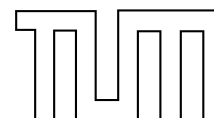




# Hurwitz-Gesellschaft

zur Förderung der Mathematik an der TU München

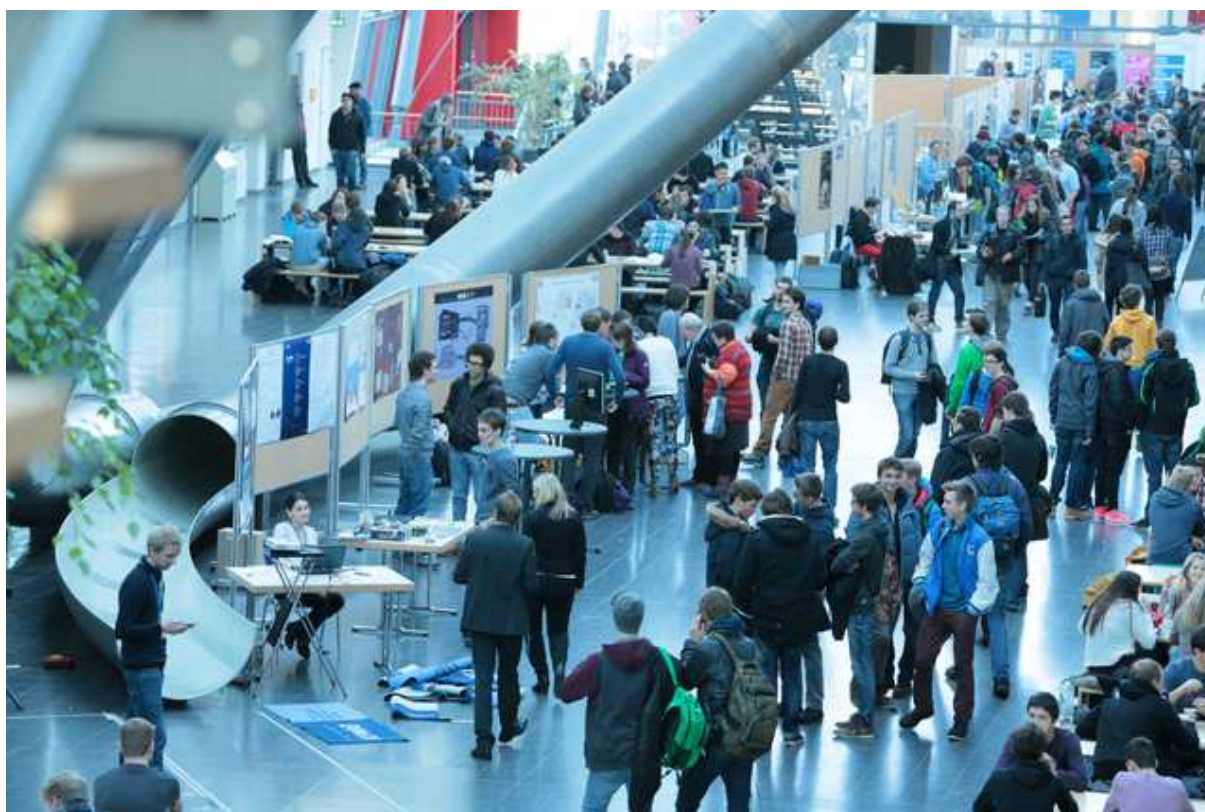


1. Vors. Prof. Dr. Jürgen Scheurle  
Zentrum Mathematik • TU München • 85747 Garching bei München

Bankverbindung: Hurwitz-Gesellschaft der TU München  
Kreissparkasse München Starnberg: Kto.Nr. 105 385 28, BLZ: 702 501 50  
IBAN: DE91 7025 0150 0010 5385 28, BIC: BYLADEM1KMS

Tel: (089) 289-18305  
Fax: (089) 289-18308  
Email: [hurwitz@ma.tum.de](mailto:hurwitz@ma.tum.de)  
Internet: [www.ma.tum.de/hurwitz/](http://www.ma.tum.de/hurwitz/)

## Jahrbrief 2015



*Momentaufnahmen aus der Fakultät für Mathematik beim Schülertag 2015*

**Liebe Freunde und Mitglieder, der Vorstand der Hurwitz-Gesellschaft wünscht Ihnen ein erfolgreiches Neues Jahr 2016 in Frieden und Gesundheit.**

## Vorwort des Vorstandes

Liebe Mitglieder,  
Liebe Freunde der Hurwitz-Gesellschaft,

wir freuen uns mit Herrn Professor Dr. Herbert Spohn über den „Henri Poincaré Prize 2015“, sowie mit den Trägern unseres internationalen Graduiertenkollegs, dass dieses von der DFG und ihrem österreichisches Pendant, der FWF, als exzellent begutachtet und vor wenigen Tagen bis Februar 2021 verlängert wurde. Leider mussten wir am 26.03.2015 den Tod unseres Gründungsmitglied Prof. Dr. F.L. Bauer betrauern. An dieser Stelle möchten wir unser herzlichstes Mitgefühl seiner Familie aussprechen.

In unserer diesjährigen Ausgabe des Jahrbriefs folgen auf den Bericht zu den Aktivitäten der Hurwitz-Gesellschaft im Jahr 2015 und der Auflistung wichtiger Eckdaten der Fakultät kurze Darstellungen des Studium MINT durch Dr. Stephan Schmitz und Benjamin Farnbacher, sowie des internationalen Graduiertenkollegs “Optimization and Numerical Analysis for Partial Differential Equations with Nonsmooth Structures” durch Prof. Boris Vexler. Beides wurde bereits in früheren Jahrbriefen vorgestellt, und es freut uns sehr, nun eine erste extrem positive Bilanz ziehen zu können. Anschließend beschäftigt sich der Artikel „Quod erat demonstrandum. – Ein kurzer Rückblick aufs Mathematikstudium aus der Sicht eines Praktikers“ von Dr. Tobias Gerken damit, wie es nach dem Studium weitergeht und vor allem was man aus dem Mathematik-Studium mitnehmen sollte. Abschließend berichtet Prof. Michael Wolf in seinem Beitrag „Unentscheidbare Probleme in der Vielteilchen-Quantenphysik“ über jüngste Fortschritte in der Quantenphysik und den dabei verblüffenderweise auftretenden Gödelschen Unvollständigkeitssatz.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Herzlichst  
Ihre

Prof. Jürgen Scheurle  
Prof. Florian Rupp  
Prof. Johann Hartl  
Dr. Frank Hofmaier

## Kurzbericht des Vorstandes

Auf unserer Mitgliederversammlung am 30. Januar 2015 wurden als Vorstandsmitglieder wiedergewählt: Prof. Dr. Jürgen Scheurle als 1. Vorsitzender und Prof. Dr. Florian Rupp als 2. Vorsitzender. Im Anschluss an die Mitgliederversammlung hielten Prof. Dr. Nina Gantert (Lehrstuhl für Wahrscheinlichkeitstheorie) und Prof. Dr. Fabian Theis (Lehrstuhl für die Mathematische Modellierung biologischer Systeme) ihre Antrittsvorlesungen. Das Protokoll der Jahresversammlung ist wie üblich auf unserer Homepage passwortgeschützt zugänglich.

