

Wissenschaftsorganisator, Forscher, Lehrer

Bereits seit 1985 arbeitete Hegering beim Deutschen Forschungsnetz (DFN) in den Gremien mit, dessen Vorstand er später fast zehn Jahre



Entwicklung der Zahl der Anschlüsse im Münchner Wissenschaftsnetz seit 1973.

lang angehörte, und prägte dabei die deutsche Wissenschaftsnetzstruktur maßgeblich: Er organisierte internationale Tagungen zum Thema verteilter Systeme und Rechnernetze und war auch ein für Diplomarbeiten und Promotionen viel gefragter Hochschullehrer. Eine Sonderkonstruktion erleichterte das: Als Lehrstuhlinhaber an der LMU München war er gleichzeitig im Hauptamt Mitglied der Fakultät für Informatik an der TU München, so dass sich sein Schülerkreis aus beiden Universitäten rekrutierte. Die Synergieeffekte zwischen Lehre, Forschung und praktischer Arbeit bei der Implementierung und beim Management von Netzen in einem der größten Rechenzentren und in Verbindung mit den durch Beratung namhafter Telekommunikationsunternehmen und Industrieunternehmen gewonnenen Kenntnissen waren immens. Sie ermöglichten Ergebnisse, die unter anderen Bedingungen nie hätten erzielt werden können. Wo gibt es auch sonst Persönlichkeiten, die in ähnlicher Weise das Interesse an Organisation und Management eines großen Rechenzentrums (und der Möglichkeit, dieses Interesse auch umzusetzen) mit der Begeisterung für Lehre und Forschung so verbinden können. Bei der Feier zu seinem 60. Geburtstag gab er zu: „Ja, ich bin ein Workaholic". Und anders wäre das auch kaum zu schaffen gewesen.

Asbestsanierung und Umzug nach Garching

Hindernisse bleiben bei einem solchen Unternehmen nicht aus. Kaum im Amt als Chef des Rechenzentrums, (damals im 1967 gebauten Komplex an der Barer Straße, neben den TU-Gebäuden für Mathematik und Informatik), gerade erst frisch in die Fußstapfen seines Vorgängers und Ziehvaters Gerhard Seegmüller getreten, wurde Hegering mit einem „Asbestunfall" im Rechenzentrum konfrontiert. Dieses zunächst gar nicht so spektakuläre Ereignis stellte das LRZ während einer jahrelangen, mit Behinderungen und vor allem viel Lärm verbundenen Sanierung vor eine Zerreißprobe. Kaum war das Gebäude saniert, musste der Umzug nach Garching geplant werden. Die räumliche Enge in der Innenstadt wäre ein zu großes Hindernis für die weitere Entwicklung des Rechenzentrums gewesen. Man kann sich vorstellen, dass viele Mitarbeiter davon nicht begeistert waren. Der Umzug eines komplexen Dienstleistungsbetriebs, bei dem die vielfältigen Dienstleistungen unterbrechungsfrei transferiert werden müssen, ist ein Mammutprojekt. Trotzdem wurde berichtet, dass Kunden des Rechenzentrums noch öfter vor dem bereits leeren alten Gebäude in der Barer Straße gesehen wurden. Sie hatten vom Umzug gar nichts bemerkt – und bis heute sind die wegen befürchteter Kundenferne erwarteten Klagen der Standorte in der Innenstadt so gut wie ausgeblieben.

Der Umzug in einen Neubau auf dem Forschungscampus Garching im Frühjahr 2006 hat das LRZ einen Riesenschritt vorangebracht. Fachleute aus dem In- und Ausland, besonders aus den USA, die jetzt immer öfter ans LRZ kamen, waren beeindruckt von der zweckdienlichen und flexiblen Gebäudeplanung und dem dadurch erreichbaren Qualitätsstandard des Dienstleistungsangebots. Erst durch das neue Gebäude kann sich das LRZ einer neuen Herausforderung stellen, von der jetzt die Rede sein soll.

Der Weg zum Höchstleistungsrechnen

Schon in der Frühzeit der sog. „Elektronischen Datenverarbeitung" spielte die Simulation von Vorgängen und Prozessen in Natur und Technik eine wichtige Rolle. Die mit den Jahren rasch wachsende Rechenleistung der Großrechner ermöglichte die Simulation

LRZ

21. Juil 2006: Inbetriebnahme des nationalen Höchstleistungsrechners SGI Altix 4700 durch Heinz-Gerd Hegering, Bundesministerin Annette Schavan und den damaligen Ministerpräsidenten Edmund Stoiber (v. l. n. r.).

und damit auch das Verständnis immer komplexerer Vorgänge. Kurz vor Hegerings Amtsantritt wurde im Leibniz-Rechenzentrum der erste sog. Vektorrechner in Betrieb genommen. Vektorrechner sind auf numerische Aufgaben spezialisiert und erzielen sehr hohe Rechenleistungen, allerdings zu einem Preis, der den Betrieb solcher Rechner schon damals auf wenige Großrechenzentren einschränkte. So wurde der erste bayerische Rechner dieser Klasse auch den anderen bayerischen Universitäten zur Verfügung gestellt; das LRZ übernahm damit neben der Versorgung der Münchner Hochschulen erstmals eine gesamtbayerische Aufgabe. Zu den Vektorrechnern kamen rasch die sog. massiv parallelen Rechner hinzu, die die hohe Rechenleistung durch Parallelisierung aufbrachten – allerdings auch eine neue Programmiertechnik benötigten, die parallele Programmierung – eine Aufgabe, die die Forschung in der Informatik, aber auch in den Anwendungsgebieten auf viele Jahre hinaus beschäftigen sollte. Die Leistung, doch auch der Preis dieser Rechner stiegen sogar über das im langjährigen Durchschnitt (bekannt als *Moore's law*) gewohnte Maß an und machten es den Bundesländern immer schwerer, die benötigten Mittel aufzubringen. Der Wissenschaftsrat schlug deshalb 1995 vor, in Deutschland einige wenige Großrechner („nationale Rechner") zu installieren, um im internationalen Wettbewerb nicht zurückzufallen bzw. den bereits erfolgten Rückstand wieder aufzuholen. Hegering war von vorneherein klar, dass das LRZ Standort eines solchen Bundesrechners werden musste. Die sachlichen Voraussetzungen waren günstig: Bayern hatte sich, auch dank einer frühzeitigen, weitsichtigen Förderung durch den Freistaat, innerhalb Deutschlands zu einem Schwerpunkt der Forschung in der Numerischen Simulation auf Hochleistungsrechnern entwickelt, und das LRZ bot alle betrieblichen und personellen Voraussetzungen für den Betrieb eines solchen Rechners. Dass es schließlich in diesem Bemühen erfolgreich war, lag zu einem sehr wesentlichen Teil auch an dem guten Ruf, den es sich bei Nutzern und in der Wissenschaft erworben hatte. Nirgendwo sonst verlief das Zusammenspiel von politischen Entscheidungsträgern, Wissenschaftsgremien und Rechenzentrum so konstruktiv und reibungslos. Gutachter würdigten vor allem die in allen Leistungsklassen ausgewogene und qualitativ hochwertige Versorgung.

