

Mathematik in Klagenfurt

**Clemens Heuberger, Barbara Kaltenbacher, Gert Kadunz,
Winfried Müller, Christine Nowak, Werner Peschek,
Jürgen Pilz, Christian Pötzsche, Franz Rendl**

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Nach der mit drei Neuberufungen in den Jahren 2011 und 2012 nunmehr abgeschlossenen Umstrukturierung des Mathematik-Instituts an der Universität Klagenfurt soll dieser Artikel die Mathematik in Klagenfurt, vertreten durch das Institut für Mathematik, das Institut für Statistik und das Institut für Didaktik der Mathematik, vorstellen. Einen Schwerpunkt dieses Berichts bildet die Beschreibung der aktuellen Forschungsgebiete nach der Neustrukturierung des Instituts in den Jahren 2011/12, eingeleitet durch einen kurzen Abriss der Entwicklung der Mathematik in Klagenfurt.

Entwicklung der Mathematik in Klagenfurt

Das Institut für Mathematik an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (AAU) wurde 1974 mit den Arbeitsschwerpunkten „Mathematik“ und „Fachdidaktik der Mathematik“ errichtet, beides vertreten durch Willibald Dörfler und Roland Fischer, als Professoren für „Mathematik mit besonderer Berücksichtigung der Didaktik“. Hermann Kautschitsch, der dem Institut später lange Jahre als außerordentlicher Professor angehörte, war damals Assistent bei Dörfler. Ab 1976 gab es eine dritte Lehrkanzel, geleitet durch Haro Stettner, in diesem Jahr kam auch – damals als Assistentin – Christine Nowak ans Institut. Innerhalb der Algebra entwickelte sich die Kryptographie, vertreten vor allem durch den seit 1975 dem Institut angehörenden Winfried Müller als weiterer Schwerpunkt in Forschung und Lehre. Weitere Personen, die schon in diesen frühen Jahren an das damalige Institut für Mathematik kamen und seither an unserer Universität tätig waren, sind Werner Peschek (ab 1976), Manfred Borovcnik (ab 1979), Konrad Krainer (ab 1983), Gert Kadunz (ab 1991) und Günther Ossimitz (ab 1983), von dem wir uns im Jänner dieses Jahres nach einer langen schweren Erkrankung leider viel zu früh verabschieden mussten. Fast von Anfang an, nämlich seit 1977, ist Frau

Christa Mitterfellner Sekretärin am Institut für Mathematik.

Mit den Berufungen von Jürgen Pilz im Jahr 1994 und jener von Franz Rendl im Jahr 1998 kamen die Bereiche „Angewandte Statistik“ und „Operations Research“ hinzu. Die Abteilung „Didaktik der Mathematik“ wurde 2004 als selbstständige Abteilung und seit 2007 als eigenes Institut in die Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung übergeführt. Die Arbeitsgruppe „Angewandte Statistik“ ging mit Gründung der Fakultät für Technische Wissenschaften am 1.1.2007 in ein eigenes Institut für Statistik über.

Die Veranstaltung von internationalen Fachtagungen zur Didaktik der Mathematik, zur Visualisierung in der Mathematik und zur Allgemeinen Algebra sowie die Organisation mehrerer ÖMG-Tagungen haben wesentlich zur Bekanntheit und zum Ansehen des Instituts beigetragen. Seit über 30 Jahren werden von Mitgliedern des Instituts Buchreihen herausgegeben, die ebenfalls internationale Anerkennung fanden. Dazu zählt die *Schriftenreihe Didaktik der Mathematik*. Hier finden sich neben Monografien auch eine Reihe von Tagungsbänden zu den international beachteten Kärntner Symposien zur Mathematikdidaktik – die von Willi Dörfler und Roland Fischer initiiert wurden – sowie zahlreiche Bände zu Fragen der Visualisierung, für die Hermann Kautschitsch verantwortlich zeichnete. Eine weitere Reihe stellen die *Contributions to General Algebra* dar. Sie repräsentieren neben anderen die algebraischen Leistungen des Instituts.

Unter den vielfältigen Ämtern, die von Institutsmitgliedern innerhalb unserer Universität ausgeübt worden sind, sind die Rektorate von Willibald Dörfler (1993–1999) und Winfried Müller (1999–2003) hervorzuheben.

