



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MATH

FAKULTÄT FÜR
MATHEMATIK

Forschungsbericht 2023

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

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr. Volker Kaibel
Prof. Dr. Sebastian Sager

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
- Untersuchung zur Komplexität von Scheduling-Problemen
- Untersuchung von Scheduling-Problemen mit Intervallbearbeitungszeiten
- Optimierung und Maschinelles Lernen

4. SERVICEANGEBOT

Intensivkurs Mathematik 27.02. - 01.03.2023, 04.09. - 06.09.2023
Klassenstufe 8 - 12
Dr. Ulf Friedrich

Mathematik zum Anfassen 06.03. - 24.03.2023
Dr. Ulf Friedrich

MatheLabor "Allgemeine Hochschularbeit" 12.07. - 31.12.2023

Prof. Dr. Sebastian Sager, Dr. Ulf Friedrich

5. KOOPERATIONEN

- Avacon AG Deutschland
- Leibniz Institut für Neurobiologie Magdeburg
- MPI Magdeburg
- Volkswagen

6. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr. Sebastian Sager

Projektbearbeitung: Prof. Dr. Thomas Richter, Prof. Dr. Alexandra Carpentier, Jun.-Prof. Dr. Jan Heiland, Prof. Dr. Petra Schwer, Prof. Dr. Anja Janßen, Prof. Dr. Peter Benner, Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen, Prof. Dr. Thomas Kahle, Prof. Dr. Rainer Schwabe, Prof. Dr. Claudia Kirch, Prof. Dr. Alexander Pott, Prof. Dr. Benjamin Nill, Doz. Dr. Gennadiy Averkov, Prof. Dr. Volker Kaibel

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2017 - 31.03.2026

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 Komplexitätsreduktion in 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. Achim Kienle, Prof. Dr. Sebastian Sager, Prof. Dr. Andreas Seidel-Morgenstern
Kooperationen: MPI Magdeburg
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2021 - 30.09.2024

Machine Learning for the Design and Control of Power2X Processes with Application to Methanol Synthesis

Ziele dieses Projektes sind:

1. Die Entwicklung neuer numerischer Methoden, welche die Stärken traditioneller Modellierungs- und Optimierungsansätze und des datengetriebenen maschinellen Lernens (ML) kombinieren sowie deren Anwendung zur
2. Entwicklung einer neuen Methodik für den Entwurf und die Führung von Power2chemicals Prozessen. Die nichtlineare Dynamik infolge stark veränderlicher Feedzuläufe soll dabei explizit berücksichtigt werden. Die Methanolsynthese wird als herausforderndes Anwendungsbeispiel betrachtet. Das ambitionierte Arbeitsprogramm spiegelt die komplementäre Expertise der drei Antragsteller in den Bereichen experimentelle Analyse, konzeptioneller Prozessentwurf und -führung sowie effiziente Algorithmen wieder. Wir verwenden neuronale Differentialgleichungen und differenzierbare End-zu-End Programmierung. Dies erlaubt uns ML für unbekannte oder teuer auszuwertende Modellteile zu nutzen und Methoden der gemischt-ganzzahligen Optimalsteuerung (MIOC) und der Versuchsplanung für hybride Modelle zu entwickeln. Daraus wird eine Methodik zur hybriden Modellierung entwickelt. Diese kombiniert experimentelle Daten aus Versuchen mit einem gradientenfreien Kinetikreaktor mit verfügbarem physikalisch-chemischem Wissen und effizientem ML. Anschließend werden die hybriden Modelle für den robusten Prozessentwurf verwendet. In der ersten Antragsphase liegt der Schwerpunkt bei ideal durchmischten isothermen und örtlich verteilten nichtisothermen Reaktoren. Zur Erhöhung von Flexibilität und Toleranz gegenüber Änderungen von Durchsatz und Zusammensetzung werden Pufferbehälter eingeführt und neben einstufigen auch verschiedene Typen von mehrstufigen Reaktoren mit variabler Feedverteilung betrachtet. Die optimale Konfiguration und die optimalen nominellen Steuerungsprofile werden mit Hilfe von MIOC und den entwickelten hybriden Modellen für charakteristische Feedverläufe bestimmt. Zusätzlich zum robusten Prozessentwurf wird in einem dritten Schritt eine robuste Regelung zur Kompensation von Modellfehlern und unvorhergesehenen Abweichungen vom obigen nominellen Fall entwickelt. Diese basiert auf einer repetitiven Online-Optimierung und erfordert weitere Modellreduktionen und Erweiterung von Methoden für den Fall hybrider Modelle, um Echtzeitanforderungen einzuhalten. Modellierung, Design und Regelung für einen gradientenfreien Reaktor lehnen sich eng an die experimentellen Untersuchungen an, um eine effiziente Erzeugung von Daten und eine Validierung der entwickelten Konzepte zu gewährleisten. Untersuchung von komplexeren Festbettreaktoren werden zunächst in Silico mit Hilfe verfügbarer mechanistischer Modelle durchgeführt und sollen u.a. in einer möglichen 2. Förderphase experimentell validiert werden. Wir generieren neue Ansätze zur systematischen hybriden Modellierung und der anschließenden Verbindung mit Entscheidungsfindung, die physikalische Gesetze berücksichtigen und durch Robustheit die Sicherheit von ML Anwendungen erhöhen.

7. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN

MathCoRe Kolloquium Wittenberg
03.05.2023 - 05.05.2023

Unconscious Bias Training Workshop
05.06.2023, 13.06.2023

KickOff MatheLabor
12.07.2023

One-Day Course Research-Data management in Mathematics
23.11.2023

8. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Behmanesh-Fard, Navid; Yazdanjouei, Hossein; Shokouhifar, Mohammad; Werner, Frank

Mathematical circuit root simplification using an ensemble heuristicmetaheuristic algorithm

Mathematics - Basel : MDPI, Bd. 11 (2023), Heft 6, Artikel 1498, insges. 22 S.

[Imp.fact.: 2.4]

Bürger, Adrian; Zeile, Clemens; Altmann-Dieses, Angelika; Sager, Sebastian; Diehl, Moritz

A Gauss-Newton-based decomposition algorithm for nonlinear mixed-integer optimal control problems

Automatica - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Pergamon Press, Bd. 152 (2023), Artikel 110967, insges. 9 S.

[Imp.fact.: 6.4]

Chen, Mo; Werner, Frank; Shokouhifar, Mohammad

Mathematical modeling and exact optimizing of university course scheduling considering preferences of professors

Axioms - Basel : MDPI, Bd. 12 (2023), Heft 5, Artikel 498, insges. 17 S.

[Imp.fact.: 2.0]

Garg, Vanita; Deep, Kusum; Alnowibet, Khalid Abdulaziz; Mohamed, Ali Wagdy; Shokouhifar, Mohammad; Werner, Frank

LX-BBSCA - Laplacian biogeography-based sine cosine algorithm for structural engineering design optimization

AIMS mathematics - Springfield, MO : AIMS Press, Bd. 8 (2023), Heft 12, S. 30610-30638

[Imp.fact.: 2.2]

Gebhard, Anna; Lilienthal, Patrick; Metzler, Markus; Rauh, Manfred; Sager, Sebastian; Schmiegelow, Kjeld; Toksvang, Linea Natalie; Zierk, Jakob

Pharmacokinetic-pharmacodynamic modeling of maintenance therapy for childhood acute lymphoblastic leukemia

Scientific reports - [London]: Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature, Bd. 13 (2023), Heft 1, Artikel 11749, insges. 15 S.

[Imp.fact.: 4.6]

Hahn, Mirko; Leyffer, Sven; Sager, Sebastian

Binary optimal control by trust-region steepest descent

Mathematical programming - Berlin : Springer, Bd. 197 (2023), S. 147-190

[Imp.fact.: 3.06]

Lobe, Elisabeth; Kaibel, Volker

Optimal sufficient requirements on the embedded Ising problem in polynomial time

Quantum information processing - Dordrecht : Springer Science + Business Media B.V., Bd. 22 (2023), Heft 8, Artikel 305, insges. 44 S.

[Imp.fact.: 2.5]

Manns, Paul; Hahn, Mirko; Kirches, Christian; Leyffer, Sven; Sager, Sebastian

On convergence of binary trust-region steepest descent

Journal of nonsmooth analysis and optimization - Essen : Christian Clason, Fakultät für Mathematik, Universität Duisburg-Essen, Bd. 4 (2023), Artikel 10164, insges. 26 S.

Reimann, Adrian-Manuel; Schalk, Enrico; Jost, Felix; Mougiakakos, Dimitrios; Weber, Daniela; Döhner, Hartmut; Recher, Christian; Dumas, Pierre-Yves; Ditzhaus, Marc; Fischer, Thomas; Sager, Sebastian

AML consolidation therapy - timing matters

Journal of cancer research and clinical oncology - Berlin : Springer, Bd. 149 (2023), Heft 15, S. 13811-13821

[Imp.fact.: 3.6]

Sager, Sebastian

Digital twins in oncology

Journal of cancer research and clinical oncology - Berlin : Springer, Bd. 149 (2023), Heft 9, S. 5475-5477

[Imp.fact.: 3.6]

Shokouhifar, Mohammad; Sohrabi, Mahnaz; Rabbani, Motahareh; Molana, Seyyed Mohammad Hadji; Werner, Frank

Sustainable phosphorus fertilizer supply chain management to improve crop yield and P use efficiency using an ensemble heuristic-metaheuristic optimization algorithm
Agronomy - Basel : MDPI, Bd. 13 (2023), Heft 2, Artikel 565, insges. 31 S.
[Imp.fact.: 3.7]