Aktuelle Planungen

Inzwischen kämpft das LRZ um den nächsten Schritt: Nachdem im Wettbewerb um die leistungsfähigsten Rechner die USA und Japan die Mitbewerber erneut hinter sich gelassen haben, gibt es Pläne, eine neue Leistungsebene zu etablieren, die „europäischen" Höchstleistungsrechner, die mit der Konkurrenz aus den USA und Japan gleichziehen sollen. Die politischen Bemühungen, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dauern an: In Deutschland wurde 2007 das Gauß-Zentrum für Supercomputing (derzeitiger Sprecher: Heinz-Gerd Hegering) gegründet, das die deutschen Interessen auf der europäischen Ebene vertritt. Ihm gehören die drei Rechenzentren an, die einen nationalen Rechner betreiben: Garching, Jülich und Stuttgart. Die Besuche hochrangiger Politiker in den letzten Monaten machen deutlich, dass das Leibniz-Rechenzentrum als aussichtsreicher Bewerber auf europäischer Ebene wahrgenommen wird. Es ist auf diese Herausforderung gut vorbereitet, auch in der Leitung: Im Herbst 2009 wird Arndt Bode (TU München) die Aufgabe des Geschäftsführenden Direktors übernehmen. Er ist der im Ausland wohl bekannteste deutsche Experte für die Architektur moderner Supercomputer und vertraut mit den Gremien, die die Entscheidungen in diesem Bereich vorbereiten. Neu im Direktorium ist Dieter Kranzlmüller, der Nachfolger Hegerings am Lehrstuhl der LMU, ein ausgewiesener Experte für Grid-Infrastrukturen, verteilte

LRZ/E. GRAF

Systeme und Visualisierung, also Gebiete, die für den Einsatz von Supercomputern über das Internet und auch für die Zusammenarbeit der Supercomputer untereinander von zentraler Bedeutung sind. Und schließlich wird Heinz-Gerd Hegering weiterhin dem Direktorium angehören; und wer ihn kennt, wird wissen, dass er auch in Zukunft seine Hände nicht in den Schoß legen wird.

Nur einige Arbeitsgebiete des Leibniz-Rechenzentrums wurden in den vergangenen Abschnitten beschrieben. Dass das LRZ Dienstleistungen wie E-Mail für 80.000 Studierende und einige tausend Wissenschaftler erbringt, sollte aber doch wenigstens erwähnt werden. Die Archivierung riesiger Datenmengen wird eine der ganz großen Herausforderungen der Zukunft sein, eine Aufgabe, die auch wissenschaftlich noch weitgehend ungelöst ist. Ein ausgeklügeltes System der Qualitätskontrolle mit *Trouble Tickets* sorgt dafür, dass Beschwerden bereits jetzt rasch bearbeitet werden. Derzeitiges Ziel von Heinz-Gerd Hegering ist es, das LRZ als eines der ersten Rechenzentren nach ISO/IEC 20000, dem Qualitätsstandard für das IT Service Management, zertifizieren zu lassen. Damit soll der Dienstleistungsgedanke noch stärker in den Köpfen und Prozessen des Hauses verankert werden.

Freizeit-Engagement: Feuerwehr und Kirchenchor

Eine naheliegende Frage soll zum Schluss noch angesprochen werden: Ist Hegering bei seinem starken beruflichen Engagement das, was man unter einem „Fachidioten“ versteht, jemand, der außer seinem Fach nichts kennt? Das können selbst Leute, die ihn nicht mögen (und die gibt es natürlich auch), kaum behaupten. Überall bekannt ist sein Engagement bei der Feuerwehr, das wahrscheinlich bei einem so harten hauptberuflichen Engagement seinesgleichen sucht: 1974 Eintritt in die Freiwillige Feuerwehr Garching, 1978 Führungsdienstgrad, 1986 Stellvertretender Kommandant, 1989 Kommandant der Freiwilligen Feuerwehr Garching und Federführender Kommandant der Stadt Garching, 1991 Kreisbrandmeister im Landkreis München. Er war Fachberater für alle Feuerwehren des Landkreises im Bereich Strahlenschutz, Gefahrstoffe, Biologische Arbeitsstoffe und Umweltschutzfragen, und er war auch ein wenig stolz darauf, als einer von ganz wenigen „Privatpersonen“ in Bayern in seinem Auto ein Blaulicht mitführen zu dürfen. Selbst in der Vorlesung war er immer für die Feuerwehr erreichbar. 2003 schied er altersbedingt aus der Feuerwehr aus, da gelten offenbar noch strengere Regeln als im Öffentlichen Dienst. Auch bei der Feuerwehr kam ihm sein Fachwissen zu Gute: So beschaffte er für die Freiwillige Feuerwehr Garching eine der ersten mikroprozessor-gesteuerten (Intel 80486) Feuerwehrleitern. Keiner seiner Kollegen hat sich das zugetraut. Mancher (bayerische wie nichtbayerische) Leser fragt vielleicht überrascht, wie es sein kann, dass ein Nichtbayer – geboren vor 65 Jahren in Recklinghausen, Studium in Münster, seitdem in Bayern ansässig – Feuerwehrkommandant in Oberbayern werden kann. Vielleicht sind die Bayern ja doch etwas weltoffener als oft gedacht, vielleicht liegt die Lösung dieses Rätsels aber auch in der Persönlichkeit Hegerings begründet. Er wurde von seinen Feuerwehr-Kameraden deshalb auch zum „Bayer ehrenhalber“ ernannt.

So hat sich Heinz-Gerd Hegering – seit 1969 verheiratet, drei Kinder und zwei Enkelkinder – in seiner zweiten Heimat gut eingelebt, wo er auch seit Jahrzehnten mit seiner Frau im Kirchenchor singt und in der Pfarrgemeinde aktiv ist. Als naher Beobachter seiner beruflichen Laufbahn über jetzt gerade vier Jahrzehnte kann ich mit einem gewissen Anspruch auf Wahrheitsgehalt sagen: Er ist als Chef nicht nur beliebt und respektiert, er ist auch, was wesentlich schwieriger ist, menschlich und gerecht. Sein großer Schülerkreis, in vielen Jahren aufgebaut, wird mir Recht geben, wenn ich ihn hier mit dem Begriff „Fan-Club“ apostrophiere. Ad multos annos!

Der Autor ist o. Professor für Informatik an der Technischen Universität München und seit dem Jahr 2000 o. Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Er ist Ständiger Sekretär der Kommission für Informatik, die das Leibniz-Rechentrum betreibt, und Mitglied von dessen Direktorium.

Der Neubau des Leibniz-Rechenzentrums in Garching, hier in einer Aufnahme von 2007; links der Rechnerwürfel, rechts Verwaltungs- und Hörsaaltrakt, im Hintergrund die Fakultäten für Mathematik und Informatik der TU München.

NACHRUF

Hans Fromm (1919–2008)

AM 25. JUNI 2008 STARB UNSER ORDENTLICHES MITGLIED HANS FROMM, EMERITIERTER PROFESSOR FÜR DEUTSCHE PHILOLOGIE UND FÜR FINNOUGRISTIK AN DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN, IN OTTOBRUNN.

VON JAN-DIRK MÜLLER

Hans Fromm wurde am 26. Mai 1919 in Berlin geboren. Von 1937 bis 1941 studierte er Germanistik, Klassische Philologie und Anglistik an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, in einer Zeit, von der er selbst später sagte, sie sei „zum kleineren Teil wirkliches Studium, in größerem Umfang (...) Tribut an die Zwänge (...), die sich aus der Zeitlage ergaben", gewesen. 1941 wurde er wissenschaftlicher Assistent an der Universität Straßburg. Seine Einberufung zum Kriegsdienst in Finnland nahm er zum Anlass, als Autodidakt Finnisch zu lernen und sich in der Folge wissenschaftlich in die finnische Sprache und Literatur einzuarbeiten.

BADW

Hans Fromm.

Prägung in Lappland

Die Erfahrung an der Front in Lappland prägte sein Leben wie seine wissenschaftliche Laufbahn. Unter kaum vorstellbaren Bedingungen arbeitete er im Feld an seiner Dissertation über das „Marienleben" des Priesters Wernher, mit der er 1946 nach Entlassung aus der Kriegsgefangenschaft in Tübingen promoviert wurde. Anschließend war er an der Bibliographischen Arbeitsstelle Tübingen beschäftigt. 1952 trat er ein Lektorat an der Universität Turku (Finnland) an. Er erwarb die finnische Staatsbürgerschaft. 1957 habilitierte er sich in München mit einer Schrift über die ältesten germanischen Lehnwörter im Finnischen; seine Venia schloss die Finnougristik ein. 1958/1959 war er in Turku Professor für deutsche Philologie. An der LMU München wurde er 1960 zunächst außerordentlicher, 1963 ordentlicher Professor für Deutsche Philologie (Sprache und Literatur des Mittelalters). Neben diesem Fach unterrichtete er in der Finnougristik.

