



FAKULTÄT FÜR
MATHEMATIK

Forschungsbericht 2016

Institut für Mathematische Stochastik

INSTITUT FÜR MATHEMATISCHE STOCHASTIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 58651, Fax +49 (0)391 67 11172
imst@ovgu.de

1. Leitung

Prof. Dr. Anita Behme (01.04.-30.09.2016)
Prof. Dr. Claudia Kirch - geschäftsführende Leiterin
Prof. Dr. Rainer Schwabe

apl. Prof. Dr. Waltraud Kahle
Dr. Heiko Großmann

2. HochschullehrerInnen

Prof. Dr. Anita Behme (01.04.-30.09.2016)
Prof. Dr. Jürgen Groß (bis 31.03.2016 Vertretungsprofessur)
Prof. Dr. Claudia Kirch
Prof. Dr. Cornelia Pokalyuk (bis 30.09.2016 Dorothea-Erxleben-Gastprofessur, ab 01.10.2016 Vertretungsprofessur)
Prof. Dr. Rainer Schwabe

apl. Prof. Dr. Berthold Heiligers (extern)
apl. Prof. Dr. Waltraud Kahle

Professoren im Ruhestand:

Prof. Dr. rer.nat.habil. Otfried Beyer
Prof. Dr. rer.nat.habil. Gerd Christoph
Prof. Dr. rer.nat.habil. Norbert Gaffke

3. Forschungsprofil

Mathematische Stochastik (Stochastische Prozesse): Prof. Dr. Anita Behme

- Sprungprozesse
- Stochastische Modellierung in Versicherungs- und Finanzmathematik
- Stochastische Analysis
- Statistik für Stochastische Prozesse

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

- Asymptotische Methoden in der Stochastik
- Edgeworth und Cornish-Fisher Entwicklungen
- Statistik in Abnutzungsprozessen mit unvollständiger Reparatur

- Optimale unvollständige Instandhaltung in Abnutzungsprozessen
- Optimale Instandhaltung in allgemeinen Ausfall-Reparatur-Prozessen bei diskreten Lebensdauerverteilungen

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

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

Mathematische Stochastik: Prof. Dr. Jürgen Groß

- Lineare statistische Modelle und lineare Matrixalgebra
- Psychometrische Modelle
- Methoden der Zeitreihenanalyse

Mathematische Stochastik (Mathematische Statistik): Prof. Dr. Claudia Kirch

- Zeitreihenanalyse
- Changepoint-Analyse
- Resampling-Verfahren für Zeitreihen
- Statistische Methoden im Frequenzbereich
- Sequentielle Methoden
- Funktionale/Hochdimensionale Daten
- Bayessche semiparametrische Verfahren zur Zeitreihenanalyse

Mathematische Stochastik (Stochastische Prozesse und ihre Anwendungen): Prof. Dr. Cornelia Pokalyuk

- Stochastische Prozesse der Populationsgenetik, insbesondere Darstellung und Analyse dieser mittels Graphen, z.B. durch den ancestralen Selektionsgraphen
- Untersuchung des Effekts von Selektion auf Genealogien
- Modellierung der Evolution des Zytomegalievirus

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

4. Serviceangebot

Beratung und Unterstützung bei allen statistischen Fragestellungen

Das Institut für Mathematische Stochastik bietet Beratung zur Planung und statistischen Auswertung von Experimenten 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>

5. Kooperationen

- Dr. Frenkel, Beer Sheva, Israel Sami Shamoan College of Engineering, Israel
- Priv.-Doz. Dr. Ekkehard Glimm, Novartis Pharma AG, Basel
- Prof. Dr. Andreas Greven, Universität Erlangen-Nürnberg
- Prof. Dr. Anton Wakolbinger, Goethe-Universität Frankfurt
- Prof. Dr. Christian Paroissin, Universität Pau, Frankreich
- Prof. Dr. Haeran Cho, University of Bristol
- Prof. Dr. Heinz Holling, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
- Prof. Dr. Hernando Ombao, University of California, Irvine
- Prof. Dr. Idris Eckley, Lancaster University
- Prof. Dr. John Aston, University of Cambridge
- Prof. Dr. Laura Gibson, University of Massachusetts Medical School, USA
- Prof. Dr. Martin Wendler, Universität Greifswald
- Prof. Dr. Peter Pfaffelhuber, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Prof. Dr. Sophie Mercier, Universität Pau, Frankreich
- Prof. Dr. Timothy Kowalik, University of Massachusetts Medical School, USA
- Prof. V. Ulyanov, Moskauer Staatliche Universität

6. Forschungsprojekte

Projektleitung: Prof. Dr. Claudia Kirch

Projektbearbeitung: Kerstin Reckrühm

Förderer: Haushalt; 01.04.2015 - 31.12.2018

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 Changepoints 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

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.01.2016 - 31.12.2017

Multiple Strukturbruch-Verfahren basierend auf MOSUM-Statistiken

In diesem Projekt wollen wir Verfahren zur Schätzung multipler Changepoints basierend auf MOSUM-Statistiken auf verschiedene Arten von Strukturänderungen verallgemeinern sowie robuste Methoden für hochdimensionale Daten entwickeln. Es gibt dazu eine Vielzahl möglicher Ansätze, die wir nicht nur durch asymptotische Betrachtungen vergleichen wollen, sondern auch durch umfangreiche Simulationsstudien, wobei auch Resampling-Verfahren berücksichtigt werden sollen.

