OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

MATH FAKULTÄT FÜR MATHEMATIK

Forschungsbericht 2019

Institut für Mathematische Optimierung

INSTITUT FÜR MATHEMATISCHE OPTIMIERUNG

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 58756, Fax 49 (0)391 67 41171
imo@uni-magdeburg.de

1. LEITUNG

Prof. Dr. Sebastian Sager (geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr. Volker Kaibel

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Priv.-Doz. Dr. Gennadiy Averkov (bis 30.09.2019)
Prof. Dr. Volker Kaibel
Prof. Dr. Sebastian Sager
apl. Prof. Dr. Frank Werner

im Ruhestand:
Prof. Dr. Dr. h.c. Eberhard Girlich
Prof. Dr. Friedrich Juhnke

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
- Optimierung und Maschinelles Lernen

4. SERVICEANGEBOT

MINT I Schülerpraktikum:

Marian Lauenroth (Schüler, Klasse 11)
Betreuung vom 08.07. - 28.07.2019

Betreuer: Dr. Michael Höding
Thema: "Zu optimal bleibt keine Wahl"

Valentin Schmidt (Schüler, Klasse 11)
Betreuung vom 22.07. - 04.08.2019
Betreuer: Dr. Michael Höding
Thema: "Zu optimal bleibt keine Wahl"

5. KOOPERATIONEN

- Avacon AG Deutschland
- BASF
- Daimler
- Deutsche Lufthansa
- mathe.medical
- Università di Padova, Prof. Dr. Michele Conforti
- Volkswagen

6. FORSCHUNGSPROJEKTE

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: Argonne National Lab, Sven Leyffer; TU Braunschweig, Prof. Christian Kirches
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2016 - 30.09.2022

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

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager
Projektbearbeitung: Prof. Dr. Peter Benner, Prof. Dr. Kai Sundmacher, Prof. Dr. Martin Stoll
Kooperationen: BASF AG (Deutschland); Avacon AG Deutschland
Förderer: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung & Forschungsförderung - 01.04.2018 - 31.03.2021

Power to Chemicals (P2Chem)

Im Rahmen der Energiewende in der Bundesrepublik Deutschland steigt der Anteil erneuerbarer Energien im Versorgungssystem stetig an. Dieses impliziert Herausforderungen und Chancen, insbesondere im Umgang mit Überhängen in der Stromproduktion. Wir betrachten Power-to-Chemicals (P2Chem) Prozesse, die Strom zur Herstellung von hochwertigen Chemikalien nutzen. Hierbei können grundsätzlich verschiedenste Komponenten wie katalytische Reaktoren oder Elektrolysezellen eingesetzt und miteinander kombiniert werden. Als Zielprodukt betrachten wir in diesem Projekt Synthesegas (SG), aus dem man viele wichtige Basischemikalien wie Methanol, Ameisensäure oder Phosgen erzeugen kann, wenn man die H2-zu-CO-Zusammensetzung auf verschiedene Niveaus einstellt. In P2Chem befassen wir uns mit der mathematischen Analyse dieser Prozesse und den treibenden Fragestellungen unserer Industriepartner, der Avacon AG als großem deutschen Energieversorger und der BASF SE als weltgrößtem Chemieunternehmen.

Es gibt eine große Anzahl denkbarer Verschaltungen zwischen Reaktions- und Separationsschritten zur Konversion auftretender stofflicher Gemische. Wir möchten erstmals systematisch und mit Hilfe moderner Mathematik untersuchen, welche Varianten von P2Chem unter welchen Rahmenbedingungen sinnvolle Beiträge zur Nutzung erneuerbarer Energie zur Chemieproduktion leisten können.

Neben der Wirtschaftlichkeit und Ankopplungsmöglichkeiten an Gas- und Stromnetzwerke sind die Sicherheit und die Flexibilität der Prozessführung sehr wichtig. Es geht hier um das schnelle Reagieren auf zeitlich variierende Randbedingungen (Strompreis, Qualität biogener Rohstoffe, Preis von CO2-Emissionszertifikaten, Preis der erzeugten chemischen Produkte).
Dabei müssen rechtliche, ökonomische und ökologische Aspekte sowie sicherheitstechnische Restriktionen der einzelnen Teilprozesse berücksichtigt werden.

7. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN

13. - 14.05.2019, Wernigerode
Jährliches Kolloquium des Graduiertenkollegs "Mathematische Komplexitätsreduktion" Wernigerode

8. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFSÄTZE

Bürger, Adrian; Zeile, Clemens; Altmann-Dieses, Angelika; Sager, Sebastian; Diehl, Moritz
Design, implementation and simulation of an MPC algorithm for switched nonlinear systems under combinatorial constraints
Journal of process control - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 81.2019, S. 15-30;
[Imp.fact.: 3.316]

Chung, Tsuiping; Gupta, Jatinder N. D.; Zhao, Haidan; Werner, Frank
Minimizing the makespan on two identical parallel machines with mold constraints
Computers & operations research: an international journal - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 105.2019, S. 141-155;
[Imp.fact.: 2.962]

Dey, Arindam; Agarwal, Aayush; Dixit, Pranav; Long, Hoang Viet; Werner, Frank
A genetic algorithm for total graph coloring
Journal of intelligent & fuzzy systems - New York, NY: John Wiley & Sons, S. 1-8, 2019;
[Online first]
[Imp.fact.: 1.637]

Dolgui, Alexandre; Ivanov, Dmitry; Potryasaev, Semyon; Sokolov, Boris; Ivanova, Marina; Werner, Frank
Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain
International journal of production research - London [u.a.]: Taylor & Francis, S. 1-16, 2019;
[Online first]
[Imp.fact.: 2.623]

