

Symposium 26. - 27. Juni 2009  
Mathematik - die verborgene Struktur unserer Welt?  
- Abstracts zu den Vorträgen -

## 1. SEKTION: STRUKTUREN DER WAHRNEHMUNG

Prof. Dr. Albrecht Beutelspacher, Mathematikum Gießen

„Muster sehen und Strukturen denken“

Wir können die Welt nur erkennen, indem wir sie durch Muster wahrnehmen. Explizit wahrnehmbare Muster sind zum Beispiel Parkette. Man kann entweder von einem lokalen Standpunkt ausgehen, etwa von einem Parkettstein, und dann zu verstehen versuchen, wie aus diesem ein unendliches Muster entsteht. Oder man kann eine globale Anforderung, etwa einer Überdeckung der gesamten Ebene als Ausgangspunkt nehmen und studieren, mit welchen Methoden man diese Anforderung erfüllen kann.

Prof. Dr. Martin Aigner, FU Berlin

„Schönheit und Wahrheit in der Mathematik“

Wir wollen ein wenig über Mathematik nachsinnen und uns Fragen zur Ästhetik und Philosophie vorlegen: Was ist eine schöne Formel? Was ist der Status der mathematischen Wahrheit? Und wie sehr diese beiden Gesichtspunkte einander in der mathematischen Kreativität bedingen - mit Beispielen von Aristoteles bis Gödel.

Prof. Dietmar Guderian, PH Freiburg

„Geheime Muster und Strukturen in der Kunst der Gegenwart“

Auf den großen Schauplätzen der Kunst der Gegenwart, der Documenta in Kassel, der gegenwärtigen Biennale in Venedig, der Kunstmesse ART 2009 in Basel ließen sich in vielen Kunstwerken Gesetzmäßigkeiten erkennen, die auch in der Mathematik eine Rolle spielen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Zusammenwirken von Mathematik und Kunst früher und heute besteht darin, dass die Mathematik nicht mehr ausschließlich nur Werkzeuge zur Realisierung von Kunstwerken bereitstellt (Proportionen, Fibonacci-Zahlen, perspektivische Abbildung, Goldener Schnitt ...), sondern in der Kunst der Gegenwart kann ein mathematischer Inhalt allein bereits ein Kunstwerk darstellen (Fraktale, Topologie, deterministisches Chaos, gezielt eingesetzter Zufall ...). Vor allem Beispiele für direktes, dem Betrachter nicht spontan erkennbares Aufeinanderwirken von Kunst und Mathematik sind Inhalt des Vortrags: Gemeinschaftsarbeiten von Künstlern und Wissenschaftlern, Visualisierung neuerer mathematischer Erkenntnisse wissenschaftlicher Forschung, aktuell diskutierte Kunstwerke von G. Richter im Kölner Dom und Gurskys Monumentalfotos.

Dr. Renate Puchta, Vierstein-Verlag, Schlehdorf

„Mathe-machen“

Welche mathematischen Grundfähigkeiten waren für das Überleben der Art Homo sapiens eigentlich wichtig? Solche Fähigkeiten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit angeboren und deshalb auch bei kleinen Kindern schon vorhanden. Interessanterweise verläuft die historische Entwicklung der mathematischen Fähigkeiten in der Menschheitsgeschichte in ähnlichen Schritten wie die kleiner Kinder.

Die angeborenen mathematischen Grundfähigkeiten sind das Abschätzen von Mengen und Strecken, das Erkennen von Formen und Mustern und das Sortieren und Klassifizieren. Darauf aufbauend kann man Kindern spielerisch auch andere wichtige mathematische Grundkenntnisse wie Zählen oder Rechnen gut vermitteln. Dabei ist es wichtig, dass die Kinder aktiv sind und sich ihre Erkenntnisse mit geeignetem Material selbst erarbeiten. Im Vortrag werden dazu einige Beispiele aus dem Ausstellungsbereich für Kinder „mathemachen“ vorgestellt und erläutert.