Das Hauptproblem bei obigem Vorgehen besteht darin, dass die Güte des Verfahrens im Wesentlichen von der Wahl der Bandbreite " G " abhängt. Grundsätzlich sollte diese so groß wie möglich gewählt werden, ohne dass sich in einem Fenster der Länge " $2G$ " zwei Changepoints befinden, grob gesprochen also halb so groß wie der minimale Abstand zwischen zwei Changepoints. Dies ist offensichtlich problematisch, wenn die Abstände zwischen Changepoints stark variieren. Grundsätzlich können Changepoint-Tests große Änderungen bereits in kleinen Stichprobenumfängen zuverlässig erkennen (und liefern somit auch gute Schätzer für die Changepoints selbst), benötigen aber für kleine Änderungen längere Stichproben. Im Falle der MOSUM-Statistiken bedeutet dies, dass man mit einer großen Bandbreite kleine Änderungen erkennen kann, die aber dafür von langen Segmenten gesäumt sind. Umgekehrt kann man große Änderungen, die nur von kurzen Segmenten gesäumt sind, sehr gut mit kleinen Bandbreiten erkennen. Asymmetrische Bandbreiten sind nötig, um kleine Änderungen zu erkennen, die nur auf einer Seite von einem langen Segment umgeben sind.

Wir wollen verschiedene Methoden vergleichen, um die Information aus verschiedenen Bandbreiten (auch asymmetrischen) zu poolen.

Projektleitung: Prof. Dr. Claudia Kirch

Projektbearbeitung: Silke Weber

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.10.2013 - 31.12.2016

Resampling-Verfahren für hochdimensionale Changepoint-Tests abhängiger Daten

In vielen wissenschaftlichen Disziplinen werden zunehmend hochdimensionale Daten beobachtet, also solche, bei denen die Anzahl der beobachteten Variablen ähnlich groß oder sogar deutlich größer als die Länge der Stichprobe ist. Beispiele hierfür finden sich etwa in der Medizin im Zusammenhang mit bildgebenden Verfahren (funktionale Magnet-Resonanz-Tomographie, hochdimensionale oder hochauflösende EEG-Daten etc.) aber auch in den Wirtschaftswissenschaften (Hochfrequenz-Finanzdaten, Panel-Daten etc.). Klassische multivariate statistische Verfahren sind zur Analyse hierfür nicht geeignet, da sie typischerweise voraussetzen, dass die Dimension deutlich kleiner als die Stichprobenlänge ist. Daher ist die Entwicklung statistisch korrekter Verfahren für solche Daten sowie deren mathematische Analyse von zunehmendem Interesse.

Eine wichtige Rolle für die weitere statistische Analyse spielt hierbei die Frage, ob die beobachteten Daten sich zeitlich stationär verhalten, oder ob strukturelle Änderungen auftreten. Mit dieser Frage wollen wir uns in diesem Projekt genauer beschäftigen, neue Verfahren entwickeln sowie aktuelle Ansätze mittels Resampling-Verfahren verbessern. Bei letzteren handelt es sich um einen computerintensiven Ansatz, der die statistischen Eigenschaften von Tests bei kleineren Stichprobenumfängen häufig verbessert. Die mathematische Gültigkeit solcher Verfahren wurde jedoch bisher im Zusammenhang mit solchen Tests auf zeitliche Stationarität lediglich im univariaten Fall untersucht und erfordert insbesondere bei hochdimensionalen bzw. Panel-Daten, bei denen die Dimension mit der Stichprobenlänge wächst, neue Methoden.

Projektleitung: Prof. Dr. Claudia Kirch

Projektbearbeitung: Christina Stöhr

Förderer: Haushalt; 01.04.2015 - 31.03.2018

Robuste Verfahren in der sequentiellen Change-Point Analyse basierend auf U-Statistiken

Change-Point Analyse dient dazu, Strukturbrüche in zeitlich geordneten Datensätzen zu erkennen. Hierzu gibt es die folgenden zwei Ansätze: Einerseits verwendet das a-posteriori (offline) Verfahren den vollständig beobachteten Datensatz zum Testen auf einen Change-Point. Andererseits gibt es das sequentielle (online) Verfahren, bei dem eine sogenannte Testperiode bekannt ist und darauf aufbauend neue Daten gesammelt werden. Nach jeder neuen Beobachtung wird erneut ein Test auf eine Strukturveränderung vorgenommen. Die Entscheidung, ob eine Veränderung eingetreten ist oder nicht, wird mittels einer Teststatistik gefällt. Ist diese größer als ein kritischer Wert, entdeckt der a-posteriori Test eine Veränderung. Im Falle des sequentiellen Verfahrens wird statt eines kritischen Wertes eine kritische Kurve verwendet. Sobald die Teststatistik über der kritischen Kurve liegt, stoppt das Verfahren und entdeckt eine Veränderung.

Robuste Verfahren in der Change-Point Analyse sind von großer Bedeutung, um auch beim Auftreten stark abweichender Beobachtungen. Solche Beobachtungen können beispielsweise durch schiefe Verteilungen, dicke Flanken oder Ausreißer verursacht werden.

Insbesondere in der online Change-Point Analyse sind robuste Verfahren bedeutsam, da beispielsweise bei der Überwachung von Patienten- oder Maschinendaten bei Erkennung eines Strukturbruches schnell eingegriffen werden muss. Ist das verwendete Verfahren nicht robust, können Ausreißer in den Daten leicht einen falschen Alarm auslösen. In diesem Projekt konstruieren wir robuste sequentielle Verfahren basierend auf U-Statistiken. Dazu muss zunächst die entsprechende Teststatistik konstruiert werden. Für diese Teststatistik werden dann die asymptotischen Verteilungen unter der Null- und Alternativhypothese hergeleitet. Aus den asymptotischen Verteilungen können schließlich die kritische Kurve sowie die Güte des Tests abgeleitet werden. Das Verhalten des Tests bei endlichen Stichproben wird mittels Simulationen untersucht.

