OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

MATH FAKULTÄT FÜR MATHEMATIK

Forschungsbericht 2017

Institut für Mathematische Optimierung

INSTITUT FÜR MATHEMATISCHE OPTIMIERUNG

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 58756, Fax +49 (0)391 67 11171
imo@uni-magdeburg.de

1. Leitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Volker Kaibel (geschäftsführender Leiter)

Prof. Dr. rer. nat. habil. Sebastian Sager

2. HochschullehrerInnen

PD Dr. Gennadiy Averkov

Prof. em. Dr. rer. nat. habil. Dr. h.c. Eberhard Girlich

Prof. em. Dr. rer. nat. habil. Friedrich Juhnke

Prof. Dr. rer. nat. habil. Volker Kaibel

Prof. Dr. rer. nat. habil. Sebastian Sager

apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Frank Werner

3. Forschungsprofil

- Gemischt-ganzzahlige Optimalsteuerung
- Gemischt-ganzzahlige nichtlineare Optimierung
- Echtzeitoptimierung unter Unsicherheiten
- Optimierungsmethoden zur Unterstützung und zum Training von Entscheidungen
- Numerische Methoden zur optimalen Versuchsplanung
- Deterministische Approximation von stochastischen Steuerproblemen
- Schnittebenen in der ganzzahligen Optimierung
- Erweiterte Formulierungen für Optimierungsprobleme
- Polyedrische Kombinatorik
- Darstellung semi-algebraischer Mengen
- Gitterpunktfreie konvexe Mengen
- Untersuchung zur Komplexität von Scheduling-Problemen
- Untersuchung von Scheduling-Problemen mit Intervallbearbeitungszeiten

4. Serviceangebot

MINT II Schülerpraktikum:

Annalena Erbrecht (Schülerin, 12. Klasse)
Betreuung vom 01.08. - 30.09.2017
Betreuer: Dr. Michael Höding

Annika Borrmann (Schülerin, 12. Klasse)
Betreuung vom 01.08. - 30.09.2017

Betreuer: Dr. Michael Höding

5. Kooperationen

- Daimler
- Deutsche Lufthansa
- mathe.medical
- Volkswagen - Umwelt und Strategie

6. Forschungsprojekte

Projektleitung: Prof. Dr. Volker Kaibel

Projektbearbeitung: Friesen, Mirjam

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.10.2014 - 31.12.2018

Erweiterte Formulierungen in der Kombinatorischen Optimierung

Die meisten für die kombinatorische Optimierung relevanten Polytope haben exponentiell in der Größe der Probleminstanz viele Facetten, so dass für den linearen Optimierungsansatz exponentiell viele Nebenbedingungen beachtet werden müssen. Das Konzept der erweiterten Formulierungen erlaubt es, Polytope als affine Projektionen höher-dimensionaler, aber wesentlich einfacher zu beschreibender Polyeder darzustellen. Das Ziel dieses Projekts ist, das grundlegende Verständnis des Konzepts der erweiterten Formulierungen signifikant zu verbessern und neue Methoden sowohl für die Konstruktion als auch für die Bestimmung unterer Schranken an die kleinste mögliche Größe solcher Formulierungen zu entwickeln.

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager

Förderer: EU - ERC HORIZONT 2020; 01.07.2015 - 30.06.2020

ERC Consolidator Grant MODEST: Mathematical Optimization for clinical DEcision Support and Training
Entwicklung mathematischer Modelle für eine **personalisierte Medizin** der **Zukunft**

