

Kreatives Denken und Innovationen in mathematischen Wissenschaften

**Interdisziplinäres Symposium an der
Friedrich – Schiller – Universität Jena,
Fakultät für Mathematik und Informatik,
Abteilung Didaktik**

09.07. – 11.07.1999

REFERENTEN, VORTRAGSTHEMEN UND ABSTRACTS

- **Prof. Dr. Ingo Althöfer (Mathematik, Universität Jena)**
Computer als Ideengeber oder Das 3 – Hirn – Prinzip oder Kreativität im Multiple – Choice – Modus

Menschen denken, fühlen und spüren. Rechnen können wir auch, doch nicht sehr gut. Computer dagegen sind Rechengiganten, aber sie können eben nur rechnen. Durch geeignetes Kombinieren der unterschiedlichen Gaben und Stärken von Mensch und Computer sind beeindruckende Erfolge möglich.

Beim 3 – Hirn – Prinzip sind ein Mensch und zwei Computer beteiligt. Auf den Computern laufen verschiedene Programme. Der Mensch läßt beide Apparate rechnen. In einem geeigneten Moment stoppt er sie, wägt ihre Lösungsvorschläge gegeneinander ab und entscheidet sich für eine der Alternativen. Der Mensch wählt also aus den Vorschlägen der Computer aus. Im Leistungsschach sind 3 – Hirne, bestehend aus einem Amateurspieler und kommerzieller Software, bis in die Weltspitze vorgedrungen.

Im Vortrag wird das 3 – Hirn – Prinzip vorgestellt. Anhand von Beispielen werden auch 3 – Hirn – Varianten diskutiert: Doppel – Fritz mit Boß, Listen – 3 – Hirn, Sukzessives Fixieren von Teillösungen, Vorauswahl durch Mehrheitsentscheidungen. Es wird schließlich auf Entscheidungs – Unterstützungs – Systeme mit Multiple – Choice – Struktur in der mathematischen Optimierung eingegangen.

- **Prof. Dr. Dietrich Dörner (Psychologie, Universität Bamberg)**
Motivation und Kreativität

Gewöhnlich werden, wenn man über Kreativität spricht, die intellektuelle Kapazität eines Individuums, die verschiedenen “Denktechniken” und “Heurismen” in den Vordergrund gestellt. Man sollte aber bei der Frage nach den Bedingungen kreativer Leistungen die motivationalen Aspekte nicht außer acht lassen. Niemand ist kreativ, verwendet bestimmte Denktechniken, entwickelt solche, ohne dafür motiviert zu sein.

Von der motivationalen Grundausstattung des Menschen kommen hier wesentlich in Frage die Suche nach Bestimmtheit und die Suche nach Kompetenz. In dem Referat soll aufgezeigt werden, in welcher Weise bestimmte Motive mit der kreativen Beschäftigung mit einem bestimmten Realitätsbereich in-

teragieren und welche Formen von Kreativität unter verschiedenen motivationalen Bedingungen entstehen.

- **Prof. Dr. Andreas Dress (Mathematik, Universität Bielefeld)**
Freiheit und Zwang: Wie entstehen mathematische Begriffe ?

Was ist, mit dieser Frage endet der DREI – GROSCHE – Film, das Ausrauben einer Bank gegen das Gründen einer Bank ? Was ist, so könnte man paraphrasieren, das Beweisen einer Vermutung gegen das Aufstellen einer Vermutung ? Das Ausarbeiten von Begriffen ist, wie ich bereits in dem Aufsatz “Datenstrukturen und virtuelle Welten – vom Erfindungsreichtum der Mathematik” (Mitteilungen der DMV, 1998) darzulegen versucht habe, die eigentliche Aufgabe der Mathematik, so spektakulär der Beweis einer lange offenen und berühmten Vermutung auch immer sein mag.

Was aber tut eine Mathematikerin, wenn sie Vermutungen aufstellt ? Was tut ein Mathematiker, wenn er Begriffe formt ? Begleitet wird das jedenfalls in der Regel von dem Gefühl, welches man auch Bildhauern unterstellt, die aus einem unbehauenen Stein eine Skulptur herausarbeiten: während der Zuschauer durchaus den Eindruck gewinnen kann, daß die Bildhauerin nach Belieben verfährt und volle Freiheit besitzt, ihr Werk nach Gutdünken zu schaffen, sieht sie selbst sich von der für sie bereits vorhandenen Gestalt in Zwang genommen, der sie nur zum Ans – Licht – Treten verhelfen muß.

Allerdings – und diesen Hinweis verdanke ich Ernst Kleinert – ist die mathematische Vision vielleicht nicht realisierbar (nicht alle Vermutungen von Ramanujan waren korrekt), während die Bildhauerin ihre Vision stets realisieren kann (nur taugt sie vielleicht nicht viel). Der Mathematiker ist auf Sachverhalte aus, und der Widerstand, dem er begegnet, liegt immer darin, daß dies oder das einfach nicht so wie erwartet der Fall ist; dem Bildhauer geht es um ein Objekt, und er fragt nicht, ob etwas richtig, sondern ob es gut oder wertlos ist; es ist nicht der Stein, der ihm den Widerstand bietet.