Zum Ende des Jahres 2015 zählte die Hurwitz-Gesellschaft 173 Mitglieder.

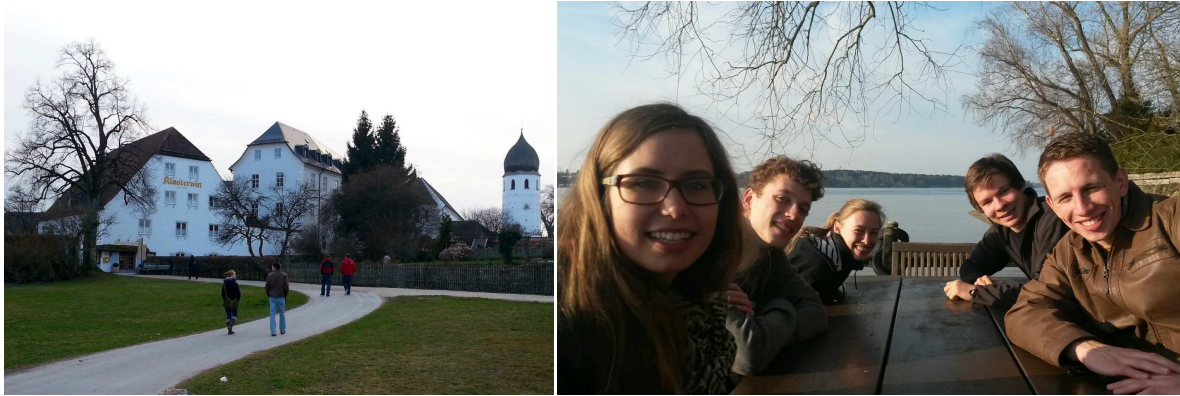
### Ferienseminar der Hurwitz-Gesellschaft

Das Ferienseminar der Hurwitz-Gesellschaft 2015 (23. - 27. März 2015) war wieder ein voller Erfolg. 13 Studierende wurden von Kollegen Prof. Dr. Rupert Lasser zusammen mit Dr. Frank Hofmaier betreut. Mit überdurchschnittlichem Engagement widmete sich das Team um Prof. Lasser den individuellen Interessen der Studierenden in dem Kurs „Fourier-Reihen“. Die Kursteilnehmer waren Gäste des Benediktinerinnenklosters Frauenwörth auf der Fraueninsel im Chiemsee. Wir danken der Kommission für Studienbeiträge für die substantielle Beteiligung an der Finanzierung und insbesondere Dr. René Brandenburg für die unkomplizierte Unterstützung.

Hier einige Eindrücke von Teilnehmerinnen und Teilnehmern:

- „Ich habe nicht lange gezögert mich für das Seminar der Hurwitz-Gesellschaft zu bewerben als Herr Hofmaier in unserem Semester dafür warb. Es schien einen schönen Rahmen für interessante Vorträge zu bieten.“
- „Nach einer Woche auf der Fraueninsel im Chiemsee haben sich die Erwartungen bestätigt. Wir haben uns als Gruppe unter behutsamer Anleitung das Gebiet der Fourierreihen erarbeitet und jeder Einzelne hat einen anderen Teil beleuchtet. Wir konnten ausprobieren, wie gut wir inzwischen mathematische Themen anderen Kommilitonen näherbringen können.“
- „Die Fraueninsel war ein wunderschöner Ort für das Seminar und bot Raum für spannende Spaziergänge. Neben den Vorträgen hatten wir genug Zeit für das gegenseitige Kennenlernen und Freizeit. Zusammen mit der Top-Math Frühlingsschule besuchten wir das Schloss Herrenchiemsee.“
- „Das Seminar hat mir persönlich mehr Vertrauen bei Vorträgen gegeben und mir Ansatzpunkte gegeben, wo ich mich verbessern kann. Darüber hinaus war es eine schöne Erfahrung mit Kursleitern und Teilnehmern ins Gespräch zu kommen und sich auch ausgiebig über Themen zu unterhalten, die nichts mit Mathematik zu tun haben.“

Wie auf der letzten Mitgliederversammlung beschlossen wird das nächste Ferienseminar im Herbst stattfinden. Zum ersten Mal soll unser Ferienseminar in den Seminarräumlichkeiten der TU München im Kloster Raitenhaslach stattfinden. Als Termin konnte der 12. bis zum 16. September 2016 gefunden werden.



*Eindrücke vom Ferienseminar 2015 auf der Fraueninsel*

### **Gemeinsame Kolloquia von Fakultät und Hurwitz-Gesellschaft**

Am 30. Januar hielt Prof. Dr. Nina Gantert (Lehrstuhl für Wahrscheinlichkeitstheorie) ihre Antrittsvorlesung, wobei sie sich und ihre Arbeitsgebiete mit dem Vortrag „The Homogenization of Random Media“ vorstellte.

Ebenfalls am 30. Januar hielt Prof. Dr. Fabian Theis (Lehrstuhl für die Mathematische Modellierung biologischer Systeme) seine Antrittsvorlesung, wobei er sich und seine Arbeitsgebiete mit dem Vortrag „Model Inference and Selection in Mathematical Systems Biology“ vorstellte.

### **Tag der Mathematik und Absolventen-Verabschiedung**

Der diesjährige *Tag der Mathematik* fiel auf den 19. Juli. Er ist im Sommer auch stets der Tag der Absolventen-Verabschiedung. Die Festvorträge hielten Dr. Andras Bogner zum Thema „Und was glauben Sie, was Sie damit können?“ und Prof. Dr. Peter Gritzmann zum Thema „Ein Blick ins Innere ... oder: Wo sind die Raumschiffe?“. Die feierliche Absolventen-Verabschiedung im Wintersemester fiel auf den 27. November.