## 2. SEKTION: STRUKTUREN DER NATUR

Prof. Dr. Hans Meinhardt, MPI Tübingen

„Nicht nur Hand und Fuß: Wie bekommt ein Lebewesen seine Struktur?“

Ein komplexer Organismus entsteht während seiner Entwicklung aus einer einzigen Zelle. Dazu müssen Signalsysteme aufgebaut werden, die es den einzelnen Zellen ermöglichen, sich entsprechend ihrer Position im Organismus korrekt zu verhalten. Dabei scheint die Natur etwas fertig zu bringen, was fast unmöglich scheint: eine geordnete Struktur aufzubauen, wo vorher keine Struktur war. Aber das geschieht auch in der unbelebten Welt, z.B. wenn sich Sanddünen bilden. Mit Hilfe theoretischer Überlegungen und Computer-Simulationen kann man den Aufbau solcher Signalsysteme nachvollziehen und verstehen; man kann vorhersagen, von welchem Typ die molekularen Wechselwirkungen sein müssen. Für die Strukturbildung spielen Prozesse eine wichtige Rolle, bei denen eine lokale Selbst-Verstärkung mit einer lang-reichweitigen Inhibition gekoppelt ist. Computer-Simulationen zeigen, dass nicht nur die Bildung der Signal-Systeme richtig beschrieben wird, sondern auch die Regulationen, wie sie nach Störungen beobachtet wurden. Modelle für die primäre embryonale Achsen-Bildung, für die Anlage von Gliedmaßen, für die Bildung von Blattadern oder für Bilder der Muster auf tropischen Meeresschnecken werden erläutert.

Prof. Dr. Peter Deuffhard, ZIB und FU Berlin

„Mathematik hinter dem virtuellen Patienten“

Moderne Medizin arbeitet zunehmend mit dem Konzept "virtueller Patienten", also Rechnermodellen individueller Patienten. Im ersten Schritt wird dabei mit Methoden der medizinischen Bildverarbeitung (eigentlich: mathematischen Bildverarbeitung) ein geometrisch ausreichend genaues Bild des Patienten, eben der virtuelle Patient, im Computer erzeugt. Im zweiten Schritt wird dann die Therapie oder die Operation im Rechner geplant und optimiert (Stichwort: partielle Differentialgleichungen am individuellen Patienten in 3D). Im dritten Schritt werden die gefundenen Lösungen in die Realität übertragen.

Der Vortrag wird Beispiele angeben, zu denen die ZIB-Arbeitsgruppe des Vortragenden seit Jahren mit großer internationaler Sichtbarkeit forscht, etwa die Planung in der Krebstherapie Hyperthermie oder von Operationen in der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie. Zugleich wird ein (für interessierte Laien verständlicher) Einblick in die dazugehörige Mathematik vermittelt.

Prof. Dr. Caroline Lasser, FU Berlin

„Die Mathematik im Mikrokosmos“

Die mathematischen Gleichungen, welche das vertraute "Kraft gleich Masse mal Beschleunigung" formalisieren, sind für die Beschreibung des Mikrokosmos nur eingeschränkt zuständig. An ihre Stelle treten die Differentialgleichungen der Quantenmechanik. Die mathematischen Strukturen in der verborgenen Welt der Wellenfunktionen sind Thema dieses Vortrags.

Prof. Dr. Rupert Klein, FU Berlin

„KliMa-thematik“

Die Klima- und Klimafolgenforschung sind damit konfrontiert, dass sich ihr Studienobjekt - also das Erdsystem - nicht im Labormaßstab nachbilden und im Detail studieren lässt. Es ist einfach zu groß und zu komplex. Beobachtung und Messung am Original sowie Modellierung und Computersimulation kommen deshalb in diesem Forschungsfeld besondere Bedeutung zu. In diesem Vortrag erläutere ich zunächst zwei wesentliche Quellen der Systemkomplexität. Zum Einen gibt es eine überaus große Vielzahl unterschiedlicher, am Systemgeschehen beteiligter und miteinander wechselwirkender Prozesse. Zum Anderen spielen sich diese Prozesse auf sehr verschiedenen Raum- und Zeitskalen ab, von Mikrometern und Mikrosekunden bei einzelnen Wolkentröpfchen bis zu zehntausenden von Kilometern und Wochen bis Jahrzehnten beim globalen Klimageschehen.