Versucht man etwa – um ein aktuelles Beispiel, an welchem ich zur Zeit gerade arbeite, heranzuziehen – die Geometrie von Hyperwürfeln besser zu verstehen (welche ja als “Raum der $\{0, 1\}$ – Sequenzen” in der Genomforschung paradigmatische Bedeutung besitzen – vgl. z.B. Manfred Eigens Buch “Steps Toward Life, A Perspective on Evolution” Oxford University Press, Oxford, 1992), so sieht man sich früher oder später gezwungen, “Diametralität” zu thematisieren, also das Phänomen, daß es zu jedem Teilwürfel X eines Teilwürfels Y den in Y dem Teilwürfel X genau gegenüberliegenden Teilwürfel gibt. Je intensiver man sich nun mit diesem Phänomen beschäftigt, um so deutlicher stellen sich gewisse Eigenschaften von Diametralität als die eigentlich fundamentalen geometrischen Eigenschaften von Hyperwürfeln heraus, ja, sie “schälen sich heraus” wie sich die Skulptur aus dem Stein “herausschält”.

Daß sich aus diesen fundamentalen Eigenschaften dann auch alle weiteren wichtigen Beziehungen herleiten lassen und daß es dazu oft trickreicher Argumentation bedarf, ist demgegenüber fast zweitrangig: in der Tat werden bei immer eingehenderer Beschäftigung mit einer solchen Fragestellung Argumentationen, die anfangs trickreich anmuten, bald ganz natürlich erscheinen – nämlich gerade genau dann, wenn sich die “richtigen”, einen angemessenen Kalkül stringent unterstützenden Leitbegriffe herausgeschält haben.

Das scheint für “Kreativität” nicht viel Raum zu lassen, jedenfalls dann, wenn man unter Kreativität die Fähigkeit versteht, unvorhersehbar Beliebigen in die Welt zu setzen. Meine These ist allerdings, daß die für das Betreiben von Mathematik benötigte Kreativität nicht größer und nicht kleiner ist als die, die für das Herausarbeiten von Skulpturen aus unbehauenen Stein benötigt wird.

Hegels leicht als Zynismus mißverstandene Äußerung, daß Freiheit immer die Einsicht in das Notwendige sei, ist hier einschlägig: man muß nur die Betonung nicht auf das Wort “das Notwendige”, sondern auf das Wort “Einsicht” legen. Denn – und das ist die andere Seite des Prozesses des “Begriffe – Formens” – erst die Einsicht in das für die Analyse einer Struktur entscheidende Grundgerüst

konzeptioneller Zusammenhänge und dessen Herausarbeitung in Form einer geeigneten, auf die gesetzten hohen Ziele abgestimmten begrifflichen Architektur erlauben es uns, frei mit den dadurch erfaßten Welten umzugehen – so wie ein Dompteur erst dadurch zu großen Leistungen gelangen kann, daß er sich vorbehaltlos und mit vollem Einsatz auf seine Tiere konzentriert.

Kreativität in der Mathematik: das ist, so werde ich in meinem Vortrag anhand geeigneter Beispiele darzulegen versuchen, nicht so sehr die Fähigkeit, mit überraschenden Tricks verblüffende Sätze beweisen zu können; es ist vielmehr die Fähigkeit, mittels begrifflicher Abstraktionen die oft sehr tiefliegenden Beziehungen angemessen zu erfassen, welche ZWISCHEN den die sogenannte “Realität” anscheinend platterdings ausmachenden “Dingen” herrschen (und dadurch diese Realität eigentlich überhaupt erst konstituieren).

Es ist, um es mit den Worten Ernst Kleinerts zu sagen, die Fähigkeit, jene begrifflichen Netze zu knüpfen, die wir benötigen, um diese für uns wichtigen, aus den Dingen selbst aber eben nicht unmittelbar ableitbaren BEZIEHUNGEN zwischen den Dingen ans Licht zu ziehen, um sie dann nach den Regeln strenger Logik – und mit mehr oder weniger technischem Geschick – im Detail untersuchen zu können.