In diesen beiden Veranstaltungen konnten wir insgesamt 150 Master- und 155 Bachelor-Studierende unserer Fakultät im Beisein ihrer Eltern und Freunde verabschieden, davon erhielten 30 einen Buchpreis der Hurwitz-Gesellschaft.

Details sowie Hinweise auf weitere Veranstaltungen der Hurwitz-Gesellschaft unter

**<http://www.ma.tum.de/Hurwitz/>**





*Eindrücke von der feierlichen Absolventen-Verabschiedung im Wintersemester 2015/16 bei der etwa 600 Gäste anwesend waren*

## **Eckdaten der Fakultät für Mathematik 2015**

### **Gastprofessuren**

Als **John-von-Neumann-Gastprofessoren** durften wir letztes Jahr begrüßen:

- Prof. Francis Filbet, Université de Lyon (Wintersemester 2015/16)
- Prof. Maurice Rojas, Texas A&M University (Wintersemester 2015/16)
- Prof. Helmut Pottmann, Technische Universität Wien (Wintersemester 2015/16)

### **Studierendenzahlen und Studienanfänger**

Im Wintersemester 2015/ 16 befinden sich 522 Studierende im BSc Studiengang und 460 Studierende in einem der MSc Studiengänge der Fakultät für Mathematik.

Die Anzahl der Studienanfänger belief sich im WS 2015/ 16 auf 222 im BSc Studiengang und 197 in einem der MSc Studiengänge (inkl. Einstieg zum Sommersemester 2015) der Fakultät für Mathematik.

### **Lehrerfortbildungen**

Am 3. März 2015 wurde durch Herrn Prof. Dr. Josef Dorfmeister und Herrn Dr. Ludwig Barnerboi erneut die überaus erfolgreiche Lehrerfortbildung „*Lehrer Lernen von Lehrern*“ ( $L^3$ ) durchgeführt bei der exzellente Praxisbeispiele, gegliedert nach Schulformen, durch Lehrer den teilnehmenden Lehrern vorgestellt werden. Der nächste  $L^3$ -Tag wird am 10. März 2016 stattfinden.



(links) Preisträgerinnen und Preisträger der Hurwitz-Gesellschaft bei der Absolventen-Verabschiedung im Wintersemester 2015/16 und (rechts) Auszeichnung „Goldener Zirkel“ der Fachschaft Mathematik an unseren Schatzmeister

## Preise und Ehrungen für Mitglieder & Alumni der Fakultät

### Preise und Ehrungen auswärtiger Institutionen

- *Henri Poincaré Prize 2015*: Prof. Dr. Herbert Spohn
- *Stockholm Mathematics Center Prizes for Excellent Master Theses 2014/ 2015*: Szymon Alinski, M.Sc.
- *SAP HANA Innovation Award 2015*: Mathe-Startup Celonis
- *Young Professional Award 2015*: Benjamin Busam

### Preise und Ehrungen der TU München und der Fakultät für Mathematik

- *Presidential Entrepreneurship Award 2015*: Mathe-Startup Celonis  
Die TUM Ausgründung Celonis hat eine Process Mining-Technologie entwickelt, mit der Unternehmensprozesse in Echtzeit visualisiert, analysiert und gesteuert werden können. Verliehen wurde der Presidential Entrepreneurship Award 2015 am 19. Oktober von der Vizepräsidentin für Entrepreneurship & Geistiges Eigentum, Frau Dr. Evelyn Ehrenberger.
- *Women for Math Science, Geldpreise für die besten Studentinnen 2015*:
  - *First Year Bachelor*: Franziska Neumann
  - *Second Year Bachelor*: Stefanie Schöppl
  - *Bachelor Graduate*: Anja Kirschbaum
  - *First Year Master*: Florentine Fleißner
  - *Master Graduate*: Julie Paulus

### Preise und Ehrungen der Fachschaften der TU München

- *„Goldener Zirkel“ der Fachschaft Mathematik für die beste Grundlagenvorlesung*  
(Wintersemester 2014/15): Martin von Gagern (Geometrie/Kalküle)  
(Sommersemester 2015): Prof. Dr. Martin Brokate & Dr. Carl-Friedrich Kreiner (Analysis 2)
- *„Goldener Zirkel“ der Fachschaft Mathematik für die beste weiterführende Vorlesung*  
(Wintersemester 2014/15): Prof. Dr. Christina Kuttler (Math. Models in Biology)  
(Sommersemester 2015): Prof. Dr. Christina Kuttler (Advanced Math. Biology)
- *„Goldener Zirkel“ der Fachschaft Mathematik für den besten Übungsbetrieb*  
(Wintersemester 2014/15): Stefan Kranich (Projective Geometry 2)  
(Sommersemester 2015): Prof. Dr. Johann Hartl (Angewandte Geometrie)

## **studium MINT – das Orientierungsprogramm der TUM für die Bereiche Mathematik – Informatik – Naturwissenschaften – Technik**

Dr. Stephan Schmitz (Mathematik)  
Benjamin Farnbacher (MSE)

Bereits im Jahrbrief 2013 der Hurwitz-Gesellschaft wurde das Orientierungsprogramm „studium MINT“ vorgestellt, zu diesem Zeitpunkt befand sich das Projekt noch in der Konzeptionsphase, inzwischen ist es an der TU München fest etabliert und ein nachgefragter Bestandteil des Studienangebots.

Das studium MINT ist ein Orientierungssemester, das einen Überblick über die Studieninhalte der Mathematik sowie der Ingenieur- und Naturwissenschaften bietet. Es richtet sich dabei an alle, die sich für ein Studium an der TUM interessieren, aber noch herausfinden wollen, welches Fach am besten zu ihnen passt. Genauso ist es ein Angebot für Personen, die sich unsicher sind, ob ein technisch-naturwissenschaftliches Studium ihren Interessen und Fähigkeiten entspricht, sowie für Personen die sich optimal auf ein technisch-naturwissenschaftliches Bachelorstudium vorbereiten wollen.

