



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

**MATH**

FAKULTÄT FÜR  
MATHEMATIK

# Forschungsbericht 2023

Institut für Mathematische Stochastik

# INSTITUT FÜR MATHEMATISCHE STOCHASTIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58651, Fax 49 (0)391 67 41172  
imst@ovgu.de

## 1. LEITUNG

Jun.-Prof. Dr. Marc Ditzhaus  
Prof. Dr. Anja Janßen  
Prof. Dr. Claudia Kirch - geschäftsführende Leiterin (seit 01.09.2021)  
Dr. Heiko Großmann  
Dr. Martin Wendler

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Jun.-Prof. Dr. Marc Ditzhaus  
Prof. Dr. Anja Janßen  
Prof. Dr. Claudia Kirch

apl. Prof. Dr. Berthold Heiligers (extern)

Professoren im Ruhestand:

Prof. em. Dr. Otfried Beyer  
Prof. Dr. Gerd Christoph  
Prof. Dr. Norbert Gaffke  
Prof. Dr. Rainer Schwabe

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

Mathematische Stochastik (Stochastische Prozesse): Prof. Dr. Gerd Christoph; apl. Prof. Dr. Waltraud Kahle

- Asymptotische Methoden in der Stochastik
- Chebishev-Edgeworth und Cornish-Fisher Entwicklungen
- Grenzwertsätze für Stichproben mit zufälligen Stichprobenumfang
- Statistik in Abnutzungsprozessen mit unvollständiger Reparatur
- Optimale unvollständige Instandhaltung in Abnutzungsprozessen
- Optimale Instandhaltung in allgemeinen Ausfall-Reparatur-Prozessen bei diskreten Lebensdauerverteilungen

Mathematische Stochastik (Biostatistik): Jun.-Prof. Dr. Marc Ditzhaus

- Überlebenszeitanalyse
- Faktorielle Designs
- Multiples Testen
- Resamplingverfahren
- Nichtparametrische Statistik

- Funktionale Daten
- Anwendungen in den Lebenswissenschaften

Mathematische Stochastik (Mathematische Statistik): Prof. Dr. Norbert Gaffke

- Statistische Regressionsmodelle
- Experimental Design: Theorie und Algorithmen
- Tests und Konfidenzschranken
- Statistische Modellierung interdisziplinär

Mathematische Stochastik (Angewandte Mathematische Stochastik): Prof. Dr. Anja Janßen

- Extremwerttheorie
- Nicht- und semiparametrische Extremwertstatistik
- Abhängigkeitsmodellierung
- Zeitreihenanalyse, insbesondere in Bezug auf das Extremwertverhalten
- Grenzwertsätze
- Anwendungen im Bereich der Wirtschaftswissenschaften, insbesondere im Risikomanagement und der Modellierung von Finanzzeitreihen

Mathematische Stochastik (Mathematische Statistik und Anwendungen): Prof. Dr. Claudia Kirch; Dr. Martin Wendler

- Zeitreihenanalyse und Signalverarbeitung
- Change-point-Analyse und Daten-Segmentierung
- Probabilistische Unsicherheitsquantifizierung
- Computationelle und Machine-Learning-Methoden
- Funktionale/Hochdimensionale Daten
- Sequentielle Methoden
- Anwendungen in den Neurowissenschaften
- Nichtparametrische statistische Methoden

Mathematische Stochastik (Statistik und ihre Anwendungen): Prof. Dr. Rainer Schwabe; Dr. Heiko Großmann

- Planung und Auswertung statistischer Experimente
- Conjoint-Analyse (Psychologie, Marktforschung)
- Intelligenzforschung (Psychologie)
- Populationspharmakokinetik (Arzneimittelforschung)
- Adaptive und gruppensequenzielle Verfahren
- Diagnostische Studien mit räumlicher Datenstruktur und zeitlicher Verlaufskontrolle (Perimetrie in der Augenheilkunde)
- Klinische Dosisfindungsstudien
- Statistik in industriellen Anwendungen
- Multivariate Äquivalenz und Nichtunterlegenheit
- Multizentrische Studien
- Lineare, verallgemeinert lineare und nichtlineare gemischte Modelle
- Optimale Auswahl von Teilstichproben in großen Datenmengen

## 4. SERVICEANGEBOT

### **Beratung und Unterstützung bei allen statistischen Fragestellungen**

Das Institut für Mathematische Stochastik bietet Beratung zur Planung und statistischen Auswertung von Exper-

imenten an, insbesondere:

- zur Unterstützung von Abschlussarbeiten bei der Konzeption und Durchführung von Studien
- bei der Stichproben-/ Versuchsplanung, Datengewinnung und Sicherstellung der Datenqualität
- bei der Auswahl und Anwendung geeigneter Analysemethoden
- bei der Interpretation und Präsentation der Untersuchungsergebnisse

**Dieses Angebot richtet sich an ...**

- Studierende und Promovierende der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OVGU)
- Ausgenommen sind Personen, die mit dem Fachbereich Medizin assoziiert sind. (Das Universitätsklinikum bietet über das Institut für Biometrie und Medizinische Informatik Statistikberatungen an.)

[http://www.statistik.ovgu.de/Statistische Beratung.html](http://www.statistik.ovgu.de/Statistische_Beratung.html)

## 5. KOOPERATIONEN

- Annika Betken, Ruhr-Universität Bochum
- apl. Prof. Dr. Ekkehard Glimm, Novartis Pharma AG, Basel
- Dr. Daniel Vogel
- Dr. Dominic Edelmann, DKFZ Heidelberg, Deutschland
- Dr. Frenkel, Beer Sheva, Israel Sami Shamoon College of Engineering, Israel
- Dr. Fritjof Freise, TiHo Hannover
- Dr. Marco Meyer, Leibniz Universität Hannover
- Dr. Patricio Maturana Russel, Auckland University, New Zealand
- Dr. Phyllis Wan, Erasmus Universität Rotterdam
- Priv.-Doz. Dr. Norbert Benda, BfArM, Bonn
- Priv.-Doz. Dr. Steffen Uhlig, Quo Data, Dresden
- Prof. Dr. Andreas Greven, Universität Erlangen-Nürnberg
- Prof. Dr. Dennis Dobler, VU Amsterdam, The Netherlands
- Prof. Dr. Haeran Cho, University of Bristol
- Prof. Dr. Hans-Peter Piepho, Institute of Crop Science, Biostatistics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Hohenheim
- Prof. Dr. Heinz Holling, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Prof. Dr. Herold Dehling, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. Dr. Holger Drees, Universität Hamburg
- Prof. Dr. Jeong Eun Lee, Auckland University, New Zealand
- Prof. Dr. Johan Segers, UCLouvain, Belgien
- Prof. Dr. John Aston, University of Cambridge
- Prof. Dr. Laura Gibson, University of Massachusetts Medical School, USA
- Prof. Dr. Luc Pronzato, Université de Nice, CNRS-13R
- Prof. Dr. Lukasz Smaga, Adam Mickiewicz University, Poland
- Prof. Dr. Markus Pauly, TU Dortmund, Deutschland
- Prof. Dr. Menggang Yu, University of WisconsinMadison, USA
- Prof. Dr. Olimjon Sh. Sharipov, National University of Usbekistan
- Prof. Dr. Radoslav Harman, Comenius-Universität Bratislava
- Prof. Dr. Renate Meyer, University of Auckland, New Zealand
- Prof. Dr. Takeshi Emura, Kurume University, Japan
- Prof. Dr. Tamara Fernandez, Adolfo Ibanez University, Chile
- Prof. Dr. Thomas Kahle, FMA-IAG