- **Prof. Dr. Gottfried Gabriel (Philosophie, Universität Jena)**
Finden und Beweisen. Zur Rolle der Logik bei der Erkenntnisgewinnung

Logik hat es traditionellerweise mit der formalen Prüfung von Geltung zu tun. Danach ist eine Aussage wahr, wenn sie sich unter Anwendung eines allgemeingültigen Schlußschemas als Konklusion aus wahren Prämissen ergibt. Einer solchermaßen deduktiven Logik ist seit alters her vorgeworfen worden, daß sie nicht wirklich Neues entdecken läßt, daß das gewonnene Ergebnis lediglich eine “Verdünnung” des Inhalts der Prämissen darstellt. Parallel zu diesem Vorwurf ist in der Geschichte der Wissenschaften immer wieder die Forderung nach einer Entdeckungslogik erhoben worden. In den empirischen Wissenschaften ist der deduktiven eine induktive Logik an die Seite gestellt worden. In nicht - empirischen Disziplinen wie der Mathematik hat man sich von der analytischen Methode einen entsprechenden Erfolg erhofft. In meinem Beitrag werde ich die erkenntnistheoretische Seite dieser Diskussion historisch entfalten und unter der systematischen Frage nach dem Verhältnis von Beweis und Einsicht diskutieren.

- **Prof. Dr. Lisa Hefendehl – Hebeker (Mathematikdidaktik, Universität Augsburg)**
Anstöße geben und reifen lassen – zur Organisation kreativitätsfördernder Lernumgebungen im Mathematikunterricht

Die spezielle Natur mathematischen Wissens führt zu einem didaktischem Dilemma: Wissensinhalt und Wissensbedeutung (z.B. eines mathematischen Begriffs oder Verfahrens) sind nicht identisch mit der formalen Darstellung des Wissens bzw. der Definition des Begriffs. Es muß also prinzipiell zwischen den Darstellungsmitteln für das Wissen und dem Wissen selbst unterschieden werden.

Verstehen kann daher nicht einfach Ergebnis einer Mitteilung sein, sondern muß vom lernenden Individuum durch geistige Aktivität erworben werden.

Der Mathematikunterricht muß dafür anregende Lernumgebungen bereitstellen. Dazu sollen Beispiele vorgestellt und erläutert werden.

- **Dr. Frank Heinrich (Mathematikdidaktik, Universität Jena)**
Welches "Steuerungsverhalten" vermag das Entstehen kreativer Produkte beim Bearbeiten mathematischer Probleme zu fördern ?

Anhand von Fallbeispielen (elementar)mathematischer Problembearbeitungsprozesse junger Erwachsener werden im Vortrag zunächst solche Lösungsideen und – sofern die Ideen erfolgreich umgesetzt wurden – Lösungen vorgestellt, die als kreative Produkte zweiter Art beschreibbar sind.

Sie sind Ausdruck der vom Bearbeiter vorgenommenen Veränderungen bestimmter Teile bzw. Qualitäten des jeweiligen Problembearbeitungsprozesses. Einer solchen Veränderungskomponente, im weiteren Steuerung genannt, kommt daher eine zentrale Bedeutung zu.

Dies soll auch durch Beispiele von erfolglos verlaufenen Problembearbeitungsprozessen, also solchen ohne Lösung, belegt werden.

Abschließend wird diskutiert, welches Steuerungsverhalten das Entstehen kreativer Produkte zu fördern vermag und welches Steuerungsverhalten kreatives Problemlösen möglicherweise hemmt.

- **Prof. Dr. Günter Höhne und PD Dr. Horst Sperlich (Techn. Universität Ilmenau)**
Kreativität bei der Konstruktion von Produkten

Gedankliche Prozesse beim Konstruieren bestehen aus einem Netz logischer, heuristischer und intuitiver Operationen. Bei der Bearbeitung von Konstruktionsaufgaben kann man innovative Lösungen auf unterschiedlichen Wegen finden. Während logische und heuristische Operationen durch Methoden steuerbar sind, kann die intuitive Lösungsfindung nur durch äußere Stimuli unterstützt werden. Dazu gehören u. a. Gedankenaustausch im Team, Flankieren der Lösungssuche durch Systematik und methodische Kritik, fundierte Informationsversorgung zum Thema.

Da ein Konstruktionsvorgang mit einem neuen Ergebnis einmalig und nicht reproduzierbar ist, lassen sich die vollzogenen Lösungsschritte kaum analysieren und methodisch auswerten. An Beispielen wird gezeigt, daß die Lösung eines technischen Problems stets mehrdeutig und unbestimmt ist und daß durch das Wechselspiel von Problemerkennung, Erschließen des Lösungsfeldes und Intuition Innovationen entstehen. Abstraktionsvermögen und räumliche Vorstellungsvermögen sind trainierbare Fähigkeiten, die man dafür benötigt.

- **Prof. Dr. Karl Kießwetter (Mathematikdidaktik, Universität Hamburg)**
Theoriebildung und Kreativität in der Mathematik
(a) Modellierung von Theoriebildungsprozessen
(b) Simulation/Realisierung mit besonders begabten Schülern im elementarmathematischen Bereich

Zentraler Anlaß für die Beschäftigung mit dem Verlauf und den Bedingtheiten von Theoriebildungsprozessen im Bereich der Mathematik ist das Anliegen, bei Schülern selbständige kreative Produktionsprozesse von Mathematik anzuregen und geeignet zu begleiten. Das Beispielmateriale entstammt deshalb primär aus auch Schülern zugänglichen Bereichen der Mathematik, insbesondere aus den Ergebnissen der Arbeit mit Schülergruppen und aus der Geschichte der Mathematik.

