

Stochastik umfasst

Wahrscheinlichkeitstheorie



Mathematik des Zufalls



Zufall hat  
Gesetzmäßigkeiten  
*Gesetz der großen Zahlen*  
*Zentraler Grenzwertsatz*

Mathematische Statistik



Mathematik der Daten



Informationsgewinn  
*Schätzen und Testen*

# Stochastik

## Stochastik in der Mathematik...

- Vergleichsweise junges Feld => noch sehr fundamentale Entwicklungen
- Verbindungen zu vielen Teilgebieten der Mathematik (Analysis, Funktionalanalysis, Funktionentheorie, Differentialgleichungen, Algebra, Quantenfeldtheorie, Darstellungstheorie, Numerik, Optimierung, ...)
- Fields-Medaillen 2006 (Wendelin Werner), 2010 (Stanislaw Smirnov), 2014 (Martin Hairer)

## ...und in der Welt

- Stochastische Modelle in den meisten angewandten Wissenschaften (Physik, Chemie, Ökonomie, Informatik, Sozialwissenschaften, Klimaforschung, ...)
- Statistik zur Interpretation von Versuchsergebnissen (z.B. Experimentalphysik (CERN), Psychologie, ...)
- Analyse großer Datenmengen (Big Data) und maschinelles Lernen mit statistischen Methoden

# Stochastik im Bachelor-/Masterstudiengang Mathematik

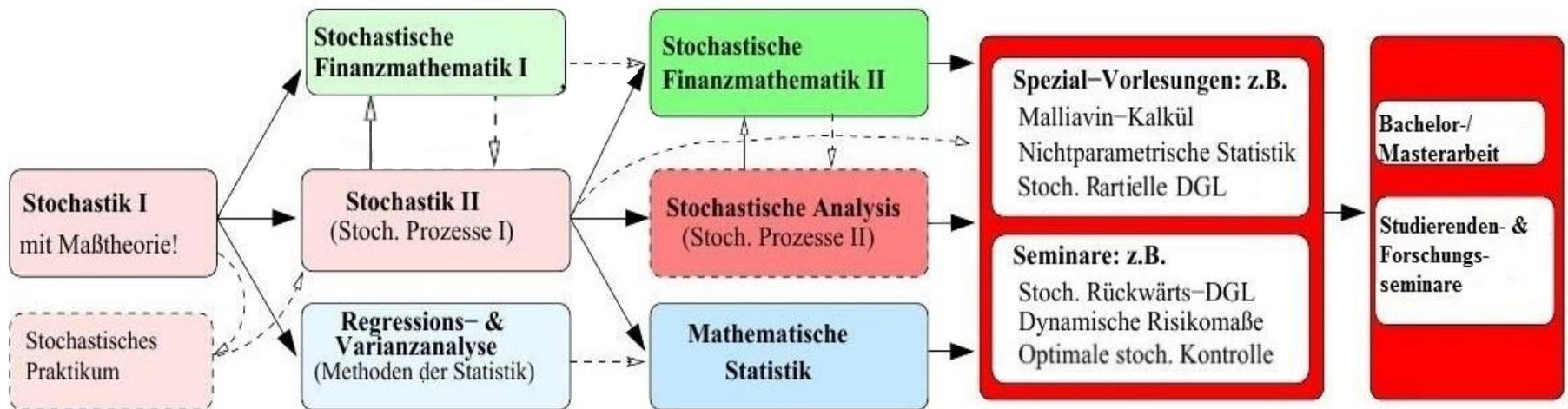
## Pflichtvorlesung

- Stochastik I (4. Semester)

## Regelmäßige Lehrveranstaltungen im Wahlpflichtbereich (Bachelor / Master)

- Stochastik II: Stochastische Prozesse I (ab 5. Semester)
- Bachelorseminar (5. oder 6. Semester)
- Stochastische Analysis: Stochastische Prozesse II (ab 6. Semester)
- Stochastische Finanzmathematik I und II
- Methoden der Statistik, Mathematische Statistik
- Stochastik-Praktikum (ab 5. Semester)
- Seminare

Studienschema: Bachelor-/Masterstudium Mathematik, Spezialisierung Stochastik



# Mögliche Spezialisierungen in der Stochastik

1. Wahrscheinlichkeitstheorie
2. Stochastische Finanzmathematik
3. Mathematische Statistik

# Mögliche Spezialisierungen

## 1. Wahrscheinlichkeitstheorie

Zentrale Vorlesung: Stochastische Analysis

Weiterführende Vorlesungen zu den Themen:

