

## Tagungen, Symposien, Ausstellungen

### Ordnung im Chaos – Chaos in der Ordnung Über das Selbstverständnis des Menschen im 21. Jahrhundert

Bericht über den Festvortrag von Prof. Dr. Heinz-Otto Peitgen zur INTERGEO® Bremen 2008

Mathematik und Geodäsie – so die Einleitung des Mathematikers Prof. Dr. Heinz-Otto Peitgen, Wissenschaftler des Jahres 2005 – haben in Carl Friedrich Gauß einen großen Verwandten, den beide Fachgebiete teilen und der zudem Verbindungen zu Bremen hat. Der Vortragende zeigte zuerst den guten alten 10-DM-Schein, der dies dokumentiert. Und so über Geld sprechend, erinnerte er zugleich an die aktuell schlimmsten Nachrichten und die augenscheinlich unsicher werdende Zukunft und befürchtete, diese Finanzkrise drohe Oberhand zu gewinnen gegenüber dem großen Thema Klimawandel und sagte »Vertrautes Risiko ist riskantes Vertrauen« – ein Wortspiel vor erschreckend aktuellem Hintergrund.

Begleitet vom 10-DM-Schein als Hintergrundfolie, mit dem Sextanten aus der Zeit von Gauß und dem Geodätischen Netz mit Bremen als Ort, wo Gauß auf der Ansgarikirche beobachtet hat, würdigte Heinz-Otto Peitgen dessen mit Freude ausgeführten geodätischen Beobachtungen und Berechnungen. Gauß kam so auf bedeutende mathematische Probleme: auf die Frage der Winkelsumme im Dreieck auf der gekrümmten Fläche, auf dem Globus, und fand schließlich den mathematischen Satz von Gauß-Bonnet. Sein Großexperiment im Dreieck Brocken-Hoher Hagen-Inselsberg wird allen Geodäten bekannt sein. Die Bronzeplatte »Gauß'scher Punkt« in Bremen nahe der im Krieg zerstörten Ansgarikirche erinnert an die Triangulationsarbeiten in Bremen. Der Redner nutzte so gerne die Möglichkeit,

die Gäste mit der geodätischen Historie Bremens vertraut zu machen, sie in Erinnerung zu rufen.

Heinz-Otto Peitgen berichtete dann kurz über sein von Bremen ausgehendes Engagement der MeVis Medical Solutions-Gruppe, die er seit 1995 aufgebaut hat und als Geschäftsführer leitet. Dort ist eine Software für eine weltweit angewandte Methode der Diagnose von Brustkrebs entwickelt worden. In eindrucksvollen Animationen wurden die durch bildgebende Verfahren sehr viel effektiveren Möglichkeiten der Krebsfrüherkennung demonstriert. Sie verbessert die historische Röntgendiagnose entscheidend. Über 100 Jahre blieb die revolutionäre Erfindung von Wilhelm Röntgen von 1895, Licht in das Dunkel des Körpers zu bringen, eine Wissenschaft des Auges. Der Betrachtung von Bildern fehlte genau das, was die Geodäsie von Anfang an hatte – es fehlte das Messen. Messen schafft Wissen!

Hier ging der Festredner nochmals auf die »unglaubliche historische Entwicklung« ein, die die Geodäsie in der Kulturgeschichte der Menschheit in fulminantester Weise begleitet habe. Auch die Geodäsie stehe heute wieder am Anfang einer neuen dynamischen Entwicklung im Umgang mit Geoinformationen, deren Folgen noch gar nicht absehbar sind.

Nach diesem *Präludium* wandte sich Heinz-Otto Peitgen der Kernfrage zu, was eigentlich Chaos bedeute. Nicht etwa das Landläufige in der Wallstreet, auf der Autobahn oder im Kinderzimmer – Chaos im mathematisch-naturwissenschaftlichen Weltbild beschäftigt sich mit dem Wechselspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeit. Und er stellte einen ersten Zeugen vor, den Nobelpreisträger für Physik (1986), Gerd Binnig, der der Chaosforschung eine ähnlich revolutionäre Bedeutung vorausgesagt hatte wie sie in der Quantenmechanik zu beobachten war. Peitgens didaktisch gekonnter Einschub um das »vergessene Wissen« seiner Zuhörerschaft zeigte ihn hier – wie an vielen anderen Stellen – als Meister der Vortragskunst, untermalt von eindrucksvollen Powerpoint-Animationen bis hin zur Darstellung von faszinierenden Kleinststrukturen von Silizium-Körpern mit zehn Atomen im Quadrat – sämtliche ein Ergebnis vom Messen und von im Computer errechneten Bildern. In je-

nem Silizium-Bild herrscht wunderbare Symmetrie – in einem weiteren Bild einer Bruchfläche von Siliziumkristallen dagegen offenbar Chaos, vorzeigbare Ergebnisse von Forschungen in der Nanotechnologie und zugleich anschaulich wie ein makroskopisches Gegenstück im Gebirge.