Dabei stößt das studium MINT auf eine große und sehr positive Resonanz. Aus der Evaluation geht hervor, dass alle AbsolventInnen des jüngsten Sommersemesters das Programm weiterempfehlen würden, zudem sind sich über 80 % der AbsolventInnen im Anschluss sicher bezüglich Ihrer Studienwahl. Die Anzahl der TeilnehmerInnen wächst stetig, von 37 Personen im Pilotjahrgang stieg die Zahl der Studierenden auf 102 im zweiten Durchlauf. Die aktuellen Bewerberzahlen für den dritten Jahrgang im Sommersemester 2016 lassen auf weiteres Wachstum schließen, was auch als Indikator für den guten Ruf des Programms gedeutet werden kann. Die Teilnehmenden sind meist AbiturientInnen aus dem bundesdeutschen Raum, dazu kommen vermehrt qualifizierte Berufstätige und internationale Studierende. Der Frauenanteil im studium MINT liegt mit fast 40 % über dem Mittel der TUM und weit über dem bundesdeutschen Durchschnitt in den klassischen MINT-Bachelorstudiengängen. Durch den Übertritt der Mehrheit der TeilnehmerInnen in die technisch-naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengänge der TUM unterstützt das studium MINT somit die gesamte Universität bei der Entwicklung der Diversity im MINT-Bereich.

Das studium MINT besteht dabei aus fünf aufeinander abgestimmten Modulen:

1. Basismodul: Das Kernstück des Programms, Ziel sind Erwerb, Ausbau und Wiederholung von Grundkenntnissen in Mathematik und Physik, als vertiefende Option wird zudem das ingenieurwissenschaftliche Kernfach „Technische Mechanik“ angeboten.



*Stephan Schmitz*



*Benjamin Farnbacher*





*Eindrücke vom studium MINT: innerhalb und außerhalb des Hörsaales*

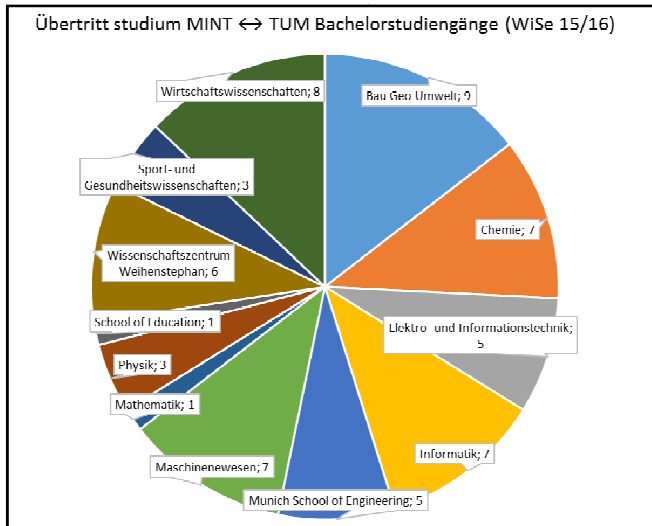
2. Navigationsmodul: Hier besuchen die TeilnehmerInnen reguläre Veranstaltungen aus dem Bachelorangebot der TUM um die verschiedenen Fakultäten und Studiengänge kennenzulernen.
3. Im Perspektivenmodul erhalten die Studierenden durch Exkursionen zu Industrie- und Forschungseinrichtungen sowie durch externe Vorträge von Personen aus dem Berufsleben einen Einblick in mögliche Tätigkeitsfelder.
4. Das Softskills-Modul dient der Förderung von Schlüsselkompetenzen, die sowohl im Studienalltag als auch im späteren Berufsleben von großer Bedeutung sind.
5. Eng verzahnt ist das Softskills-Modul mit dem Projektmodul: In der Do-It-Yourself-Werkstatt MakerSpace wird in interdisziplinärer Gruppenarbeit ein Prototyp entworfen, gebaut und programmiert.

Abgerundet wird das Schnuppersemester durch spezielle Tutorien und Beratungsangebote in denen besonders auf die Bedürfnisse der meist jungen StudienanfängerInnen eingegangen wird. Trotz der hohen Nachfrage ist das Programm zulassungsfrei und die TeilnehmerInnen genießen regulären Studierendenstatus. Die erworbenen Leistungen können je nach Curriculum des folgenden Bachelorstudiengangs anerkannt werden.

Die Fakultät für Mathematik beteiligt sich am studium MINT mit einem großen Anteil am Basismodul, nämlich mit der Übung und Vorlesung Elementare Anwendungen der Mathematik in Informatik und Ingenieurwissenschaften [MA8802], die bereits seit dem ersten Jahrgang im Sommersemester 2014 von Dr. Stephan Schmitz gehalten wird, und die von den Teilnehmern sehr gut angenommen und evaluiert wurde. Diese Veranstaltung hat folgende Ziele:

- Wiederholung und Vertiefung von Schulstoff, sowie das Schließen eventuell vorhandener Stofflücken vor Beginn eines regulären MINT-Studiums an der TUM. Insbesondere wird zusätzlich zur eigentlichen Vorlesung eine freiwillige (gut besuchte) wöchentliche Wiederholungsstunde angeboten, deren Inhalte die Teilnehmer selbst bestimmen können.
- Bereitstellung der notwendigen mathematischen Grundlagen für weitere im studium MINT angebotenen Lehrveranstaltungen, insbesondere die Vorlesungen in Experimentalphysik und Technischer Mechanik.
- Einüben mathematischer Verfahren, die über den Schulstoff hinausgehen, aber in fast jedem MINT-Studiengang benötigt werden, z.B. Gauß-Algorithmus mit beliebig vielen Unbekannten, Substitutionsregel und partielle Integration, Funktionen mehrerer Variabler, ... Da es hier reichlich Stoff gibt, wechseln manche Inhalte von Jahr zu Jahr.





Bei all diesen Punkten liegt ein starker Fokus auf den Anwendungen der vorgestellten Inhalte, die zum Teil sogar direkt aus anderen Vorlesungen (z.B. Physik) übernommen werden. Sie sind die es, die die Stoffauswahl motivieren und anhand derer der Nutzen der eingeübten Verfahren demonstriert wird.

Für TeilnehmerInnen, die sich speziell auch für ein Mathematik-Studium interessieren, gibt es weitere Zusatzangebote (Vertiefungsvorlesungen, Studienfachberatung, Besuch regulärer Mathematik-Vorlesungen, in Planung sind Exkursionen z.B. zur Risk Factory).