- Prof. Dr. Timothy Kowalik, University of Massachusetts Medical School, USA
- Prof. Dr. Vladimir Ulyanov, Moskauer Staatliche Lomonosov-Universität, Russland

## 6. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Prof. Dr. Gerd Christoph  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Vladimir Ulyanov, Moskauer Staatliche Lomonosov-Universität, Russland  
**Förderer:** Sonstige - 01.04.2020 - 30.06.2023

### **Analysis of the quality of approximations in the statistical analysis of multivariate observations**

The formal construction of second-order Chebyshev-Edgeworth expansions for statistics from samples with random sample sizes is further developed. The asymptotic laws are scale mixtures of the standard normal or chi-square distributions with scale mixing gamma or inverse exponential distributions. Non-random, random or mixed normalisation factors for the statistics lead to different limit distributions with related approximation functions. Moreover, new results for the sample median are proved.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Marc Ditzhaus  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2022 - 31.10.2025

### **Modellierung und Quantifizierung von Effektgrößen für faktorielle Daten in der Überlebenszeitanalyse -Teil II**

Ziel dieses Vorhabens ist es, den erfolgreichen Weg der ersten Projektphase fortzusetzen und biostatistische Verfahren zur Effektquantifizierung in komplexen Designs mit 'time-to-event' Endpunkten (weiter) zu entwickeln. Diese sind motiviert durch interdisziplinäre Kooperationen der PIs mit medizinischen Kollegen von nationalen Universitätskliniken sowie auftretenden Problemen mit existierenden Verfahren aus der Literatur. Ein besonderer Fokus liegt deshalb auf gut interpretierbaren Estimands wie dem RMST (restricted mean survival time) sowie Situationen mit nichtproportionalen Hazards und/oder konkurrierenden Risiken wie sie bspw. in der Onkologie (insbesondere bei neuartigen Immuntherapien), bei bestimmten Autoimmunerkrankungen (wie multipler Sklerose) oder chronischen Atemwegserkrankungen (wie Asthma im Kindesalter) auftreten können.

Um für solche Settings vertrauensvolle biostatistische Inferenzmethoden (Punktschätzer, Konfidenzintervalle und -bereiche sowie Tests) zu entwickeln, werden auf methodischer Ebene bspw. permutations- und bootstrapsbasierte Verfahren mit modernen Techniken der nichtparametrischen Statistik, des multiplen Testens und des maschinellen Lernens kombiniert. In ausgiebigen Simulationsstudien, gemeinsamen Analysen mit interdisziplinären Kooperationspartnern /innen sowie rekonstruierten Daten von aktuellen Studien wird die Methodik hinsichtlich Praktikabilität und Effizienz optimiert. Im Anschluss werden die Verfahren in R-Paketen und nutzerfreundlichen shiny-Apps einer breiten Maße von Biometrikern/innen zur flexiblen Analyse von komplexen 'time-to-event'-Daten zur Verfügung gestellt. Ausführliche Guidelines sowie eingängliche Zeitschriften-Artikel ermöglichen den einfachen und unmittelbaren Zugang zur Software.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Norbert Gaffke  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Rainer Schwabe, OVGU, FMA-IMST  
**Förderer:** Sonstige - 01.10.2020 - 31.12.2023

### **Quasi-Newton algorithmus zum optimalen Design**

Im Rahmen der approximativen Design-Theorie für lineare Regressionsmodelle sollen optimale Designs algorithmisch berechnet werden (insbesondere D-optimale und I-optimale Designs). Ein universell einsetzbarer Algorithmus existiert nicht.

Unsere Quasi-Newton Methoden (s. Gaffke; Schwabe, 2019) sollen auf den Fall eines endlichen Versuchsbereichs angewendet und als R-Programm implementiert werden.

Literatur:

Gaffke, N.; Schwabe, R.: Quasi-Newton algorithm for optimal approximate linear regression design: Optimization in matrix space. *Journal of Statistical Planning and Inference* 198 (2019), 62-78.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Norbert Gaffke, Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Projektbearbeitung:** Dr. Helmi Shat  
**Förderer:** Sonstige - 01.04.2022 - 31.03.2023

### **Optimale Planung multi-variabler Accelerated-Degradation-Tests (II)**

Die rasante Entwicklung moderner Fertigungstechniken zusammen mit den Bedürfnissen der Verbraucher nach hochqualitativen Produkten dienen als Motivation für Industrieunternehmen, Produkte zu entwickeln und herzustellen, die ohne Ausfall über Jahre oder gar Jahrzehnte funktionieren können. Für derartig langlebige Produkte ist es jedoch eine nicht einfache Aufgabe, innerhalb kurzer verfügbarer Zeit Zuverlässigkeitsaussagen zu treffen, da nicht genügend Daten für eine akkurate Schätzung der Lebensdauer gewonnen werden können. Dementsprechend ist eine Lebensdauerprüfung unter Normalbedingungen nicht sinnvoll. Daher werden Ermüdungstests mit wiederholte Messungen ("repeated measures accelerated degradation tests") häufig in der produzierenden Industrie angewendet, um Lebensdauerverteilungen hochzuverlässiger Produkte zu bestimmen, die bei traditionellen oder beschleunigten Lebensdauertests nicht ausfallen würden. In diesen Experimenten werden Beobachtungen bei hohen Belastungsstufen (z.B. Temperatur, Stromspannung oder Druck) mit Hilfe eines physikalisch sinnvollen statistischen Modells extrapoliert, um Schätzungen der Lebensdauer für niedrigere Belastungen unter Normalbedingungen zu erhalten. Zusätzlich ist zu beachten, dass verschiedene Faktoren wie die Häufigkeit der Messungen, die Stichprobengrößen und die Dauer des Experiments Einfluss auf die Kosten und die Genauigkeit der Schätzung haben.