Projektleitung: Prof. Dr. Norbert Gaffke

Projektbearbeitung: Prof. Dr. Norbert Gaffke

Kooperationen: Prof. Dr. Rainer Schwabe, OVGU, FMA-IMST

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.10.2015 - 28.09.2020

Algorithmen zum optimalen Design für lineare Regressionsmodelle.

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. Ob die (bisher) vorhandenen Algorithmen zur Anwendung kommen können, hängt von der Komplexität des Modells ab und erfordert ggf. weiteren theoretischen Input. Im Projekt sollen unsere Quasi-Newton Methoden (s. Gaffke, Graßhoff, Schwabe, 2014) auf zwei Modellklassen angewendet werden: Zum Einen Querschnitts-Designs bei longitudinalen Daten, z.B. im Kontext von "accelerated life testing"-Untersuchungen in der Qualitätskontrolle (vgl. Weaver and Meeker, 2014). Zum anderen der Fall eines (endlichen) Versuchsbereichs, wobei auch Stratifizierungs- oder Kostenrestriktionen einbezogen werden. Hierfür sind in den letzten Jahren Algorithmen vom Silvey-Titterington-Torsney Typ wieder aufgegriffen worden (vgl. Harman, 2014). Diese wollen wir mit unseren Quasi-Newton Methoden kontrastieren.

Literatur:

Gaffke, N.; Graßhoff, U.; Schwabe, R.: Algorithms for approximate linear regression design applied to a first order model with heteroscedasticity. Computational Statistics and Data Analysis 71 (2014), 1113-1123.

Weaver, B.P.; Meeker, W.Q.: Methods for Planning Repeated Measures Accelerated Degradation Tests. Applied Stochastic Models in Business and Industry 30 (2014), 658-671,

Harman, R.: Multiplicative methods for computing D-optimal stratified

designs of experiments.

Journal of Statistical Planning and Inference 146 (2014), 82-94.

Projektleitung: Prof. Dr. Norbert Gaffke

Projektbearbeitung: Prof. Dr. Norbert Gaffke

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.04.2015 - 31.12.2017

Die Verteilung einer nicht-parametrischen Teststatistik für den Erwartungswert.

Im nicht-parametrischen Modell mit n i.i.d. nicht negativen Zufallsvariablen wurde von Gaffke (2005) eine Teststatistik vorgeschlagen, die auch die Konstruktion einer unteren Konfidenzschranke für den Erwartungswert erlaubt. Immer noch offen ist die Frage, ob das nominelle Konfidenzniveau eingehalten wird. Äquivalent ist die Frage, ob die Verteilung der Teststatistik stochastisch größer (oder gleich) der Standard-Rechteck-Verteilung ist, unter jeder zu Grunde liegenden Verteilung mit Erwartungswert gleich 1. Es besteht einige numerische Evidenz, dass die Antwort positiv ist. Bewiesen ist aber wenig: Nur der Fall $n = 2$ (und der triviale Fall $n = 1$), sowie die asymptotische Aussage, dass für $n \rightarrow \infty$ die Verteilung der Teststatistik gegen die Standard-Rechteck-Verteilung konvergiert. Das erste Ziel des Projektes ist es, den Fall $n = 3$ zu beantworten.

Literatur:

Gaffke, N. (2005): Three test statistics for a nonparametric one-sided hypothesis on the mean of a nonnegative random variable.

Mathematical Methods of Statistics 14, 451-467.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Fritjof Freise

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.04.2014 - 31.01.2016

Adaptives Design II

Durch eine geeignete Wahl der Versuchsbedingungen kann in vielen statistischen Experimenten eine wesentliche Verbesserung der Analyseergebnisse bzw. eine deutliche Verringerung der Kosten für die Durchführung des Experiments erzielt werden. Liegen nichtlineare Wirkungszusammenhänge zwischen den Versuchsbedingungen und der die Zielvariable beschreibenden Wirkungsfunktion vor, ergibt sich dabei das Problem, dass die optimalen Versuchspläne, d.h. die optimale Wahl der Versuchseinstellungen, in der Regel von den unbekanntem und zu schätzenden Parametern abhängen. Während dies bei einstufig geplanten Experimenten ein schier unlösbares Problem darstellt, bieten adaptive und sequenzielle Verfahren, die "on-line" die Information zuvor gemachter Beobachtungen ausnutzen, einen vielversprechenden Ansatz, um auch in solchen Situationen mit möglichst wenigen Messungen zu möglichst genauen Schätzungen zu gelangen. Derartige Verfahren sollen im Rahmen des vorliegenden Projektes entwickelt und auf ihre Eigenschaften unter realen Versuchsbedingungen untersucht werden, wobei der Schwerpunkt auf Anwendungen in sogenannten Dosis-Wirkungs-Modellen liegt, bei denen eine binäre Zielvariable, die den Erfolg oder Misserfolg einer Behandlung beschreibt und daher nur zwei Ausprägungen annehmen kann, in Abhängigkeit von der Größe ("Dosis") einer oder mehrerer erklärenden Variablen untersucht wird. Neben Experimenten in der Psychophysik stellen adaptive Intelligenztests, wie sie im Projekt "Optimales Design für online generierte adaptive Intelligenztestverfahren" untersucht und weiterentwickelt werden, ein wichtiges Anwendungsgebiet dar.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dipl.-Math. Björn Holzhauer