Gafarov, Evgeny; Werner, Frank
Two-machine job-shop scheduling with equal processing times on each machine
Mathematics - Basel: MDPI, Bd. 7.2019, 3, S. 301;

Golami, O.; Sotskov, Y. N.; Werner, Frank; Zatsiupa, A. S.
Heuristic algorithms to maximize revenue and the number of jobs processed on parallel machines
Automation and remote control - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V, Bd. 80.2019, 2, S. 297-316;
[Imp.fact.: 0.562]

Golami, Omid; Sotskov, Yuri; Werner, Frank; Zatsiupa, Aksana
vristieskie algoritmy dlja maksimizacii dochoda i koliestva trebovanij, obsluivaemych na parallelnych priborach
New York, NY// Pleiades Publ, Bd. 2.2019, S. 125-151

Golami, Omid; Sotskov, Yuri; Werner, Frank; Zatsiupa, Aksana
vristieskie algoritmy dlja maksimizacii dochoda i koliestva trebovanij, obsluivaemych na parallelnych priborach
Avtomatika i telemechanika - Moskva, Bd. 2.2019, S. 125-151

Hamid, Mahdi; Nasiri, Mohammad Mahdi; Werner, Frank; Sheikhahmadi, Farrokh; Zhalechian, Mohammad
Operating room scheduling by considering the decision-making styles of surgical team members - a comprehensive approach
Computers & operations research - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 108.2019, S. 166-181;
[Imp.fact.: 2.962]

Huschto, Tony; Podolskij, Mark; Sager, Sebastian
The asymptotic error of chaos expansion approximations for stochastic differential equations
Modern stochastics: theory and applications - [Vilnius]: VTeX, Bd. 6.2019, 2, S. 145-165;

Jost, Felix; Schalk, Enrico; Rinke, Kristine; Fischer, Thomas; Sager, Sebastian
Mathematical models for cytarabine-derived myelosuppression in acute myeloid leukaemia
PLOS ONE - San Francisco, California, US: PLOS, Volume 14.2019, 7, article e0204540, insgesamt 26 Seiten;
[Imp.fact.: 2.776]

Lange, Julia; Werner, Frank
On neighborhood structures and repair techniques for blocking job shop scheduling problems
Algorithms - Basel, Bd. 12.2019, 11, S. 242;

Pavlov, Alexander; Ivanov, Dmitry; Werner, Frank; Dolgui, Alexandre; Sokolov, Boris
Integrated detection of disruption scenarios, the ripple effect dispersal and recovery paths in supply chains
Annals of operations research - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V, insges. 23 S., 2019;
[Imp.fact.: 2.284]

Rahbari, Ali; Nasiri, Mohammad Mahdi; Werner, Frank; Musavi, MirMohammad; Jolai, Fariborz
The vehicle routing and scheduling problem with cross-docking for perishable products under uncertainty - two robust bi-objective models
Applied mathematical modelling: simulation and computation for engineering and environmental systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 70.2019, S. 605-625;
[Imp.fact.: 2.617]

Speakman, Emily; Averkov, Gennadiy
Computing the volume of the convex hull of the graph of a trilinear monomial using mixed volumes
Discrete applied mathematics - [S.l.]: Elsevier, 2019 ;
[Online first]
[Imp.fact.: 0.983]

Ungson, Yamel; Burtseva, Larysa; Garcia-Curiel, Edwin; Valdez Salas, Benjamin; Flores-Rios, Brenda; Werner, Frank; Petranovskii, Vitalii
Correction: Ungson, Y. et al. Filling of Irregular Channels with Round Cross-Section: Modeling Aspects to Study the Properties of Porous Materials. Materials 2018, 11, 1901
Materials - Basel: MDPI, Bd. 12.2019, 5, S. 818;
[Imp.fact.: 2.467]

Weber, Tobias; Sager, Sebastian; Gleixner, Ambros
Solving quadratic programs to high precision using scaled iterative refinement
Mathematical programming computation - Berlin: Springer, Bd. 11.2019, 3, S. 421-455;

Werner, Frank
Discrete optimization - theory, algorithms, and applications
Mathematics - Basel: MDPI, Bd. 7.2019, 5, S. 397;

NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFSÄTZE

Lazarev, Alexander A.; Lemtyuzhnikova, Darya V.B; Werner, Frank
A general approximation approach for multi-machine scheduling problems with minimizing the maximum penalty
Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 25 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.4);
[Literaturangaben: Seite 23-25]

Lazarev, Alexander A.; Pravdivets, Nikolay; Werner, Frank
On the dual and inverse problems of scheduling problems with minimizing the maximum job penalty
Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2019, 11 Seiten - (Preprint; Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2019,Nr.9);
[Literaturangaben: Seite 10-11]

DISSERTATIONEN

Friesen, Mirjam; Kaibel, Volker [AkademischeR BetreuerIn]
Extended formulations for higher order polytopes in combinatorial optimization
Magdeburg, 2019, viii, 96 Seiten, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 89-92]

Keller, Wolfgang; Kaibel, Volker [AkademischeR BetreuerIn]
Tightening the Chvátal and split operator via low-codimensional lineality spaces
Magdeburg, 2019, 364 Seiten, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 361-364]

Lange, Julia; Werner, Frank [AkademischeR BetreuerIn]
Solution techniques for the blocking job shop scheduling problem with total tardiness minimization
Magdeburg, 2019, xxxi, 241 Seiten, Diagramme, 24 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 229-241]

Zawisza, Jacek; Lüder, Arndt [AkademischeR BetreuerIn]; Werner, Frank [AkademischeR BetreuerIn]
Entwicklung und Integration interdependenter Agentensysteme zur dezentralen Produktionsplanung und -steuerung
Magdeburg, 2018, XIX, 269 Seiten, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 219-250]