Im vom Europäischen Forschungsrat (ERC) geförderten Forschungsprojekt Mathematical Optimization for Clinical Decision Support and Training (MODEST) widmen sich Prof. Dr. Sebastian Sager und sein Team aus Mathematikern und Medizinern der Universität Magdeburg der Suche nach mathematischen Lösungen, die Ärzte bei Diagnose- und Therapieentscheidungen unterstützen und eine personalisierte Medizin möglich machen. Ziel des Projektes ist es, prototypische mathematische Modelle und Algorithmen zu entwickeln, die die vielfach erhobenen und vorhandenen individuellen medizinischen Daten integrativ zusammenführen. Die Menge vorhandener Patientendaten soll so automatisch in Vorschläge für Diagnosen und Therapien übersetzt werden können. Mediziner müssen täglich unter Zeitdruck wichtige Entscheidung treffen. Kardiologen anhand eines EKGs in Minuten über mögliche Ursachen von Unstimmigkeiten befinden, Onkologen anhand von Labormarkern Dosis und Behandlungsdauer von Chemotherapien festlegen , so Prof. Sebastian Sager. Diese komplexen Entscheidungen basieren gewöhnlich auf ihrem im Laufe der Jahre angesammelten Expertenwissen, das aber eben nicht allen Patienten zur Verfügung steht und auch nicht ohne weiteres übertragbar ist. Andererseits werden in Kliniken und Arztpraxen Unmengen von Daten erhoben, die aus unserer Sicht nur unzureichend für ärztliche Entscheidungen hinzugezogen werden. Sie in ihrer ganzen Komplexität zu nutzen und gleichzeitig das Wesentliche heraus zu heben, soll durch unsere mathematischen Modelle möglich werden. Wir wollen Software entwickeln, die mit der Fülle der Daten umgehen kann und die die Entscheidungen der Mediziner faktenorientiert und nachvollziehbar unterstützt. So wie ein Flugsimulator Piloten in verschiedenen Szenarien trainiert, könnten dann auch auf individuellen Patientendaten basierende Krankheitssimulatoren sowohl in der Ausbildung eingesetzt werden, als auch im klinischen Alltag ärztliche Diagnosen sicherstellen und Therapieansätze optimieren. Krankheitsverläufe würden vorausberechnet und sichtbar gemacht werden können.

Das Projekt wird gefördert durch den Europäischen Forschungsrat (ERC) im EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 (Grant Agreement Nr. 647573).

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager
Kooperationen: mathe.medical GmbH
Förderer: EU - ERC HORIZONT 2020; 01.10.2016 - 31.03.2018

ERC Proof of Concept Grant ISITFLUTTER: diagnosis app for regular aTrial arrhytmia like Flutter
Optimierung zur Diagnose von Herzrhythmusstörungen

Innerhalb des ERC Grant Projektes MODEST arbeiten wir an einer neuen Methode zur EKG Diagnose, die auf mathematischer Optimierung beruht. So ist es selbst für Experten oftmals schwierig, unregelmäßige EKGs zuverlässig zu diagnostizieren. Dieses ist aber von großer Relevanz, da unterschiedliche Behandlungsstrategien (Ablation oder medikamentös) resultieren. Der von uns patentierte Algorithmus hat dagegen in einer umfangreichen klinischen Studie Bestwerte erzielt.

Er basiert auf einer inversen Fragestellung: wie gut lässt sich ein mathematisches Modell, das ein reguläres Eingangssignal (also gerade kein Vorhofflimmern), dafür aber unregelmäßige Überleitungen im sogenannten AV-Knoten abbildet, an die konkreten Messwerte aus dem EKG anpassen? Wenn dies sehr gut gelingt, dann interpretieren wir dies als eine Indikation dafür, dass kein Vorhofflimmern vorliegt. Ein großer Vorteil unseres Ansatzes ist, dass er allein auf den R-Zacken, also den gut erkennbaren großen Ausschlägen im EKG resultiert. Damit entfällt die Abhängigkeit von den oft verrauschten kleineren Zacken, unter der konkurrierende Ansätze leiden.
Wir haben eine App entwickelt, die die Zeitpunkte der großen Zacken automatisch aus einem fotografierten EKG oder aber aus den Pieptönen eines Herzmonitors rekonstruiert, und aufgrund dieser Zeitreihe eine Diagnose erstellt.

Ziel des Projektes isitFlutter ist es, die Marktfähigkeit dieser App zu evaluieren, die diese innovative Methode zur Entscheidungsunterstützung in die klinische Praxis bringt. Hierzu gehört die Klärung von patentrechtlichen Aspekten, die Zulassung als medizinisches Produkt, die Weiterentwicklung der Benutzeroberfläche, und eine klinische Studie. Beteiligt sind das Universitäts-Spinoff mathe.medical GmbH und die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Das Projekt wird gefördert durch den Europäischen Forschungsrat (ERC) im EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 (Grant Agreement Nr. 727417).