Im Rahmen dieses Projektes werden verschiedene Systeme bivariater Degradationsprozesse betrachtet, wobei die Korrelationsstruktur durch eine Copula gegeben ist, und hierfür optimale Designs bestimmt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Norbert Gaffke, Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Kooperationen:** Dr. Fritjof Freise, TiHo Hannover  
**Förderer:** Haushalt - 01.01.2019 - 31.03.2023

### **Sequenziell-adaptives Design**

Nicht-lineare Regression spielt eine wichtige Rolle zur adäquaten statistischen Modellierung von Daten, wenn der Einfluss erklärender Variablen auf die interessierende Zielvariable nicht durch einen einfachen linearen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang beschrieben werden kann. In derartigen Modellen hängt die Informationsmatrix eines Versuchsplans (Design) vom Parametervektor ab, dessen wahrer Wert unbekannt ist. Häufig verwendete Ansätze der optimalen Versuchsplanung in dieser Situation sind lokal optimale Designs, Bayes-optimale Designs oder auch Minimax-Designs. Diese Konzepte benötigen und verwenden jedoch a-priori Kenntnisse über den wahren Parameterwert. Sequenziell-adaptive Designs hingegen sind lernende Verfahren. Sie sammeln Informationen über den wahren Parameterwert aus bereits gemachten Beobachtungen in einem sequenziellen Prozess und können daher auf a-priori Informationen verzichten. Dabei werden sequenziell adaptive Updates der Parameterschätzung auf Basis der bereits gemachten Beobachtungen berechnet, und mit Hilfe dieser wird das Design entsprechend um weitere Beobachtungen ergänzt. Ein populärer Algorithmus dieser Art ist der adaptive Wynn-Algorithmus zur asymptotischen Generierung eines D-optimalen Designs. In der gemeinsamen Arbeit von Freise, Gaffke und Schwabe (2019a) ist es gelungen, das seit Langem offene Problem der Konvergenz dieses Algorithmus zumindest für die in den Anwendungen wichtige Klasse der verallgemeinerten linearen Modelle (positiv) zu lösen. In der zweiten Arbeit von Freise, Gaffke und Schwabe (2019b) konnte dies auch auf eine weitere Klasse von nicht-linearen Modellen und auf andere Schätzverfahren erweitert werden. Gegenwärtig arbeiten die Autoren an der Analyse eines neuen Algorithmus zur asymptotischen Generierung D-optimaler Designs, bei dem gleichzeitig mehrere Beobachtungen hinzugefügt werden. Weitere Ziele des Projekts sind zum einen die Ausweitung der Untersuchungen auf weitere Klassen nicht-linearer Modelle sowie auf weitere Optimalitätskriterien. Zum anderen soll das praktische Konvergenzverhalten der Algorithmen erprobt und beurteilt werden.

Freise, F.; Gaffke, N.; Schwabe, R. (2019a). The adaptive Wynn-algorithm in generalized linear models with univariate response. Preprint arXiv:1907.02708

Freise, F.; Gaffke, N.; Schwabe, R. (2019b). Convergence of least squares estimators in the adaptive Wynn algorithm for a class of nonlinear regression models. Preprint. arXiv:1909.03763

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Anja Janßen  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Ziegenbalg Max  
**Förderer:** Haushalt - 01.04.2021 - 31.03.2025

### **Reguläre Variation von stochastischen Netzwerken**

Stochastische Netzwerke sind zufällige Graphen, die sich zeitdynamisch entwickeln, und zur Modellierung von Verbindungen (z.B. Freundschaften, Nachrichtenaustausch, etc.) zwischen Netzwerkteilnehmern im Zeitverlauf eingesetzt werden können. Eine Vielzahl von mathematischen Modellen existiert für die Spezifikation dieser Prozesse und für viele Anwendungen haben sich die sogenannten "Preferential Attachment Modelle" als sinnvoll erwiesen, in denen die Wahrscheinlichkeit für das Entwickeln einer neuen Verbindung positiv von der Anzahl der bereits vorhandenen Verbindungen eines Objektes abhängt. In diesen Modellen treten auf natürlichem Wege (Grad-)Verteilungen mit schweren Tails auf, wenn die Netzwerkgröße gegen unendlich geht. Bisher wurde jedoch allein dieses asymptotische Verhalten untersucht ohne Rücksicht auf die Tatsache, dass wir in der Realität stets Netzwerke mit einer endlichen, zufälligen Anzahl von Teilnehmern beobachten. Das Ziel dieses Projektes ist es, diese Zufälligkeit in die Modellierung von stochastischen Netzwerken einfließen zu lassen und die resultierenden Netzwerke im Rahmen der Methoden der Extremwerttheorie zu untersuchen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Anja Janßen  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Felix Reinbott  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2021 - 31.10.2024

### **Principal component analysis for multivariate extremes**

The aim of this project is to explore extensions of the classical dimension reduction technique of principal component analysis (PCA) to the setting of multivariate extreme value theory. In this setting, a challenging aspect is that in the natural modelling framework of non-negative max-stable vectors the orthogonal decomposition in the Euclidean space standing behind the PCA for normally distributed data is no longer applicable. Instead, the max-times-algebra lends itself to a more suitable framework for a decomposition of the dependence structure. This project explores how an optimal projection of a max-stable vector into a lower dimensional space can be implemented efficiently, justified theoretically and how we can interpret the result for specific classes of models

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Anja Janßen  
**Kooperationen:** Phyllis Wan, Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam  
**Förderer:** Haushalt - 01.06.2023 - 31.12.2023

### **An Overview over Clustering for Extremes**

In this project we provide an overview over several clustering methods for extremes by shedding light on similarities and differences between the three methods of k-means clustering, k-principal components clustering and spherical clustering which are applied to the (estimated) spectral measure of a multivariate extreme value distribution. The aim is also to provide some practical guidelines about the implementations of all three methods.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Anja Janßen  
**Kooperationen:** Johan Segers, UCLouvain, LIDAM/ISBA  
**Förderer:** Haushalt - 01.03.2022 - 30.11.2023

### **Invariance properties of extremal cluster processes**

This project introduces the general notion of a cluster process as a limiting point process of returns of a certain event in a time series, with a special focus on extremes. Under mild stationarity assumptions of the underlying time series the limiting process has certain invariance properties. Of particular interest are the cluster size distributions, where one needs to distinguish between a typical and inspected cluster sizes, which differ in their properties. As a central result of this project we derive a kind of "inspection paradox" for extremal clusters.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.05.2023 - 15.05.2026

### **Daten-Segmentierung für nicht-stationäre Zeitreihen**

Die Möglichkeit nicht-stationäre Zeitreihen in Segmente mit ähnlichem stochastischen Verhalten aufteilen zu können, ist eine zentrale Voraussetzung zur weiteren Analyse in vielen Anwendungsgebieten. Frühere Ansätze (Kirch, Reckruehm (2023)) arbeiten nur mit einer einzigen Bandbreite und einem Inspektionsparameter, was in der Regel zu einem Güte-Verlust führt. Eine bessere Performance ist zu erwarten, wenn die Information aus Verfahren mit verschiedenen Bandbreiten kombiniert wird (Multiskalen-Verfahren) und der Inspektionsparameter regelmäßig neu geschätzt wird. Genau hierum geht es in diesem Projekt: Hierbei muss zum einen auf computationelle Aspekte geachtet werden, zum anderen wird aber auch die mathematische Analyse deutlich komplexer.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2022 - 31.12.2025