Kooperationen: Dr. Ekkehard Glimm, Novartis Pharma AG, Basel

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.02.2015 - 31.01.2018

Metaanalyse von unerwünschten Ereignissen in klinischen Studien basierend auf Aggregatdaten

Zur Charakterisierung der Nebenwirkungen von medizinischen Behandlungen ist es von Interesse, die Evidenz aus mehreren klinischen Studien zu kombinieren und auch historische Daten über die Kontrollgruppe zu berücksichtigen, weil in jeder einzelnen Studie oft nur wenige unerwünschte medizinische Ereignisse auftreten. Wenn für alle Studien detaillierte Patientendaten verfügbar sind, werden üblicherweise Überlebenszeitmethoden angewandt, um das Auftreten von unerwünschten Ereignissen unter Berücksichtigung der Dauer des Beobachtungszeitraums zu analysieren. Dies ist besonders dann wichtig, falls die Beobachtungsdauer sich zwischen Behandlungsgruppen unterscheidet oder falls die Austauschbarkeit von Modellparametern zwischen Studien von verschiedener Länge

angenommen wird. Traditionelle Überlebenszeitmethoden können allerdings nicht angewandt werden, wenn für einige Studien lediglich Aggregatdaten verfügbar sind. Dies stellt ein Problem in der Metaanalyse dar, da Metanalysen meist auf Veröffentlichungen in medizinischen Fachzeitschriften beruhen, welche in aller Regel keine individuellen Patientendaten enthalten.

Ziel dieses Projektes ist es, statistische Methoden zu entwickeln und zu evaluieren, die Überlebenszeitmetaanalysen unter Berücksichtigung historischer Studien basierend auf Aggregatdaten ermöglichen.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dr. Maryna Prus

Förderer: Haushalt; 15.10.2015 - 15.06.2016

Optimales Design für die individuelle Vorhersage von Inter- und Extrapolation in Regressionsmodellen mit zufälligen Parametern

Regressionsmodelle mit zufälligen Parametern werden in statistischen Anwendungsbereichen, insbesondere in den Biowissenschaften, sowie in individualisierter Medizinforschung häufig verwendet. In diesen Modellen ist neben der Schätzung des Populationsparameters die Vorhersage individueller zufälliger Parameter von Interesse. Der individualisierte Ansatz ist vor allem für die Studien, in denen nur wenige Beobachtungen pro Individuum möglich sind, von großer Bedeutung. Letzteres ist für medizinische Fragestellungen, z.B. bei Untersuchungen von Blutentnahmen bei Patienten, besonders relevant. Ziel dieses Projektes ist es, optimale oder zumindest effiziente und anwendbare Versuchspläne (Designs) für die Vorhersage von Inter- und Extrapolation individueller Wirkungsfunktionen in Regressionsmodellen mit zufälligen Parametern zu entwickeln.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dr. Maryna Prus

Kooperationen: Dr. Norbert Benda, Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte; Dr. Tobias Mielke, Aptiv Solutions, Köln

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 16.06.2016 - 31.03.2017

Optimales Design für die Vorhersage zufälliger individueller Effekte in Mehrgruppenmodellen

In der statistischen Datenanalyse werden Modelle mit zufälligen Parametern in verschiedenen Anwendungsbereichen, insbesondere in den Biowissenschaften und der individualisierten Medizinforschung, häufig verwendet. In diesen Modellen ist neben der Schätzung des Populationsparameters die Vorhersage individueller zufälliger Effekte von Interesse. Der individualisierte Ansatz ist vor allem für die Studien, in denen nur wenige Beobachtungen pro Individuum möglich sind, z.B. in der Onkologie, von großer Bedeutung. Ziel dieses Projektes ist es, optimale oder zumindest effiziente und anwendbare Versuchspläne (Designs) für die Vorhersage von individuellen zufälligen Effekten für solche Experimentalsituationen zu konstruieren und zu validieren, in denen in unterschiedlichen Gruppen nur Querschnittsdesigns angewendet werden können.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dipl.-Math. Martin Radloff

Kooperationen: Dr. Hermann Kulmann, Bayer, Berlin; Dr. Thomas Schmelter, Bayer, Berlin; Dr. Tobias Mielke, Aptiv Solutions, Köln

Förderer: Haushalt; 01.10.2013 - 30.09.2018

Optimales Design für Dynamische Systeme

Viele Wirkungszusammenhänge können auch in technischen Anwendungen nur mit statistischen, d.h. zufälligen Abweichungen beobachtet werden. Diese Wirkungszusammenhänge sind oft nicht explizit darstellbar, sondern nur durch eine oder mehrere Differentialgleichungen gegeben, bei denen einige Modellparameter unbekannt sind. Anhand von beobachteten Daten sollen diese Modellparameter mittels geeigneter Schätzverfahren bestimmt werden. Die Qualität dieser Schätzung hängt im Wesentlichen auch vom Design, d.h. von der Wahl der Versuchseinstellungen und der Messzeitpunkte ab. Ziel dieses Projektes ist es, Strategien zur Bestimmung optimaler oder zumindest effizienter Designs zu entwickeln und diese zu validieren.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Osama I. O. Idais, MSc

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.10.2016 - 30.09.2019

Optimales Design für multivariate verallgemeinerte lineare Modelle mit stetigen Zielfunktionen