Prototyp einer App zur klinischen Diagnose, ob Vorhofflimmern oder eine unregelmäßige Überleitung im AV-Knoten vorliegt

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager

Projektbearbeitung: Kaibel, Prof. Dr. Volker; Averkov, Jun.-Prof. Dr. Gennadiy; Nill, Prof. Dr. Benjamin; Pott, Prof. Dr. Alexander; Kirch, Prof. Dr. Claudia; Schwabe, Prof. Dr. Rainer; Kahle, Jun.-Prof. Dr. Thomas; Findeisen, Prof. Dr.-Ing. Rolf; Benner, Prof. Dr. Peter

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.04.2017 - 30.09.2021

Mathematische Komplexitätsreduktion (GRK 2297/1)

Das Projekt wird von den genannten Principal Investigators getragen. Diese sind den Instituten für Mathematische Optimierung (Averkov, Kaibel, Sager), für Algebra und Geometrie (Kahle, Nill, Pott), für Mathematische Stochastik (Kirch, Schwabe) und für Analysis und Numerik (Benner) der Fakultät zugeordnet. Benner ist zudem Direktor des Max-Planck Institutes für Dynamik komplexer technischer Systeme. Die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik ist über Findeisen beteiligt.

Im Kontext des vorgeschlagenen Graduiertenkollegs (GK) verstehen wir Komplexität als eine intrinsische Eigenschaft, die einen mathematischen Zugang zu einem Problem auf drei Ebenen erschwert. Diese Ebenen sind eine angemessene mathematische Darstellung eines realen Problems, die Erkenntnis fundamentaler Eigenschaften und Strukturen mathematischer Objekte und das algorithmische Lösen einer mathematischen Problemstellung. Wir bezeichnen alle Ansätze, die systematisch auf einer dieser drei Ebenen zu einer zumindest partiellen Verbesserung führen, als mathematische Komplexitätsreduktion.

Für viele mathematische Fragestellungen sind Approximation und Dimensionsreduktion die wichtigsten Werkzeuge auf dem Weg zu einer vereinfachten Darstellung und Rechenzeitgewinnen. Wir sehen die Komplexitätsreduktionin einem allgemeineren Sinne und werden zusätzlich auch Liftings in höherdimensionale Räume und den Einfluss der Kosten von Datenerhebungen systematisch untersuchen. Unsere Forschungsziele sind die Entwicklung von mathematischer Theorie und Algorithmen sowie die Identifikation relevanter Problemklassen und möglicher Strukturausnutzung im Fokus der oben beschriebenen Komplexitätsreduktion.

Unsere Vision ist ein umfassendes Lehr- und Forschungsprogramm, das auf geometrischen, algebraischen, stochastischen und analytischen Ansätzen beruht und durch effiziente numerische Implementierungen komplementiert wird. Die Doktorandinnen und Doktoranden werden an einem maßgeschneiderten Ausbildungsprogramm teilnehmen. Dieses enthält unter anderem Kompaktkurse, ein wöchentliches Seminar und ermutigt zu einer frühzeitigen Integration in die wissenschaftliche Community. Wir erwarten, dass das GK als ein Katalysator zur Etablierung dieser erfolgreichen DFG-Ausbildungskonzepte an der Fakultät für Mathematik dienen und zudem helfen wird, die Gleichstellungssituation zu verbessern.

Die Komplexitätsreduktion ist ein elementarer Aspekt der wissenschaftlichen Hintergründe der beteiligten Wissenschaftler. Die Kombination von Expertisen unterschiedlicher mathematischer Bereiche gibt dem GK ein Alleinstellungsmerkmal mit großen Chancen für wissenschaftliche Durchbrüche. Das GK wird Anknüpfungspunkte an zwei Fakultäten der OVGU, an ein Max Planck Institut und mehrere nationale und internationale Forschungsaktivitäten in verschiedenen wissenschaftlichen Communities haben. Die Studierenden im GK werden in einer Fülle von mathematischen Methoden und Konzepten ausgebildet und erlangen dadurch die Fähigkeit, herausfordernde Aufgaben zu lösen. Wir erwarten Erfolge in der Forschung und in der Ausbildung der nächsten Generation führender Wissenschaftler in Akademia und Industrie.