### **Graduelle Strukturänderungen in funktionalen Daten**

Durch Fortschritte in der Datenverarbeitung sind zunehmend zeitkontinuierliche Datensätze verfügbar bzw. Daten zu diskreten Zeitpunkten in dichter Folge. Dies sind beides Beispiele für sogenannte funktionale Daten, die auch Zufallsfelder oder Zufallsprozesse auf Mannigfaltigkeiten umfassen. Wir wollen unsere Aufmerksamkeit stochastischen Funktionen widmen, die sich in den meisten Fällen als zufällige Kurven oder Oberflächen darstellen lassen, und betrachten dabei jede Funktion als eine Beobachtung in einem Funktionenraum. Diese Beobachtungen sind natürlich geordnet bezüglich der Zeit und können sich im Zeitablauf ändern. Das Interesse liegt dabei nicht auf einer Veränderung innerhalb der einzelnen Kurven, sondern eine Veränderung in der Struktur der Kurven im Zeitablauf. Fast alle bisherigen Methoden zur Strukturbrucherkennung wurden entwickelt, um abrupte Änderungen zu erkennen. Allmähliche Änderungen der Struktur haben bis jetzt wenig Beachtung gefunden, obwohl diese realistischer für die Praxis sein könnten. Mithilfe funktionaler Grenzwertsätze und empirische Prozesse möchten wir fortgeschrittene statistische Methoden wie Bootstrap oder LASSO anwenden, um graduelle Änderungen der funktionalen Form in der Zeitreihe von Kurven diagnostizieren.



**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Renate Meyer, University of Auckland, New Zealand; Dr. Alexander Meier; Yifu Tang, University of Auckland  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 31.12.2024

### **Bayessche semiparametrische Modelle mit Zeitreihenfehlern**

Die Bayessche Zeitreihenanalyse erfreut sich zunehmend wachsender Beliebtheit in der Fachliteratur. Oft geht man hierbei in der Modellierung von einer stationären zentrierten Zeitreihe aus. In vielen relevanten Fällen stellt eine solche Zeitreihe jedoch nicht das primäre Objekt von Interesse dar, sondern wird lediglich als Fehlerterm in einem Modell mit zusätzlichem (endlichdimensionalem) "Parameter von Interesse" zugrunde gelegt. Beispiele hierfür reichen von linearen Modellen (mit Modelkoeffizienten als Parameter von Interesse) über Strukturbruch-Modelle (mit den Strukturbrüchen als Parameter von Interesse) bis hin zur nichtlinearen Regression (mit Regressionsfunktion als Parameter von Interesse). Wenn man sich für den Fehlerterm nicht auf ein endlichdimensionales Zeitreihenmodell beschränken möchte, besteht die Möglichkeit, diesen nichtparametrisch zu modellieren – man spricht in diesem Fall von einem semiparametrischen Modell.

Obwohl es einige Arbeiten zu Bayesschen semiparametrischen Modellen in der Fachliteratur gibt, sind dennoch wenig semiparametrische Ansätze im Zeitreihen-Kontext entwickelt worden. Insbesondere mit Blick auf asymptotische Betrachtungen gibt es zudem kaum theoretische Erkenntnisse.

Wir betrachten ein Bayessches semiparametrisches lineares Modell, mit Fehlerterm bestehend aus einer stationären zentrierten Zeitreihe, welche nichtparametrisch mit einem Bernstein-Hpd-Gamma Prior für die Spektraldichtematrix im Zusammenspiel mit der Whittle Likelihood modelliert wird. Die Resultate des Verfahrens werden in einer vergleichenden Simulationsstudie evaluiert. Für den wichtigen Spezialfall des Erwartungswert-Modells werden zudem Kontraktionsraten der gemeinsamen a posteriori Verteilung sowie ein Bernstein-von-Mises Resultat für die marginale a posteriori Verteilung des Erwartungswerts hergeleitet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Felix Gnettner  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Alicia Nieto-Reyes (University of Cantabria, Santander)  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2019 - 31.12.2023

### **Two-Sample-Tests based on Depth Functions**

Depth functions provide measures of the deepness of a point with respect to a given set of observations. This non-parametric concept can be applied in spaces of any dimension and entails a center-outward ordering for the given data. In 1993 Liu and Singh published a new idea for a Wilcoxon-type two-sample-test considering generalised depth-based ranks and in 2006 Zuo and He proved the test statistic to be asymptotically normal. Our aim is to construct change point tests by means of this Liu-Singh statistic and to investigate their asymptotic properties. Those tests that prove beneficial should be implemented such that a performant evaluation is enabled. In particular, we are interested in the behaviour of tests for high-dimensional or functional data.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Renate Meyer, University of Auckland, New Zealand; Jeong Eun Lee, University of Auckland, New Zealand; Yixuan Liu  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 31.12.2023

### **A nonparametrically corrected likelihood for Bayesian spectral analysis of multivariate time series**

This paper presents a novel approach to Bayesian nonparametric spectral analysis of stationary multivariate time series. Starting with a parametric vector-autoregressive model, the parametric likelihood is nonparametrically adjusted in the frequency domain to account for potential deviations from parametric assumptions. We show mutual contiguity of the nonparametrically corrected likelihood, the multivariate Whittle likelihood approximation and the exact likelihood for Gaussian time series. A multivariate extension of the nonparametric Bernstein-Dirichlet process prior for univariate spectral densities to the space of Hermitian positive definite spectral density matrices is specified directly on the correction matrices. An infinite series representation of this prior is then used to develop a Markov chain Monte Carlo algorithm to sample from the posterior distribution. The code is made publicly available for ease of use and reproducibility. With this novel approach we provide a generalization of the multivariate Whittle-likelihood-based method of Meier et al. (2020) as well as an extension of the nonparametrically corrected likelihood for univariate stationary time series of Kirch et al. (2019) to the multivariate case. We demonstrate that the nonparametrically corrected likelihood combines the efficiencies of a parametric with the robustness of a nonparametric model. Its numerical accuracy is illustrated in a comprehensive simulation study. We illustrate its practical advantages by a spectral analysis of two environmental time series data sets: a bivariate time series of the Southern Oscillation Index and fish recruitment and time series of windspeed data at six locations in California.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Kooperationen:** Dr. Kerstin Reckrühm  
**Förderer:** Haushalt - 01.04.2015 - 31.12.2023

### **Die Detektion multipler Strukturbrüche basierend auf dem MOSUM-Verfahren**

Es existieren zwei grundlegende Verfahren zur Erkennung multipler Strukturbrüche in Zeitreihen im klassischen Modell der Erwartungswertänderung, die binäre Segmentierung und das MOSUM-Verfahren. Das Segmentierungsverfahren ist eine iterative Methode, die ausnutzt, dass Tests für Ein-Change-point-Alternativen weiterhin Macht im Fall von multiplen Änderungen besitzen. Die zweite Methode hingegen basiert auf Statistiken, die gleitende Summen verwenden. Ein Vorteil des MOSUM-Verfahrens besteht darin, dass das Gesamtsignifikanzniveau kontrolliert werden kann. Tests und statistische Eigenschaften von Change-point Schätzern, die auf derartige Statistiken gleitender Summen basieren, wurden von Kirch und Muhsal (2015+) im klassischen Erwartungswert-Modell detailliert untersucht. Diese Resultate sollen nun für verschiedene Change-point Situationen verallgemeinert werden. Durch die Verwendung von MOSUM-Statistiken basierend auf Schätzfunktionen können Modelle verschiedener Parameteränderungen in ein Erwartungswert-Modell der Schätzfunktion transformiert werden. Dazu muss lediglich der globale Schätzer ermittelt werden, was einen großen Vorteil in Bezug auf den Rechenaufwand darstellt. Wir konstruieren eine entsprechende Teststatistik und analysieren ihr asymptotisches Verhalten unter der Nullhypothese und Alternativen. Weiterhin werden die zugehörigen Change-point Schätzer hinsichtlich ihrer Konsistenzigenschaften näher untersucht.

