MATH⁺: Forschungszentrum der Berliner Mathematik

Uta Deffke im Gespräch mit Martin Skutella,
Christof Schütte und Michael Hintermüller

Das Forschungszentrum der Berliner Mathematik MATH⁺ ist ein institutionen- und disziplinübergreifender Exzellenzcluster, an dem neue Ansätze in der anwendungsorientierten Mathematik erforscht und weiterentwickelt werden. Im Fokus stehen mathematische Grundlagen zur Nutzung immer größerer Datenmengen in den Lebens- und Materialwissenschaften, der Energie- und Netzwerkforschung sowie den Geistes- und Sozialwissenschaften.

MATH⁺ geht mit dem Claim „Transforming the World through Mathematics“ an den Start. Das klingt nach einem großen Anspruch. Wie kann denn Mathematik die Welt verändern?

cs: Unsere Welt wird immer komplexer, die technologische Entwicklung immer schneller und die digitale Revolution durchdringt alle Aspekte unseres Lebens, von der Mobilität und individualisierten Medizin über die Art wie wir produzieren und kommunizieren, bis hinein in unsere sozialen Kontakte. Hinter all dem steckt Mathematik.

Im klassischen Verständnis bedienen sich die Natur- und Ingenieurwissenschaften der Mathematik für die technologische Weiterentwicklung und benötigen dazu mathematische Innovationen. Wir glauben, dass die Mathematik nicht mehr Hilfsmittel sondern Schlüsseltechnologie ist, um die wachsende Komplexität zu beherrschen und die damit einhergehenden Chancen zu nutzen. Denn mit ihrer Fähigkeit zur Abstraktion hat die Mathematik die große Stärke, hinter komplexen Zusammenhängen und immer größeren verfügbaren Datenmengen verborgene Gesetzmäßigkeiten aufdecken zu können. Das ermöglicht ein tieferes Verständnis, bessere Vorhersagen und fundiertere Entscheidungen.

Können Sie das noch etwas konkretisieren?

cs: Nehmen wir beispielsweise das Thema Digitalisierung: Egal, ob wir die Verschlüsselung betrachten, die Steuerung von Systemen und Prozessen oder das maschinelle Lernen – auch hier geht es um die Suche nach geeigneten Modellen, effizienten Algorithmen und deren Optimierung für spezifische Anwendungen.

Dieses Feld bietet ungeheure Herausforderungen, denen sich die Mathematik wesentlich stärker als bisher stellen muss. Hier will MATH⁺ neue Akzente setzen. Und dazu dürfen wir nicht im technologischen Bereich stehen bleiben. Denn Digitalisierung und Verfügbarkeit von Daten spielen auch in anderen Disziplinen eine zunehmend wichtige Rolle. So ist die Mathematik auch gefragt, in Kooperation mit den entsprechenden Fachdisziplinen neue Ansätze beispielsweise zur Beschreibung sozialer Prozesse oder zur Klärung von Konzepten wie Nachhaltigkeit oder

Verantwortung in globalen Veränderungsprozessen zu entwickeln.

Welche Rolle will MATH⁺ bei alledem spielen?

ms: Mit MATH⁺ entsteht ein Forschungszentrum für anwendungsorientierte mathematische Grundlagenforschung. Damit wollen wir ein lebendiges wissenschaftliches Ökosystem schaffen, in dem Mathematikerinnen und Mathematiker aus den drei Berliner Hochschulen FU, HU und TU sowie den außeruniversitären Instituten WIAS und ZIB eng mit herausragenden Vertreter*innen anderer Wissenschaften und diverser Anwendungsdisziplinen aus Industrie, Gesundheitswesen und Gesellschaft zusammenarbeiten.

Unser Ziel ist es, sowohl wissenschaftliche Fortschritte – in der Mathematik selbst wie in anderen Disziplinen –, als auch technologische Innovationen und ein besseres Verständnis sozialer Prozesse zu forcieren.