In vielen Anwendungssituationen, in denen Daten gesammelt werden, werden nicht nur eine einzelne, sondern mehrere Zielvariablen gleichzeitig beobachtet, die miteinander korreliert sein können. Derartige multivariate Beobachtungen werden oft mit einer multivariaten Normalverteilung modelliert. In einigen Situationen ist dies jedoch nicht angebracht, insbesondere wenn die beobachteten Merkmale nicht stetig sind. Für diese Situationen ist das Konzept der verallgemeinerten linearen Modelle entwickelt worden, die sich speziell bei binären Daten (z.B. logistische Regression) oder Zähldaten (z.B. Poisson-Regression) bewährt haben. Jedoch kann auch bei stetigen Merkmalen statt der Normalverteilungsannahme eine andere Verteilungsannahme angemessener sein, die sich über ein verallgemeinertes lineares Modell mit nichtlinearer Linkfunktion beschreiben lässt. Ziel des Projektes ist es, für derartige Modelle asymptotische Eigenschaften unter verschiedenen Korrelationsstrukturen zu bestimmen und auf dieser Basis optimale Designs zu generieren, die zu einer Verbesserung der Datenanalyse führen.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dr. Fritjof Freise

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); 01.01.2016 - 31.12.2017

Optimales Design für online generierte adaptive Intelligenztestverfahren (III)

In diesem Projekt sollen adaptive Intelligenztests zur Messung der allgemeinen Intelligenz entwickelt werden. Die Items werden durch einen automatischen Itemgenerator regelbasiert und online generiert und adaptiv dargeboten. Selektiert werden die Items anhand der Parameterschätzungen für erweiterte linear-logistische Testmodelle. Die Parameterschätzungen erfolgen anhand optimaler Designs, so dass mit einem Minimum an darzubietenden Items ein Maximum an Präzision bei der Intelligenzmessung erzielt werden kann. Konkret sollen vier Arten regelgeleiteter Testverfahren zur Messung von allgemeiner Intelligenz konstruiert und hierfür die erforderlichen statistischen Grundlagen entwickelt werden.

In der ersten Phase wurden Items zur Verarbeitungskapazität regelbasiert entworfen und empirisch anhand D-optimaler Versuchspläne mittels linear-logistischer Testmodelle kalibriert. Dazu wurden optimale Versuchspläne für linear-logistische Testmodelle mit festen und zufälligen Faktoren entwickelt. Weiterhin entstand ein Programmsystem zur automatischen Generierung dieser Items, ihrer adaptiven Darbietung und Personenparameterschätzung.

In der zweiten Phase wurden die Arbeiten aus der ersten Phase fortgesetzt. Dazu wurden analog zu den in der ersten Phase entwickelten Items zur Verarbeitungskapazität, regelbasierte Items zur Bearbeitungsgeschwindigkeit konstruiert, die sich für eine adaptive Testung dieser Intelligenzkomponente eignen. Da es sich hier um Speed-Tests handelt, war es erforderlich, anstelle des logistischen Rasch-Modells erweiterte Formen des Rasch Poisson Count-Modells als statistische Grundlage heranzuziehen. Für diese Modelle wurden optimale Versuchspläne zur Itemkalibrierung und adaptiven Testung entwickelt.

Ziel der dritten Phase ist es, in Fortsetzung und Ergänzung der Arbeit in den ersten beiden Phasen bei der Modellierung der Intelligenzkomponenten zeitliche, zumeist nichtlineare Trends in longitudinalen Studien zu berücksichtigen und hierfür optimale Designs zu entwickeln, die adaptiv eingesetzt werden können. Darüber hinaus werden Designs für Itempools unter Nebenbedingungen an die Anzahl der verwendeten Regeln bereitgestellt.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dipl. Math. Dennis Schmidt

Kooperationen: Dr. Heiko Großmann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mathematische Stochastik

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.04.2013 - 31.03.2017

Optimales Design für statistische Modelle mit zensierten Daten

In vielen technischen und biologischen Bereichen spielt die statistische Analyse zensierter Daten eine zunehmende Rolle. Diese Zensierungen können deterministisch (feste Studiendauer, Nachweisgrenzen) oder zufallsgesteuert (zufällige Studiendauer, zufälliges Ausscheiden aus der Studie) sein. Die beobachteten, teilweise zensierten Größen

können zusätzlich von weiteren Einflussfaktoren (Behandlungen und Kovariablen) abhängen, was beispielsweise über ein "proportional hazards"-Modell beschrieben werden kann.

Während die statistische Analyse derartiger Daten schon relativ weit entwickelt ist, gibt es relativ wenig Resultate zur effizienten Planung derartiger Studien oder Experimente. Ziel des vorliegenden Projekts ist es, für eine Reihe von relevanten Modellsituationen optimale oder zumindest effiziente Designs zu charakterisieren und analytisch zu bestimmen, um Anleitungen für eine möglichst effektive Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen beim Vorliegen zensierter Daten bereit zu stellen.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Dipl.-Math. Marius Schmidt

Kooperationen: Dr. Hermann Kulmann, Bayer, Berlin; Dr. Thomas Schmelter, Bayer, Berlin; Dr. Tobias Mielke, Aptiv Solutions, Köln; Priv.-Doz. Dr. Steffen Uhlig, Quo Data, Dresden; Prof. Dr. Heinz Holling, Universität Münster, Institut für Psychologie IV