- Theorie stochastischer Prozesse (Lévy-, Markov- oder Sprungprozesse)
- Stochastische Analysis (stochastische partielle Differentialgleichungen, Rough Path Analysis, interagierende Teilchensysteme, Malliavinkalkül, Filtertheorie)
- Probabilistische Methoden (optimale stochastische Kontrolle, Simulation)
- *Ergänzend:* Kenntnisse in Finanzmathematik und Statistik

# Mögliche Spezialisierungen

## 2. Stochastische Finanzmathematik

Zentrale Vorlesungen: Stochastische Finanzmathematik II und Stochastische Analysis

Weiterführende Vorlesungen zu den Themen:

- Optimale stochastische Kontrolle und stochastische Rückwärtsdifferentialgleichungen
- Berechnungs- und Simulationsmethoden
- Risikotheorie
- Zinsstrukturmodelle
- Spieltheorie

# Mögliche Spezialisierungen

## 3. Mathematische Statistik

Zentrale Vorlesung: Mathematische Statistik

Spezialisierungsrichtungen:

- Nichtparametrische Statistik (VL Nichtparametrische Statistik und weitere VL u. Seminare zu nichtparametrischen Methoden)
- Statistik stochastischer Prozesse (VL Statistik stochastischer Prozesse u. Stochastische Analysis)
- Statistische Methoden werden im Praktikum Stochastik (BZQ) vermittelt – nützlich für Abschlussarbeiten

# Langfristige Perspektiven

Aktive Forschungsgruppe, viele Promovierende u. Postpromovierende

Stochastik sehr erfolgreich in Drittmittelprojekten (d.h. Finanzierungsmöglichkeiten!)

- Teil der Berlin Mathematical School
- Internationales Statistik-Graduiertenkolleg IRTG 1792 mit China:  
Hochdimensionale nichtstationäre Zeitreihen,  
Internationales Physik-Graduiertenkolleg IRTG 1740 mit Brasilien:  
Dynamical Phenomena in Complex Networks
- Sonderforschungsbereich SFB 1294: Data Assimilation,  
Sonderforschungsbereich SFB TR 190: Rationalität und Wettbewerb
- Forschergruppe FOR 2402: Rough Paths und SPDEs,  
Forschergruppe FOR 173: Structural Inference in Statistics
- Berlin-Princeton-Singapore Network Finanzmathematik,  
African Institute for Mathematical Sciences (AIMS) - Berlin Network Stochastic Analysis

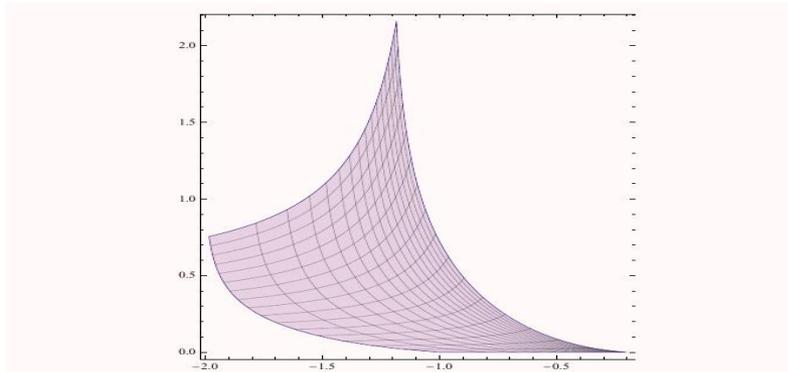
# Professoren der Arbeitsgruppe Stochastik - Arbeitsgebiete -

<b>Dirk Becherer, Prof. :</b>	Stochastische Analysis, Finanzmathematik
<b>Ulrich Horst, Prof.:</b>	Angewandte Finanzmathematik, Spieltheorie, math. Ökonomie
<b>Dörte Kreher, Junior-Prof.:</b>	Angewandte stochastische Analysis, Finanzmathematik
<b>Nicolas Perkowski, Junior-Prof.:</b>	Stochastische Analysis, statistische Physik
<b>Markus Reiß, Prof.:</b>	Statistik stochastischer Prozesse, nichtparametrische Statistik
<b>Vladimir Spokoiny, Prof.:</b>	Nichtparametrische Statistik, Zeitreihen