Hierfür gilt es einerseits, die Mathematik selbst weiterzuentwickeln und dabei ganz neue Wege zu beschreiten. Deshalb umspannt MATH⁺ die gesamte Breite der Mathematik und verschiedene Forschergenerationen. Andererseits wollen wir die interdisziplinäre Vernetzung der Wissenschaften in Berlin mit der Mathematik als zentralem Knotenpunkt weiter vorantreiben, die wir in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten mit MATHEON, der Berlin Mathematical School und dem Einsteinzentrum ECMath schon sehr erfolgreich begonnen haben.

Damit das alles nachhaltig ist, binden wir die Ausbildung von Nachwuchs in Studium und Forschung über unsere international renommierte Graduiertenschule, die Berlin Mathematical School, eng ein.

Welche spannenden Themen liegen zunächst im Fokus?

ms: Unsere Forschungsagenda ist für die ersten Jahre unter anderem durch vier Application Areas und fünf Emerging Fields strukturiert, in denen in einzelnen Projekten anhand spezifischer Probleme neue mathematische Ansätze, Theorien und Methoden entwickelt werden. In den Application Areas – Life Sciences; Materials, Light, Devices; Networks; Energy and Markets – widmen wir uns neuen Aspekten in Gebieten, in denen die Berliner Mathematik

Foto: Felix Noak

Christof Schütte, Michael Hintermüller und Martin Skutella (v. l. n. r.)

traditionell sehr erfolgreich ist. In den Emerging Fields – Extracting Dynamical Laws from Complex Data; Digital Shapes; Model-Based Imaging; Particles and Agents; Concepts of Change in Historical Processes – werden Themen in neuen interdisziplinären Forschungsfeldern bearbeitet, die wir in Kooperation mit renommierten Kolleg*innen identifiziert haben. Dazu gehören insbesondere auch die Geistes- und Sozialwissenschaften. Andererseits befassen wir uns im Rahmen des MATH⁺ Topic Development Labs und darüber hinaus mit grundlegenden Themen aus vielfältigen mathematischen Teilgebieten. Beispielsweise wird sich ein für das Wintersemester 2019/20 geplantes Thematic Einstein Semester mit diversen spannenden Fragestellungen im Umfeld der Algebraischen Geometrie beschäftigen.

In welche Richtung wird es dabei mathematisch gehen?

MH: Eine traditionelle Stärke Berlins ist die anwendungsorientierte Mathematik mit ihrem klassischen Spektrum von Modellierung, Simulation und Optimierung (MSO). Den mathematischen Herausforderungen sowohl der Digitalisierung wie auch der damit verbundenen neuen Anwendungsfelder können wir aber nur begegnen, wenn wir die anwendungsorientierte Mathematik deutlich weiterentwickeln. Im Sinne einer datengetriebenen MSO lassen sich beispielsweise klassische Ansätze der

ab-initio-Modellierung, also der Modellbildung anhand von Grundgesetzen der Natur, mit einer Modellbildung kombinieren, die relevante Strukturen aus (Mess-)Daten „lernt“.

Gleichzeitig müssen wir mathematische Gebiete einbeziehen, die traditionell eher wenig anwendungsnah sind. Damit dieser Brückenschlag gelingt und wir auch für künftige, bislang kaum vorhersagbare mathematische Herausforderungen gerüstet sind, die die sich stetig wandelnde Welt mit sich bringt, wird MATH⁺ die Mathematik in ihrer gesamten Breite fördern.

Warum ist ein multidisziplinärer Cluster für diese Aufgaben die richtige Struktur?

ms: Die komplexen Probleme, vor denen die Gesellschaft und damit auch die Wissenschaft stehen, sind per se oft vielschichtig und verlangen diverse Perspektiven. Also müssen wir Menschen mit ganz unterschiedlichen Expertisen zusammenbringen, die sich über Themen, Herausforderungen oder konkrete Fragestellungen austauschen und gemeinsam an neuen Konzepten, Verfahren und Lösungen arbeiten. Außerdem lehrt die Erfahrung, dass spannende wissenschaftliche Entwicklungen oft an der Schnittstelle von Disziplinen entstehen – sowohl innerhalb der Mathematik selbst als auch zwischen Mathematik und diversen Anwendungsfeldern.