Wie von selbst drängen sich bei der gezielten Beobachtung von kreativen, Mathematik erzeugenden Prozessen die psychologischen Steuerungselemente in den Vordergrund. In der Modellierung erhalten deshalb derartige Steuerungselemente den ihnen zustehenden hohen Stellenwert. Dazu werden auch einschlägige Äußerungen von bekannten Mathematikern aus der Literatur einbezogen, darunter insbesondere die leider immer noch viel zu wenig beachteten "Typen und Strukturen plausibler Folgerung", denen Georg Polya den ganzen zweiten Band von "Mathematik und plausibles Schließen" (Basel 1963) widmete.

Der Vortrag mündet schließlich in die Beschreibung eines geeigneten Umfeldes und von Materialien, in dem und mit denen besonders begabte Schüler kreative, subjektiv oder objektiv neue Mathematik erzeugende Theoriebildungsprozesse angehen und ertragreich (mit) gestalten können.

- **Prof. Dr. Werner Krause (Psychologie, Universität Jena)**
sowie **Diplompsych. Gundula Seidel (Psychologie, Universität Jena), Dr. Frank Heinrich (Mathematikdidaktik, Universität Jena), Doz. Dr. Erdmute Sommerfeld (Psychologie, Universität Leipzig), Dr. Jürgen Ptucha (Psychologie, Jena), Dr. Bärbel Schack (Medizinische Statistik, Universität Jena), Dr. Wilfried Gundlach (Psychologie, Berlin)**
Multimodale Repräsentation als Basiskomponente kreativen Denkens

Kreative Denkleistungen werden aus makro- und mikroanalytischer Sicht betrachtet. Gemeinsam ist beiden Sichtweisen die Annahme, daß begrifflich – logische und bildhaft – anschauliche Repräsentationen sowie deren aufwandsabhängiger Wechsel Basiskomponenten kreativen Denkens sind.

Aus makroanalytischer Sicht wird anhand der Innovationsstrategie nach Prof. Spies gezeigt, daß kreatives Denken gefördert werden kann, wenn zum Wechsel zwischen begrifflich logischer und bildhaft – anschaulicher Repräsentation durch Maßnahmen aufgefordert wird. Normalbegabte äußern beim Entwerfen technischer Gebilde mehr neue Funktionsprinzipien pro Zeiteinheit, wenn sie zur Verarbeitung von Bildern und zur Verbalisierung dazu durch eine Gruppe veranlaßt werden.

Aus mikroanalytischer Sicht wird die multimodale Repräsentation als Basiskomponente kreativen Denkens durch die Doppelrepräsentationshypothese spezifiziert (Hendricksen 1986, Klix 1992). Begabte sollen danach zur Anforderungsbewältigung eine interne Repräsentation in mehreren Modalitäten (multimodal) aktivieren. Zur Analyse der Leistungen mathematisch Begabter und Normalbegabter wird ein Versuchsdesign vorgestellt, das zu prüfen erlaubt, ob eine Doppelrepräsentation (begrifflich – logisch versus bildhaft – anschaulich) ausgebildet ist bzw. ob kurzzeitig dazwischen gewechselt wird oder ob nur eine Repräsentation zur Anforderungsbewältigung aktiviert ist. Darüber hinaus wird geprüft, ob diejenige Repräsentation bevorzugt wird, die den geringeren kognitiven Aufwand zur Anforderungsbewältigung erfordert.

- **Prof. Dr. Gerhard Schäfer (Physik, Universität Jena)**
Paradigmenwechsel auf dem Weg zur Physik des 20. Jahrhunderts

Die Physik des 20. Jahrhunderts ist geprägt durch drei große Theorien: die Spezielle Relativitätstheorie, die Allgemeine Relativitätstheorie sowie die Quantentheorie. Erwachsen sind diese Theorien aus jeweils einer grundlegenden experimentellen Tatsache. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit führte auf die Spezielle Relativitätstheorie, die Universalität des freien Falls mündete in die Allgemeine Relativitätstheorie, und die spezielle Struktur der spektralen Energieverteilung der Hohlraumstrahlung hatte schlußendlich die Quantentheorie zur Folge.

Der Vortrag erläutert die genannten experimentellen Tatsachen, beleuchtet die erfolgten Paradigmenwechsel in der Physik und skizziert die involvierten mathematischen Strukturen.