Das lange allein gültige klassische Weltbild des gesetzmäßigen Ablaufs der Natur ist in der Quantenmechanik erstmals relativiert worden. Und führte zu der Erkenntnis: Die Vorhersagbarkeit der Dinge stößt an Grenzen. Und der Vortragende erinnert an den Aphorismus von Nils Bor aus den 20er-Jahren, »Vorhersagen sind schwierig – besonders für die Zukunft«.

Um dies einzubetten, startete Heinz-Otto Peitgen nochmals eine kurze Zeitreise zum Übergang vom dunklen Mittelalter zum Zeitalter des Verstandes und der Aufklärung – zu Galileo Galilei. Er war der Urvater des wissenschaftlichen Weltbildes; er habe durch Experimente die Naturgesetze erkannt; er war der erste, der zwischen der Welt und den Naturgesetzen der Welt die Verbindung durch Mathematik hergestellt hat. Ausgehend von dem bekannten Pendelexperiment und dem Pendelgesetz schildert er Position und Vision von Galileo mit folgendem Zitat:

*Philosophie ist geschrieben in diesem großem Buch, ich meine das Universum.*

*Man kann es nicht lesen, ohne seine Sprache zu verstehen. Es ist geschrieben in der Sprache der Mathematik, und seine Buchstaben sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren ...*

*Ohne diese kann man nicht ein einziges Wort verstehen.*

*Ohne diese irrt man umher wie in einem dunklen Labyrinth.*

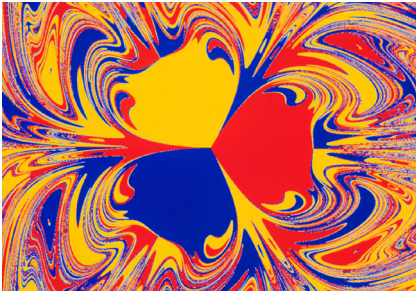
Damit – so Heinz-Otto Peitgen – begann der Höhenflug des mathematisch-naturwissenschaftlichen Weltbildes, über Kepler, der erkannte, wie die Planeten ihren Lauf nehmen – und viele, viele andere Forscher – bis zum Sprung in unsere Zeit. Um die Natur zu verstehen, so schien es lange, bedarf es nur eines immer feineren Netzes der Mathematik und des Messens – wie heute in der Kernphysik, der Molekularbiologie, der Gentechnologie. Sogar in der Gehirnforschung gibt es Papiere, die meinen, Emotion und Treue sei mathematisch verstehbar. Doch da hält der Mathematiker Heinz-Otto Peitgen inne und gibt

Der Festvortrag zur INTERGEO® 2008 in Bremen ist vor einer großen Zuhörerzahl im sehr gut besetzten Hansesaal der Messe Bremen mit lang anhaltendem Beifall aufgenommen worden. ÖVA Bremen und der DVW haben sich angesichts der den Vortrag begleitenden zahlreichen hochinteressanten Powerpoint-Folien mit beeindruckenden Animationen entschlossen, den Festvortrag im Internet zum Download unter [www.intergео.de](http://www.intergео.de) (unter presse-service) bereitzustellen. Der Bericht dokumentiert den Vortrag.

deutliche Distanz gegenüber dieser Überinterpretation zu erkennen – und zitiert Sir Roger Penrose:

*»Wenn unser Gehirn so einfach wäre, wie die Hirnforscher meinen, dann könnte es sich nicht selbst verstehen«. Oder: Kann ein Apparat sich selbst verstehen – gibt es künstliche Intelligenz?*

Jedoch, durch die Computerisierung erlebt unsere Generation einen Wandel der Gesellschaft, der nur vergleichbar ist mit der Erfindung des Buchdrucks von Gutenberg vor 500 Jahren. Und erst mit dem Computer läßt sich nun zeigen, was Chaos im Sinne der Chaosforschung meint und wie es zu begreifen ist.



Das Ergebnis des Pendel-Experiments

Dazu zeigte Heinz-Otto Peitgen zunächst ein Pendelexperiment über drei Magneten, die den Lauf des Pendels im Sinne von Wettbewerb der Anziehungskräfte beeinflussen, die tatsächliche Bewegung ist schön anzuschauen, doch noch ohne greifbare Ergebnisse. »Wir wollen mehr«, sagt er uns, »wir wollen die Gesetzmäßigkeiten verstehen, eine Einsicht gewinnen aus den offenbar komplexen Bewegungen«.

Da wir die Gesetze der Bewegung vollständig kennen, ist eine systematische Computersimulation möglich, mit schließlich ganz überraschenden Ergebnissen.