Zur Bewältigung der Skalenproblematik stellt die Mathematik Techniken bereit, mit deren Hilfe zunächst separate beschreibende Gleichungen für die schnellen und langsamen bzw. für kurz- und langwellige Phänomene aus den komplizierten allgemeinen Grundgleichungen der atmosphärischen und ozeanischen Strömungsmechanik herauspräpariert werden können. Hat man diese, zunächst nach Skalen separierten Phänomene besser verstanden, liefert die Mathematik auch die Werkzeuge, mit Hilfe verfeinerter Analysen die Wechselwirkungen zwischen diesen Teilprozessen über die verschiedenen Skalen und Größenordnungen hinweg zu beschreiben. Die Mathematik trägt so ganz wesentlich zum verbesserten Systemverständnis bei und liefert wichtige Anhaltspunkte für die Entwicklung komplexer Klima-Computermodelle.

Prof. Dr. Horst Zuse, TU Berlin

„Die Algorithmen der Natur“

Unter einem Algorithmus versteht man eine genau definierte Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer bestimmten Art von Problemen in endlich vielen Schritten. Rechnen, z.B. die Addition per Hand oder mit einem Computer ist ein Algorithmus. Ist es vorstellbar, dass die Natur, das Universum rechnet, also Algorithmen kennt? Schon 1969 diskutierte Konrad Zuse diese Frage. In dem Vortrag werden Ideen eines rechnenden Kosmos dargestellt.

### 3. SEKTION: STRUKTUREN DES ZUFALLS

Prof. Dr. Ehrhard Behrends, FU Berlin

„Kann man den Zufall überlisten?“

Die Mathematik hat im Lauf der Zeit viele wichtige Ergebnisse zur Theorie des Glücksspiels erzielt. Unter anderem lassen sich die Wahrscheinlichkeiten für einen Gewinn exakt ausrechnen (sie sind in den interessanten Fällen wie zum Beispiel beim Sechser im Lotto deprimierend niedrig), und es lässt sich streng beweisen, dass man das Glück auch nicht durch noch so ausgeklügelte Spielsysteme überlisten kann. Das soll in diesem Vortrag dargestellt werden. Mathematische Vorkenntnisse sind zum Verständnis nicht erforderlich.

Prof. Dr. Sylvie Roelly, Universität Potsdam

„Sind die Flugwege der Vögel zufällig?“

Der Flug von Vögel wird beobachtet und analysiert. Ornithologen können erklären, warum die Flugwege die Form eines zufälligen Zickzack (so genannter Irrfahrten) haben. Ob ein Vogel stets zu seinem Nest zurückfindet und um wie viel sein Weg länger ist als die kürzeste Verbindung auf einer geraden Flugbahn, das werden wir in dem Vortrag erläutern.

Prof. Dr. Ernst Eberlein, Universität Freiburg

„Mathematik und die Finanzkrise“

Es werden einige wesentliche Aspekte der aktuellen Finanzkrise diskutiert. Anhand konkreter Modelle wird die Rolle der Mathematik in modernen Finanzmärkten erläutert.

### ABSCHLUSSVORTRAG

Prof. Dr. Bernulf Kanitscheider, Universität Gießen

„Warum ist die Mathematik in der Natur so hervorragend anwendbar“

Zuerst werde ich die Frage des Gegenstandsbereiches der Mathematik behandeln und die verschiedenen Auffassungen von der Natur der mathematischen Objekte schildern, Logizismus, Intuitionismus, Formalismus und platonischer Realismus. Dann wird die Erkenntnisfrage der abstrakten Gegenstände angesprochen, die vor allem dann virulent wird, wenn man auf einer realistischen Position beharrt, wie etwa Kurt Gödel. Anschließend wird das Unvermeidlichkeitsargument von Quine und Putnam diskutiert, das einen schwachen intrinsischen mathematischen Realismus nahe legt und zum Abschluss soll noch ein Blick auf Max Tegmarks jüngst verteidigten starken Platonismus geworfen werden, der den Anspruch erhebt, die Kontingenzfrage bei der Anwendung der mathematischen Strukturen lösen zu können.