Interessierte sind mit ihren Fragen herzlich willkommen bei:

- Benjamin Farnbacher, Studienkoordinator, farnbacher@mse.tum.de
- Stephan Schmitz, Koordinator in der Mathematik, schmitz@ma.tum.de

### Stimmen von Studierenden:

Katrin S.: „Das studium MINT empfehle ich besonders denjenigen, die sich nach dem Abitur nicht sicher sind, welches Studienfach die richtige Wahl ist. Das Orientierungsstudium hat mir die Suche nach dem richtigen Studiengang erleichtert und dazu beigetragen, dass ich mich bereits vor Beginn meines Bachelor-Studiums an der TU München und im Studierendenalltag eingelebt habe. Zudem habe ich viele Studierende kennengelernt und neue Freunde gefunden.“



Julia A.: „Das Orientierungsstudium und die große Bandbreite an Veranstaltungen der TUM erleichtert mir nicht nur die Suche nach dem richtigen Studiengang, bildet aber vor Allem einen reibungslosen Übergang von Schule zur Universität.“



## Das internationale Graduiertenkolleg “Optimization and Numerical Analysis for Partial Differential Equations with Nonsmooth Structures”

Prof. Dr. Boris Vexler

Das internationale Graduiertenkolleg (IGDK) „Optimization and Numerical Analysis for Partial Differential Equations with Nonsmooth Structures“ startete im März 2012 als ein gemeinsames Projekt der TUM, der Universität der Bundeswehr München, der Karl-Franzens-Universität Graz und der TU Graz. Nach einer exzellenten Begutachtung im September 2015 haben DFG und ihr österreichische Pendant FWF eine Verlängerung bis Ende Februar 2021 bewilligt und eine weitere Förderung in Höhe von 4,4 Millionen Euro gewährt.



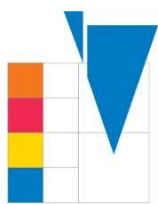
*Boris Vexler*

Der bisherige Erfolg des Graduiertenkollegs basiert wesentlich auf der engen wissenschaftlichen Kooperation der beteiligten Gruppen in München und Graz mit ihren zum Teil komplementären Expertisen. Bei der Ausbildung der Doktoranden und Doktorandinnen setzt das IGDK einerseits auf die bilaterale Betreuung, bei der jede(r) Doktorand(in) jeweils eine(n) Betreuer(in) in München und Graz hat und mindestens sechs Monate an der kooperierenden Institution verbringt, sowie andererseits auf die Förderung früher wissenschaftlicher Unabhängigkeit der Doktorandinnen und Doktoranden.

Seit dem Start im Jahr 2012 wurden bereits 14 Promotionen erfolgreich abgeschlossen. Alle Absolventinnen und Absolventen haben bereits Stellen im akademischen Bereich sowie in der Industrie angenommen.

Besuchen Sie uns gerne auch auf unserer Webseite:

<http://igdk1754.ma.tum.de>



IGDK 1754

**International Research Training Group IGDK 1754**

**“Optimization and Numerical Analysis for Partial Differential Equations with Nonsmooth Structures”**

## Quod erat demonstrandum. – Ein kurzer Rückblick aufs Mathematikstudium aus der Sicht eines Praktikers

Dr. Tobias Gerken

*Auf freundliche Anfrage gebe ich in diesem Artikel einen kurzen persönlichen Rückblick auf mein eine Dekade zurückliegendes Mathematikstudium aus der Sicht des heutigen Praktikers. Daraus leite ich Anregungen für Studierende und Lehrende ab. Der eilige Leser möge den Referenzen ein paar interessante Hinweise entnehmen.*

Zehn Jahre sind vergangen, seit ich einst „durchaus mit heißem Bemühn“ der Mathematik diene. Als Kurzcharakterisierung meiner damaligen Interessen nenne ich die Werke [1], [2], [3], [4], [5] sowie meine Beiträge [6], [7]. Seitdem hatte ich vielfach Gelegenheit, das erworbene Optimierungswissen bei der Lösung von Herausforderungen aus der Praxis einzusetzen. Die Anwendungsgebiete reichten dabei von der Generierung komplexer Produktionspläne in der chemischen und pharmazeutischen Industrie über logistische Fragestellungen [8], [9] bis hin zur optimalen Steuerung virtueller Kraftwerke, um nur drei Beispiele zu nennen. Neben klassischen Optimierungsansätzen [10], [11] bot sich dabei die Möglichkeit, moderne Heuristiken [12] zu erproben und innovative Ansätze aus Fuzzy-Logik und Entscheidungstheorie [13] für Kunden gewinnbringend in Projekten umzusetzen [14]. Im Rahmen von Forschungsaktivitäten ergaben sich zudem Kooperationen im akademischen Bereich [15], [16]. Meine Motivation zum Studium habe ich in [17] dargelegt. Ein Mathematikstudium hat den Vorteil, dass das meiste Gelernte seine Gültigkeit behält (Ausnahme: der elegante Beweis zum Newton-Gregory-Problem [18], siehe Vorwort zur zweiten Auflage in [19]). Manches spannende Lehrwerk habe ich erst im Nachhinein entdeckt [20], manches erschien später als erhofft [21]. Zehn Jahre bedeuten bedauerlicherweise auch, dass nicht mehr alle prägenden Lehrer am Leben sind. In den Maßstäben der mathematischen Forschung ist der Zeitraum relativ kurz und ich bin nicht in der Position, aktuelle Entwicklungen zu bewerten, siehe [22] für eine interessante Jahrhundertsicht. Unter [23] finden sich Visualisierungen dafür, wie sich wissenschaftliche Communities laufend verzweigen. Im Folgenden nenne ich einige Aspekte, die ich in der Praxis gelernt habe, in der Hoffnung, dass Studierende und Lehrende hierin Anregungen finden. Ich begrüße sehr, dass mehrere der angesprochenen Punkte an der TU München mit ihrem modernen Mathematikkonzept bereits verfolgt werden und sich geschätzte ehemalige Kollegen hier erfolgreich engagieren.