МН: Lassen Sie mich das am Beispiel von bildgebenden Verfahren in der Medizin oder den Materialwissenschaften erläutern. Neben zunehmenden Datenmengen spielen hier oft verschiedene Verfahren, sogenannte Modalitäten, eine zentrale Rolle. Jede Modalität bildet eine spezifische physikalische Information ab, und erst die Kombination vieler Modalitäten ermöglicht deutlich verbesserte Diagnosen. Dafür müssen also verschiedene physikalische Prozesse verbunden, in einem Bild überlagert wiedergegeben, aus Gründen der Vergleichbarkeit geeignet quantitativ gemacht, hinreichend schnell numerisch behandelt und schließlich von Experten interpretiert werden. Damit beschreibe ich Forschungsaufgaben der Physik, der Messtechnik, der angewandten Mathematik, der Informatik und schließlich der Medizin. Und solche Aufgaben multipler Disziplinen können nur in enger Kooperation gelöst werden.

Der Mathematik-Standort Berlin ist hinsichtlich disziplinenübergreifender und anwendungsorientierter Forschung kein unbekannter – mit renommierten einzelnen Instituten, dem Forschungszentrum MATHEON seit 2002, der Berlin Mathematical School (BMS) seit 2006, dem Einstein-Zentrum für Mathematik ECMath seit 2014. Man spricht auch gerne von der „Berliner Mathematik“. Was macht diesen besonderen Geist aus?

MS: Dieser Geist hat sich in den vergangenen 30 Jahren entwickelt. Bereits wenige Tage nach dem Fall der Berliner Mauer haben die mathematischen Institute im Osten und Westen der Stadt Kontakte geknüpft, die nach kurzer Zeit zu ersten Verbundprojekten und längerfristig zu einem kontinuierlichen Zusammenwachsen der mathematischen Community Berlin führten.

Der besondere Geist manifestiert sich in den zahlreichen individuellen Kontakten und Kooperationen: Wir haben gelernt, über die Grenzen von Institutionen und Disziplinen hinweg miteinander zu reden, zusammen zu forschen und gemeinsam wissenschaftliche Veröffentlichungen zu schreiben. Das ist nicht selbstverständlich. Dieser Geist ist auch spürbar, wenn sich Berliner Mathematikerinnen und Mathematiker beispielsweise anlässlich eines BMS Fridays in der Urania treffen, mit einer Tasse Kaffee in der Hand plaudern und dann gespannt einem Vortrag lauschen. Oder wenn wir alle zusammen feiern, wie zuletzt Anfang Oktober in der Mathe-Bib der TU Berlin mit Live-Musik und jeder Menge guter Laune.

Das alles hat maßgeblich zum Erfolg der Marke „Berliner Mathematik“ beigetragen und letztlich die Voraussetzung für die erfolgreiche Einwerbung von MATH⁺ geschaffen.

MATH⁺ kann also auf einer starken Basis aufbauen. Welche neuen Wege wird der Cluster gehen?

MS: Um unsere neuen wissenschaftlichen Ideen umsetzen zu können, müssen wir uns auch hinsichtlich der Rahmenbedingungen weiterentwickeln. Ich möchte hier nur ein paar Beispiele nennen: Wir werden Kooperationen mit neuen Anwendungspartnern aus bislang mathematischen Disziplinen initiieren. Um mathematisch weit

in die Zukunft zu denken und ganz neue mathematische Forschungsfelder zu explorieren, bietet das Topic Development Lab den nötigen intellektuellen Freiraum und den Rahmen für verschiedene Formate des Austauschs mit international renommierten Kolleg*innen. Und wir werden ein soziologisches Forschungsprojekt initiieren, in dem MATH⁺ selbst Gegenstand der Forschung wird. Es wird die Karrierewege und -entscheidungen und dabei auftretende Hindernisse insbesondere für junge Mathematikerinnen untersuchen.