Das Hauptproblem des MOSUM-Verfahrens besteht darin, dass die Güte dieser Methode im Wesentlichen von der Wahl der Bandbreite  $G$  abhängt. Dies erweist sich insbesondere dann als sehr problematisch, wenn die Abstände zwischen den Change-points stark variieren. So eignen sich große Bandbreiten zur Detektion kleiner Änderungen und kleine Bandbreiten zur Erkennung großer Änderungen. Eine Lösungsmöglichkeit wurde kürzlich im Zusammenhang mit Änderungen in Punktprozessen von Messer et al. (2014) vorgeschlagen. Ein Multiskalenverfahren basierend auf MOSUM-Statistiken soll dementsprechend konstruiert und untersucht werden. Da es für dieses Verfahren bisher noch keinerlei theoretische Untersuchungen gibt, wollen wir hier zunächst bei dem einfachen Erwartungswert-Modell bleiben.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Projektbearbeitung:** Dr. Marco Meyer, M.Sc. Philipp Klein  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Claudia Redenbach, TU Kaiserslautern; Prof. Dr. Evgeny Spondarev, Universität Ulm; Dr. Katja Schladitz, Fraunhofer ITWM; Sowie diversen Industriepartnern; Dr. Marco Meyer, Leibniz Universität Hannover  
**Förderer:** Bund - 01.05.2020 - 30.09.2023

### **Detektion von Anomalien in großen räumlichen Bilddaten**

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Methoden für die Detektion von Abweichungen/Auffälligkeiten in großen Bilddatenmengen zu entwickeln. Bei diesen Abweichungen kann es sich z.B. um Mikrorisse in Betonträgern, Materialverdichtungen in textiler Bahnware oder lokale Faserfehlorientierungen in Bauteilen aus faserverstärktem Kunststoff handeln. Dazu sollen Methoden des maschinellen Lernens, Modellierung der Strukturen und der Bildgebung sowie statistische Methoden für die Detektion von Auffälligkeiten kombiniert werden. Hierbei sollen insbesondere asymptotische Methoden aus der Changepoint-Analyse verallgemeinert werden, um Anomalien in Zufallsfeldern erkennen zu können.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch, Prof. Dr. Thomas Kahle  
**Projektbearbeitung:** Philip Dörr  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2020 - 31.03.2023

### **Extremwerttheorie in der Kombinatorik**

In diesem Promotionsprojekt werden Techniken der Extremwerttheorie auf Zufallsvariablen der Kombinatorik angewendet. Eine wichtige Beispielklasse sind Maxima von Coxetergruppenstatistiken, insbesondere Abstiege in der symmetrischen Gruppe.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Renate Meyer, University of Auckland, New Zealand; Dr. Patricio Matu-rana Russel, Auckland University, New Zealand; Yifu Tang, University of Auckland; Jeong Eun Lee, University of Auckland, New Zealand  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 31.03.2023

### **Bayessche nichtparametrische Zeitreihenanalyse für lokal-stationäre Zeitreihen**

In den letzten Jahren haben nichtparametrische Bayessche Verfahren stark an Aufmerksamkeit und Bedeutung gewonnen. Dennoch sind nur wenige Ansätze für die Zeitreihenanalyse entwickelt worden. Eine zusätzliche Schwierigkeit besteht darin, dass Bayessche statistische Verfahren der vollständigen Spezifikation einer Likelihood-Funktion bedürfen, was einer nichtparametrischen Herangehensweise zunächst entgegen steht. Mehrere Autoren haben das Problem mit Hilfe der Whittle-Likelihood gelöst, einer Approximation der wahren Likelihood, die von der Spektraldichte als der wichtigsten nichtparametrischen Kenngröße von Zeitreihen abhängt.

Moderne nichtparametrische Bootstrap-Verfahren für Zeitreihen setzen sich mit den gleichen Schwierigkeiten auseinander und verwenden implizit ebenfalls Approximationen der wahren Likelihood-Funktion. In diesem Projekt werden wir für die Bayessche nichtparametrische Analyse Approximationen moderner Resampling-Verfahren für lokal-stationäre Zeitreihen, d.h. Zeitreihen mit sich langsam ändernder Abhängigkeitsstruktur, die zwar nicht global wohl aber in einer Umgebung jeden Punktes approximativ stationär sind.

Hierzu definieren und analysieren wir eine neue Likelihood-Approximation für lokal stationäre Zeitreihen, die auf gleitenden lokalen Fourier-Koeffizienten basiert, deren globale statistische Eigenschaften denen von globalen Fourier-Koeffizienten im stationären Fall ähneln.

In Verbindung mit einem Bernstein-Dirichlet-prior zeigen wir Konsistenz der Posterior-Verteilung sowie leiten Kontraktionsraten her. Darüber hinaus zeigen Simulationsstudien, dass die mittels MCMC erhaltenen

Schätzer für das Verfahren sehr gute Ergebnisse liefern - auch im Vergleich zu alternativen Verfahren, die bereits vorgeschlagen wurden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Claudia Kirch  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Renate Meyer, University of Auckland, New Zealand; Jeong Eun Lee, University of Auckland, New Zealand; Yifu Tang, University of Auckland  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 31.03.2023

### **Posterior consistency for the spectral density of non-Gaussian stationary time series**

Various nonparametric approaches for Bayesian spectral density estimation of stationary time series have been suggested in the literature, mostly based on the Whittle likelihood approximation. A generalization of this approximation has been proposed in Kirch et al. who prove posterior consistency for spectral density estimation in combination with the Bernstein-Dirichlet process prior for Gaussian time series. In this paper, we will extend the posterior consistency result to non-Gaussian time series by employing a general consistency theorem of Shalizi for dependent data and misspecified models. As a special case, posterior consistency for the spectral density under the Whittle likelihood as proposed by Choudhuri, Ghosal and Roy is also extended to non-Gaussian time series. Small sample properties of this approach are illustrated with several examples of non-Gaussian time series.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Projektbearbeitung:** Irtefaa A. Neamah Al-Shaibani  
**Kooperationen:** Priv.-Doz. Dr. Steffen Uhlig, Quo Data, Dresden  
**Förderer:** Sonstige - 01.09.2021 - 31.12.2024