Akademischer Lehrer und Forscher

Es begann ein Vierteljahrhundert erfolgreicher Tätigkeit als akademischer Lehrer, als Forscher, in der universitären Selbstverwaltung, Hochschulpolitik und Forschungsförderung. Hans Fromm war Gastprofessor in den USA, Japan und Finnland. Er war Mitglied verschiedener Beiräte, von 1961 bis 1968 Vorsitzender des zentralen Auswahlausschusses des DAAD und seit 1968 für 22 Jahre in unterschiedlichen Funktionen für die DFG tätig. 1987 wurde er emeritiert.

Auszeichnungen

Fromm erhielt zahlreiche akademische und außerakademische Auszeichnungen. 1971 wurde er in die Bayerische Akademie der Wissenschaften gewählt, 1991 zum korrespondierenden Mitglied der Göttinger Akademie. 1987 erhielt er den Brüder-Grimm-Preis der Philipps-Universität Marburg. 1985 wurde ihm das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse verliehen. Sein Einsatz für die kulturellen Beziehungen zwischen Deutschland und Finnland wurde durch hohe Orden der Republik Finnland, durch die Ehrendoktorwürde der Universität Turku und durch die Mitgliedschaft in der Finnischen Akademie der Wissenschaften (1979 als korrespondierendes, 1990 als ordentliches Mitglied) gewürdigt.

Engagement in der Akademie

An der Bayerischen Akademie übernahm er im Oktober 1978 den Vorsitz der 1959 gegründeten Kommission für Deutsche Literatur des Mittelalters, in die er Ende 1960 gewählt worden war. Für zwei Jahrzehnte prägte er ihre Arbeit. Auch nachdem er den Vorsitz am 23. Januar 1998 niedergelegt hatte, beteiligte er sich weiter intensiv an der Kommissionsarbeit.

Hans Fromm war außerdem Mitglied der Kommission für Mundartforschung seit 1972, der Kommission für die Herausgabe des Briefwechsels von Jacobi seit ihrer Gründung 1987, derjenigen für die Herausgabe der Schriften von

Schelling (1986–2000) und der Kommission für Neuere deutsche Literatur (1986–2003).

In Fromms Zeit als Vorsitzender der Kommission für Deutsche Literatur des Mittelalters fiel deren Überleitung ins Akademienprogramm. Seit ihren Anfängen hatte die Kommission u. a. die hoch angesehene Reihe der Münchner Texte und Untersuchungen (MTU), den Katalog der deutschen illustrierten Handschriften des Mittelalters und Untersuchungen zur Liedüberlieferung betreut. 1984 wurde der Katalog zur Überlieferung der deutschen geistlichen Spiele des Mittelalters (Rolf Bergmann) abgeschlossen und das bis dahin von der DFG unterstützte Wörterbuch zum Corpus der altdeutschen Originalurkunden von der Akademie übernommen. Dazu kam ab 1990 die ebenfalls bis dahin von der DFG unterstützte Neubearbeitung des Verfasserlexikons der deutschen Literatur des Mittelalters. Es war Fromms Initiative zu verdanken, dass die Kommissionsarbeit durch Drittmittel der DFG, der Getty-Stiftung in Los Angeles, der Alfried Krupp von Bohlen und Halbach Stiftung und der Thiemig-Stiftung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gefördert wurde. Diese Unternehmungen prägten nachhaltig das Profil der Germanistischen Mediävistik insgesamt und etablierten in München ein weltweit ausstrahlendes Zentrum des Fachs.

Herausgebertätigkeit

Hinzu kam die Herausgeberschaft von Buchreihen, Anthologien und Sammelbänden sowie vor allem die der Beiträge zur „Geschichte der deutschen Sprache und Literatur“, einer der ältesten altgermanistischen Zeitschriften (1976–1989 = Bd. 98–111, zusammen mit Peter Ganz und Marga Reis). Fromms Erfolg als akademischer Lehrer zeigte sich u. a. an zahlreichen Berufungen seiner Schüler auf Professuren.

Forschungsschwerpunkte in Philologie und Finnougristik

Seine eigenen Forschungen hatten ihren ersten Schwerpunkt in der germanistischen Mediävistik, einen zweiten in der Finnougristik. Fromm verkörperte den immer selteneren Typus des Philologen, dessen Arbeiten gleichermaßen die Sprach- wie die Literaturwissenschaft fördern. Seine Arbeitsgebiete griffen über die genannten Disziplinen hinaus auf die neuere deutsche Literatur und auf literarische Beziehungen zwischen Deutschland und Frankreich.

Noch in Tübingen erarbeitete Fromm eine sechsbändige Bibliographie deutscher Übersetzungen aus dem Französischen 1700–1948 (1950–1953; Repr. 1981). Als Editor trat er sowohl mit historisch-kritischen Ausgaben für die Fachöffentlichkeit (Priester Wernher: Maria, 2. Aufl. 1969; Konrad von Fußesbrunnen: Leben Jesu, 1977) wie mit einer wissenschaftlich verantworteten, jedoch auf ein größeres Publikum zielenden, kommentierten Leseausgabe hervor (Heinrich von Veldeke: Eneit, 1992 im Deutschen Klassiker-Verlag).

Die Themen der Aufsätze sind weit gestreut, doch lassen sich einige Interessenkerne ausmachen: kodikologische und überlieferungsgeschichtliche Fragen, das Verhältnis von Mündlichkeit und Schriftlichkeit und die in ihrem Schnittpunkt entstehenden literarischen Gattungen, schließlich die Wissenschaftsgeschichte und die theoretisch-methodischen Orientierungen des Fachs. Gegenstand sind die bedeutendsten Texte des deutschen Mittelalters, die Werke Heinrichs von Veldeke, Hartmanns von Aue, Gottfrieds von Straßburg, Wolframs von Eschenbach, der Minnesang, das Nibelungenlied. Eine Auswahl der Aufsätze erschien 1989.

Hinzu tritt die Finnougristik. Fromm setzte sich für die Einrichtung eines finnougristischen Lehrstuhls an der LMU ein. Er veröffentlichte Aufsätze zur finnischen und lappischen Sprache, trat als Übersetzer finnischer Dichtung und als Kommentator des Kalevala-Epos hervor, verfasste ein Finnisches Elementarbuch (1956) und die erste deutschsprachige finnische Grammatik (1982). Monographische Aufsätze zu Sprachkontakt oder einzelnen linguistischen Problemen stehen neben überblickshaften Arbeiten zur finnischen Literatur. Noch über das Ende seiner regulären Lehrtätigkeit hinaus engagierte Fromm sich in der finnougristischen Lehre.

Mit Hans Fromm verliert die germanistische Mediävistik einen herausragenden Gelehrten, der über den Tellerrand der eigenen Disziplin hinauszublicken in der Lage war, wurzelnd in den besten Traditionen seines Fachs, doch stets auch aufgeschlossen für Neues; die Finnougristik verliert im bedeutenden Forscher zugleich einen beredten Anwalt eines der zunehmend unter Druck geratenden „kleinen Fächer“; die Bayerische Akademie verliert einen bis ins hohe Alter unermüdlichen Förderer ihrer Projekte; wir alle einen stets anregenden, aufgeschlossenen und wohlwollenden Gesprächspartner. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Der Autor ist o. Professor für Deutsche Philologie des Mittelalters an der LMU München und o. Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Er ist Vorsitzender der Kommission für Deutsche Literatur des Mittelalters sowie Mitglied der Kommission für Neuere deutsche Literatur und der Arbeitsgruppe Akademienprogramm.

AKADEMIE INTERN

Kurz notiert

VON GISELA VON KLAUDY

RUNDE GEBURTSTAGE

95 JAHRE

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jacqueline de Romilly,
emeritierte Professorin am Collège de France,
am 26. März 2008.
Prof. Dr. **Britton Chance,**
Professor emeritus für Biophysik,
am 24. Juli 2008.

90 JAHRE

Prof. Dr. Osmo Ikola,
Professor emeritus für Finnische Sprache,
am 6. Februar 2008.
Prof. Dr. Eugen Seibold,
Professor emeritus für Geologie,
am 11. Mai 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. Walter Müller-Seidel,
Professor emeritus für Neuere Deutsche Literatur,
am 1. Juli 2008.
Prof. Dr. Frederick Sanger,
Ph. D., C. O. B. E., F. R. S., Dr. h. c. mult., ret. Head of the Division of Protein Chemistry,
am 13. August 2008.