Nachdem infolge einer Reihe von Pensionierungen und Emeritierungen in den Jahren 2010–2012 ein Generationswechsel abzusehen war, arbeitete das Institut für Mathematik einen umfassenden Plan zur Neuorientierung aus, mit der Grundidee einer noch stärkeren Fokussierung in Richtung Angewandte Mathematik. Dieser Plan wurde vom Rektorat im Wesentlichen übernommen und führte zur erfolgreichen Neustrukturierung des Instituts mit den zwei Forschungsschwerpunkten *Angewandte Analysis* und *Diskrete Mathematik*, deren personelle Ausstattung mit jeweils zwei Professoren- und vier Assistentenstellen vorgesehen wurde. Dem entsprachen die Neuberufungen in den Jahren 2011 und 2012 von Barbara Kaltenbacher und Christian Pötzsche im Bereich der Angewandten Analysis sowie von Clemens Heuberger im Bereich der Diskreten Mathematik und die Einstellung einer Reihe von Wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (siehe Foto auf Seite 45).

Mathematikstudium an der AAU Klagenfurt

Zu den von den Instituten für Mathematik, Statistik und Didaktik der Mathematik in erfolgreicher Zusammenarbeit angebotenen Studien zählen das Bachelorstudium „Technische Mathematik“ (bis 2011/12 „Technische Mathematik und Daten-



Abbildung 1: Die alten und neuen Mitglieder des Instituts für Mathematik nach dem erfolgreichen Generationswechsel (aufgenommen im Jänner 2013).

analyse“), das Masterstudium „Technische Mathematik“, das Lehramtsstudium „Unterrichtsfach Mathematik“ sowie das technische und das naturwissenschaftliche Doktoratsstudium mit den Dissertationsgebieten „Technische Mathematik“ und „Didaktik der Mathematik“.

Den Neubesetzungen am Institut und der damit verbundenen fachlichen und personellen Verstärkung bzw. Neuorientierung wurde mit der Ausarbeitung von neuen Studienplänen für das Bachelor- und Masterstudium „Technische Mathematik“ Rechnung getragen (Inkrafttreten Bachelor 2012/13, Inkrafttreten Master voraussichtlich 2013/14). Diese bieten jeweils nach einer fundierten, breiten mathematischen Pflichtausbildung Vertiefungsmöglichkeiten in den Schwerpunkten Angewandte Analysis, Angewandte Statistik und Diskrete Mathematik. Wesentliche Elemente der Anwendungsorientierung sind die in einem Betrieb oder bei einer außeruniversitären Forschungseinrichtung zu absolvierende mehrwöchige Praxis sowie das Praktikum, in dem die Studierenden konkrete Problemstellungen einer mit mathematischen Methoden zu erarbeitenden Lösung zuführen. Erweite-

rungsfächer aus Informationstechnik und Informatik ermöglichen den Einstieg in einschlägiges interdisziplinäres Arbeiten im Bereich der an der AAU angebotenen technischen Fächer.

Das Lehramtsstudium Mathematik ist an der AAU mit den Unterrichtsfächern Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Slowenisch, Geographie und Wirtschaftskunde, Geschichte, Sozialkunde und politische Bildung, Informatik und Informatikmanagement kombinierbar. Darüber hinaus spielt das Institut für Didaktik der Mathematik mit den Universitätslehrgängen „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen – Mathematik“ und „Fachbezogenes Bildungsmanagement“ sowie dem „Doktorand/inn/enkolleg Didaktik der Mathematik“ eine wichtige Rolle in der Lehrerfortbildung.

Weiters bieten die genannten drei Institute als Serviceleistung Lehrveranstaltungen in den Bereichen Informatik, Informationstechnik und Betriebswirtschaftslehre an.

Forschung an der AAU Klagenfurt

Wesentliche Aspekte der mathematischen Forschung an der AAU sind zum einen schon seit Anbeginn die besondere Berücksichtigung der Didaktik, zum anderen die durch die Einrichtung neuer technischer Institute und Studienrichtungen an der AAU ab 2007 sowie die oben erwähnte Neuorientierung verstärkte Angewandte Mathematik. Letzterer wurde kürzlich durch die Etablierung eines interdisziplinären Forschungsschwerpunkts *Modellierung, Simulation und Optimierung* unter anderem auch im Entwicklungsplan der Universität für 2013–2015 Rechnung getragen. Der Didaktikbereich zählt schon seit vielen Jahren zu den wichtigsten Zentren der Mathematikdidaktik innerhalb des deutschen Sprachraums und ist auch darüber hinaus international äußerst anerkannt.