### **Planung von Ringversuchen zur Bestimmung der Nachweisgrenze bei PCR-Tests**

PCR-Tests stellen hocheinsensitive Verfahren zum Nachweis von Nukleinsäuren dar. Diese Verfahren haben in den letzten Jahren eine weitgehende Akzeptanz bei routinemäßigen Tests erreicht, aber es bedarf weiterer Untersuchungen, um ihre Leistungsfähigkeit zu bewerten. Ein wichtiger Punkt ist dabei die Bestimmung der Nachweisgrenze, die als Maß für die Sensitivität des Verfahrens dient. Diese Nachweisgrenze kann in Ringversuchen bestimmt werden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse werden sich jedoch gewöhnlich zwischen Laboren unterscheiden. Die am Ringversuch beteiligten Labore können als Repräsentanten aller Labore betrachtet werden, die dieses Verfahren anwenden. Die Variabilität zwischen den Laboren kann dann mit Hilfe von zufälligen Effekten modelliert werden. Ziel des vorliegenden Projekts ist es, optimale oder zumindest effiziente Versuchsanordnungen zur Schätzung der Modellparameter, zur Bewertung der Laboreinflüsse und zur bestmöglichen Bestimmung der Nachweisgrenze zu entwickeln.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Projektbearbeitung:** Torsten Reuter  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Alexandra Carpentier, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mathematische Stochastik  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2020 - 31.03.2024

### **Optimales Sampling Design für Big Data**

Dank moderner Informationstechnologie besteht heutzutage die Möglichkeit, riesige Datenmengen zu sammeln, die sowohl im Hinblick auf die Anzahl der Beobachtungseinheiten (Umfang des Datensatzes) als auch hinsichtlich der Anzahl der Merkmale (multivariate Beobachtungen) von immenser Dimension sind und die häufig als massive Daten oder "Big Data" bezeichnet werden. Die reine Verfügbarkeit derartiger Big Data führt jedoch nicht zwangsläufig zu neuen Erkenntnissen über kausale Zusammenhänge innerhalb der Daten. Stattdessen kann die schiere Masse an Daten ernsthafte Probleme bei der statistischen Analyse verursachen. Zudem sind in

vielen Situationen Teile (gewisse Merkmale) in den Daten einfach oder kostengünstig zu beobachten, während die Ausprägungen anderer, besonders interessierender Merkmale nur schwierig oder mit großen Kosten zu erhalten sind. Daher sind Vorhersagen für die Ausprägungen kostenintensiver Merkmale wünschenswert. Dieses kann mit klassischen statistischen Methoden erreicht werden, wenn für eine geeignete Teilstichprobe sowohl die Ausprägungen für die einfach als auch für die schwierig zu beobachtenden Merkmale verfügbar sind. Um Kosten zu reduzieren und/oder die Genauigkeit der Vorhersage zu verbessern, besteht ein Bedarf an optimalen Auswahlverfahren für Stichproben. In diesem Kontext können Konzepte aus der ursprünglich für technische Experimente entworfenen Theorie optimaler Designs unkonventionell genutzt werden, um effiziente Strategien für die Stichprobenauswahl zu entwickeln. Grundlegende Konzepte wie Relaxation auf stetige Verteilungen der Daten und Symmetrieeigenschaften können dabei zu einer wesentlichen Reduktion der Komplexität und somit zu praktikablen Lösungen führen. Ziel des vorliegenden Projekts ist es, diese allgemeinen Ideen zu konkretisieren und sie auf ein solides theoretisches Fundament zu stellen, um sie somit für die Auswertung realer Datensätze verwertbar zu machen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Math. Martin Radloff  
**Förderer:** Sonstige - 01.10.2019 - 31.03.2024

### **Optimales Design für Sphärische Versuchsbereiche (II)**

Die Gültigkeit statischer Modelle ist oft auf einen lokalen Bereich der erklärenden Variablen beschränkt. Dieser wird in vielen Anwendungsbereichen als rechteckig angenommen, d.h. die erklärenden Variablen können unabhängig voneinander variieren. In manchen Situationen sind jedoch sphärische Bereiche sinnvoller, die durch einen beschränkten Euklidischen oder Mahalanobis-Abstand zu einem zentralen Punkt für die Versuchseinstellungen beschrieben werden können.

Ziel der Versuchsplanung ist es, optimale oder zumindest effiziente Einstellungen für die erklärenden Variablen zu bestimmen, um die Qualität der statistischen Analyse zu optimieren. Beim Vorliegen klassischer linearer Regressionsmodelle sind Charakterisierungen optimaler Designs für sphärische Versuchsbereiche mit Hilfe von Invarianzen und Symmetrien schon seit längerem bekannt. Fragestellung dieses Projekts ist es, für die in der statistischen Praxis zunehmend verwendeten verallgemeinerten linearen Modelle bzw. nichtlinearen Modelle optimale Designs auf derartigen sphärischen Versuchsbereichen zu bestimmen. Erste Ergebnisse für Poisson-verteilte Zählraten zeigen deutliche Abweichungen der hierfür benötigten optimalen Designs von denjenigen für klassische lineare Modelle.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Heinz Holling, Universität Münster, Institut für Psychologie IV; Prof. Norbert Gaffke, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mathematische Stochastik  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2023 - 31.03.2023

### **Quasi-Likelihood und Quasi-Information für nicht-lineare und verallgemeinert lineare gemischte Modelle (II)**

Nicht-lineare und verallgemeinert lineare gemischte Modelle werden effizient in der statistischen Datenanalyse in einem weiten Feld von Anwendungen in Bio- oder Sozialwissenschaften eingesetzt, wenn die grundlegenden Annahmen eines üblicherweise angesetzten linearen Modells nicht erfüllt sind. Derartige Situationen treten dann auf, wenn die Daten entweder aus einem intrinsisch nicht-linearen Zusammenhang stammen wie beispielsweise in der Pharmakokinetik, bei Wachstums- und Dosis-Wirkungs-Kurven oder die Zielvariable auf einer nicht-metrischen Skala gemessen wird wie beispielsweise Zählraten und nominale oder ordinale Antworten. Zusätzlich treten gemischte Effekte auf, wenn Messwiederholungen an ein und denselben statistischen Einheiten beobachtet werden. Dies führt zu einer Verletzung der üblichen Annahme statistisch unabhängiger Beobachtungen. Die Nicht-linearität in Kombination mit der Modellierung mit gemischten Effekten macht eine explizite Berechnung der Likelihood und damit der Fisher-Information unmöglich. Als Ersatz kann die Quasi-Likelihood und die daraus resultierende Quasi-Information genutzt werden, die einfacher zu bestimmen

sind und zu ausrechenbaren Schätzungen und deren Unsicherheitsquantifizierung führen. Dieser Ansatz erlaubt zudem die Konstruktion zuverlässiger Experimentaldesigns, die die Qualität der durchzuführenden Experimente im Vorhinein optimiert. In diesem Sinne vereinfacht dieser Ansatz die Komplexität des vorliegenden Schätz- und Planungsproblems und kann einfach mit anderen, häufig in der Statistik verwendeten Reduktionsprinzipien wie Invarianz und Äquivarianz kombiniert werden. Ziel des vorliegenden Projekts ist es, handhabbare Lösungen für die zuvor beschriebene Problemstellung zu entwickeln und diese in praktischen Situationen umzusetzen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Kooperationen:** Dr. Fritjof Freise, TiHo Hannover  
**Förderer:** Sonstige - 01.04.2020 - 31.03.2023