- **Prof. Dr. Klaus Spies (Ingenieurwissenschaften, RWTH Aachen)**
Kreativität und Methodik - Eine bewährte Kombination zur Erschließung von ungenutztem Innovationspotential in Industrie und Forschung

Kreativität und Phantasie, zwei in der menschlichen Persönlichkeit verankerte Eigenschaften bzw. Fähigkeiten, spielen in vielen Bereichen des Lebens, vor allem in der Kunst, aber auch in den Natur- und Ingenieurwissenschaften eine bedeutende Rolle. Bevor sich die Menschen mit der Begründung und ständigen Fortentwicklung der Wissenschaft ein weiteres Instrumentarium zu Fortschritt, Mehrung von Erkenntnis und Wohlstand, aber auch zu Krieg und Vernichtung schufen, war der sog. Technische Fortschritt ausschließlich auf handwerkliche Fertigkeiten, Phantasie und Kreativität gegründet. Auch bei der heutigen hochentwickelten Technik und Datenverarbeitung der in neue Bereiche expandierenden Wissenschaft ist die Rolle von Phantasie und Kreativität nicht geringer geworden. Im Gegenteil: Der außerordentlich hohe Grad an Formalismus in Technik und Wissenschaft, erfordert ein "Gegengewicht" durch Kreativität und Phantasie.

Technologiesprünge gehen sehr häufig auf Erfindungen zurück, die sich mit Hilfe exakter wissenschaftlicher Vorgehensweise nicht hätten erarbeiten lassen. Zur Realisierung und Umsetzung, d. h. um aus der Invention eine Innovation zu machen, sind dann meist wieder die Methoden der exakten Wissenschaft erforderlich. Kreativität und exakte wissenschaftliche Vorgehensweise schließen einander nicht aus, sie müssen sich in sinnvoller Weise ergänzen. Für das exakte wissenschaftliche Arbeiten, für das Entwickeln neuer Verfahren und das Konstruieren von Maschinen und Geräten gibt es hochentwickelte Methoden bis hin zur Computertechnik, für das kreative Erarbeiten neuer Technologien stand Vergleichbares nicht zur Verfügung. Daher hat der Verfasser während seiner langjährigen Entwicklungstätigkeit in der Industrie - vor allem durch die Analyse eigener Erfindungen - versucht, das intuitive Erfinden in technischer und kognitionspsychologischer Hinsicht zu verstehen und zu interpretieren, um daraus eine Methode herzuleiten, mit welcher der "Kreativitätsbedarf" technischer Entwicklungen gesenkt werden kann. Die neue Methode, die wegen der Notwendigkeit engen Marktbezugs marktorientierte Innovationstrategie genannt wird, stützt sich auf die Grundbestandteile des technischen Erfindungsprozesses, die kognitionspsychologischen Zusammenhänge beim Entstehen von Erfindungen und die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten beim technischen Entwicklungsgeschehen. Durch die operativen Ablaufstrukturen wird der beim intuitiven Erfinden im Unbewußten ablaufende kreative Schöpfungsprozeß in den Bereich des Bewußten verlagert. Dadurch wird der "Erfindungssprung" in eine Reihe kleiner, überschaubarer und kontrollierbarer Einzelschritte zerlegt, welche auch von Wissenschaftlern und Entwicklungsingenieuren nachvollzogen werden können, die nur mit einem "normalen Maß" an Kreativität ausgestattet sind. Mit der Innovationsstrategie, die sich seit Jahrzehnten bei der Erarbeitung zahlreicher Grundsatzinnovationen bewährt hat, wird ein außerordentlich großes, bisher ungenutztes "Kreativitätsreservoir" in der Industrie, in den Forschungsinstitutionen und an den Hochschulen erschlossen.

- **Prof. Dr. Herbert Stoyan (Informatik, Universität Erlangen) und Dr. Michael Müller (Bayerisches Forschungszentrum für Wissensbasierte Systeme)**

Entdecken interessanter Konzepte und Zusammenhänge mittels Methoden der symbolischen KI

In der KI hat es nur wenige systematische Arbeiten zum Entdecken interessanter Konzepte gegeben. 1985 realisierte D. Lenat ein umstrittenes Entdeckungssystem, das auf einer heuristischen Interessantheitsbewertung beruhte und symbolische Konzeptbeschreibungen mit heuristischen Regeln manipulierte. Nur wenige Arbeiten sind in dieser Richtung weitergeführt worden; keine hat die Aufmerksamkeit erregt wie das System AM von Lenat.

Heute leben einige der Ideen von 1985 wieder auf im Zusammenhang in Datenbanken, auf der technischen Ebene "Datamining" genannt. Die Aussagen, die über die Daten entdeckt werden sollen, sind allgemeine Zusammenhänge. Zum Testen werden statistische Methoden verwendet. Die Erzeugung der Hypothesen und die Auswahl der für den Anwender interessantesten getesteten Aussagen findet wieder mit Hilfe von Interessantheitsbewertungen statt, die jetzt gemäß einer Theorie der Interessantheit von M. Müller berechnet werden.