Institut für Mathematik – Forschungsschwerpunkt Angewandte Analysis

Dynamische Systeme. Dynamische Systeme sind abstrakte mathematische Modelle für reale Vorgänge, die sich zeitlich ändern. Folglich reicht ihr breites Anwendungsspektrum traditionell von der Physik über die Biologie bis zu den Sozial-, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften. Üblicherweise werden dynamische Systeme durch (evolutionäre) Differential- und Differenzgleichungen erzeugt. Insbesondere für Modelle aus den Anwendungen sind Letztere hierbei so kompliziert, dass sie sich einer expliziten Lösung entziehen. Aus diesem Grund ist es essentiell, sog. *geometrisch-qualitative Methoden* einzusetzen, welche Aussagen über das Langzeit-Verhalten von Lösungen erlauben, ohne diese explizit zu kennen. Dies geschieht z.B. dadurch, die geometrische Feinstruktur des Raums aller möglichen Zustände eines Systems möglichst detailliert zu beschreiben. Daraus ergeben sich Informationen über die zeitliche Evolution eines Problems in

Abhängigkeiten von etwa den Anfangsdaten oder externen Parametern.

Der Schwerpunkt unseres Arbeitsfelds liegt im Bereich dynamischer Systeme unter zeitlich-variablen äußeren Einflüssen – man spricht von *nichtautonomen Systemen*. Bevor hierbei konkrete Anwendungsbeispiele angegangen werden können, gilt es zunächst, die erforderlichen theoretischen Grundlagen bereitzustellen. Dies erfordert eine Erweiterung der klassischen Theorie in verschiedener Hinsicht:

— Dynamisch-relevante Objekte (Grenzmengen, Attraktoren oder invariante Mannigfaltigkeiten) sind Teilmengen des erweiterten Zustandsraums, der neben dem Ort auch die Zeit widerspiegelt. Sinnvoll erklärte Grenzmengen und Attraktoren benötigen ferner ein adäquates Konvergenz-Konzept um deren Invarianz zu garantieren – man spricht von Pullback-Konvergenz.

— Da Eigenwerte bei zeitabhängigen Situationen keine Stabilitätsinformation liefern, sind verschiedene alternative Spektralkonzepte zu untersuchen, wie das Lyapunov- und das Sacker-Sell-Spektrum. Insbesondere bei Letzterem hat sich eine Brücke zur Operatortheorie als tragfähig erwiesen, welche dynamische Eigenschaften mit den Spektrum von Shift-Operatoren auf geeigneten Folgenräumen verbindet.

— Es kann nicht erwartet werden, dass nichtautonome Gleichungen konstante oder periodische Lösungen besitzen. Im Hinblick auf lokale und globale Dynamik stellt sich folglich die Frage nach alternativen Referenzlösungen.

Das Ziel dieser Überlegungen soll eine anwendbare Verzweigungstheorie sein, die das asymptotische Verhalten nichtautonomer dynamischer Systeme mittels verifizierbarer Kriterien beschreibt. Die dazu erforderlichen Methoden sind analytischer, wie auch numerischer Natur. Die Arbeitsgruppe besteht gegenwärtig aus einem Professor (Christian Pötzsche) und einer Universitätsassistentin (Evamaria Russ).

Qualitative Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und Anwendungen. Die Schwerpunkte der Tätigkeit von Christine Nowak am Institut sind Forschungsbeiträge zur qualitativen Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen, insbesondere Existenz-, Eindeutigkeits- und Stabilitätsanalysen, sowie Anwendungen mathematischer Methoden in Industrie- und Wirtschaftsbereichen.

Obwohl es eine überaus große Anzahl an Publikationen zur Fundamentaltheorie gewöhnlicher Differentialgleichungen gibt, sind die in der Literatur bekannten Kriterien vielfach nur von theoretischem Interesse und bereits bei einfachsten konkreten Problemen nicht anwendbar. Gemeinsam mit Haro Stettner hat Christine Nowak für den skalaren Fall eine verallgemeinerte Lipschitzbedingung entwickelt, die eine Abschätzung des Richtungsfelds in einer „beliebigen“ Richtung erlaubt und in vielen Fällen anwendbar ist, in denen die klassische Bedingung versagt. Eine Übertragung für höhere Dimensionen ist noch ausständig. Die Frage, unter welchen Annahmen die Umkehrung von Eindeutigkeitskriterien Nicht-

eindeutigkeitsaussagen liefert, führt zu interessanten Resultaten. In technischen Bereichen können Eindeutigkeitskriterien mit Lyapunov-Funktionen, die im Zusammenhang mit Stabilitätsanalysen oft vorliegen, nützlich sein. Gemeinsam mit Josef Diblík (TU Brno) arbeitet Christine Nowak an der Herleitung von Kriterien mit der topologischen Methode von Wazewski.