Förderer: Haushalt; 01.10.2013 - 30.09.2018

Optimales Design für verallgemeinerte lineare gemischte Modelle

Gemischte Modelle spielen zunehmend eine wichtige Rolle nicht nur in Biowissenschaften sondern auch bei wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Fragestellungen, um individuelle Effekte der verschiedenen Beobachtungseinheiten als Repräsentanten einer größeren Grundgesamtheit bei der statistischen Datenanalyse berücksichtigen und erfassen zu können. Mit verallgemeinerten linearen gemischten Modellen werden Zusammenhänge für binäre ("Erfolg - Misserfolg") und diskrete Zielgrößen ("Anzahlen") beschrieben, die nicht sinnvoll durch standardmäßige lineare gemischte Modelle für metrische Daten dargestellt werden können. Für die zufälligen Effekte können dann neben normalverteilten individuellen Einflüssen auch solche aus konjugierten Familien angenommen werden, die eine explizitere Analyse erlauben. Wie in allen statistischen Analysen hängt auch hier die Qualität der Ergebnisse wesentlich vom Beobachtungs- oder Experimentaldesign, d.h. der Wahl der Beobachtungseinheiten und Beobachtungszeitpunkte, ab. Ziel dieses Projektes ist es, optimale oder zumindest effiziente Designs für verallgemeinerte lineare gemischte Modelle zu entwickeln, die sowohl normalverteilte als auch Effekte aus konjugierten Verteilungen beinhalten können, und diese zu validieren.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Iyad Aboud, MSc

Kooperationen: Prof. Dr. Heinz Holling, Universität Münster, Institut für Psychologie IV

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.10.2015 - 30.09.2019

Optimales Design für Zähldaten

Neben klassischen Ansätzen stetiger, metrischer oder diskreter, binärer Daten (Messungen oder Ja/Nein-Antworten) spielt in statistischen Anwendungen die Analyse von Zähldaten eine zunehmende Rolle. Derartige Beobachtungen von Anzahlen treten zum Beispiel im Transportwesen, bei der Schadstoffmessung, in der Psychologie oder in medizinischen Anwendungen auf. Klassischerweise werden Anzahlen über Modelle mit Poisson-Verteilungen beschrieben, die Äquidispersion, d.h. Gleichheit von Mittelwert und Varianz, aufweisen. In der Praxis ist diese Annahme aber zu restriktiv, so dass alternativ häufig Modelle mit Überdispersion (Vorliegen einer größeren Varianz) und/oder exzessiven Nullen (zero inflation, verstärkte Beobachtung von Nullanzahlen) verwendet werden, um die Daten adäquat zu beschreiben. Während die Datenanalyse von Zähldaten relativ weit entwickelt und entsprechende Software verfügbar ist, gibt es nur wenige Resultate zur Planung von Experimenten mit Zähldaten. Diese beschränken sich auch bisher auf den klassischen Poisson-Ansatz oder auf ein spezielles Modell der Überdispersion mit negativ-binomialverteilten Daten, das sich als Mischmodell über eine konjugierte a-priori-Verteilung der Modellparameter ergibt. Dabei spielt die Planung in Experimentalsituationen eine immens wichtige Rolle, da nur mit einer vernünftigen Auswahl der Experimentaleinstellungen die vorhandenen Ressourcen effektiv ausgenutzt sowie Kosten und Aufwand verringert werden können. Ziel dieses Projektes ist es, optimale Designs für Zähldaten zu generieren, die auch beim Vorliegen von Überdispersion und/oder exzessiven Nullen eine effiziente Auswertung der Beobachtungen ermöglichen.

Projektleitung: Prof. Dr. Rainer Schwabe

Projektbearbeitung: Eric Nyarko, MSc

Förderer: Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD); 01.10.2016 - 30.09.2019

Optimales Design in der Discrete-Choice-Analyse bei geblockten Beobachtungen

Die Discrete-Choice-Analyse ist ein häufig angewendetes Verfahren der Marktforschung. Sie wird verwendet, um das Präferenzverhalten von Konsumenten zu untersuchen und den Nutzen zu ermitteln, den die verschiedenen Attribute eines Produktes besitzen. Die den Konsumenten dabei vorgelegten Auswahlfragen erfordern den Vergleich von Produktbeschreibungen, welche unter Verwendung eines experimentellen Designs zusammengestellt werden. Die Qualität der Ergebnisse eines solchen Experiments hängt folglich stark vom verwendeten Design ab. Bei der Modellierung der Daten und der Wahl des Designs wird häufig jedoch nicht berücksichtigt, dass den teilnehmenden Personen mehrere Fragen gestellt werden und die resultierenden Antworten daher korreliert sein können. Ziel des vorliegenden Projektes ist es, optimale und effiziente Designs unter Berücksichtigung von Blockeffekten zur Modellierung dieser potenziellen Abhängigkeiten zu entwickeln und zu validieren.

Projektleitung: apl. Prof. Dr. Waltraud Kahle

Projektbearbeitung: Waltraud Kahle

Förderer: Haushalt; 01.01.2016 - 31.12.2018

Unvollständige Instandhaltung in Abnutzungsprozessen

Es wird ein Wiener Prozess zur Modellierung des Abnutzungsverhaltens betrachtet. Ein Ausfall erfolgt, wenn der Abnutzungsprozess ein vorgegebenes Niveau erstmalig erreicht.

Zur Vermeidung von Ausfällen werden regelmäßig vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt, die das Abnutzungsniveau verringern. Im Projekt werden folgende Fragestellungen betrachtet;

- Einführung der Konzepte des virtuellen Alters und des Reparaturgrades, die bei der Betrachtung von vorbeugenden Instandhaltungen in der Lebensdaueranalyse von Systemen verwendet werden,
 - Einfluß der Instandhaltung auf die Lebensdauerverteilung,
 - Definition von Kostenfunktionen der vorbeugenden Instandhaltung in Abhängigkeit vom Reparaturgrad,
-
- Kostenoptimale Instandhaltung.