85 JAHRE

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Reimar Lüst,
Honorar-Professor für Physik,
am 25. März 2008.
Prof. Dr. Eberhard Wecker,
Professor emeritus für Virologie, Immunologie und Hygiene,
am 4. Juni 2008.

80 JAHRE

Prof. Dr. Dr. h. c. Mario Rainer Lepsius,
Professor emeritus für Soziologie,
am 8. Mai 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Fikentscher,
Professor emeritus für Bürgerliches und Handelsrecht, Gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht sowie Privatrechtsvergleichung,
am 17. Mai 2008.
Prof. Dr. Ingo Reiffenstein,
Professor emeritus für Ältere Deutsche Sprache und Literatur,
am 6. Juni 2008.
Prof. Dr. Carl R. Woese,
Ph. D., Professor emeritus für Biologie,
am 15. Juni 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Heinrich Nöth,
Professor emeritus für Anorganische Chemie,
am 20. Juni 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hans F. Zacher,
Professor emeritus für Öffentliches Recht, insbes. Deutsches und Bayerisches Staats- und Verwaltungsrecht,
am 22. Juni 2008.

75 JAHRE

Prof. Dr. Silvio Panciera,
Professor emeritus für Lateinische Epigraphik,
am 21. März 2008.
Prof. Dr. Erich Wolfgang Streißler,
Professor für Volkswirtschaftslehre,
am 8. April 2008.
Prof. Dr. Manfred Neumann,
Professor emeritus für Volkswirtschaftslehre,
am 16. Mai 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. Joachim E. Trümper,
emeritierter Honorar-Professor für Physik,
am 27. Mai 2008.

70 JAHRE

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Donald E. Knuth,
Professor emeritus für Mathematik,
am 10. Januar 2008.
Prof. Dr. Widmar Tanner,
Professor emeritus für Zellbiologie und Pflanzenphysiologie,
am 3. Mai 2008.
Prof. Dr. Willem J. M. Levelt,
Ph. D., Professor emeritus für Experimentelle Psychologie und Psycholinguistik,
am 17. Mai 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hubert Markl,
Professor emeritus für Biologie,
am 17. August 2008.

65 JAHRE

Prof. Dr. Hendrik Birus,
Professor für Allgemeine und Vergleichende Literaturwissenschaft (Komparatistik),
am 16. April 2008.
Prof. Dr. Malcolm Burrows,
Ph. D. ScD, F. R. S., Professor emeritus für Neurobiologie,
am 28. Mai 2008.
Prof. Dr. med. FRCP Dr. h. c. Thomas Brandt,
Professor für Neurologie,
am 19. Juni 2008.
Prof. Dr. Menso Folkerts,
Professor für Geschichte der Naturwissenschaften,
am 22. Juni 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Klaus von Klitzing,
Professor für Physik,
am 28. Juni 2008.
Prof. Dr. Michael Kuhn,
Professor für Meteorologie und Geophysik,
am 8. Juli 2008.

VERSTORBEN

Prof. Dr. Earl Reece Stadtman,
Direktor i. R. des biochemischen Laboratoriums des National Heart, Lung and Blood Institute
* 15. November 1919
† 6. Januar 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hans Bock,
Professor emeritus für Anorganische Chemie,
* 5. Oktober 1925
† 21. Januar 2008.
Prof. Dr. Georg Nöbeling,
Professor emeritus für Mathematik,
* 12. November 1907
† 16. Februar 2008.
Prof. Dr. Jürgen Ehlers,
Honorarprofessor für Physik,
* 29. Dezember 1929
† 20. Mai 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. Dietrich Schneider,
Honorar-Professor für Zoologie
* 30. Juli 1919
† 10. Juni 2008.
Prof. Dr. Henry Chadwick,
Professor emeritus für Patristik,
* 23. Juni 1920
† 17. Juni 2008.
Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Fromm,
Professor emeritus für Deutsche Philologie und Finnougristik
* 26. Mai 1919
† 25. Juni 2008.

ORDEN, PREISE, EHRUNGEN

Prof. Dr. Reinhard Genzel, Honorarprofessor für Physik, Shaw-Preis für Astronomie.
Prof. Dr. Theodor W. Hänsch, Professor für Physik, Orden Pour le mérite.
Prof. Dr. Dieter Henrich, Professor emeritus für Philosophie, Dr. Leopold-Lucas-Preis der Eberhard Karls Universität Tübingen.
Prof. Dr. Franz Hofmann, Professor für Pharmakologie und Toxikologie, Bayerischer Verdienstorden.
Prof. Dr. Walter Neupert, Professor für Physiologische Chemie, Bayerischer Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst.
Prof. Dr. Reinhard Rummel, Professor für Astronomische und Physikalische Geodäsie, Bayerischer Verdienstorden.
Prof. Dr. Dr. h. c. Willibald Sauerländer, Honorar-Professor für Mittlere und Neuere Kunstgeschichte, Grand Prix de la Société française d'archéologie.
Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Werner Sinn, Professor für Nationalökonomie und Finanzwissenschaft, Präsident des ifo-Instituts, München, Bayerischer Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst.
Prof. Dr. Paul Zanker, Professor emeritus für Klassische Archäologie, Bayerischer Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst.

EHRENDOKTORWÜRDEN

Prof. Dr. Dieter Medicus, Professor für Römisches, Antikes und Bürgerliches Recht, Ehrendoktorwürde der Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg.
Prof. Dr. Gottfried Sachs, Professor für Flugmechanik und Flugregelung, Ehrendoktorwürde der Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität Budapest.

MITGLIEDSCHAFTEN

Prof. Dr. sc. e. h. August Böck, Professor für Mikrobiologie, Ehrenmitglied der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie.
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Franz Durst, Mitglied der Royal Academy of Engineering, London.

DIENSTJUBILÄUM

25 Jahre:
Susanne Hoferer, technische Angestellte am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ), am 1. April 2008.
Dipl.-Ing. Rainer Oesmann, technischer Angestellter am Leibniz-Rechenzentrum, am 1. September 2008.
Christian Reichlmeier, technischer Angestellter am Walther-Meißner-Institut (WMI), am 5. April 2008.

AUSGESCHIEDEN

Hildegard Glaser, Bibliothekarin der Akademie-Bibliothek, am 30. April 2008.
Dr. Erich Lamberz, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kommission für die Herausgabe einer 2. Serie der *Acta conciliorum oecumenicorum*, am 31. August 2008.
Dr. Sybille Ohly, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Wörterbuch der mittelhochdeutschen Urkundensprache (WMU) der Kommission für Deutsche Literatur des Mittelalters, am 31. August 2008.

NEUE MITARBEITERINNEN UND MITARBEITER

Dr. Eva Hofstetter-Dolega, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Kommission für das Corpus Vasorum Antiquorum, am 1. Mai 2008.
Dr. Wolfgang Janka, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kommission für bayerische Landesgeschichte, am 1. Juni 2008.
Mandy Lindemann, Regierungsinspektorin z. A. in der Akademie-Verwaltung, am 1. Juni 2008.
Anita Löchner, Verwaltungsangestellte im LRZ, am 1. Juli 2008.
Eva Mikoteit-Olsen, Syndika in der Akademie-Verwaltung, am 1. April 2008.
Christina Pontikis, Angestellte in der Akademie-Verwaltung, am 15. Mai 2008.
Dr. Andrea Schamberger-Hirt, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Kommission für Mundartforschung, am 1. Juni 2008.
Karin Schwenke, Bibliothekarin der Akademie-Bibliothek, am 1. Mai 2008.

ZUWAHLEN IN DEN KOMMISSIONEN

Prof. Dr. Ingrid Kögel-Knaber und **Prof. Dr. Reinhard Mosandl,** Kommission für Ökologie.
Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller, Kommission für Informatik und Mitglied im Direktorium des LRZ.
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Wunderlich, Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung.

WEITERE PERSONALIA

Prof. Dr. Michaela Konrad, Kommission zur vergleichenden Archäologie römischer Alpen- und Donauländer, Professur für Archäologie der römischen Provinzen in Bamberg.
Prof. Dr. Stefan Schmidt, Kommission für das Corpus Vasorum Antiquorum, apl. Professor.
Prof. Dr. Paul Ziche, Kommission für die Herausgabe der Schriften von Schelling, Professur für Neuere Philosophie in Utrecht.