Die Farben zeigen in hoher Auflösung welcher Magnet gewinnt, wenn das Pendel-Experiment in etwa 700.000 verschiedenen Positionen gestartet wird – im Ergebnis mit Inseln der Ordnung im Nahbereich der Magneten, umspült von einem Meer von Chaos in den Randbereichen, dort wo kleine Unterschiede der Startposition große Wirkung erzielen können. Mit der Interpretation:

Chaos im Sinne der Chaosforschung ist der Zusammenbruch der praktischen Vorhersagbarkeit selbst in Gegenwart eines strengen, unzweifelhaft gültigen Gesetzes.

In Teilen ist das Gesetz robust, in Teilen aber sind die Möglichkeiten der Vorhersagbarkeit eingeschränkt, sogar unwägbar. Verallgemeinert: Im Zusammenwirken von Zufall und Gesetzmäßigkeit in der Natur gibt es Bereiche – dort haben wir im übertragenen Sinne schwarze Löcher des Wissens, dort ist die Vorhersagbarkeit begrenzt, dort ist die Zukunft offen. Das aber bedeutet einen Neuanfang im naturwissenschaftlichen Weltbild.

Ein Beispiel ist der Klimawandel – wo wir so tun, als könnten wir mit unseren Klimamodellen weit in die Zukunft schauen. In gewissen Bereichen können wir das. Doch unsere besten mathematischen Modelle haben Lücken, wie z.B. ganz aktuell auch die Finanzkrise zeigt. In sehr komplexen Modellen bestehen Lücken, die nachgebessert werden müssen. Es gibt Phänomene und Entwicklungsbereiche, die wir nicht sicher vorhersagen können, die zwar naturgesetzlich ablaufen, aber so sensitiv sind, dass wir auf der Grundlage von heute nicht sicher sein können, die Zukunft z.B. des Klimawandels durch Messung und Modellbildung vollständig erschließen zu können. Wir dürfen uns also in diesen Fragen nicht ganz der Wissenschaft ausliefern. Das heißt nicht, dass wir uns gemächlicher verhalten dürfen. Doch das bedeutet nach gefestigter Auffassung des Mathematikers Heinz-Otto Peitgen sehr wohl, dass wir die alten Positionen von Ethik, Moral und Religion, aus denen wir kommen, ernster nehmen müssen. Wir können es nicht akzeptieren, dass im Umgang mit Gesellschaft und Welt sich uns die Welt alleine rational erschließt. – Hier gab es Szenenapplaus.

Nach einem filmisch-chaotischen Szenenwechsel folgte ein kurzer Ausflug in die Astronomie – zum Jupiter, mit einem Film aus der Galileo-Jupiter-Mission von 1995, der den großen roten Flecken zeigte – als Beispiel für das Nebeneinander



Das Auge des Wirbelsturms auf dem Jupiter

von Ordnung im Chaos und Chaos in der Ordnung: Das Auge dieses Wirbelsturms auf dem Planeten als System der Ordnung und Vorhersagbarkeit (die Umlaufzeit der Gasteilchen in der Peripherie beträgt etwa fünf Tage), bekannt seit der ersten Beschreibung von Galileo, und dem Chaos nebenan, wo eine chaotische Atmosphärenturbulenz zu beobachten ist.

»Wo immer in der Natur unter Wettbewerbsbedingungen sich etwas verändert, da liebt die Natur Koexistenz von Vorhersagbarkeit und Chaos«.

In einem abschließenden Kapitel zeigte Heinz-Otto Peitgen dem Auditorium, dass auch eine Spur von Chaos in uns selbst ist – kleine Unterschiede zeigen große Wirkungen: Das menschliche Auge ist keine einfache Sehaschine. Ausgehend von mehreren anschaulichen Testbildern wurde deutlich, wie leicht das Auge sich täuschen läßt. Wobei diese Feststellung allgemeine Gültigkeit habe. Im Hinblick auf bestimmte kognitive Eigenschaften sind wir keine Individualisten. Wir reagieren erschreckend »maschinengleich«. Andererseits können wir als soziale Wesen außerordentlich sensitiv auf kleine Unterschiede reagieren – so vermag man dem Gegenüber im Bruchteil einer Sekunde anzusehen, welcher Seelenzustand, welche Stimmung in ihm herrscht. Und es entsteht die Frage: Ist das im gesamten Bereich der menschlichen Wahrnehmungen so?

Ein gutes Gegenbeispiel ist die Sprach- oder Schrift-Kommunikation. Sie ist ständig kleinen Fehlern und Zufällen ausgesetzt und hat doch die menschliche Kulturentwicklung ermöglicht. Kommunikation ist robust und muss fehlertolerant ausgelegt sein. Das ist letztlich die Grundlage jeder Verständigung.

Nachdem Professor Heinz-Otto Peitgen abschließend dem Kongress einen vollen Erfolg wünschte und nicht vergaß, einen Besuch bei der Gedenktafel von Gauß anzuregen (er sagte: »ein geodätisches Urgestein«), erhielt er lang anhaltenden Beifall für seinen Festvortrag.

*Harald Lucht, Bremen*