Projektleitung: PD Dr. Jürgen Groß

Projektbearbeitung: Prof. Dr. Jürgen Groß

Kooperationen: Dr. Annette Möller, Georg-August-Universität Göttingen

Förderer: Haushalt; 01.04.2015 - 31.03.2016

Methoden der Zeitreihenanalyse zur statistischen Nachbereitung von Ensemble-Prognosen

Für die Vorhersage von Wettervariablen wie etwa Temperatur, Windgeschwindigkeit oder Niederschlag werden NWP (numerical weather prediction) Modelle verwendet. Um die Unsicherheit der Vorhersage quantifizieren zu können, werden die Modelle mehrfach unter Abwandlung von Modellformulierungen und/oder Randbedingungen angewendet, woraus sich ein sogenanntes Vorhersage-Ensemble ergibt. Um eine Verbesserung des Ensembles hinsichtlich möglicher Verzerrungen und unzureichenden Dispersions-Verhaltens zu erhalten, werden unter anderem statistische Nachbereitungsverfahren verwendet (statistical postprocessing methods). Das Ziel des Projektes ist es zu untersuchen, inwieweit die Anwendung von Methoden der Zeitreihenanalyse bei der Beschreibung von Vorhersagefehlern der einzelnen Ensemble-Mitglieder einen zusätzlichen Beitrag zur verbesserten statistischen Nachbereitung leisten können.

Projektleitung: Dr. Heiko Großmann

Projektbearbeitung: Bairu Zhang, MSc

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 06.01.2014 - 06.01.2018

Funktionale Datenanalyse von Ganganalyse-Daten

Bestimmte neurologische Erkrankungen beeinträchtigen die Gehfähigkeit der betroffenen Individuen. In diesem Projekt werden Verfahren der funktionalen Datenanalyse entwickelt, um Daten zu analysieren, die mit Hilfe bildgebender Verfahren in einem Ganglabor bei Kindern und Jugendlichen erhoben werden. Im angewandten Teil des Projekts wird unter anderem untersucht, wie sich bestimmte medizinische Hilfsmittel (Orthesen) auf das Gehverhalten auswirken.

Projektleitung: Dr. Heiko Großmann

Projektbearbeitung: Mohammad Zakir Hossain, MSc

Förderer: Fördergeber - Sonstige; 01.11.2012 - 01.11.2016

Schätzverfahren für gemischte verallgemeinerte lineare Modelle bei kleinen Stichprobenumfängen

Verallgemeinerte lineare Modelle mit festen und zufälligen Effekten bieten eine elegante Möglichkeit zur Modellierung abhängiger Beobachtungen. Bei der Schätzung der Modellparameter wird in der Regel angenommen, dass die zufälligen Parameter eine multivariate Normalverteilung besitzen. In diesem Projekt wird ein alternativer und speziell für kleine Stichprobenumfänge geeigneter Ansatz betrachtet, bei dem zwar, wie üblich, die bedingte Verteilung der abhängigen Variable bei gegebenen Werten der zufälligen Parameter zur Exponentialfamilie gehört, die Verteilung der zufälligen Effekte jedoch aus Randomisierungsüberlegungen abgeleitet ist. Für das sich ergebende semiparametrische Modell wird ein Schätzalgorithmus entwickelt. Weiterhin wird in Simulationsstudien numerisch untersucht, wie sich Verletzungen der Normalverteilungsannahme auf die Schätzungen auswirken.

7. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen

- Prof. Dr. Claudia Kirch: Organisation der Konferenz (gemeinsam mit John Aston, University of Cambridge und Hernando Ombao, University of California, Irvine) " Novel Statistiscal Methods in Neuroscience", 22.-24.06.2016, Magdeburg
- Prof. Dr. Claudia Kirch: Organisation einer Sektionsreihe "Time series analysis" auf der "vierten gemeinsamen Tagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Statistik 'Statistik unter einem Dach'" (DAGStat 2016), 14.-18.03.2016, Göttingen
- Prof. Dr. Rainer Schwabe: Organisation einer Sektionsreihe "Design of Experiments" auf der "Vierten gemeinsamen Tagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Statistik 'Statistik unter einem Dach'" (DAGStat 2016), 14-18.03.2016, Göttingen
- Prof. Dr. Rainer Schwabe: Organisation einer spanisch-deutschen Sektion "Sesión Hispano-Alemana: Diseño Óptimo de Experimentos" auf dem 36. nationalen Kongress für Statistik und Operations Research ("XXXVI congreso nacional de estadística e investigación operativa", SEIO 2016), 05.-07.09.2016, Sevilla

8. Veröffentlichungen

Begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Fröhlich, Christina; Zschiebsch, Katja; Gröger, Victoria; Paarmann, Kristin; Steffen, Johannes; Thurm, Christoph; Schropp, Eva-Maria; Brüning, Thomas; Gellerich, Frank; Radloff, Martin; Schwabe, Rainer; Lachmann, Ingolf; Krohn, Markus; Ibrahim, Saleh; Pahnke, Jens

Activation of mitochondrial complex II-dependent respiration is beneficial for α -synucleinopathies

In: Molecular neurobiology. - Totowa, NJ: Humana Press, Bd. 53.2016, 7, S. 4728-4744;

[Imp.fact.: 5,397]

Greven, Andreas; Pfaffelhuber, Peter; Pokalyuk, Cornelia; Wakolbinger, Anton

The fixation time of a strongly beneficial allele in a structured population

In: De.arxiv.org. - [S.l.]: Arxiv.org, insges. 52 S., 2016;

Großmann, Heiko

Partial-profile choice designs for estimating main effects and interactions of two-level attributes from paired comparison data

In: Journal of statistical theory and practice. - London [u.a.]: Taylor & Francis, 2016; <http://dx.doi.org/10.1080/15598608.2016.1197868>;

Hlávka, Z.; Hušková, M.; Kirch, Claudia; Meintanis, S. G.