Ein wichtiger Teil des Clusters MATH⁺ ist seine Graduiertenschule, die Berlin Mathematical School BMS. Welche Rolle wird sie einnehmen?

МН: Die BMS ist als Graduiertenschule von Weltruf eine der bislang größten Erfolgsgeschichten der Berliner Mathematik und ein zentraler Bestandteil von MATH⁺. Die Ausbildung junger Mathematikerinnen und Mathematiker gehört zu unseren wichtigsten Aufgaben. Nicht zuletzt auch mit Blick auf die Nachhaltigkeit der in MATH⁺ angestoßenen wissenschaftlichen Entwicklungen.

CS: Hierfür wird die BMS thematisch weiterentwickelt und hinsichtlich der Anzahl geförderter Studierender weiter ausgebaut. Das gilt auch für das Dirichlet Postdoc Programm. Für die kommenden Jahre haben wir uns zum Ziel gesetzt, das Programm der BMS auch im Hinblick auf Karrieren außerhalb des akademischen Bereichs zu stärken, insbesondere mit Blick auf Kompetenzen in den sich vehement entwickelnden Datenwissenschaften.

MATHEON war besonders stark darin, seine Forschungsergebnisse auch tatsächlich in die Anwendung zu bringen. Wird das auch ein Anspruch von MATH⁺ sein?

CS: Ja, da werden wir uns den Erfolg des MATHEON zum Vorbild nehmen. Ziel ist es, diese Stärke der Berliner Mathematik weiter auszubauen. Um das Netzwerk unserer Aktivitäten im Bereich des Wissens- und Technologietransfers zu verstärken, richten wir sogenannte Transfer Units ein. In diesem Rahmen sollen innovative Ideen aus der MATH⁺ Grundlagenforschung aufgegriffen und zusammen mit Industriepartnern zu Demonstratoren für zukünftige Produkte weiterentwickelt werden.

MATH⁺ will über die technologienahen Themen hinaus auch neue Anwendungsgebiete erobern. Wie bringen Sie die Mathematik etwa mit den Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen?

CS: Wir haben in den letzten Jahren eine Reihe von gemeinsamen Workshops zu den verschiedensten Fragestellungen aus diesen Bereichen veranstaltet. Hierbei ging es zum Beispiel um die Klärung von Begriffen wie „Resilienz“, um die Dynamik in sozialen Netzwerken, um Nachhaltigkeitsforschung oder die Modellierung von Veränderungsprozessen in antiken Kulturen. Daraus sind Projekte und auch schon gemeinsame Veröffentlichungen entstanden. Die dabei entwickelten Kontakte zu Partnern aus den Geistes- und Sozialwissenschaften werden Kristallisationskeime für die Aktivitäten von MATH⁺ sein. Man

MATH⁺ in Kürze

- Anwendungsorientierte mathematische Grundlagenforschung
- Getragen von:
 - Freie Universität Berlin (FU)
 - Humboldt-Universität zu Berlin (HU)
 - Technische Universität Berlin (TU)sowie den außeruniversitären Instituten
 - Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS)
 - Zuse-Institut Berlin (ZIB)
- Fördersumme: 52 352 000 Euro (inkl. Overhead)
- Rund 100 mathematische Arbeitsgruppen, repräsentiert durch 25 PIs und 12 Nachwuchswissenschaftler*innen
- 6 neue W3-Professuren
- 6 *tenure track*-Professuren
- 6 neue Nachwuchsgruppen
- Aktuell: 13 Post-Docs, 66 Promotionsstellen
- Aktuell: 52 Forschungsprojekte mit einer Laufzeit von zwei bis drei Jahren

Die Forschung ist organisiert in:

- 4 *Application Areas*
 - Life Sciences
 - Materials, Light, Devices
 - Networks
 - Energy and Markets
- 5 *Emerging Fields*
 - Extracting Dynamical Laws from Complex Data
 - Digital Shapes
 - Model-Based Imaging
 - Particles and Agents
 - Concepts of Change in Historical Processes
- *Transfer Units*
- Einstein-Zentrum für Mathematik:
Topic Development Lab

sieht jetzt schon, dass diese Art der Zusammenarbeit eine starke Dynamik entfaltet, auch weil der Berliner Raum hier wirklich hervorragende Partnerinstitutionen bietet.