In dem Vortrag wird ein Überblick über beide Entwicklungsstränge gegeben und an Beispielen illustriert.

- **Prof. Dr. Thomas Weth (Mathematikdidaktik, Universität Erlangen – Nürnberg)**
Kreativität im Geometrieunterricht

Der Vortrag möchte zunächst aufzeigen, welche psychologischen und pädagogischen Erkenntnisse zum schillernden Kreativitätsbegriff vorliegen. Hierbei werden Defizite deutlich, die eine Veränderung der Auffassung von "Kreativität" notwendig erscheinen lassen, um Kreativität auch für den Mathematikunterricht lehrbar zu machen.

In einem zweiten Teil soll gezeigt werden, welche "Kreativen Werkzeuge" für Schüler entwickelt werden können, um sie zu befähigen, selbst "ein Stückchen Mathematik" zu schaffen.

In einem dritten Teil werden zahlreiche - in Unterrichtsversuchen gewonnene - Beispiele gegeben, die zeigen sollen, zu welchen kreativen Leistungen die theoretisch entwickelten mentalen Werkzeuge befähigen.

- **Prof. Dr. Heinrich Winter (Mathematikdidaktik, RWTH Aachen)**
Gestalt und Zahl – Perspektiven eines kreativen Mathematikunterrichts in der Schule

Beziehungen zwischen Gestalt und Zahl haben in der Genese mathematischer Theorien seit jeher eine fundamentale Bedeutung gehabt. Berühmte Beispiele sind die Figurale Arithmetik der Pythagoreer, die Analytische Geometrie des Descartes, Riemanns Funktionentheorie und Minkowskis Geometrie der Zahl.

Im Gegensatz zu einer verbreiteten Einschätzung, wonach die Mathematik für den Nicht – Profi fern aller kreativen Betätigungsmöglichkeiten ist, soll im Vortrag hervorgehoben werden, wie durch das Angebot geeigneter Erfahrungsmöglichkeiten die Chancen zu mehr Eigeninitiative vergrößert werden können. Kreativität muß nicht eine Angelegenheit von Hochbegabten und Hochleistungsfähigen sein. An unterschiedlichen Beispielen aus der übergeordneten Thematik Gestalt und Zahl soll demonstriert werden, wie kreatives Verhalten (Fragen, Vermuten, Formulieren, Umformulieren, Überprüfen, Erfinden, Abwandeln, Fortspinnen, Übertragen, Anwenden) angeregt werden kann. Eine besondere Rolle wird die Betonung ästhetischer Aspekte spielen.

- **Prof. Dr. Bernd Zimmermann (Mathematikdidaktik, Universität Jena)**
Kreativität in der Geschichte der Mathematik

In diesem Vortrag sollen zwei Fragen näher untersucht werden:

- (1) Welche Faktoren erwiesen sich im Laufe der Geschichte immer wieder als stimulierend für die Produktion neuer Mathematik ?
- (2) Welche heuristischen Methoden erwiesen sich in der Geschichte der Mathematik als besonders fruchtbar ?

Auf diese Fragen sollen mögliche vorläufige Antworten in Form von Thesen gegeben werden, die anhand von Beispielen entwickelt bzw. gestützt werden sollen.

PERSONALIEN DER REFERENTEN

Ingo Althöfer, Jahrgang 1961; Professor für Mathematische Optimierung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena; Promotion (1986) und Habilitation (1991) an der Fakultät für Mathematik der Universität Bielefeld über theoretische Modelle der Spielbaumsuche; aktuelle Forschungsschwerpunkte: experimentelle diskrete Mathematik, Entscheidungs-Unterstützungs-Systeme mit Multiple-Choice-Struktur.

Dietrich Dörner, Jahrgang 1938; Professor am Institut für Theoretische Psychologie der Universität Bamberg. Promotion zu bestimmten Formen des Denkens an der Universität Kiel; Habilitation desgleichen an der Universität Kiel mit einer Arbeit zur "Kognitiven Organisation beim Problemlösen"; aktueller Forschungsschwerpunkt: Theorie menschlichen Handelns in komplexen Realitäten auf neuronaler Basis.

Andreas W. M. Dress; Jahrgang 1938; Professor an der Fakultät für Mathematik der Universität Bielefeld; Promotion zu Fragen aus der Spiegelungsgeometrie an der Universität Kiel, 1962; Habilitation an der Universität Kiel auf dem Gebiet der Grundlagen der Geometrie, 1965; aktuelle Forschungsschwerpunkte: diskrete Mathematik (vor allem Algebra und Kombinatorik) und deren Anwendungen in den Naturwissenschaften, insbesondere Molekularbiologie (vergleichende Sequenzanalyse) und Kristallographie.