### Sequenziell-adaptives Design (II)

Nicht-lineare Regression spielt eine wichtige Rolle zur adäquaten statistischen Modellierung von Daten, wenn der Einfluss erklärender Variablen auf die interessierende Zielvariable nicht durch einen einfachen linearen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang beschrieben werden kann. In derartigen Modellen hängt die Informationsmatrix eines Versuchsplans (Design) vom Parametervektor ab, dessen wahrer Wert unbekannt ist. Häufig verwendete Ansätze der optimalen Versuchsplanung in dieser Situation sind lokal optimale Designs, Bayes-optimale Designs oder auch Minimax-Designs. Diese Konzepte benötigen und verwenden jedoch a-priori Kenntnisse über den wahren Parameterwert. Sequenziell-adaptive Designs hingegen sind lernende Verfahren. Sie sammeln Informationen über den wahren Parameterwert aus bereits gemachten Beobachtungen in einem sequenziellen Prozess und können daher auf a-priori Informationen verzichten. Dabei werden sequenziell adaptive Updates der Parameterschätzung auf Basis der bereits gemachten Beobachtungen berechnet, und mit Hilfe dieser wird das Design entsprechend um weitere Beobachtungen ergänzt. Ein populärer Algorithmus dieser Art ist der adaptive Wynn-Algorithmus zur asymptotischen Generierung eines D-optimalen Designs. In der gemeinsamen Arbeit von Freise, Gaffke und Schwabe (2019a) ist es gelungen, das seit Langem offene Problem der Konvergenz dieses Algorithmus zumindest für die in den Anwendungen wichtige Klasse der verallgemeinerten linearen Modelle (positiv) zu lösen. In der zweiten Arbeit von Freise, Gaffke und Schwabe (2019b) konnte dies auch auf eine weitere Klasse von nicht-linearen Modellen und auf andere Schätzverfahren erweitert werden. Gegenwärtig arbeiten die Autoren an der Analyse eines neuen Algorithmus zur asymptotischen Generierung D-optimaler Designs, bei dem gleichzeitig mehrere Beobachtungen hinzugefügt werden. Weitere Ziele des Projekts sind zum einen die Ausweitung der Untersuchungen auf weitere Klassen nicht-linearer Modelle sowie auf weitere Optimalitätskriterien. Zum anderen soll das praktische Konvergenzverhalten der Algorithmen erprobt und beurteilt werden.

Freise, F.; Gaffke, N.; Schwabe, R. (2019a). The adaptive Wynn-algorithm in generalized linear models with univariate response. Preprint arXiv:1907.02708

Freise, F.; Gaffke, N.; Schwabe, R. (2019b). Convergence of least squares estimators in the adaptive Wynn algorithm for a class of nonlinear regression models. Preprint. arXiv:1909.03763

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Rainer Schwabe  
**Projektbearbeitung:** MSc Arnab Sarkar  
**Kooperationen:** apl. Prof. Dr. Ekkehard Glimm, Novartis Pharma AG, Basel  
**Förderer:** Sonstige - 01.04.2018 - 31.03.2023

### Analyse rekurrenter Ereignisprozesse mit einem terminalen Ereignis (informative Zensierung) - Überlegungen zum Studiendesign

Das Konzept rekurrenter Ereignisse bezieht das wiederholte zeitliche Auftreten von Ereignissen ein und derselben Art im Kontext klinischer Studien ein. Beispiele umfassen das Auftreten von Anfällen in Epilepsiestudien, Aufflammen in Gichtstudien oder Hospitalisierung bei Patienten mit chronischen Herzleiden. Eine wichtige Herausforderung bei der Analyse rekurrenter Ereignisse tritt auf, wenn informative Zensierung vorliegt. In klinischen Studien können beispielsweise Patienten aus einer Behandlung ausscheiden, weil sich ihre Verfassung so verschlechtert hat, dass eine alternative Behandlung notwendig wird. In dieser Situation kann die

reine Tatsache, dass ein Patient ausscheidet, anzeigen, dass das interessierende Ereignis voraussichtlich eher oder häufiger auftritt, als unter der Annahme unabhängiger Zensierung zu erwarten wäre. Informative Zensierung kann dabei auch in Kombination mit einem terminalen Ereignis auftreten, das den rekurrenten Ereignisprozess beendet. Zum Beispiel kann in einer Studie zu chronischen Herzerkrankungen das Eintreten des Todes den Prozess der Hospitalisierung abbrechen. Da die Einflussfaktoren für Hospitalisierung bei Herzerkrankungen mit den Risikofaktoren für das Eintreten des Todes einhergehen, darf dieser Zusammenhang nicht vernachlässigt werden, da die resultierende Datenanalyse andernfalls verfälscht werden kann.

Zur Planung von Studien zur Aufdeckung und Bestimmung von Behandlungseffekten bei derartigen Endpunkten gibt es eine Reihe von Erweiterungen klassischer Überlebenszeitmodelle. Von besonderem Interesse ist dabei das Modell gemeinsamer Schwächung mit korrelierten Schwächungen, wobei separate marginale Modelle für die Intensität der beiden Ereignisprozesse unter Berücksichtigung korrelierter zufälliger Effekte, die subjektspezifische Schwächungen untersucht werden können.

Dieses Projekt umfasst sowohl methodologische Aspekte als auch Simulationsstudien und die Analyse realer Daten.

---

**Projektleitung:** Dr. Martin Wendler

**Kooperationen:** Charles University Prague, Zdenek Hlávka; Charles University Prague, Michal Pešta; Charles University Prague, Šárka Hudecová; Charles University Prague, Marie Hušková

**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2022 - 31.05.2025

### **Gradual Functional Changes**

With the advance of computer facilities and data storage warehouses, more and more data are being recorded continuously during a time period or intermittently at plethora of discrete time points. These are both examples of functional data, which furthermore embrace random fields or manifolds. Our attention is devoted to stochastic functions predominantly represented by random curves or surfaces, where every function is considered as a single observation. These observations are naturally ordered with respect to time and possibly changing over time. The interest is not in an individual change within each curve, but in a change of the pattern across the sequence of curves. Almost all existing change detection methods are designed to discover abrupt breaks. Little attention has been paid to smooth structural changes, which may be more realistic in practice. With the

vantage of functional analysis and empirical processes, we can deploy advanced statistical tools like bootstrap or lasso to diagnose the gradual change of functional form in the time series of random curves.