Werner, Frank

Special Issue "Scheduling: Algorithms and Applications"
Algorithms - Basel : MDPI, Bd. 16 (2023), Heft 6, Artikel 268, insges. 3 S.
[Imp.fact.: 2.3]

Zabihian-Bisheh, Abded; Vandchali, Hadi Rezaei; Kayvanfar, Vahid; Werner, Frank

A sustainable multi-objective model for the hazardous waste location-routing problem - a real case study
Sustainable Operations and Computers - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: KeAi Communications Co. Ltd. . - 2023, insges. 34 S.
[Imp.fact.: 8.1]

NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Behmanesh-Fard, Navid; Yazdanjouei, Hossein; Shokouhifar, Mohammad; Werner, Frank

Mathematical root simplification in operational amplifiers using an ensemble heuristic-metaheuristic algorithm
Basel: MDPI, 2023, 1 Online-Ressource - (MDPI Preprints)

Chen, Mo; Werner, Frank; Shokouhifar, Mohammad

Mathematical modeling and exact optimizing of university course scheduling considering preferences of professors
Preprints - Basel : MDPI AG . - 2023, insges. 8 S.

Elidrissi, Abdelhak; Banmansour, Rachid; Hasani, Keramat; Werner, Frank

Scheduling on parallel machines with a common server in charge of loading and unloading operations
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2306.16669, insges. 40 S.

Gafarov, Evgeny R.; Werner, Frank

Connected and autonomous vehicle scheduling problems - some models and algorithms
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2304.01806, insges. 8 S.

Garg, Vanita; Deep, Kusum; Alnowibet, Khalid Abdudaziz; Wagdy Mohamed, Ali; Shokouhifar, Mohammad; Werner, Frank

Ensemble laplacian biogeography-based sine cosine algorithm for structural engineering design optimization problems
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2310.05159, insges. 25 S.

Kaur, Puneet; Kaur, Kiranbir; Singh, Kuldeep; Bharany, Salil; Almazyad, Abdulaziz S.; Xiong, Guojiang; Wagdy Mohamed, Ali; Shokouhifar, Mohammad; Werner, Frank

Acoustic monitoring in underwater wireless sensor networks using energy-efficient artificial fish swarm-based clustering protocol (EAFSCP)
Preprints - Basel : MDPI AG . - 2023, insges. 19 S.

Shokouhifar, Mohammad; Hasanvand, Mohamad; Moharamkhani, Elaheh; Werner, Frank

EHMFFL: Ensemble Heuristic-Metaheuristic Feature Fusion Learning Algorithm for Heart Disease Diagnosis
Preprints - Basel : MDPI AG . - 2023, insges. 24 S.

BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Martensen, Carl Julius; Plate, Christoph; Keßler, Tobias; Kunde, Christian; Kaps, Lothar; Kienle, Achim; Seidel-Morgenstern, Andreas; Sager, Sebastian

Towards machine learning of power-2-methanol processes

Computer aided chemical engineering - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 52 (2023), S. 561-568

HERAUSGEBERSCHAFTEN

Wagner, Gerd; Werner, Frank; De Rango, Floriano

Proceedings of the 13th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications. Volume 1

Scitepress, 2023, 1 Online Ressource, ISBN: 978-989-758-668-2 Kongress: SIMULTECH 2023 13 Rome, Italy 2023.07.12-14

Wagner, Gerd; Werner, Frank; De Rango, Floriano

Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications - 12th International Conference, SIMULTECH 2022, Lisbon, Portugal, July 14–16, 2022, Revised Selected Papers

Cham: Imprint: Springer, 2023., 1 Online-Ressource(XII, 222 p. 96 illus., 76 illus. in color.) - (Lecture Notes in Networks and Systems; 780), ISBN: 978-3-031-43824-0

Wagner, Gerd; Werner, Frank; Oren, Tuncer; De Rango, Floriano

Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications - International Online Conference (SIMULTECH 2021)

Cham: Imprint: Springer, 2023., 1 Online-Ressource(XII, 225 p. 144 illus., 129 illus. in color.) - (Lecture Notes in Networks and Systems; 601), ISBN: 978-3-031-23149-0

Werner, Frank

Scheduling - algorithms and applications

Basel: MDPI, 2023, 1 Online-Ressource (ix, 264 Seiten), ISBN: 978-3-0365-8277-1

DISSERTATIONEN

Ardalani, Ali; Pott, Alexander [AkademischeR BetreuerIn]; Kaibel, Volker [AkademischeR BetreuerIn]

Contributions to the theory of Costas arrays

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Mathematik 2023, 1 Online-Ressource (xiii, 147 Seiten, 10,24 MB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 141-147]

Frede, Jonas; Kaibel, Volker [AkademischeR BetreuerIn]

Cyclic transversal polytopes

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Mathematik 2023, 1 Online-Ressource (I, 138 Seiten, 685.07 kB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 135-138]