Gottfried Gabriel; Professor für Logik und Wissenschaftstheorie am Institut für Philosophie der Universität Jena; Promotion zur Definitionstheorie an der Universität Konstanz 1972; Habilitation an der Universität Konstanz in Philosophie 1976; Arbeiten zur Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, Geschichte der Logik, Sprachphilosophie und Ästhetik; gegenwärtiger Forschungsschwerpunkt: Logik und Rhetorik der Erkenntnis.

Wilfried Gundlach; Trainer (Kreativität und Management); bis 1996 Forschung und Lehre in Jena, Potsdam und Berlin; Schwerpunkte: Kognitive Psychologie und Sozialpsychologie; Promotion zu Problemlösungsprozessen und Kommunikation

Lisa H e f e n d e h l – H e b e k e r; Jahrgang 1948; Inhaberin des Lehrstuhls für Didaktik der Mathematik an der Universität Augsburg; 1. und 2. Lehramtsprüfung (1973 bzw. 1979); praktische Schulerfahrung; Promotion 1975 an der Universität Erlangen, Habilitation 1983 an der Universität Duisburg, jeweils im Fach Mathematik (Klassifikation von Algebren); aktuelle Forschungsschwerpunkte: Untersuchung von mathematischen Lehr- und Lernprozessen.

Frank H e i n r i c h; Jahrgang 1958; wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung Didaktik für Mathematik und Informatik an der Universität Jena; Diplomlehrer der Fächer Mathematik und Physik; praktische Schulerfahrung; Promotion zur Förderung der Problemlösefähigkeit eines bestimmten Problemtyps an der Universität Jena 1992; aktueller Forschungsschwerpunkt: Steuerung der Lösungssuche beim Bearbeiten mathematischer Probleme; weitere Interessen- und Tätigkeitsgebiete: Polygon- und Polyedergeometrie, Betreuung kleiner Forschungsarbeiten von Schülern im Rahmen von Begabtenförderung

Günter H ö h n e; Jahrgang 1940; Leiter des Fachgebietes Konstruktionstechnik an der Fakultät für Maschinenbau der TU Ilmenau; Promotion zu Fragen des konstruktiven Entwicklungsprozesses 1970; Habilitation zum Thema: Struktursynthese und Variation beim Konstruieren 1983; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Rechnereinsatz in frühen Phasen der Konstruktion, Konstruktionsmethodik, Entwurf innovativer Produkte

Karl K i e ß w e t t e r, geb. 1930; em. Prof. für Erz.-Wiss. Univ. Hamburg; Vorsitzender der William-Stern-Gesellschaft für Begabungsforschung u. Begabtenförderung e.V.; einschlägige Erfahrungen: Promotion 1954 in Math. (Hoheisel, Hamburger Studienstiftung (beide Seiten)); 10 Jahre Lehrer; Veranstaltungen in Mathematikdidaktik u. Mathematik (unter hochschuldid. Aspekten) an verschied. Univ.; Schülerzirkel, Bundeswettbewerb Mathematik, "Hamburger Modell" der Förderung von math. bes. begabten Schülern seit 1982 (Koop. mit Gruppe der Johns-Hopkins-Univ. Baltimore)

Werner K r a u s e; Jahrgang 1938; Professor am Psychologischen Institut der Universität Jena; Promotion zu Fragen des Strategieerwerbs im elementaren Problemlösen an der Humboldt-Universität Berlin 1969; Habilitation an der Humboldt-Universität Berlin auf dem Gebiet der Allgemeinen Psychologie 1978; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Elementaranalyse von Denkprozessen mit experimentalpsychologischen und neurowissenschaftlichen Methoden

Michael M ü l l e r; Jahrgang 1967; stellvertretender Leiter der Forschungsgruppe Wissenserwerb am Bayerischen Forschungsinstitut für wissensbasierte Systeme; Promotion zu einer Theorie der Interessanztheit an der Universität Erlangen – Nürnberg 1998; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Data Mining, Wissensmanagement

Jürgen P t u c h a; Jahrgang 1966; Diplompsychologe mit einer Arbeit zur mathematischen Modellierung kognitiver Prozesse des induktiven Denkens an der Ruprecht – Karls – Universität Heidelberg 1992; Promotion über analoges Problemlösen im Bereich technischer Kreativität an der Friedrich –

Schiller – Universität Jena 1996; tätig als forensischer Psychologe, z.Zt. in Verhaltenstherapie - Ausbildung

Bärbel S c h a c k; Jahrgang 1952; wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Medizinische Statistik und Informatik der Univ. Jena; Mathematikstudium in Jerewan/Armenien 1970-1975; Promotion zur Existenz stochastischer Felder mit abhängigen Komponenten an der Mathematischen Fakultät der Univ. Jena 1980; Habilitation zur dynamischen Spektralanalyse biologischer Signale an der TU Ilmenau 1979; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Biosignalanalyse; multivariate dynamische Spektralanalyse kognitiver Prozesse