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager

Kooperationen: Argonne National Lab, Sven Leyffer; TU Braunschweig, Prof. Christian Kirches

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.10.2016 - 30.09.2019

Nichtglatte Verfahren für auf Komplementaritäten basierende Formulierungen geschalteter Advektions-Diffusions-Prozesse

Teilprojekt innerhalb des Schwerpunktprogrammes 1962 "Nichtglatte Systeme und Komplementaritätsprobleme mit verteilten Parametern: Simulation und mehrstufige Optimierung" der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Ziel ist es, in Kooperation mit Christian Kirches (TU Braunschweig) und Sven Leyffer (Forschungszentrum Argonne, USA) neuartige mathematische Optimierungsmethoden zu entwickeln, die die besonderen Strukturen der geschalteten PDE Nebenbedingungen berücksichtigen.

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager

Kooperationen: Volkswagen - Umwelt und Strategie

Förderer: Volkswagen Stiftung; 01.03.2017 - 28.02.2020

Situationsbedingtes und verkehrseffizientes Fahren

Das Projekt ist eine Auftragsforschung der Volkswagen AG, bei der mathematische und systemtheoretische Forschung im Bereich der Verkehrswissenschaft betrieben wird. Genauer geht es um die Entwicklung neuer Methoden, die die Analyse innerstädtischen Verkehrs und einen Transfer in Fahrerassistenzsysteme erlauben. Diese Methoden sollen zum einen die Situationserkennung (Arbeitsgruppe Findeisen), zum anderen die Betrachtung optimaler Verkehrsflüsse und Verhaltensweisen (Arbeitsgruppe Sager) abdecken.

Ein zentraler Punkt des Forschungsauftrages ist die Entwicklung von mathematischen Modellen, Algorithmen und Maßnahmen zur Steigerung der verkehrlichen Leistung in verschiedenen Verkehrssituationen. Insbesondere werden Algorithmen erarbeitet, die zu einer verkehrlichen Verbesserung an innerstädtischen Ampelkreuzungen führen. Weiterhin sollen Optimierungsprobleme zur Berechnung bestmöglichen Verhaltens der Fahrer und Infrastruktureinheiten bezüglich vorher definierter Größen untersucht werden. Ziel ist die Erstellung mathematischer Modelle und Algorithmen, die möglichst komplexe und realistische Verkehrssituationen abbilden und in vertretbarer Zeit lösen können.

7. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen

MathCoRe Kickoff

The Kickoff of the MathCore Research Training Group took place on June 6, 2017 in the Festung Mark in Magdeburg. Our distinguished speakers were Bernd Sturmfels and Vince Ebert.
The program was the following.

- 17h00 Start
- 18h00 Welcome, Introduction to Research Training Group (Sebastian Sager)
- 18h20 Welcome (Rektorat)
- 18h30 *On the quadratic equation* (Bernd Sturmfels)
- 19h15 Break
- 19h45 The logo of MathCoRe (Volker Kaibel)

- 20h00 *Big Dadaismus* (Vince Ebert)
- 21h00 Open End Party

MathCoRe Workshops

- Interactions with Lattice Polytopes, Magdeburg, September 14-16, 2017

Geometrietag 2017

- 8. - 9. Dezember 2017

8. Veröffentlichungen

Begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Averkov, Gennadiy; González Merino, Bernardo; Paschke, Ingo; Schymura, Matthias; Weltge, Stefan
Tight bounds on discrete quantitative Helly numbers
In: Advances in applied mathematics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 89.2017, S. 76-101;
[Imp.fact.: 0,849]

Bo ek, Andrzej; Werner, Frank
Flexible job shop scheduling with lot streaming and sublot size optimisation
In: International journal of production research - London [u.a.]: Taylor & Francis, insges. 21 S., 2017;
[Imp.fact.: 2,325]

Delgado-Arana, Eddy M.; Burtseva, Larysa; Flores-Rios, Brenda; Ibarra, Roberto; Werner, Frank
A batch sequencing model for a semiconductor packaging company
In: Engineering Letters - Hong Kong, Bd. 25.2017, 2, S. 205-213;

Diedam, Holger; Sager, Sebastian
Global optimal control with the direct multiple shooting method
In: Optimal control, applications and methods - New York, NY [u.a.]: Wiley, 2017; http://dx.doi.org/10.1002/oca.2324;
[Imp.fact.: 1,558]

Engelhart, Michael; Funke, Joachim; Sager, Sebastian
A web-based feedback study on optimization-based training and analysis of human decision making
In: Journal of dynamic decision making: JDDM - Heidelberg: Univ.-Bibliothek, Vol. 3.2017, Art. 2, insgesamt 23 S.;