Bootstrap procedures for online monitoring of changes in autoregressive models

In: Communications in statistics / Simulation and computation. - London: Taylor & Francis, Bd. 45.2016, 7, S. 2471-2490;

[Imp.fact.: 0,397]

Jentsch, Carsten; Kirch, Claudia

How much information does dependence between wavelet coefficients contain?

In: Journal of the American Statistical Association: JASA; the premier journal of statistical science. - Abingdon: Taylor & Francis, Bd. 111.2016, 515, S. 1330-1345;

[Imp.fact.: 3,052]

Kahle, Thomas; Oelbermann, Kai-Friederike; Schwabe, Rainer

Algebraic geometry of Poisson regression

In: Journal of algebraic statistics. - Istanbul, Bd. 7.2016, 1, S. 29-44;

Kirch, Claudia; Muhsal, Birte

A MOSUM procedure for the estimation of multiple random change points

In: Bernoulli: official journal of the Bernoulli Society for Mathematical Statistics and Probability. - Aarhus, insges. 34 S., 2016;

Möller, Annette; Groß, Jürgen

Probabilistic temperature forecasting based on an ensemble AR modification

In: Quarterly journal of the Royal Meteorological Society. - Weinheim [u.a.]: Wiley, 2016; <http://dx.doi.org/10.1002/qj.2741>;

[Imp.fact.: 3,252]

Prus, Maryna; Schwabe, Rainer

Optimal designs for the prediction of individual parameters in hierarchical models

In: Journal of the Royal Statistical Society / B. - London: Wiley-Blackwell, 2016; <http://dx.doi.org/10.1111/rssb.12105>;

[Imp.fact.: 4,222]

Nicht begutachtete Zeitschriftenaufsätze

Benda, Norbert; Bürkner, Paul-Christian; Freise, Fritjof; Holling, Heinz; Schwabe, Rainer

Adaptive designs for quantal dose-response experiments with false answers

In: Magdeburg: Universität, Fakultät für Mathematik, 2016; 18 Seiten: Diagramme - (Preprint / Fakultät für Mathematik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 2016,1);

Begutachtete Buchbeiträge

Dietrich, Stephanie; Kahle, Waltraud

Optimal imperfect maintenance in a multi-state system with two failure types

In: Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management - SMRLO 2016: 15-18 February 2016, Beer Sheva, Israel: proceedings. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 233-243;

[Kongress: Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO), Beer Sheva, Israel, 15-18 Februar, 2016];

Graßhoff, Ulrike; Holling, Heinz; Schwabe, Rainer

Optimal design for the rasch poisson-gamma model

In: mODa 11: advances in model-oriented design and analysis: proceedings of the 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016. - Springer International Publishing Switzerland, S. 133-141;

[Kongress: 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016];

Holling, Heinz; Schwabe, Rainer

Statistical optimal design theory

In: van der Linden, Wim J.: Handbook of Item Response Theory, Volume Two: Statistical Tools. - s.l. : CRC Press, S. 313-

340, 2016;

Kirch, Claudia; Kamgaing, Joseph Tadjuidje

Detection of change points in discrete-valued time series

In: Handbook of discrete-valued time series. - Boca Raton: CRC Press, S. 219-244, 2016;

Prus, Maryna; Schwabe, Rainer

Interpolation and extrapolation in random coefficient regression models - optimal design for prediction

In: mODa 11: advances in model-oriented design and analysis: proceedings of the 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016. - Springer International Publishing Switzerland, S. 209-216;

[Kongress: 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016];

Radloff, Martin; Schwabe, Rainer

Invariance and equivariance in experimental design for nonlinear models

In: mODa 11: advances in model-oriented design and analysis: proceedings of the 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016. - Springer International Publishing Switzerland, S. 217-224;

[Kongress: 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016];

Zhang, Bairu; Großmann, Heiko

Functional data analysis in designed experiments

In: mODa 11 - advances in model-oriented design and analysis: proceedings of the 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis held in Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016. - Switzerland: Springer, S. 235-242;

[Kongress: 11th International Workshop in Model-Oriented Design and Analysis, Hamminkeln, Germany, June 12-17, 2016];

Wissenschaftliche Monografien

Kahle, Waltraud; Mercier, Sophie; Paroissin, Christian

Degradation processes in reliability

London: ISTE Ltd, John Wiley & Son, Inc., 2016; xxii, 211 Seiten: Tabellen, Diagramme - (Mathematical models and methods in reliability set; volume 3), ISBN 978-1-84821-888-8;

[Literaturverzeichnis Seite: [199]-207];

Herausgeberschaften

Schwabe, Rainer

Journal of statistical theory and practice. - Colchester, Taylor & Francis Group, ISSN: 1559-8608; 10.2016;

Schwabe, Rainer

Metrika. - Berlin; Heidelberg, Springer, ISSN: 0026-1335, 35026, 2016;

Dissertationen

Dietrich, Stephanie; Kahle, Waltraud [GutachterIn]

Cost optimal maintenance in systems with imperfect maintenance. - Magdeburg, 2016; XI, 105 Blätter: Illustrationen [Literaturverzeichnis: Blatt 102-105];

Freise, Fritjof; Schwabe, Rainer [GutachterIn]

On convergence of the maximum likelihood estimator in adaptive designs. - Magdeburg, 2015; vii, 107 Seiten: Illustrationen

[Literaturverzeichnis: Seite 99-102];