BADW

Am 8. Juli 2008 erhielt Herzog Franz von Bayern (links), Ehrenmitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, von Lothar Gall die Ehrenmedaille der Historischen Kommission. Mit der erstmals 2008 verliehenen Medaille (Entwurf: Hubertus von Pilgrim) würdigt die Kommission besondere Verdienste um die Einrichtung. Beim Festakt zum 150-jährigen Jubiläum der Historischen Kommission am 30. Mai 2008 war bereits Staatsminister a. D. Dr. h. c. mult. Hans Zehetmair ausgezeichnet worden.

JUBILÄUM

Kosmos der Gelehrsamkeit

EIN SYMPOSION UNTERSUCHTE VIELFÄLTIGE ASPEKTE DER GRÜNDUNGS-GESCHICHTE DER BAYERISCHEN STAATSBIBLIOTHEK, DEREN GRUNDSTOCK 1558 MIT DEM ANKAUF DER SAMMLUNG WIDMANSTETTER GELEGT WURDE.

VON CLAUDIA SCHWAAB

Die Bayerische Staatsbibliothek – eine der wichtigsten wissenschaftlich-kulturellen Einrichtungen des Freistaats Bayern und mit mehr als 9 Millionen Bänden eine der größten Bibliotheken weltweit – begeht in diesem Jahr ihr 450-jähriges Gründungsjubiläum. Im Rahmen der zahlreichen Veranstaltungen zu diesem Anlass – darunter eine glanzvolle, „Kulturkosmos der Renaissance" betitelte Ausstellung über die frühen Bestände – führte die Kommission für bayerische Landesgeschichte zusammen mit der Bayerischen Staatsbibliothek (BSB) und dem Institut für Bayerische Geschichte an der LMU München am 18. April 2008 ein wissenschaftliches Symposion durch: Führende Experten der Humanismusforschung stellten Aspekte der Gründungsgeschichte der Hofbibliothek in einem größeren Kontext vor.

Bibliotheken im Späthumanismus: Autorität und Repräsentation

Den Reigen der Vorträge im vollbesetzten Friedrich-von-Gärtner-Saal der BSB eröffnete Gerrit Walther mit seinen Erörterungen über „Konfession und ‚sprezzatura'. Aspekte des europäischen Späthumanismus." Er steckte den geistesgeschichtlichen Rahmen des Symposions ab und erläuterte jene Ideen, Ideale und Tendenzen von Kultur und Bildung, vor deren Hintergrund die Einrichtung von Bibliotheken erfolgen konnte. Als maßgeblich wirkende Kräfte und Tendenzen erkennt Walther zum einen die Glaubensspaltung, zum anderen die kulturelle Vision des Humanismus. Die durch die Reformation bedingte Spaltung in zwei Lager nötigte die Fürsten zur Machtdemonstration nach innen. Der Aufbau einer Bibliothek, in der alles Wissen der Zeit angesammelt ist, sollte gleichsam als geistige Waffe dienen und verstanden werden als Demonstration der gelehrten Autorität der Obrigkeit. Daneben stand der Aspekt der Repräsentation: Gerade Fürsten kleinerer und mittlerer Höfe wollten mit dem Aufbau von Kunstsammlungen und Bibliotheken Machtpositionen zur Schau stellen, die sie oft mehr anstrebten denn wirklich besaßen. Herzog Albrecht V. von Bayern, erklärter Beschützer katholischer Tradition und Förderer von Kunst und Wissenschaft, beanspruchte Gleichrangigkeit mit der europäischen Fürstenelite und erscheint Walther geradezu als Paradebeispiel derart „vorgreifender Machtentfaltung".

Ihres Erwartungshorizontes wegen besaßen die herzoglichen kulturellen Aktivitäten auch eine entschieden politische Dimension. Mit dem Aufbau eines wahren Kulturkosmos am Münchener Hof, mit eigens für seine Kunst- und Büchersammlung errichteten Renaissancebauten, bediente sich der Herzog eines humanistischen Bildungskonzepts. Dessen Wurzeln liegen in kleinen intimen Zirkeln in Italien, abseits der größeren universitären Bildungszentren. Von dort nahm der Humanismus seinen Weg in die Länder nördlich der Alpen, wo seine kulturelle Vision – die Neuschöpfung antiken Lebensstils aus dem Geist der Moderne – Wirklichkeit zu werden versprach. Hier wurden mit Unterstützung ambitionierter Herrscher und in einem Klima des Aufschwungs und der Euphorie kulturelle Großprojekte verwirklicht, wogegen sich in Italien aufgrund politischer Entwicklungen (man denke an den *sacco di Roma* 1527!) bereits Skepsis und Resignation breitgemacht hatten. Über die engmaschigen humanistischen Netzwerke fanden die Bildungskonzepte des Humanismus Eingang gleichermaßen in die Universitäten und die Höfe Mitteleuropas. Die Bildungsbewegung des Humanismus wirkte so gleichsam als Brücke zwischen den Konfessionen – Konfession und Humanismus dürfen eben nicht als Gegensätze empfunden werden.

Humanismus in Bayern

Alois Schmid richtete den Fokus auf das Herzogtum Bayern. Sein Vortrag „Humanismus in Bayern" stand unter der Leitfrage: Sind die Erscheinungsformen des europäischen Humanismus hier wirklich nachzuweisen? In Beantwortung dieser Frage konnte Schmid festhalten, dass das bayerische Herzogtum zwar nicht zu den besonders tief von der Renaissancekultur geprägten Regionen gehörte, aber zweifelsohne dennoch vom Humanismus erfasst wurde. Dieser kann in Bayern in drei Abschnitte gegliedert werden. Da war zunächst der Frühhumanismus, der im Wesentlichen ein Klosterhumanismus war, getragen von Äbten und Mönchen der traditionsreichen

Herzog Albrecht V. von Bayern und seine Gemahlin Anna von Österreich beim Schachspiel, umgeben von Hofräten und Hofdamen; im Vordergrund zwei Schoßhündchen. Der Rahmen in Renaissance-Dekor ist bekrönt mit der Halbfigur Gottvaters. Das Kleinodienbuch des Hans Mielich entstand in den Jahren 1552–1555 und ist 1598 im Inventar der Herzoglichen Kunstkammer aufgeführt. 1843 schenkte Ludwig I. das Schmuckbüchlein der Hof- und Staatsbibliothek München, vermutlich zur Eröffnung des Bibliotheksneubaues an der Ludwigstraße.

bayerischen Klöster. Die 1472 gegründete Landesuniversität zu Ingolstadt und auch die landesherrlichen Höfe zu München und Landshut lösten die Klöster als Träger humanistischen Gedankenguts bald ab. Die Spätphase des Humanismus steht in engem Konnex mit den Auswirklungen der Reformation, die eine konfessionelle Engführung und verstärkte landesherrliche Reglementierungen im Kulturbetrieb zur Folge hatten. Diese veränderten Weichenstellungen wirkten sich insbesondere im Schulbereich und auf dem entstehenden Buchmarkt aus. Entsprechendes gilt für die höfischen Kabinette, die Wurzeln

KHM WIEN, MK 14950 BB

Vorder- und Rückseite einer Medaille auf den Gelehrten Johann Albrecht Widmanstetter (1506–1557). Mit dem Ankauf seiner Privatbibliothek im Jahr 1558 legte Herzog Albrecht V. den Grundstock für die Münchner Hofbibliothek, die heutige Bayerische Staatsbibliothek.

und Keimzellen mehrerer Staatssammlungen. Auf beiden Sektoren wurden Einrichtungen aufgebaut – darunter auch die Hofbibliothek Albrechts V. –, die den Anregungen des bayerischen Humanismus Dauer verschafften und zu seiner Ausstrahlung auf andere Länder Europas verhalfen.

Überflüssiger Luxus oder Reputation?