Ihre Mitarbeit in bzw. Leitung von Industrieprojekten (u.a. österreichische Draufkraftwerke, BBU-Chemie GmbH, Philips Haushaltgerätekwerk Klagenfurt, Joh. Offner Holzindustrie GmbH [FFG-Projekte]) beinhaltete Entwicklung und Implementierung numerischer Verfahren sowie von Verfahren der diskreten Optimierung.

Inverse Probleme. Das Forschungsgebiet der Inversen Probleme beschäftigt sich mit dem Deduzieren solcher Größen, die direkten Messungen nicht zugänglich sind, aus indirekten Beobachtungen. Derartige Problemstellungen spielen in einer Vielzahl von Anwendungen in Technik, Naturwissenschaften, Medizin bis hin zu den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften eine Rolle. Die in unserer Arbeitsgruppe bearbeiteten Anwendungen liegen in Bereichen wie Materialcharakterisierung und -modellierung, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung und Bildverarbeitung. Die meisten dieser hochkomplexen Systeme und Prozesse werden durch gewöhnliche oder partielle Differentialgleichungen beschrieben. Dementsprechend sind auch mathematische Modellbildung sowie Analysis und Numerik partieller Differentialgleichungen wesentlicher Bestandteil unserer Arbeit. Insbesondere beschäftigen wir uns mit hysteresebefahenen Vorgängen bei sogenannten intelligenten Materialien und mit Modellen der nichtlinearen Akustik (FWF-Projekt *Mathematics of Nonlinear Acoustics*, Leiterin Barbara Kaltenbacher) und unsere Beiträge reichen von der qualitativen Analyse über numerische Lösungsverfahren (nichtreflektierende Randbedingungen, Mehrfeldprobleme, Zeitintegration) bis hin zur Optimierung und zum eigentlichen Kerngebiet unserer Expertise, der Identifikation.

Die spezielle Herausforderung in der numerischen Lösung inverser Probleme liegt in deren inhärenter Instabilität in dem Sinn, dass kleine Störungen in den gemessenen Daten zu großen Abweichungen in der Lösung führen können. Daher müssen sogenannte Regularisierungsverfahren entwickelt und angewendet werden, um die Lösung des inversen Problems entlang eines stabilen Pfads zu approximieren. Da es sich in den genannten Anwendungen um hochdimensionale Problemstellungen handelt, spielt hier auch Effizienz eine wesentliche Rolle. Zu diesem Zweck verfolgen wir methodisch multilevel-Mehrgitter und adaptive Diskretisierungsstrategien. Eine weitere wesentliche Fragestellung ist die Identifizierbarkeit, das heißt, ob die Information aus den indirekten Beobachtungen ausreicht, um die gesuchten Größen eindeutig festzulegen. Die Wahl der Regularisierungsterme beeinflusst entscheidend das Ergebnis der Regularisierung; deshalb ist ein wichtiges, uns beschäftigendes Forschungsthema die Regularisierung in allgemeinen

und insbesondere auch in nichtreflexiven Banachräumen, welche beispielsweise in der Bildverarbeitung eine wichtige Rolle spielen und große mathematische Herausforderungen bei der Entwicklung und Analyse von Regularisierungsmethoden stellen (Elise Richter-Projekt *Regularisierungsmethoden in Banachräumen*, Leiterin Elena Resmerita).

Die Arbeitsgruppe besteht zurzeit aus Barbara Kaltenbacher, Elena Resmerita und Romana Boiger, sowie – aus Drittmitteln finanziert – Rainer Brunnhuber, Vanja Nikolić und Christiane Pöschl.

Institut für Mathematik – Forschungsschwerpunkt Diskrete Mathematik

Diskrete Mathematik. Die Interessen der Arbeitsgruppe Diskrete Mathematik umfassen Kombinatorik, Zahlentheorie, Mathematische Analyse von Algorithmen, Angewandte Algebra, Kryptographie und Graphentheorie.