# Stochastische Analysis & Finanzmathematik

Prof. Dr. Dirk Becherer

- Stochastische Optimierung & Kontrolle
- Martingale, Rückwärtsdifferentialgleichungen mit Sprüngen
- Filtertheorie, Anwendungen für Kontrolle bei partieller Observation



Free boundary for varying degrees of market resiliency

$$0 = \max(-V_y - V_0 + f, (\mu - \gamma)V - \beta_y V_y)$$

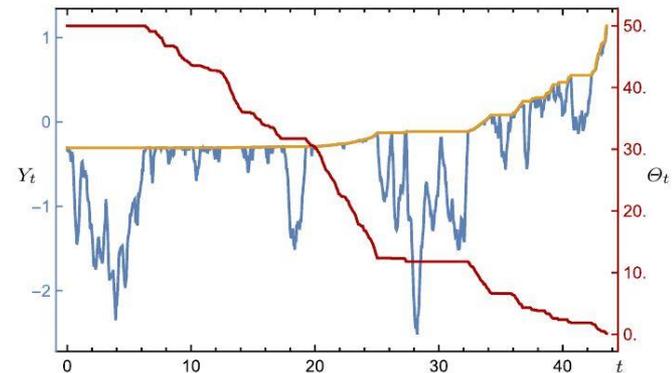


Fig. 1 Sample path of impact  $Y_t$  (blue), asset position  $\theta_t$  (red, decreasing) and reflecting boundary  $y(\theta_t)$  (orange, increasing) for optimally liquidating  $\theta_0 = 50$  assets (after an initial block trade  $\Delta$ ), with  $\delta = 0.1$ ,  $\beta = 1$ ,  $\rho = 0$ ,  $\tilde{\sigma} = 1$  and  $f(\cdot) = \exp(\cdot)$ .

- Absicherung und Bewertung in unvollständigen Märkten (optimales partielles Hedging von Risiken)
- Illiquide Märkte: Optimale Strategien, Risikoabsicherung
- Modell-Unsicherheit (Ambiguität): Kennen „wahres“ Modell nicht

# Angewandte Finanzmathematik

Prof. Dr. Ulrich Horst

## Forschungsschwerpunkte

- Finanzmathematik
- Stochastische Kontrolltheorie
- Stochastische (partielle) Rückwärtsgleichungen mit Singularitäten
- Stochastische Spieltheorie

## Anwendungen

- Handel unter Liquiditätsrisiken
- Mikrostrukturmodelle für Finanzmärkte
- Mathematische Modelle für Limit Order Bücher
- Anreiz- und Vertragstheorie

# Stochastische Analysis

Prof. Dr. Nicolas Perkowski

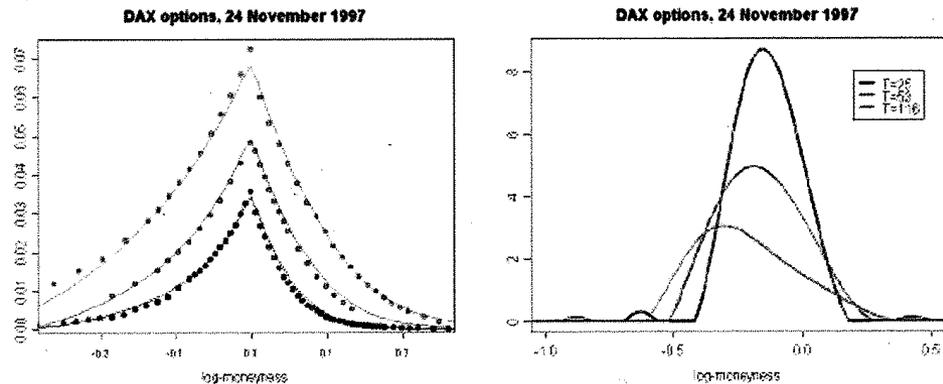
- Stochastische partielle Differentialgleichungen
- Pfadweise Methoden (Rough Paths, Regularity Structures)
- Universalität, Statistische Physik
- Stochastische Filtertheorie und Anwendungen in Ingenieurwissenschaften

# Mathematische Statistik

Prof. Dr. M. Reiß

- Statistik stochastischer Prozesse
- Nichtparametrische Statistik
- Statistische inverse Probleme