Maximilian Lanzinner („Das Ringen um den Münchener Renaissancehof unter Herzog Albrecht V. [1550–1579]. Repräsentation im Wandel politischer Kultur“) bettet die Gründung der Hofbibliothek ein in die Entstehung des Renaissancehofs, der einen grundlegenden Wandel der politischen Kultur bedeutete. Dabei untersucht er insbesondere, inwieweit Räte und Landstände, die durch ihre Steuerbewilligungen auf den Landtagen die Ausgaben des Landesherrn mitzutragen hatten, die landesherrliche Kunst- und Kulturpolitik akzeptierten. Die herzoglichen Kammereinkünfte von rund 140.000 Gulden jährlich reichten bei weitem nicht aus – der Herzog gab rund das Doppelte für Kunstsammlungen, Bauten und den stark anwachsenden Hofstaat aus, allein die Kosten für die Hofhaltung verdreifachten sich bis 1571 binnen 15 Jahren. Die Differenz forderte der Herzog von den Landständen über Steuern ein. Lanzinner legt dar, dass die Räte der alten Generation wie die Vertreter der Landstände Gegner der herzoglichen Ambitionen waren und den im Aufbau begriffenen Renaissancehof als überflüssigen Luxus und Verschwendung empfanden. Hintergrund dieser Haltung war die im spätmittelalterlichen Denken wurzelnde Staatsauffassung vom patriarchalischen Lehensystem: Der Fürst – seinem moralischen Gewissen verpflichtet – habe dafür zu sorgen, dass seine Untertanen nicht über Gebühr beansprucht würden. Dem diametral entgegen stand das Staatsverständnis des Fürsten der frühen Neuzeit, dem die *reputatio* und die Repräsentation seines Hofes nach außen oberste Anliegen waren. Die kostenaufwändige Pflege von Kunst und Wissenschaften war neben der Unterhaltung eines großen Hofstaates mit seinen kostspieligen Hoffesten elementarer Bestandteil, wenn nicht oberstes Anliegen und Spezifikum des Renaissancehofes.

Erst ein Generationenwechsel in den Reihen der Räte förderte die Akzeptanz des Renaissancehofes: Die neuen Räte – oft dem Bürgertum entstammend – waren humanistisch gebildet und kunstsinnig –, z. T. traten sie selbst als Autoren hervor –, dabei als Juristen geschult am römischen Recht, und brachten ihr gelehrtes Wissen über Verwaltung und Recht an den Wittelsbachischen Hof. So nimmt es nicht Wunder, dass – nicht nur in München – die Förderung von Kunst und Wissenschaften nahezu zeitgleich einherging mit Reformen in Recht und Verwaltung: Fast alle Zentralbehörden erhielten neue Ordnungen und wurden somit formell begründet (Hofrat, Hofkammer, Geistlicher Rat 1550–1570, Hofkriegsrat 1583); die Aufgaben der Hofämter wurden in Ordnungen geregelt, Hofstäbe gebildet. Seit 1550 erfassen jährliche Hofzahlamtsbücher systematisch alle Ausgaben des Hofes.

Gründung der Hofbibliothek: die Sammlung Widmanstetter

Nach einem vergleichenden Blick auf die Gründung der habsburgischen Hofbibliothek durch den Wiener Historiker Alfred Kohler beleuchtete Helmut Zedelmaier die konkreten Vorgänge bei der Gründung der Münchner Hofbibliothek sowie die Motive des Landesherrn („Staatsräson und Repräsentation. Die Gründung der Münchener Hofbibliothek“).

Den Grundstock der Hofbibliothek legte 1558 der Ankauf der rund 1000 bis 1500 Bände umfassenden Sammlung des humanistischen Gelehrten und Rats Johann Albrecht Widmanstetter. Das Geschäft über 1000 Gulden verlief nicht ganz gradlinig: Zwar hatte der Herzog in seinem Bestreben, es den großen kunstsinnigen Höfen gleichzutun, Interesse an der Sammlung Widmanstetters bekundet, doch seine Begeisterung kühlte sich sofort ab, als er hörte, dass es sich um keine geordnete Sammlung, sondern lediglich um einen „ungeordneten Bücherhaufen“ handelte. Ausschlaggebend für die Kaufentscheidung waren schließlich das Votum und die Gutachten von drei als kulturelle Berater fungierenden Personen seines Umfeldes: Reichsvizekanzler Georg Sigismund Seld, der kaiserliche Rat und spätere Reichsvizekanzler Johann Ulrich Zasius sowie vor allem Johann Jakob Fugger.

Der herzogliche Ankauf war von drei Überlegungen geleitet:
1. der Konkurrenzsituation zum habsburgischen Nachbarn, zu Erzherzog Maximilian, der ebenfalls eine Hofbibliothek aufbaute,
2. der Verquickung mit dem konfessionellen Aspekt: Bücherwissen als geistige Waffe gegen reformatorische Kräfte sowie

3. der Vorstellung von Büchern als Repräsentationsinstrumenten – wobei freilich weniger der Inhalt der einzelnen Werke wichtig erschien, sondern ein eindrucksvoller Bestand in seiner Gesamtheit.

Im zweiten Teil seiner Ausführungen erläuterte Zedelmaier Unterbringung und Aufbewahrung, Aufstellung sowie Katalogisierung des frühen herzoglichen Bücherbestandes. Letztere war zunächst nicht so sehr als Suchinstrument von Bedeutung, sondern vielmehr im Sinne von Samuel Quicchelberg, dem Vordenker und Theoretiker des Bibliothekwesens, als Abbildung eines Kosmos an Gelehrsamkeit.

Herausragende Bedeutung Johann Jakob Fuggers

Der Vortrag von Wolfgang E. J. Weber „Das Vermächtnis des Wassermanns. Johann Jakob Fugger und die Münchner Hofbibliothek" fokussierte die Rolle des Augsburger Handelsherrn, Politikers, Bankiers und gelehrten Kunstsammlers Johann Jakob Fugger (1516–1575) für die „Kulturpolitik" des bayerischen Herzogshofes. Der alkoholabstinente, deshalb „Wassermann" genannte Augsburger leistete, so Weber, einen gar nicht hoch genug zu veranschlagenden Beitrag zur Entwicklung des Münchner Hofes zum europäischen Kulturzentrum im Allgemeinen und zum Auf- und Ausbau der Hofbibliothek im Besonderen. Lange Zeit – bereits seit den 1550er Jahren – war Fugger Intimus des Herzogs, den er sogar duzte, war sein engster Ratgeber in Fragen der Kulturpolitik, dem Herzog behilflich bei Beschaffung und Aufbewahrung von Kunstgegenständen jeglicher Art und Ratgeber bei der Planung und Ausführung architektonischer Großprojekte wie der Errichtung der ersten Renaissancebauten Münchens, Marstall (seit 1563) und Antiquarium (seit 1570/71). Kurzum: Fugger war dem Herzog in einer Person Ideengeber, Vordenker, Materiallieferant und Personalvermittler. Zugutekamen ihm die vielfältigen Kontakte und Netzwerke seiner Familie und die mit dem internationalen Handel zusammenhängenden speziellen Möglichkeiten zum Ankauf von Büchern, Antiken und sonstigen Preziosen. Nach seinem wirtschaftlichen Bankrott 1563 – verursacht durch strukturelle Gründe – zog der Herzog Fugger ganz an seinen Hof, wo er verschiedene Ämter bekleidete, u. a. ab 1570 als Hof- und Kammerrat und ab 1573 sogar als Hofkammerpräsident, also oberster Leiter der Finanzbehörde.

Fugger machte sich auf vierfache Weise um die Hofbibliothek verdient:
– durch den 1571 erfolgten Verkauf der eigenen, seit 1552 auch die bedeutende Bücher- und Handschriftensammlung des Hartmann Schedel enthaltende Bibliothek an Herzog Albrecht, die rund 10.000 Bände, darunter ca. 900 Handschriften, umfasste; hierbei handelte es sich um den größten Teilbestand der Hofbibliothek in ihrer Gründungsphase;
– durch kompetente, auf jahrelanger Erfahrung basierende Hilfestellung bei der Positionierung der Bibliothek im Rahmen der fürstlichen Sammlungspolitik sowie bei der praktischen Bibliotheksaufstellung;
– durch Vermittlerdienste bei der Anwerbung von Experten und praktischen Helfern, darunter Samuel Quicchelberg und Bibliothekar Wolfgang Prommer;
– durch Indienststellung des eigenen reichen Netzwerkes an persönlichen Kontakten und Beziehungen bei der Bestandserweiterung.