Tobias Gerken

1. **Experimentierfreude!** Die große Fülle an zu vermittelnden Inhalten erfordert es, dass die Studierenden in der Regel fertig formulierte Fragestellungen und elegante Beweise kennenlernen. Anschließend folgen Aufgabenblätter, bei denen nachzuweisen ist, dass in gegebener Situation die Kriterien a) bis f) erfüllt sind, welche es wiederum erlauben, Theorem XYZ anzuwenden, um das Gesuchte herzuleiten. Hierdurch verliert der Studierende leicht das Gefühl dafür, wie schwierig es zunächst ist, überhaupt eine Definition zu treffen und eine Fragestellung präzise zu formulieren, eine Fähigkeit, die später u.a. bei der Erstellung von Spezifikationen hilfreich ist. Es fehlt unter Umständen auch der Antrieb, eigene Ansätze für die Lösung der Fragestellung zu suchen. Ich wünsche mir als Vorbereitung für Forschung und Praxis mehr Seminare mit offenen Fragestellungen und rege für Schulabsolventen/ Studienanfänger Rätsel im Sinne von [24] an.

Perspektiverweiternd kann der gelegentliche Blick in Darstellungen sein, die aufzeigen, wie mühsam mathematisches Wissen sukzessive aufgebaut wird [25].

2. **Praxiserfahrung.** Früher war es bei Mathematikern beliebt, die Anforderungen des Nebenfaches Informatik durch Kombinationen wie Theoretische Informatik, Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen und Logik abzudecken. Inhaltlich ist das alles überaus spannend und für den Erwerb der Zertifikate war (seinerzeit) nicht eine Zeile Programmierung erforderlich. Aus heutiger Perspektive empfehle ich Studierenden, so-wohl Erfahrungen in der Implementierung von Algorithmen unter Verwendung intelligenter Bibliotheken als auch im Einsatz existierender Solver zu sammeln.
3. **Tertium datur?** Die mathematisch geschulte Sichtweise hilft beim Abklopfen einer Fragestellung auf mögliche Definitionslücken und Sonderfälle. Sie zahlt sich nicht nur bei der Beschreibung technischer Sachverhalte aus, sie nützt auch bei der Bearbeitung von Angeboten und Verträgen.
4. **Say it clear.** Eine gute Geschäftsidee sollte sich bekanntlich in einem einfach zu verstehenden Satz ausdrücken lassen. Bei mathematischen Ideen kann es auch ein Bild sein [26]. Daher empfehle ich den Besuch von Rhetorikkursen, Präsentationsseminaren und Sprachkursen.
5. **Schonender Ressourceneinsatz.** Ein gewisses Umdenken beim Übergang in die Praxis erfordert die starke Fokussierung auf begrenzte Ressourcen (definierter Zeitrahmen, definiertes Budget). Gibt es im akademischen Bereich das Ideal des nachgewiesenen globalen Optimums, so sucht die Praxis mitunter nach schnell ermittelbaren, praktikablen Näherungslösungen, egal, ob die Aufgabenstellung intrinsisch schwer ist oder nicht. Um es einmal platt zu formulieren: Manchmal ist der Kunde einfach nicht bereit, für mehr zu bezahlen. Gute Lösungen zeichnen sich durch Verständlichkeit, Praxisrelevanz und Flexibilität in Bezug auf geänderte Prioritäten sowie Erweiterungen aus.
6. **Teamegeist.** Eine Gefahr des Mathematikstudiums sehe ich darin, dass es dazu verleiten kann, zu sehr als Einzelkämpfer zu agieren. Mangelnde Teamfähigkeit ist in vielen späteren Situationen ein No-Go.
7. **Praxiserfahrung II.** Auch wenn sich mancher Studierende gerade zu Beginn des Studiums diesen Schritt nicht vorstellen kann, so werden doch die meisten eines Jahrgangs in die Industrie gehen. Daher empfehle ich, Praktika auch über das Pflichtpensum hinaus zu absolvieren, um so wertvolle Erfahrungen im Berufsalltag zu sammeln und mögliche Arbeitgeber kennenzulernen. Aus meiner Erfahrung von beiden Seiten des Verhandlungstisches wird Praxiserfahrung in Vorstellungsgesprächen höher bewertet als akademische Erfolge.
8. **Lerne schätzen!** Wie viele Mathematiker gibt es in Europa? In der Praxis ist es oft erforderlich, mittels geeigneter Abschätzungen Größenordnungen zu ermitteln. (Und auch die zweite Konnotation sollte anklingen: Ein unentgeltliches Qualitätsstudium verdient absolut eine Wertschätzung!)
9. **Life-long learning.** Es ist unabdingbar, dass man auch nach dem Studium weiter auf dem Laufenden bleibt, was neue Methoden und technischen Fortschritt betrifft. So macht es die Konkurrenz.
10. **Glenn Gould spielt Bach!** Natürlich sollte jeder selbst herausfinden, wie er am besten entspannt und Inspiration findet. Dieses zahlt sich spätestens dann aus, wenn der Unterschied zwischen einem Wunschtermin und einer wahren *Deadline* spürbar wird.

**Schlussbemerkungen:** Der Berateralltag mit seinen Wartezeiten an Flughäfen und anderswo bietet immer wieder Gelegenheit, ein wenig populärwissenschaftlich zu schmökern, exemplarisch empfehle ich [27]. Abschließend brachte mir die vergangene Dekade die vergnügliche



Gelegenheit, die nächste Generation an mathematische Fragestellungen heranzuführen, etwa bei der vorweihnachtlichen Diskussion, wie viele Reihenfolgen es wohl gibt, die Kerzen am Adventskranz anzuzünden. Das nächste Jahrzehnt wird spannend. Ich wünsche Ihnen ein glückliches und erfolgreiches Jahr 2016!