Sind die schon vom Nutzen der Mathematik überzeugt oder müssen Sie da noch Überzeugungsarbeit leisten?

cs: Das Interesse auf Seiten der Geistes- und Sozialwissenschaften ist riesig. Natürlich sind nicht alle Forscherinnen und Forscher gleichermaßen aufgeschlossen, aber die Hoffnung darauf, dass Mathematik bei der Bewältigung der drängenden Probleme helfen kann, ist enorm.

mH: In der Tat zeigen beispielsweise erste Studien anhand archäologischer Daten und unter Einbringung dynamischer Systeme mit zufälligen, sprunghaften Änderungen die Mächtigkeit quantitativer Modelle in der Prädiktion. Fast schon legendär sind die Erfolge von *Inpainting*-Prozessen aus der mathematischen Bildverarbeitung bei der digitalen Restauration von Fresken. Kurz: Statt von Überzeugungsarbeit sprechen wir hier vielmehr über den breiten Ausbau einer ambitionierten Forschungsagenda.

Und wie ist es umgekehrt? Wie offen sind die Mathematiker*innen für neue Anwendungsfelder wie die Geistes- und Sozialwissenschaften? Was ist da ähnlich, was anders als bei Natur- und Ingenieurswissenschaften?

cs: Auch hier ist das Interesse groß, vor allem bei den jüngeren Kolleg*innen. Es ist faszinierend, in ein Gebiet vorzustößen, in dem die grundlegenden Modelle schlicht nicht bekannt sind. In den Natur- und Ingenieurswissenschaften hat die Forschung die Grundlagen seit Beginn

der naturwissenschaftlichen Revolution über Jahrhunderte hin ausgearbeitet. Die digitale Revolution bringt ganz neue Herausforderungen, und für die weitaus meisten Phänomene ist keine grundlegende mathematische Beschreibung vorhanden. Das ist spannend, offen und erfolgsversprechend.

mH: Die zuvor beschriebenen dynamischen Prozesse unter zufälligen Einflüssen oder die Methoden der Bildgebung werfen für sich anspruchsvolle analytische, numerische und algorithmische Aufgaben auf, die in der mathematischen *Community* aktuell intensiv bearbeitet werden. Hat man einmal das Niveau der mathematischen Abstraktion erreicht, dann unterscheiden sich die mathematischen Aufgaben aus verschiedenen Wissenschaften nicht wesentlich. Datenlage, Interpretation und wissenschaftliche Interaktion hingegen führen in wissenschaftskulturell unterschiedliche Regionen – jede für sich ist reizvoll und stimulierend.

Was bedeutet es Ihnen, dass dieses große Projekt jetzt an den Start geht – nach ja doch mehr als zwei Jahren intensiver Vorbereitungszeit?

ms: Am Tag der Entscheidung über die Vergabe der Exzellenzcluster Ende September war bei allen Beteiligten große Erleichterung und Freude zu spüren, dass die Arbeit der vergangenen Wochen, Monate und Jahre von Erfolg gekrönt worden ist. Die Aussicht, in den nächsten sieben Jahren unsere vielfältigen Pläne und insbesondere unsere ambitionierte Forschungsagenda dank der DFG-Förderung umsetzen zu können, ist überwältigend. Die gesamte Berliner Mathematik wird durch MATH⁺ gestärkt und weiter zusammenwachsen. Natürlich ist der Aufbau des Clusters zunächst einmal mit viel Arbeit und

einigen Schwierigkeiten verbunden. Dabei hilft uns der gute Teamgeist aus der Antragsphase und die positive Aufbruchsstimmung, hier etwas wirklich Großes schaffen zu können.