Ankauf der Schedelschen Bibliothek

Der letzte Vortrag befasste sich mit der Schedelschen Bibliothek, dem zweiten Grundstock der Hofbibliothek. Franz Fuchs skizziert die Biographie des humanistisch gebildeten, bibliophagen Arztes Hartmann Schedel (1440–1514), der eine umfangreiche Bibliothek – dabei wohl die vielfältigen Kontakte zu Patienten nutzend – zusammentrug und sie testamentarisch seinem Neffen vermachte mit der Auflage, die Bestände nicht auseinanderzureißen. Die Schedelsche Sammlung mit ihren vielen humanistischen, historischen, medizinischen und theologischen Handschriften und Frühdrucken besticht durch ihr erstaunliches Spektrum, das sie „zu einer nahezu unerschöpflichen Quelle für die verschiedenen Teildisziplinen der Mediävistik und Renaissanceforschung" macht, wie Fuchs bilanziert.
Mit einer fundierten Einführung in die Ausstellung „Kulturkosmos der Renaissance" durch Beatrice Hernad endete das Symposion.

Alle Beiträge werden von der Kommission für bayerische Landesgeschichte in einem Band der Beihefte zur Schriftenreihe herausgegeben.

Die Autorin ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Kommission für bayerische Landesgeschichte bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

JUBILÄUMSAUFTAKT

Zwischen Aufklärung und Gegenwart: 250 Jahre BAdW

MIT DER WINTERVORTRAGSREIHE 2008/2009 LÄUTET DIE BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IHR 250-JÄHRIGES JUBILÄUM IM KOMMENDEN JAHR EIN.

Vorträge

Dienstag, 18.11.2008
Der Akademiegedanke im Zeitalter der Aufklärung
Horst Möller,
Direktor des Instituts für Zeitgeschichte

Dienstag, 25.11.2008
Aufbruch in die Welt des Wissens. Gründung und Entwicklung der Akademie in ihren ersten hundert Jahren
Dietmar Willoweit,
Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Dienstag, 13.1.2009
Die Bayerische Akademie der Wissenschaften zwischen liberaler Ära und Deutschem Reich
Gerhard A. Ritter,
em. o. Prof der LMU München

Dienstag, 27.1.2009
Die Bayerische Akademie der Wissenschaften im „Dritten Reich"
Monika Stoermer,
ehem. Syndika der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Alle Vorträge beginnen jeweils um 18.00 Uhr im Plenarsaal der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Alfons-Goppel-Str. 11, 80539 München (in der Residenz).

VON ELLEN LATZIN

In der Geschichte der Akademie spiegelt sich wie in einem Prisma die Geschichte der modernen Wissenschaft. Gegründet 1759 in der Aufbruchstimmung der Aufklärung, entwickelte sie sich rasch zu einem Forum kritischen Denkens, das in Natur und Geschichte nach „echten Gründen" fragte. So entstand im Laufe des 19. Jahrhunderts allmählich jener systematische Zugriff auf die Grundlagen unserer Erkenntnismöglichkeiten, der die Wissenschaft über alle Krisen des 20. Jahrhunderts hinweg bis heute auszeichnet. Die Wintervortragsreihe 2008/2009, „Zwischen Aufklärung und Gegenwart: 250 Jahre Bayerische Akademie der Wissenschaften", die in Kooperation mit der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften stattfindet, nimmt Stationen dieses Prozesses genauer unter die Lupe.

Die Ausbreitung der Aufklärung im 18. Jahrhundert förderte das Bedürfnis nach Kommunikation. In geselligen Institutionen – Lesegesellschaften, Freimaurerorden, Geheimgesellschaften und anderen Assoziationen – parlierte, disputierte und informierte sich die neu entstehende gelehrte Öffentlichkeit. Der Akademiegedanke ist älter als die Aufklärung, doch sind viele Akademien Kinder der Aufklärung. War die Deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, als erste Akademie auf deutschem Boden (1652) noch fachlich begrenzt, so hatten die Gründungen des 18. Jahrhunderts einen universalen Anspruch. In der „Akademiebewegung" fand die Wissenschaftsidee der Aufklärung ihre charakteristische institutionelle Ausprägung. Gleichzeitig beanspruchte der Staat nun eine wissenschaftliche Bildungsanstalt, um Forschungserkenntnisse für staatliches Handeln zu nutzen. Zum Auftakt der Reihe stellt **Horst Möller** Aspekte dieser Ideenwelt des 17. und 18. Jahrhunderts vor.

Mehrere Ursachen haben zur Gründung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften beigetragen: Sie ist einerseits ohne die europäische Akademiebewegung nicht denkbar, verdankt andererseits ihre Entstehung aber der Initiative des bayerischen Juristen Johann Georg Lori, der seinerseits von der aufgeklärten Naturrechtsphilosophie Christian Wolffs fasziniert war und die auf alte Autoritäten gestützte Schulphilosophie der Jesuiten zu überwinden trachtete. Es galt nun, so **Dietmar Willoweit**, ausgehend von empirischen Tatsachen neue Wege der Erkenntnis zu beschreiten. Dazu hat die Akademie in den ersten hundert Jahren ihres Bestehens trotz mancher Probleme wesentlich beigetragen.

Gerhard A. Ritter erläutert, wie die Wissenschaftspolitik Maximilians II. darauf zielte, Bayern zu einem Zentrum der Wissenschaft und Kunst in Deutschland zu machen und damit auch die Wirtschaft und Wohlfahrt seines Landes zu fördern. Die institutionelle Entwicklung der Akademie schritt in dieser Zeit voran, etwa durch die Gründung von Kommissionen für die Forschungsvorhaben, die Mitwirkung der Akademie im Kartell der deutschen Akademien der Wissenschaften und bei der Bildung der Internationalen Assoziation der Akademien um die Jahrhundertwende. Zur Sprache kommen ferner die wissenschaftlichen Leistungen von mit der Akademie eng verbundenen Wissenschaftlern wie Justus von Liebig oder Max von Pettenkofer, aber auch der Prinzessin Therese von Bayern, die aufgrund ihrer wissenschaftlichen Verdienste als Gelehrte und Forschungsreisende 1892 zum ersten weiblichen Ehrenmitglied gewählt wurde.

Wie die Machthaber des „Dritten Reiches" versuchten, Einfluss auf die Akademie zu nehmen, zeigt **Monika Stoermer**: Sie setzten mit dem Historiker Karl Alexander von Müller einen Präsidenten ein, der das „Führerprinzip" durchsetzen sollte, ordneten Änderungen von Satzung und Geschäftsordnung an und machten die Mitgliedschaft von staatlicher Bestätigung abhängig. Als es ihnen nicht gelang, die Zuwahlen der Akademie zu beeinflussen, setzten sie die Aufnahme von sechs der NSDAP angehörenden Mitgliedern durch, die nationalsozialistisches Gedankengut verbreiten und für Zuwahlen im Sinne des Regimes sorgen sollten. Schließlich gingen sie massiv gegen nicht arische Mitglieder und Mitarbeiter vor.