Die Mathematische Analyse von Algorithmen wurde durch Donald Knuth als Gebiet umrissen. Ziel ist es, Parameter von diskreten Algorithmen, wie die Laufzeit, einer präzisen probabilistischen und asymptotischen Analyse zuzuführen. Als Hilfsmittel werden häufig Methoden der Kombinatorik, theoretischen Informatik, Wahrscheinlichkeitstheorie und der komplexen Analysis herangezogen. Einen Schwerpunkt in diesem Bereich am Institut bilden die effiziente Implementation und die Analyse von arithmetischer Operationen in abelschen Gruppen wie z.B. in der Punktgruppe elliptischer Kurven. Dies findet Anwendungen in der asymmetrischen Kryptographie.

Die Kryptographie bildet wie eingangs erwähnt seit vielen Jahren einen Forschungsschwerpunkt des Instituts. Derzeit wird etwa in einem von der FFG geförderten Forschungsprojekt mit der Villacher Firma *Technikon* und der FH Hagenberg an der Entwicklung und Adaptierung von Verfahren der Kryptographie und der Codierungstheorie für den Einsatz im Zusammenhang mit *Physically unclonable functions* gearbeitet. Dabei werden Unterschiede, die sich im Fertigungsprozess von Chips natürlich ergeben, verwendet, um diese eindeutig identifizierbar zu machen und um kryptographische Schlüssel daraus zu generieren.

Neben den Anwendungen der Algebra und Zahlentheorie in der Kryptographie werden Rekursionsfolgen, Polynome, Polynomfunktionen und rationale Funktionen auf kommutativen Ringen, insbesondere Restklassenringen und endlichen Körpern, theoretisch untersucht. Die Entwicklung und Analyse effizienter Algorithmen etwa zum Auswerten von Polynomfunktionen oder Primzahltests spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Im Bereich der Graphentheorie werden extremale Graphen bzgl. verschiedener topologischer Indizes charakterisiert und asymptotisch analysiert. Als Indizes werden beispielsweise der Wiener-Index (Summe der paarweisen Distanzen der Kno-

ten), Merrifield-Simmons-Index (Anzahl der unabhängigen Knotenmengen) und der Hosoya-Index (Anzahl der Matchings) untersucht. Solche Indizes sind auch in der theoretischen Chemie von Interesse, wo versucht wird, physiko-chemische Eigenschaften von Molekülen durch Indizes der zugehörigen Graphen zu verstehen.

Die Arbeitsgruppe besteht zurzeit aus einem Professor (Clemens Heuberger), weiters aus Willibald More, Nina Haug (derzeit karenziert), Sara Kropf als Vertretung sowie einem aus Drittmitteln finanzierten wissenschaftlichen Mitarbeiter (Benjamin Hackl). Weiters wird sie durch em.Prof. Winfried Müller in Forschung und Lehre unterstützt.

Optimierung. Die Forschungsinteressen der Arbeitsgruppe Optimierung liegen in der algorithmischen Behandlung von NP-schweren kombinatorischen Optimierungsaufgaben. Da für derartige Probleme keine effizienten Algorithmen bekannt sind und möglicherweise gar nicht existieren, stellt sich aus praktischer Sicht die Frage nach effizienten Näherungsmethoden.

Der jetzt schon „klassische“ Zugang mittels polyedrischer Kombinatorik hat sich für eine Vielzahl von Problemklassen als sehr zufriedenstellend herausgestellt, Stichwort „Rundreiseproblem“. Dieser Zugang basiert auf linearen Relaxierungen und verwendet als algorithmisches Zugpferd die Simplexmethode mit ihren reichhaltigen Reoptimierungsmöglichkeiten, die eine iterative Verfeinerung der Approximation erheblich erleichtern.

Bei einer Reihe von Graphenproblemen hat sich allerdings gezeigt, dass man mit rein linearen Ansätzen die Menge der zulässigen Punkte des Problems nur sehr ungenau beschreiben kann. Beispielhaft seien hier das Problem der Bestimmung der chromatischen Zahl eines Graphen und das Maximalschnittproblem genannt. Diesen Problemen ist gemeinsam, dass sie auf natürliche Weise als Optimierungsaufgabe mit quadratischer Zielfunktion auf einer relativ einfachen kombinatorischen Struktur darstellbar sind.

Der polyedrische Zugang erfordert entweder eine stückweise lineare Approximation oder eine höherdimensionale Einbettung des Problems. Im Gegensatz dazu bieten „Matrixrelaxierungen“ die Möglichkeit, quadratische Terme direkt zu behandeln. Dabei wird die zulässige Menge, bestehend aus semidefiniten Matrizen mit Rang 1, eingebettet in den Kegel der semidefiniten Matrizen.

Die Arbeitsgruppe untersucht solche Matrixrelaxierungen in Verbindung mit konvexer Analysis. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf linearen Optimierungsaufgaben über dem Kegel der positiv semidefiniten Matrizen, die Nichtlinearität liegt somit nur im Kegel. Die Variablen bei derartigen Problemen sind semidefinite symmetrische Matrizen, deren Elemente noch zusätzliche lineare Bedingungen erfüllen. Eine Reihe von Graphenzerlegungsproblemen führt auf derartige Matrixrelaxierungen. Die algorithmische Herausforderung liegt in der Behand-

lung großer Instanzen, etwa mit Matrizen der Ordnung 1.000 und einer Vielzahl an kombinatorischen Nebenbedingungen. Dazu werden neben Standardmethoden der nichtlinearen Optimierung auch Subgradientenmethoden und Projektionstechniken verwendet. Die von der Arbeitsgruppe betreute Internetseite BiqMac (<http://biqmac.uni-klu.ac.at>) bietet die Möglichkeit, quadratische Probleme mit 0-1-Variablen exakt zu lösen.

Die Arbeitsgruppe hat in den letzten Jahren an mehreren EU-Projekten teilgenommen und besteht aus einem Professor (Franz Rendl), einer Dozentin (Angelika Wiegele) und einem Universitätsassistenten (Philipp Hungerländer).

Institut für Mathematik – Didaktik und Philosophie der Mathematik

Neben den genannten Fachgebieten der Mathematik werden am Institut auch Fragen des Lehrens und Lernens von Mathematik von Willi Dörfler und Gert Kadunz untersucht. In den letzten Jahren konzentrierten sich die entsprechenden Arbeiten auf Fragen des Verhältnisses von Semiotik und Mathematikdidaktik, auf Fragen der Visualisierung, auf das Lernen von Geometrie und auf den Einsatz des Computers im Unterricht. In Ergänzung zu diesen Fragestellungen werden auch Grundlagenfragen der Mathematikdidaktik aus epistemologischer und ontologischer Sicht behandelt. Als Beispiele seien die Verwendung der Semiotik des Charles S. Peirce sowie der Philosophie der Mathematik des Ludwig Wittgenstein genannt. Resultate dieser Arbeiten finden sich in jüngst publizierten Bänden.

Administrativ und technisch unterstützt wird das Institut für Mathematik derzeit durch Christa Mitterfellner, Anita Wachter, Claudia Waldemeier und Andreas Starchel.

Institut für Statistik

Mit der Gründung der Fakultät für Technische Wissenschaften entstand im Jahr 2007 aus der früheren Abteilung für Angewandte Statistik (1994–2006 am Institut für Mathematik beheimatet) das Institut für Statistik, dem sich der damalige Inhaber des Lehrstuhls für „Analysis unter besonderer Berücksichtigung der Didaktik der Analysis“, Haro Stettner, anschloss.

Das Institut für Statistik wird seit seiner Gründung von Jürgen Pilz geleitet, hat zwei weitere assoziierte Professoren (Manfred Borovcnik und Gunter Spöck), einen Universitätsassistenten (Albrecht Gebhardt) und wird in Forschung und Lehre von Em.Prof. H. Stettner, vom über ein EU-Projekt angestellten Projektassistenten Daniel Kurz und von mehreren ehemaligen Doktoranden und Absolventen unterstützt (H. Kazianka, ÖNB; H. Lewitschnig, Infineon; G. Buchacher, Hypo Alpe-Adria-Bank). Hinzu kommen in regelmäßiger Folge pakistanische Doktoranden, die über ein Stipendium (Higher Education Commission of Pakistan)

am Institut forschen und promovieren; im Februar 2013 hat M. Mohsin sein Doktoratsstudium erfolgreich abgeschlossen, F. Khan beginnt im März 2013 mit dem PhD-Studium. Im aktuellen Entwicklungsplan der Univ. Klagenfurt ist ab Herbst 2014 die Einrichtung einer weiteren Professur „Stochastische Prozesse“ geplant. In der Forschung wird am Institut für Statistik in folgenden Themenbereichen gearbeitet:

- Statistische Bildung (Educational Statistics, M. Borovcnik)
- Biometrie und medizinische Statistik (M. Borovcnik und H. Stettner), einschließlich medizinisch-statistischer Bildverarbeitung (J. Pilz und G. Spöck)
- Räumliche Datenanalyse (Spatial Statistics) sowie statistische Versuchspaltung und deren Anwendungen in den Ingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften (J. Pilz, G. Spöck, A. Gebhardt und H. Kazianka)
- Computational Statistics inkl. Entwicklung von statistischer Software (G. Spöck, A. Gebhardt, H. Kazianka).