**Danksagung:** Der Autor dankt Professor Rupp für die Einladung zu diesem Beitrag.

## Referenzen

- [1] J. Goodman und J. O'Rourke, Handbook of Discrete and Computational Geometry, CRC Press, 1997.
- [2] B. Korte und J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms, Springer, 2006.
- [3] P. Brass, W. Moser und J. Pach, Research Problems in Discrete Geometry, Springer, 2005.
- [4] J. Matousek, Lectures on Discrete Geometry, Springer, 2002.
- [5] M. d. Berg, M. v. Kreveld, M. Overmars und O. Schwarzkopf, Computational Geometry: Algorithms and Applications, Springer, 1998.
- [6] T. Gerken, „Empty Convex Hexagons in Planar Point Sets,“ Discrete & Computational Geometry, Bd. 39, Nr. 1-3, pp. 239-272, 2008.
- [7] R. Brandenberg, T. Gerken, P. Gritzmann und L. Roth, „Modeling and Optimization of Correction Measures for Human Extremities,“ in Mathematics: Key Technology for the Future, Joint Projects between Universities and Industry 2004-2007, W. Jäger und H. Krebs, Hrsg., Springer, 2008, pp. 141-148.
- [8] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky und E. Simchi-Levi, Designing and Managing the Supply Chain, McGraw-Hill, 2008 (3rd).
- [9] D. Simchi-Levi, X. Chen und J. Bramel, The Logic of Logistics, Springer, 2005 (2nd).
- [10] J. Nocedal und S. Wright, Numerical Optimization, Springer, 2006 (2nd).
- [11] H. P. Williams, Model Building in Mathematical Programming, Wiley, 2013 (5th).
- [12] Z. Michalewicz und D. B. Fogel, How to Solve It: Modern Heuristics, Springer, 2000.
- [13] R. Felix, „Multi-Goal Aggregation of Reduced Preference Relations Based on Fuzzy Interactions between Decision Goals,“ in European Society for Fuzzy Logic and Technology - EUSFLAT, 2009.
- [14] [www.fuzzy.de](http://www.fuzzy.de).
- [15] „Supply Chain Optimierung bei unsicheren Eingangsgrößen,“ [Online]. Available: <http://www.fobe.uni-wuppertal.de/fachbereich-c/mathematik-und-informatik/prof-klamroth/supply-chain-optimierung-bei-unsicheren-eingangsgroessen.html>.
- [16] „Ergo-Jobrotation - Planungsmethodik für eine ergonomisch optimale Jobrotation in der Intralogistik,“ [Online]. Available: [http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set\\_ID=1031](http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=1031).
- [17] T. Gerken, „Ich studiere Mathematik, weil...,“ in Berufs- und Karriere-Planer Mathematik, Vieweg, 2001, pp. 95-97.
- [18] „Wikipedia: Kusszahl,“ [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kusszahl>.
- [19] M. Aigner und G. Ziegler, Proofs from the Book, Springer, 2004 (3rd).
- [20] T. Needham, Visual Complex Analysis, Oxford University Press, 1997.
- [21] P. Gritzmann, Grundlagen der Mathematischen Optimierung, Springer, 2013.
- [22] P. Odifreddi, The Mathematical Century - The 30 Greatest Problems of the Last 100 Years, Princeton University Press, 2004.
- [23] „Academic Research Microsoft,“ [Online]. Available: <http://academic.research.microsoft.com/>.
- [24] Z. Michalewicz und M. Michalewicz, Puzzle-based Learning, Hybrid Publishers, 2008.
- [25] I. Stewart, The Great Mathematical Problems, Profile Books, 2013.
- [26] G. Glaeser und K. Polthier, Bilder der Mathematik, Springer, 2010 (2nd, Nachdruck 2014).
- [27] D. O'Shea, The Poincaré Conjecture, Walker, 2007.

## Zum Autor:

Dr. Tobias Gerken studierte ab 1998 Mathematik mit Nebenfach Informatik an der TU München, der National University of Singapore und der Karls-Universität Prag und wurde 2003 von der Hurwitz-Gesellschaft ausgezeichnet. 2006 wurde er bei Professor Gritzmann promoviert, 2008 wurde ihm der Richard-Rado-Preis verliehen. Er ist als Berater und Projektleiter im IT-Umfeld mit Schwerpunkt Optimierung tätig. Kontakt: [tgerken@web.de](mailto:tgerken@web.de).

## Unentscheidbare Probleme in der Vielteilchen-Quantenphysik

Prof. Dr. Michael Wolf

Betrachtet man die Geschichte der Mathematik, der Physik und der theoretischen Informatik, stellt man fest, dass es in allen drei Disziplinen um 1930 fundamentale Veränderungen gab. In der Physik wurde die Quantentheorie etabliert, die Mathematik verabschiedete sich mit Gödel's Unvollständigkeitssätzen vom Hilbertschen Traum eines vollständigen und beweisbar widerspruchsfreien axiomatischen Fundaments und Turing legte mit dem Konzept der Turingmaschine den Grundstein der modernen theoretischen Informatik.

Die Arbeiten von Turing und Gödel stehen dabei in engem Zusammenhang. Beide zeigen die Existenz von unentscheidbaren Problemen. Im Fall von Gödel, unentscheidbare Aussagen, die unabhängig vom Axiomensystem sind, und im Fall von Turing unentscheidbare Prädikate, für deren Auswertung kein Algorithmus existiert.<sup>1</sup>



*Michael Wolf*

Mittlerweile sind in Mathematik und theoretischer Informatik eine Vielzahl unentscheidbarer Probleme bekannt. Vom Halteproblem für Turingmaschinen, der Mutter aller algorithmisch unentscheidbaren Probleme, über die Lösbarkeit diophantischer Gleichungen bis hin zur Parkettierbarkeit der Ebene durch sogenannte Wang-Kacheln.

Wie sieht es mit unentscheidbaren Problemen in der theoretischen Physik aus? Natürlich kann man eine Turingmaschine als physikalisches Objekt auffassen, dessen Zeitentwicklung dann unmittelbar auf ein unentscheidbares Problem führt - das Halteproblem. Dies gilt naturgemäß für die Zeitentwicklung jedes Systems, das in der Lage ist, eine Turingmaschine zu simulieren. Bisher sind so gut wie alle bekannten unentscheidbaren Probleme der Physik von dieser Bauart. Kernprobleme der theoretischen Physik blieben von Unentscheidbarkeitsresultaten bis dato verschont. Dieses Bild könnte sich nun ändern.

**Die spektrale Lücke:** Spektrale Lücken spielen bei vielen Fragestellungen der Quantenphysik eine zentrale Rolle. Gleichzeitig sind sie notorisch schwer zu berechnen - meist nur mit heuristischen Argumenten zu fassen. Bekannte Beispiele sind Bandlücken in Halbleitern sowie spektrale Lücken in Yang-Mills Theorien (deren Beweis zu einem der berühmtesten Millennium-Probleme gehört) und in Quanten Spin-Gittern. Physikalisch korrespondieren diese spektralen Lücken mit einer minimalen Energie, die für Anregungen aus dem Grundzustand notwendig ist. In Quanten Spin-Gittern entscheidet Existenz oder Abwesenheit einer Lücke über die Möglichkeit langreichweitiger Korrelationen im Grundzustand und ist zentrales Merkmal bei Quanten-Phasenübergängen.