VORSCHAU

Oktober bis Dezember 2008

Montag, 13.10.2008
Ökologische Rolle der Flechten
Rundgespräch der Kommission für Ökologie.
Sitzungssaal der Phil.-hist. Klasse
9.00–18.00 Uhr
Schriftliche Anmeldung erforderlich unter www.oekologie.badw.de

Samstag, 18.10.2008 bis Dienstag, 21.10.2008
Münchner Wissenschaftstage „Mathematik – mitten im Leben"
Mit Beteiligung des Leibniz-Rechenzentrums, des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts und der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung.
LMU München
täglich ab 10.00 Uhr

Samstag, 18.10.2008
Tag der offenen Tür im LRZ
Führungen durch das Leibniz-Rechenzentrum, Besichtigung des Rechnerwürfels mit nationalem Höchstleistungsrechner u. v. m.
Leibniz-Rechenzentrum der BAdW
Boltzmannstr. 1
Forschungscampus Garching
11.00–18.00 Uhr

Sonntag, 19.10.2008
Zum Stand der Mathematik im 18. Jahrhundert – Entwicklung und Bedeutung der Infinitesimalrechnung
Vortrag von Roland Z. Bulirsch (TU München), Sekretar der Math.-nat. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
Münchner Wissenschaftstage
LMU München, Große Aula
19.00 Uhr

Dienstag, 21.10.2008
Virtuelle Realität im Cockpit zur Verbesserung der Flugführung
Vortrag von Gottfried Sachs (TU München),
Sekretar der Math.-nat. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
Münchner Wissenschaftstage
LMU München, Große Aula
13.15 Uhr

Mittwoch, 22.10.2008
Johann Albrecht von Widmanstetter (1506–1557) – Gelehrter, Büchersammler, Diplomat
Vortrag von Hartmut Bobzin (Universität Erlangen)
Eine Kooperation von Bayerischer Staatsbibliothek und Bayerischer Akademie der Wissenschaften zum 450-jährigen Bestehen der BSB.
Plenarsaal
18.00 Uhr

Montag, 27.10.2008
Von Heroen und Epigonen. Zur Geschichte der Altertumswissenschaften im 19. und 20. Jahrhundert
Vortrag von Stefan Rebenich (Universität Bern).
Plenarsaal
18.00 Uhr

Montag, 10.11.2008
Die kleine Welt der städtischen Politik und das große Imperium. Überlegungen zu Krise und Untergang der römischen Republik.
Vortrag von Martin Jehne (TU Dresden) zur Eröffnung des Stipendienjahres 2008/2009 des Historischen Kollegs.
Plenarsaal
19.00 Uhr

Dienstag, 18.11.2008
Der Akademiegedanke im Zeitalter der Aufklärung
Vortrag von Horst Möller, Direktor des Instituts für Zeitgeschichte
Vortragsreihe „Zwischen Aufklärung und Gegenwart: 250 Jahre Bayerische Akademie der Wissenschaften" zum Jubiläumsauftakt 2009, in Kooperation mit der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
Plenarsaal
18.00 Uhr

Dienstag, 25.11.2008
Aufbruch in die Welt des Wissens. Gründung und Entwicklung der Akademie in ihren ersten hundert Jahren
Vortrag von Dietmar Willoweit, Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften;
Vortragsreihe „Zwischen Aufklärung und Gegenwart: 250 Jahre Bayerische Akademie der Wissenschaften" zum Jubiläumsauftakt 2009, in Kooperation mit der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
Plenarsaal
18.00 Uhr

Samstag, 6.12.2008
Feierliche Jahressitzung „Triumph der geistigen Organisation". Raum, Zahl und Maß in Kunst und Literatur
Festvortrag von Roland Z. Bulirsch (TU München), Sekretar der Math.-nat. Klasse.
Herkulessaal der Münchner Residenz
10.00 Uhr
Einladung erforderlich

Hinweis

Bitte beachten Sie auch unsere aktuellen Ankündigungen im Internet unter www.badw.de/aktuell/termine.html. Dort finden Sie Informationen zu Tagungsprogrammen, Anmeldefristen u. a.

ÜBERBLICK

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften

BADW/CH. SCHWARZ

Blick von Süden auf den Sitz der Bayerischen Akademie der Wissenschaften im Nordostflügel der Münchner Residenz. Im Vordergrund der Kronprinz-Rupprecht-Brunnen nach einem Entwurf von Bernhard Bleeker.

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften, gegründet 1759 von Kurfürst Max III. Joseph, ist eine der größten und ältesten Wissenschaftsakademien in Deutschland. Sie ist zugleich Gelehrtengesellschaft und Forschungseinrichtung von internationalem Rang.

Gelehrtengesellschaft

Die ordentlichen und korrespondierenden Mitglieder bilden die gelehrte Gesellschaft der Akademie, bestehend aus der Philosophisch-historischen und der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse. Satzungsgemäß müssen sie „durch ihre Forschungen zu einer wesentlichen Erweiterung des Wissensbestandes ihres Faches beigetragen haben". Die Akademie besitzt das Selbstergänzungsrecht, d. h. Mitglied kann nur werden, wer auf Vorschlag von Akademiemitgliedern ohne äußeres Zutun ausschließlich nach seinem wissenschaftlichen Ansehen gewählt wird. Die ordentlichen Mitglieder haben ihren Wohnsitz innerhalb des Freistaats Bayern. Sie allein sind stimmberechtigt und zur Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Akademie verpflichtet. Derzeit hat die Bayerische Akademie der Wissenschaften 164 ordentliche, 160 korrespondierende (d. h. auswärtige) sowie ein Ehrenmitglied.

Forschungseinrichtung

In 39 Kommissionen und zwei Arbeitsgruppen mit rund 330 Mitarbeitern betreibt die Akademie Grundlagenforschung in den Geistes- und Naturwissenschaften. Der Schwerpunkt liegt auf langfristigen Vorhaben, die die Basis für weiterführende Forschungen liefern und die kulturelle Überlieferung sichern, darunter kritische Editionen, wissenschaftliche Wörterbücher sowie exakt erhobene Messreihen. Sie ist ferner Trägerin des Leibniz-Rechenzentrums, eines der größten Supercomputing-Zentren Deutschlands, und des Walther-Meißner-Instituts für Tieftemperaturforschung. Diese beiden Einrichtungen befinden sich auf dem Forschungscampus in Garching bei München. Die Akademie ist seit 1959 im Nordostflügel der Münchner Residenz beheimatet.

Ihren 250. Geburtstag im Jahr 2009 wird die Akademie mit einem vielseitigen Programm begehen, darunter ein großes Ausstellungsprojekt, öffentliche Vorträge und ein Tag der offenen Tür. Informationen dazu finden Sie ab Oktober 2008 im Internet unter www.badw.de

Sie interessieren sich für die öffentlichen Veranstaltungen des Hauses? Sie wollen die Zeitschrift „Akademie Aktuell" regelmäßig erhalten, um sich über laufende Aktivitäten, Neuerscheinungen oder Forschungsergebnisse zu informieren? Gerne nehmen wir Sie in unseren Verteiler auf. Sie erreichen die Pressestelle der Akademie unter 089/23031-1141 oder per E-Mail an presse@badw.de

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

PROF. DR. JUR. DIETMAR WILLOWEIT
PRÄSIDENT DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

CHEFREDAKTION

DR. ELLEN LATZIN,
PRESSEREFERENTIN DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ART DIRECTION

TAUSENDBLAUWERK,
MICHAEL BERWANGER
INFO@TAUSENDBLAUWERK.DE

REDAKTIONSANSCHRIFT

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
PRESSESTELLE
ALFONS-GOPPEL-STRASSE 11
80539 MÜNCHEN
TEL. 089-23031-1141
FAX 089-23031-1285
PRESSE@BADW.DE

AUTOREN DIESER AUSGABE

PROF. DR. MARC-AEILKO ARIS
DR. MICHAEL BERNHARD
PROF. DR. ROLAND Z. BULIRSCH
PROF. DR. HANS-JOACHIM BUNGARTZ
SABINE ECKLIN LIC. PHIL.
GISELA VON KLAUDY
DR. ELLEN LATZIN
PROF. DR. JAN-DIRK MÜLLER
PROF. DR. FRIEDRICH PUKELSHEIM
DR.-ING. HABIL. MICHAEL SCHMIDT
DR. CLAUDIA SCHWAAB
PROF. DR. WULF SEGEBRECHT
PROF. DR. FLORIAN SEITZ
DR. MARKUS WEBER
PROF. DR. CHRISTOPH ZENGER
PROF. DR. PAUL ZICHE
DR. ARMIN ZWEITE

VERLAG

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ALFONS-GOPPEL-STRASSE 11
80539 MÜNCHEN

ISSN: 1436-753X

ANZEIGEN

PREISE AUF ANFRAGE IM PRESSEREFERAT DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

GESAMTHERSTELLUNG

LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION
ALEXANDRASTRASSE 4
80538 MÜNCHEN

REDAKTIONSSCHLUSS DIESER AUSGABE

31. JULI 2008