In der räumlichen Statistik, die von Anfang an einen Schwerpunkt der Forschung am Institut bildet, beschäftigen wir uns mit der Modellierung und Analyse von mehrdimensionalen Daten, die raum-zeitlichen Prozessabläufen unterliegen. Im Mittelpunkt stehen dabei Bayessche Methoden, die neben aktuellen Daten auch subjektive Daten (z.B. Expertenwissen) in die statistischen Analysen einbeziehen, und Copula-basierte Methoden, mit denen es möglich ist, mehrdimensionale Verteilungen zu untersuchen, bei denen die einzelnen Komponenten nicht stochastisch unabhängig voneinander sein müssen und jeweils verschiedenen Verteilungsgesetzen genügen können. In jüngster Zeit ist dabei die Analyse und Entwicklung sogenannter *objective priors* in den Fokus gerückt; dies sind (verallgemeinerte) a priori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die invariant gegenüber Parametertransformationen sind und keine unerwünschten zusätzlichen Informationen in die Randverteilung der Daten einbringen, andererseits aber zu normierten a posteriori-Verteilungen führen. Das breite Anwendungsspektrum dieser Forschungsergebnisse hat in der Vergangenheit zu mehreren EU-Projekten geführt, u.a. im Bereich des europaweiten statistischen Umweltmonitoring (*Center for information and valorisation of European radioactive contaminated territories* und *Interoperability and Automatic Mapping of Environmental Variables*) sowie der Sicherheit der Kommunikation in quantenkryptographischen Computer-Netzwerken (*Secure Communication in Quantum Cryptographic Networks*). Auf dem Gebiet der Bayesschen räumlichen Statistik wurden Forschungsergebnisse mit hoher internationaler Sichtbarkeit erzielt, die sich u.a. in Publikationen in internationalen Top-Journalen, in der Mitwirkung in Editorial Boards renommierter Statistik-Zeitschriften und der Einladung zur maßgeblichen Mitwirkung an der 2011 im Springer-Verlag erschienenen *International Encyclopedia of Statistical Science* widerspiegeln.

Die Forschungen zur (medizinisch-)statistischen Bildverarbeitung werden seit Jahren in Kooperation mit dem größten außeruniversitären Forschungszentrum

Kärntens, der Carinthian Tech Research (CTR) AG in Villach, durchgeführt. Diese Kooperation hat zu mehreren FFG-Projekten (inkl. eines BRIDGE-Projekts) geführt; das Institut für Statistik ist ein gefragter Partner im Rahmen des von der CTR AG geführten COMET-K1-Zentrums. Daneben hat sich in der Forschung ein weiterer Schwerpunkt, „Statistische Methoden der Zuverlässigkeits- und Risikoanalyse in der Halbleiterindustrie“, herausgebildet, der insbesondere durch die enge Kooperation des Instituts mit der Siemens Infineon AG und dem Kompetenzzentrum für Automobil- und Industrieelektronik (KAI), beide in Villach beheimatet, forciert wurde. Diese Kooperation hat zu einer ganzen Reihe von Diplomarbeiten und Dissertationsprojekten geführt, in denen u.a. folgende Themen behandelt wurden:

- Statistische Methoden für Run-to-Run Control in der Halbleiterlithographie
- Advanced Process Control (APC) auf der Basis von multivariaten Kontrollkarten und Bayesschen Dynamischen Modellen
- Statistische Methoden der Drifterkennung bei elektrischen Testparametern und der Bewertung von Burn-in-Strategien zur Erkennung von Frühausfällen
- Statistische Versuchsplanung im Hinblick auf beschleunigte Lebensdauertests und Zuverlässigkeitsanalysen.