Das zugehörige mathematische Problem sieht wie folgt aus: Eine hermitesche  $d^2 \times d^2$  Matrix, welche die Wechselwirkung benachbarter Teilchen z.B. auf einem Quadratgitter beschreibt, legt zusammen mit der Gittersymmetrie den Hamilton-Operator des Gesamtsystems fest. Die Frage ist nun, ob es ein  $\Delta > 0$  gibt, so dass der kleinste Eigenwert dieses Operators vom Rest

---

<sup>1</sup> Tatsächlich beinhaltet ein algorithmisch unentscheidbares Prädikat, unter natürlichen Voraussetzungen, immer axiomatisch unentscheidbare Aussagen.

des Spektrums stets mindestens  $\Delta$  entfernt bleibt, wenn man die Gittergröße nach unendlich gehen lässt.

Für  $d = 2$  ist jüngst eine bemerkenswerte partielle Lösung dieses Problems gefunden worden [1]. Für  $d = 3$  dagegen ist bereits der einfachste interessante Fall (Heisenberg-Wechselwirkung auf einer Kette) ein seit Jahrzehnten mathematisch ungelöstes Problem. In einem 140-seitigen Beweis, dessen Grundgerüst in Nature publiziert wurde [2], konnten wir nun zeigen, dass für hinreichend großes (aber endliches)  $d$  dieses spektrale Lücken-Problem tatsächlich im Sinne von Turing und Gödel unentscheidbar ist. D.h. es lässt sich i.a. nicht algorithmisch lösen und für jedes widerspruchsfreie Axiomensystem existieren Wechselwirkungen für die die Aussage ‚es existiert eine spektrale Lücke‘ weder beweisbar noch widerlegbar ist. Dies gilt selbst dann, wenn nur Lücken berücksichtigt werden, deren Größe mindestens der der lokalen Wechselwirkung entspricht (d.h. mindestens gleich der Operatornorm der ursprünglichen  $d^2 \times d^2$  Matrix ist). Die kleinste Dimension  $d$ , für die dies zutrifft, ist nicht bekannt. Jedoch legen verwandte Resultate nahe, dass bereits  $d = 10$  außerhalb der Reichweite liegen könnte [3].

**Was lernen wir aus der Unentscheidbarkeit?** Das Unentscheidbarkeitsresultat für die spektrale Lücke liefert klare Grenzen für die Verallgemeinerbarkeit bestimmter positiver Resultate, wie jenes für  $d = 2$  oder jüngste Stabilitätsresultate [4] für spektrale Lücken. Es öffnet auch der Möglichkeit die Tür, dass eines der großen offenen Probleme der mathematischen Physik für immer offen bleiben wird - auch wenn wir weit davon entfernt sind ein solches dingfest zu machen. Ebenso macht es klar, dass Methoden, die von kleineren auf größere Systeme extrapolieren, nur bedingt aussagekräftig sind - ganz gleich wie groß das ‚kleinere‘ System sein mag. Positiv formuliert, ebnet es den Weg für Phänomene, die man skaleninduzierte Quanten-Phasenübergänge nennen könnte [3]. D.h. Phasenübergänge, im Sinne von radikalen Änderungen von Eigenschaften, die durch minimales Ändern der Systemgröße verursacht werden.

Der Unentscheidbarkeitsbeweis für die spektrale Lücke eignet sich als Muster für ähnliche Resultate zu anderen Eigenschaften. So kann man für Quanten Spin-Gitter ganz analog Unentscheidbarkeit zahlreicher Eigenschaften des Grundzustandes zeigen: langreichweitige Korrelationen, Frustrationsfreiheit, topologische Ordnung, etc.. In all diesen Fällen lässt sich dem negativen Ergebnis immer auch etwas positives abgewinnen: Es fokussiert den Rahmen zukünftiger Forschung und lässt Ergebnisse, die bisher den Makel von bloßen partiellen Resultaten hatten, in neuem Licht erscheinen.

- [1] S. Bravyi, D. Gosset, Gapped and gapless phases of frustration-free spin-1/2 chains, J. Math. Phys. 56, 061902 (2015).
- [2] T.S. Cubitt, D. Perez-Garcia, M.M. Wolf, Undecidability of the spectral gap, Nature 528, 207-211 (2015); arXiv:1502.04573.
- [3] J. Bausch, T.S. Cubitt, A. Lucia, D. Perez-Garcia, M.M. Wolf, Size-driven quantum phase transitions, arXiv:1512.05687.
- [4] D. Yarotsky, Ground States in Relatively Bounded Quantum Perturbations of Classical Lattice Systems, Com. Math. Phys. 261, 799 (2006); S. Michalakis, J. Pytel, Stability of frustration-free Hamiltonians, Com. Math. Phys. 322, 277 (2013); O. Szehr, M.M. Wolf, Perturbation theory for parent Hamiltonians of matrix product states, J. Stat. Phys. 159, 752 (2015).

**Semesterabschluss-Treffen der Hurwitz-Gesellschaft und  
der Fakultät für Mathematik der TU München**

**EINLADUNG**  
für  
Freitag, 5. Februar 2016, ab 14:30 Uhr

**Programm:**

14:30 Uhr: Mitgliederversammlung der Hurwitz-Gesellschaft  
TUM-Campus Garching, Gebäude MI, Fakultätsraum 00.10.011

**Tagesordnung**

1. Wahl des Versammlungsleiters
2. Bericht des Vorstandes
3. Bericht des Kassenprüfers
4. Entlastung des Vorstandes
5. Neuwahl des Schatzmeisters und des Schriftführers
6. Ferienseminar
7. Verschiedenes

16:00 Uhr in MI HS 3:

Antrittsvorlesung „Sparsity models in compressed sensing“ von Herrn Professor Felix Kraher (Applied Numerical Analysis)

17:00 Uhr: Erfrischungspause in der Magistrale

17:30 Uhr in MI HS 3:

Antrittsvorlesung „Applied Topology: from Theory to Computation“ von Herrn Professor Ulrich Bauer (Geometry & Visualization)

ab 19:00 Uhr: Gelegenheit zum gemeinsamen Abendessen im Gasthof Neuwirt in Garching (das Nebenzimmer ist für die Hurwitz-Gesellschaft reserviert)

Wir hoffen, viele von Ihnen am 5. Februar zu treffen.

Der Vorstand