Jost, Felix; Sager, Sebastian; Le, Thi Thien Thuy
A feedback optimal control algorithm with optimal measurement time points
In: Processes: open access journal - Basel: MDPI, Bd. 5.2017, 1, insges. 19 S.;

Lai, Tsung-Chyan; Sotskov, Yuri N.; Egorova, Natalja G.; Werner, Frank
The optimality box in uncertain data for minimising the sum of the weighted job completion times
In: International journal of production research - London [u.a.]: Taylor & Francis, insges. 27 S., 2017;
[Imp.fact.: 2,325]

Lange, Julia; Werner, Frank
Approaches to modeling train scheduling problems as job-shop problems with blocking constraints
In: Journal of scheduling: JOS - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media, insges. 17 S., 2017;
[Imp.fact.: 1,281]

Lazarev, Alexander; Arkhipov, Dmitry; Werner, Frank
Scheduling jobs with equal processing times on a single machine: minimizing maximum lateness and makespan

In: Optimization letters - Berlin: Springer, Bd. 11.2017, 1, S. 165-177;
[Imp.fact.: 1,019]

Metelsky, Yury; Schemeleva, Kseniya; Werner, Frank
A finite characterization and recognition of intersection graphs of hypergraphs with rank at most 2 and multiplicity at most 3 in the class of threshold graphs
In: Discussiones mathematicae / Graph theory - Warsaw: De Gruyter Open, Bd. 37.2017, 1;
[Imp.fact.: 0,654]

Weber, Tobias; Katus, Hugo A.; Sager, Sebastian; Scholz, Eberhard P.
Novel algorithm for accelerated electroanatomic mapping and prediction of earliest activation of focal cardiac arrhythmias using mathematical optimization
In: Heart rhythm - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 14.2017, 6, S. 875-882;
[Imp.fact.: 4,866]

Nicht begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Kaibel, Volker; Walter, Matthias
A note on matchings constructed during Edmonds' weighted perfect matching algorithm
In: Magdeburg Universität, Fakultät für Mathematik, 2017, 8 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2017,Nr.06);

Ni, Yanting; Werner, Frank
Performance analysis of material handling tools for a discrete manufacturing system
In: Magdeburg Universität, Fakultät für Mathematik, 2017, 19 Seiten, Illustrationen - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2017,Nr.05);

Sotskov, Yuri N.; Lai, Tsung-Chyan; Egorova, Natalia G.; Werner, Frank
The optimality box in uncertain data for minimizing the sum of the weighted completion times of the given jobs
In: Magdeburg Universität, Fakultät für Mathematik, 2017, 23 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2017,Nr.01);

Begutachtete Buchbeiträge

Averkov, Gennadiy; Amitabh, Basu; Paat, Joseph
Approximation of corner polyhedra with families of intersection cuts
In: Integer Programming and Combinatorial Optimization: 19th International Conference, IPCO 2017, Waterloo, ON, Canada, June 26-28, 2017, Proceedings - Cham: Springer International Publishing, S. 51-62 - (Lecture Notes in Computer Science; 10328);
[Konferenz: 19th International Conference, IPCO 2017, Waterloo, ON, Canada, June 26-28, 2017];

Matke, Carsten; Bienstok, Danie; Munoz, Gonzalo; Yang, Shuoguang; Kleinhans, David; Sager, Sebastian
Robust optimization of power network operation - storage devices and the role of forecast errors in renewable energies
In: Complex networks & their applications V - Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Pub, S. 809-820, 2017 - (Studies in computational intelligence; 693);
[Kongress: 5th International Workshop on Complex Networks and their Applications, Milan, Italy, 30.11.-02.12, 2016];

Matke, Carsten; Medjroubi, Wided; Kleinhans, David; Sager, Sebastian
Structure analysis of the German transmission network using the open source model SciGRID
In: Advances in Energy System Optimization: Proceedings of the first International Symposium on Energy System Optimization - Cham: Springer International Publishing, S. 177-188, 2017;

Ni, Yanting; Werner, Frank
Material handling tools for a discrete manufacturing system - a comparison of optimization and simulation
In: 2017 International Conference on Circuits, System and Simulation (ICCSS 2017): July 14-17, 2017, London, UK - Piscataway, NJ: IEEE,

S. 97-102
[Konferenz: 2017 International Conference on Circuits, System and Simulation, ICCSS 2017, London, UK, July 14-17, 2017];