## Real data: DAX options



left: transformed data; right: estimated Lévy densities  $\nu$

# Angewandte Stochastische Analysis

Prof. Dr. Dörte Kreher

- Stochastische Prozesse, Martingaltheorie
- Zufallszeiten
- Unendlich-dimensionale stochastische Analysis
- Approximation komplexer, (diskreter), stochastischer Systeme durch stochastische Differentialgleichungen

## **Anwendungen in der Finanzmathematik:**

- Modellierung von Finanzblasen
- Modellierung von Kreditausfallzeiten
- Modellierung von Limit-Order-Büchern

# Angewandte Stochastische Analysis

Prof. Dr. Dörte Kreher

Problem: Modellierung von elektronischen Märkten

DBK	514000	Deutsche Bank AG						9,5150	525,0000	11:20:56	-	9,4920
				4	2.106	9,513	9,515	525	1			
				5	3377	9.512	9.516	4317	5			
				8	6454	9.511	9.517	2390	4			
				6	4755	9.510	9.518	6292	9			
				8	4759	9.509	9.519	2999	5			
				9	5398	9.508	9.520	7489	11			
				11	7917	9.507	9.521	6666	9			
				6	3516	9.506	9.522	3724	5			
				8	24850	9.505	9.523	5343	6			
				9	8015	9.504	9.524	8430	9			

Orderbuch DBK vom 18.06.18, 11:20:56-11:24:51

Quelle: [www.boerse-frankfurt.de/aktien/Orderbuch](http://www.boerse-frankfurt.de/aktien/Orderbuch)

# Angewandte Stochastische Analysis

Prof. Dr. Dörte Kreher

Problem: Modellierung von elektronischen Märkten

- Mikroperspektive:
  - viele Agenten mit unterschiedlichen Handelsstrategien
  - verschiedene Ordertypen: Limit Order oder Market Order
  - Hochfrequenzhandel in Nanosekunden
  - Preis ist endogen
  - komplexes, stochastisches System
- Makroperspektive:
  - Beschreibung durch unendlich-dimensionale stochastische Differentialgleichung als Approximation
  - Im Modell: Analyse von z.B. Liquidität und optimalen Handelsstrategien

# Einsatzplanung Wintersemester 2018/19

## 1. Bachelor-Pflichtbereich

Analysis III	VL	4 SWS	D. Becherer
Analysis III	UE	2 SWS	P. Frentrup (2x) T. Bilarev (1x)

## 2. Bachelor-Wahlpflichtbereich

Stochastische Finanzmathematik I	VL	4 SWS	U. Horst
Stochastische Finanzmathematik I	UE	2 SWS	G. Fu
Stochastik II	VL	4 SWS	D. Kreher
Stochastik II	UE	2 SWS	D. Kreher
Methoden der Statistik	VL	4 SWS	M. Reiß
Methoden der Statistik	UE	2 SWS	M. Reiß
Stochastik Praktikum	PR/BZQ	2 SWS	S. Holtz

## 3. Master-Wahlpflichtbereich/Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik

Ausgewählte Themen der Stochastik: Nichtkooperative Spieltheorie und stochastische Spiele	VL	2 SWS	U. Horst
Ausgewählte Themen der Stochastik: Nichtkooperative Spieltheorie und stochastische Spiele	UE	1 SWS	U. Horst
Ausgewählte Themen der Stochastik: Interest Rate Modelling and Derivative Pricing	VL	2 SWS	S. Schlenkrich
Ausgewählte Themen der Stochastik: Interest Rate Modelling and Derivative Pricing	UE	1 SWS	S. Schlenkrich
Ausgewählte Kapitel der Stochastik: Multivariate Statistik	VL	2 SWS	T. Bodnar
Ausgewählte Kapitel der Stochastik: Multivariate Statistik	UE	1 SWS	T. Bodnar
Ausgewählte Kapitel der Stochastischen Analysis u. Anwendungen	SE	2 SWS	D. Becherer
Ausgewählte Kapitel der Statistik u. Stochastik	SE	2 SWS	M. Reiß
Modern Methods in Applied Stochastics and Nonparametric Statistics	SE	2 SWS	V. Spokoiny
Forschungsseminar Stoch. Analysis u. Stochastik der Finanzmärkte	FS	2 SWS	D. Becherer/ U. Horst/ D. Kreher
Berliner Kolloquium Wahrscheinlichkeitstheorie	FS	2 SWS	D. Becherer/ U. Horst/ M. Reiß
Forschungsseminar Mathematische Statistik	FS	2 SWS	W. Härdle/ M. Reiß/ V. Spokoiny