Gegenwärtig sind Mitarbeiter des Instituts für Statistik im ENIAC-EU-Projekt „EPT300“ unter Koordination der Infineon AG mit der Modellierung von Frühausfällen von Chips für die neue 300 mm-Wafer-Technologie befasst.

Einen Schwerpunkt in der forschungsgeleiteten Lehre bilden Bayessche statistische Methoden und deren Anwendungen. Im Rahmen des Masterstudiums „Technische Mathematik“ können sich Studenten in der „Angewandten Statistik“ vertiefen und insbesondere die Anwendung von Bayesschen Methoden in der statistischen Qualitätskontrolle, der Zeitreihenanalyse, der statistischen Versuchsplanung, der räumlichen Datenanalyse und der statistischen Analyse und Klassifikation hyperspektraler Daten kennenlernen.

Institut für Didaktik der Mathematik

Im Jahr 2007 entstand aus der Abteilung für Didaktik der Mathematik (zunächst am Institut für Mathematik, später an der Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung) das Institut für Didaktik der Mathematik. Dem ging ein vom damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur im Jahr 2005 initiiertes und erstfinanzierter Ausbau der Abteilung zu einem „Österreichischen Kompetenzzentrum für Mathematikdidaktik“ voraus. Seit 2012 ist das Institut dem Universitätszentrum *School of Education* zugeordnet. Dem Institut für Didaktik der Mathematik sind zugeordnet bzw. teilzugeordnet die Professoren und Professorinnen Werner Peschek (als Leiter), Roland Fischer und Edith Schneider, ein Emeritus (Willibald Dörfler), weiters zwei Assistenzprofessoren

(Franz Picher, Andreas Vohns), je eine Assistentin mit und ohne Doktorat (Annika Wille, Theresa Krassnigg) sowie ein mitverwendeter Gymnasiallehrer (Bernhard Kröpfl). Administrativ wird das Institut von zwei Sekretärinnen (Margit Pirker-Zedlacher und Susanne Rauchenwald) unterstützt. Eine neu eingerichtete Professur für Didaktik der Mathematik in der Grundschule (die erste derartige Professur in Österreich) soll – mit entsprechender Ausstattung – bis zum Sommer 2013 besetzt werden (Berufungsverfahren läuft).

Im Bereich *Forschung und Entwicklung* wird am Institut insbesondere in folgenden Themengebieten gearbeitet und publiziert:

- Bildungstheoretische Aspekte des Mathematikunterrichts
- Stoffdidaktische, sachanalytische und curriculare Fragen des Mathematikunterrichts
- Mathematische Lernprozesse, kognitive Begriffsentwicklung
- Assessment: PISA, Standards Mathematik für die 8. Schulstufe, Zentralmatura
- Philosophie der Mathematik
- Akzeptanz und Wirksamkeit von Lehrer(innen)bildung (im Aufbau)

Im Bereich der *Lehre* ist das Institut für die fachdidaktische und schulmathematische Ausbildung der Studierenden im Unterrichtsfach Mathematik zuständig. Seit vielen Jahren ist die *Lehrerfort- und Weiterbildung* ein wesentliches Aufgabengebiet des Instituts. Neben zahlreichen Einzelveranstaltungen sind hier insbesondere die seit vielen Jahren von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts durchgeführten, viersemestrigen Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer(innen) – Mathematik“ zu nennen.

Nicht unerwähnt soll schließlich auch das seit 2003 angebotene „Doktorand(inn)enkolleg Didaktik der Mathematik“ bleiben, das auf die *Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses* im Bereich Mathematikdidaktik abzielt, zugleich aber auch ein Angebot für Lehrerinnen und Lehrer darstellt, durch wissenschaftliche (Weiter-)Qualifizierung ihre Professionalität weiterzuentwickeln.

Das Institut ist in der nationalen und internationalen mathematikdidaktischen Community gut verankert und positioniert, seine Mitglieder nehmen innerhalb der wissenschaftlichen Community zahlreiche Funktionen wahr und sind häufig als Gutachterinnen und Gutachter sowie in Beratungsfunktionen tätig.

Institut für Mathematik: Universitätsstraße 65–67, 9020 Klagenfurt
<http://www.uni-klu.ac.at/tewi/tema/math>

Institut für Statistik: Universitätsstraße 65–67, 9020 Klagenfurt
<http://www.stat.aau.at>

Institut für Didaktik der Mathematik: Sterneckerstraße 15, 9010 Klagenfurt
<http://www.uni-klu.ac.at/idm>