## **7. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN**

Prof. Dr. Claudia Kirch: Scoping Workshop "Challenges for Statistics in the Era of Data science", gemeinsam mit Prof. Dr. Barbara Hammer, Universität Bielefeld, Prof. Dr. Holger Dette, Ruhr-Universität Bochum, Prof. Dr. Johannes Lederer, Ruhr-Universität Bochum, 7.-9. Juni 2023, Xplanatorium Schloss Herrenhausen, Hannover

Prof. Dr. Claudia Kirch: Programm-Komitee der Essener Stochastiktag, 7.-10. März 2023, Universität Duisburg Essen

## 8. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Birghila, Corina; Boonen, Tim J.; Ghossoub, Mario**

Optimal insurance under maxmin expected utility

Finance and stochastics - Berlin : Springer, Bd. 27 (2023), Heft 2, S. 467-501

**Bratu, Mihaela Mirela; Birghila, Semaghiul; Coatu, Valentina; Danilov, Diana Andreea; Radu, Marius Daniel; Birghila, Corina**

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in some commercial herbal teas

Polycyclic aromatic compounds - London [u.a.]: Francis & Taylor, Bd. 43 (2023), Heft 3, S. 2269-2282

[Imp.fact.: 2.4]

**Christoph, Gerd; Ulyanov, Vladimir V.**

Second order ChebyshevEdgeworth-Type approximations for statistics based on random size samples

Mathematics - Basel : MDPI, Bd. 11 (2023), Heft 8, Artikel 1848, insges. 18 S.

[Imp.fact.: 2.4]

**Ditzhaus, Marc; Yu, Menggang; Xu, Jingyue**

Studentized permutation method for comparing two restricted mean survival times with small sample from randomized trials

Statistics in medicine - Chichester [u.a.]: Wiley, Bd. 42 (2023), Heft 13, S. 2226-2240

[Imp.fact.: 2.0]

**Dormuth, Ina; Liu, Tiantian; Xu, Jingyue; Pauly, Markus; Ditzhaus, Marc**

A comparative study to alternatives to the log-rank test

Contemporary clinical trials - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 128 (2023), Artikel 107165

[Imp.fact.: 2.2]

**Freise, Fritjof; Holling, Heinz; Schwabe, Rainer**

Optimal design for estimating the mean ability over time in repeated item response testing

Journal of statistical planning and inference - Amsterdam : North-Holland Publ. Co., Bd. 225 (2023), S. 266-282

[Imp.fact.: 0.9]

**Janßen, Anja; Neblung, Sebastian; Stoev, Stilian**

Tail-dependence, exceedance sets, and metric embeddings

Extremes - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 26 (2023), Heft 4, S. 747-785

[Imp.fact.: 1.3]

**Kirch, Claudia; Klein, Philipp**

Moving sum data segmentation for stochastic processes based on invariance

Statistica Sinica - Taipei : Statistica Sinica, Institute of Statistical Science, Academia Sinica . - 2023, insges. 35 S.

[Imp.fact.: 1.4]

**Matabuena, Marcos; Félix, Paulo; Ditzhaus, Marc; Vidal, Juan; Gude, Francisco**

Hypothesis testing for matched pairs with missing data by maximum mean discrepancy - an application to continuous glucose monitoring

The American statistician - Abingdon : Taylor & Francis, Bd. 77 (2023), Heft 4, S. 357-369

[Imp.fact.: 1.8]

**Niaparast, Mehrdad; MehrMansour, Sahar; Schwabe, Rainer**

V-optimality of designs in random effects Poisson regression models

Metrika - Berlin : Springer . - 2023

[Imp.fact.: 0.7]



**Radloff, Martin; Schwabe, Rainer**

D-optimal and nearly D-optimal exact designs for binary response on the ball  
Statistical papers - Berlin : Springer, Bd. 64 (2023), S. 1021-1040  
[Imp.fact.: 1.3]

**Radloff, Martin; Schwabe, Rainer**

D-optimal and nearly D-optimal exact designs for binary response on the ball  
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, insges. 16 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]

**Reuter, Torsten; Schwabe, Rainer**

Optimal subsampling design for polynomial regression in one covariate  
Statistical papers - Berlin : Springer, Bd. 64 (2023), S. 1095-1117  
[Imp.fact.: 1.3]

**Tang, Yifu; Kirch, Claudia; Eun Lee, Jeong; Meyer, Renate**

Posterior consistency for the spectral density of non-Gaussian stationary time series  
Scandinavian journal of statistics - Oxford : Wiley-Blackwell, Bd. 50 (2023), Heft 3, S. 1152-1182  
[Imp.fact.: 1.0]

## NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Freise, Fritjof; Gaffke, Norbert; Schwabe, Rainer**

A p-step-ahead sequential adaptive algorithm for D-optimal nonlinear regression design  
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2307.02086, insges. 32 S.

**Gnettner, Felix; Kirch, Claudia; Nieto-Reyes, Alicia**

Variations of the depth based Liu-Singh two-sample test including functional spaces  
De.arxiv.org - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2308.09869, insges. 56 S.

**Janßen, Anja; Ziegenbalg, Max**

Multivariate regular variation of preferential attachment models  
De.arxiv.org - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2310.02785, insges. 39 S.

**Kirch, Claudia; Klein, Philipp; Meyer, Marco**

Scan statistics for the detection of anomalies in M-dependent random fields with applications to image data  
De.arxiv.org - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2311.09961, insges. 56 S.

**Liu, Yixuan; Kirch, Claudia; Eun Lee, Jeong; Mayer, Renate**

A nonparametrically corrected likelihood for Bayesian spectral analysis of multivariate time series  
De.arxiv.org - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2306.04966, insges. 45 S.

**Reuter, Torsten; Schwabe, Rainer**

D-optimal subsampling design for massive data linear regression  
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2307.02236, insges. 21 S.

**Reuter, Torsten; Schwabe, Rainer**

Optimal subsampling design for polynomial regression  
De.arxiv.org - [S.l.]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2301.03295, insges. 19 S.;

**Tang, Yifu; Kirch, Claudia; Eun Lee, Jeong; Mayer, Renate**

Bayesian nonparametric spectral analysis of locally stationary processes  
De.arxiv.org - [Erscheinungsort nicht ermittelbar]: Arxiv.org . - 2023, Artikel 2303.11561, insges. 65 S.

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Christoph, Gerd; Ulyanov, Vladimir V.**

Second order chebyshev-edgeworth-type approximations for statistics based on random size samples  
Limit theorems of probability theory - Basel : MDPI ; Tikhomirov, Alexander . - 2023, S. 247-264

## DISSERTATIONEN

**Wegner, Lea; Wendler, Martin [AkademischeR BetreuerIn]; Kirch, Claudia [AkademischeR BetreuerIn]**

U-statistics for detecting and estimating changes in weakly dependent functional data

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Mathematik 2023, 1 Online-Ressource (126 Seiten, 1,85 MB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 121-126]