Gerhard S c h ä f e r, Jahrgang 1948; Professor am Theoretisch – Physikalischen Institut der Universität Jena; Promotion zu Fragen der Atomspektren in expandierenden Universen; Habilitation an der Universität Konstanz auf dem Gebiet der Quantenfeldtheorie in gekrümmten Raumzeiten 1983; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Gravitationswellen, relativistische Doppelsternsysteme

Gundula S e i d e l; geb. am 19. 7. 1967; 1987-1990 Studium an der Fachschule für Angewandte Kunst in Schneeberg, danach berufstätig als Designerin in der Plauener Spitze GmbH; 1993-1998 Psychologiestudium an der FSU Jena, Diplomarbeit im Bereich Allgemeine Psychologie; seit 1999 Promotionsstudentin am LS Allgemeine Psychologie der FSU Jena; Thema: Doppelrepräsentation bei mathematisch Hochbegabten

Erdmute S o m m e r f e l d; Jahrgang 1943; Hochschuldozentin am Institut für Allgemeine Psychologie der Universität Leipzig; Promotion zur Analyse und Synthese von Problemlöseprozessen an der Akademie der Wissenschaften der DDR 1979; Habilitation zur Thematik "Mathematisch-psychologische Elementaranalysen der Wissensstrukturierung und Informationsverarbeitung" an der Humboldt-Universität zu Berlin 1993; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Elementaranalyse von Denkprozessen, Methoden zur Modellierung und Messung kognitiver Leistungen

Horst S p e r l i c h; Jahrgang 1937; Leiter des Instituts für Maschinenelemente und Konstruktion der TU Ilmenau; 1970 Promotion zur Messung der Positionen künstlicher Erdsatelliten; 1983 Habilitation zum Gestalten im Konstruktionsprozeß; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Gestaltungslehre und Konstruktionskritik in der Konstruktionsmethodik

Klaus S p i e s; Jahrgang 1930; von 1980 bis 1995 Professor und Institutsdirektor am Institut für Bergbaukunde II der RWTH Aachen; Promotion 1956 an der RWTH Aachen; Habilitation 1963 an der TU Berlin; 1993 Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Schlesische Technische Hochschule Gleiwitz; 25 Jahre Forschungs- und Industrietätigkeit, davon 13 Jahre als Geschäftsführer in zwei großen Maschinenfabriken; Schwerpunkt während der gesamten Berufstätigkeit: Entwicklung neuer Technologien im Bergbau, im Maschinenbau, in der Bau- und Hüttenindustrie; mehr als 170 Patente und Patentanmeldungen, von denen etwa ca. 100 genutzt wurden und 30 weltweite Verbreitung fanden

Herbert S t o y a n; Jahrgang 1943; Professor am IMMD der Universität Erlangen – Nürnberg; Promotion zu Fragen der Marxistisch – Leninistischen Erkenntnistheorie 1970 Dresden; Habilitation

in Praktischer Informatik an der Universität Erlangen – Nürnberg 1986; aktuelle Forschungsschwerpunkte: Wissenserwerb, Wissensrepräsentation, historische und technische Informationssysteme
Thomas W e t h; Jahrgang 1958; Studium Mathematik/Physik (Lehramt Gymnasien), Referendariat in Erlangen und Würzburg; Studienrat am Bayernkolleg Schweinfurt; Assistent am Lehrstuhl für Did. d. Mathematik Uni Würzburg (Vollrath); Dissertation zum Thema: "Zum Verständnis des Kurvenbegriffs im Mathematikunterricht" (erschieden bei Franzbecker); Habilitation zum Thema: "Begriffsbildung als kreatives Tun im Mathematikunterricht" (erscheint Juli/August 99 bei Franzbecker); Privatdozent an der Uni Würzburg; seit Oktober 1998 Ordinarius für Didaktik der Mathematik an der Universität Erlangen / Nürnberg (EWF Nürnberg); Forschungsgebiete: Kreativität im Mathematikunterricht, Computereinsatz im Mathematikunterricht und Verbalisierung im Mathematikunterricht

Heinrich W i n t e r; Jahrgang 1928, em. Professor für Didaktik der Mathematik an der RWTH Aachen; seit 1969 als ordentlicher Professor in der Mathematikdidaktik (Neuss, Dortmund, Aachen) tätig; Forschungsschwerpunkte: Heuristik und Probleme der Curriculum-entwicklung des Mathematikunterrichts in allgemeinbildenden Schulen

Bernd Z i m m e r m a n n; Jahrgang 1946; Professor für Mathematikdidaktik an der Fakultät für Mathematik und Informatik der Friedrich-Schiller Universität Jena, Diplom in Mathematik; 2. Staatsexamen in Mathematik und Physik; ca. 10 Jahre Lehrer für Mathematik und Physik; Promotion über mathematische Problemlöseprozesse; Habilitation über Geschichte mathematischer Heuristik und Vorstellungen über Mathematik und Mathematikunterricht; Hauptforschungsschwerpunkt: mathematisches Problemlösen