cs: Es gibt eine große Vorfreude auf all das, was wir jetzt gemeinsam erreichen können. Und wir sind den vielen Kolleginnen und Kollegen dankbar, die uns auf dem Weg der Antragsstellung begleitet haben und die jetzt mit uns die Arbeit beginnen werden.

mH: Ja, auch ich freue mich darauf, wenn wir – nicht zuletzt in Kooperation mit den Kolleginnen und Kollegen anderer Fachdisziplinen – endlich mit den spannenden und gesellschaftsrelevanten mathematischen Zukunftsthemen beginnen können. Neben einer wichtigen inhaltlichen Weiterentwicklung der Berliner Mathematik können wir über die Einbindung vieler junger wissbegieriger Köpfe der nächsten Generation an Forschenden bereits jetzt ein international erstklassiges Forschungsumfeld bieten.

*Dr. Uta Deffke, Technische Universität Berlin,
MA 2-2, Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin
deffke@math.tu-berlin.de*

Martin Skutella ist Einstein-Professor für Mathematik und Informatik und Leiter des Fachgebiets „Kombinatorische Optimierung und Graphenalgorithmen“ an der TU Berlin. Er ist der Sprecher von MATH⁺.

Christof Schütte ist Professor für Scientific Computing an der FU Berlin und Präsident des Zuse-Instituts Berlin, wo er den Forschungsbereich „Mathematik für Lebens- und Materialwissenschaften“ leitet. Er ist einer der beiden stellvertretenden Sprecher von MATH⁺.

Michael Hintermüller ist Professor für Angewandte Mathematik an der HU Berlin und Direktor des Weierstraß-Instituts für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS), wo er die Forschungsgruppe „Nichtglatte Variationsprobleme und Operatorgleichungen“ leitet. Er ist einer der beiden stellvertretenden Sprecher von MATH⁺.

Uta Deffke ist promovierte Physikerin und Wissenschaftsjournalistin. Sie ist in der Geschäftsstelle von MATH⁺ für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zuständig.

Über das Plus zur Mathematik

Uta Deffke

In MATH⁺ steckt mehr als Mathematik. Die anwendungsorientierte Grundlagenforschung im neuen Berliner Exzellenzcluster lebt von Kooperation und dem Überschreiten von Grenzen – in dem Wissen, dass nur so Neues geschaffen werden kann: neue Erkenntnisse und wissenschaftliche, technologische oder gesellschaftliche Innovationen. Dabei ist die Mathematik kein Werkzeugkasten, sondern eine lebendige Wissenschaft, die sich immer weiter entwickelt. Das Plus symbolisiert diese Grenzen überschreitende Dynamik auf ganz verschiedenen Ebenen.

MATH⁺ = (FU + HU + TU + WIAS + ZIB) +

Fünf verschiedene Wissenschaftseinrichtungen bilden die institutionelle Basis von MATH⁺: die drei großen Berliner Universitäten Freie Universität Berlin (FU), Humboldt-Universität zu Berlin (HU), Technische Universität Berlin (TU), sowie die außeruniversitären Institute Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) und Zuse-Institut Berlin (ZIB).

Dass dieses Konstrukt funktioniert und Mehrwert bringt, haben die vergangenen 16 Jahre gezeigt – im Rahmen von MATHEON (seit 2002), der Berlin Mathematical School (BMS) (seit 2006) und ECMath (seit 2014). Mit

ihrem Erfolg ist diese Konstruktion auch zu einem *role model* geworden.

MATH⁺ will den kooperativen und offenen Geist der hier Forschenden und ihrer Institutionen weiter ausbauen. Dafür ist der neue Cluster eingebettet in ein Netzwerk anderer exzellenter Forschungseinrichtungen im Berliner Raum: Die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW), das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC), das Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), das Ferdinand-Braun-Institut, das Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FHB), das Deutsche Archäologische Institut (DAI), das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie