

Mark-Oliver Wolf, Fraunhofer ITWM

In Zusammenarbeit mit:

Benedict Nikolaus Meyer, Philipp Mahler, Maximilian Diehl

openIRM

Öffentlich nutzbares Internes
Risikomodell einer beispielhaften
Lebensversicherung

Fachgruppe LEBEN, 29.04.2025

Umfrage zu internen Risikomodellen

Hier Umfrage einfügen:

Frage:

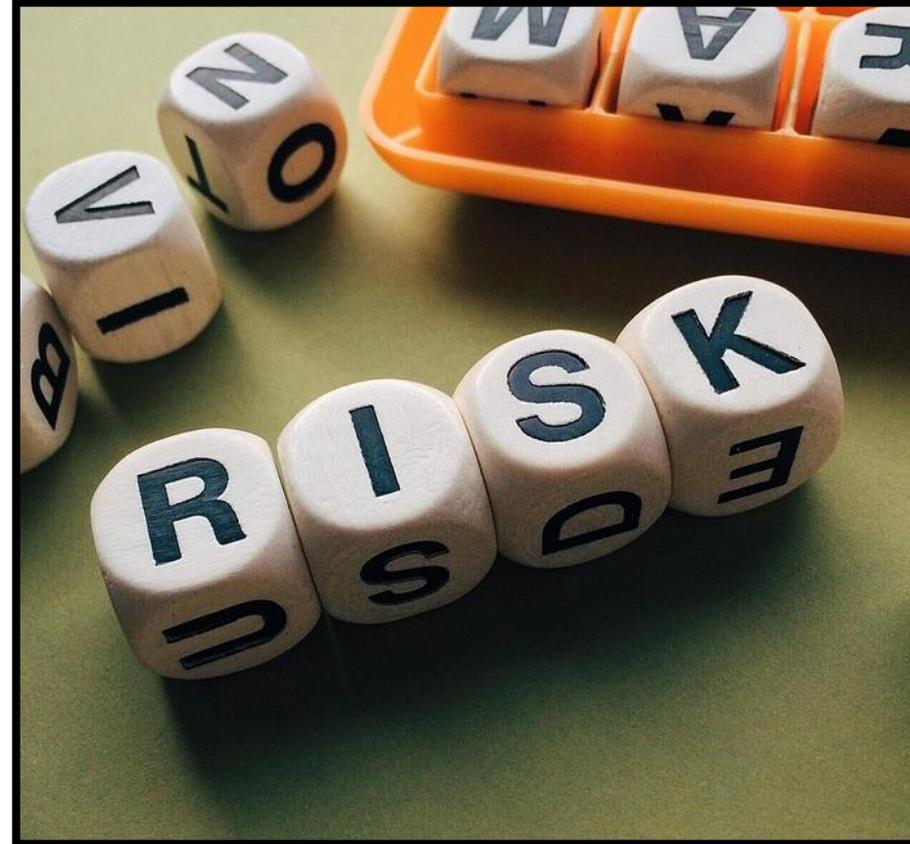
Sind Sie schon mal mit internen Risikomodellen in Berührung gekommen?

Antwortmöglichkeiten:

- Ja, oft
- Ja, aber eher selten
- Nein, aber ich kenne sie
- Nein und noch nie gehört

Warum sind interne Risikomodelle wichtig?

- **Solvency II:** Ermittlung der regulatorischen Kapitalanforderungen (Säule 1)
- Internes Risikomanagement
- Kapitalmanagement
- Unternehmensstrategie
- Reporting und Kommunikation



**Wie können wir sicherstellen, dass der
aktuariellen Nachwuchs nicht nur die
Theorie versteht, sondern auch
praktische Erfahrung sammelt?**

openIRM

Öffentlich nutzbares Internes Risikomodell einer beispielhaften Lebensversicherung

→ Paper derzeit im Review-Verfahren

openIRM: Publicly accessible Internal Risk Model of an artificial life insurer for analyzing and benchmarking actuarial methods in the Solvency II setting

Mark-Oliver Wolf · Benedict Nikolaus Meyer · Philipp Mahler · Maximilian Diehl

Written: April 7, 2025 / Received: date / Accepted: date

Abstract We introduce **openIRM**, the Internal Risk Model of an artificial life insurer, designed to allow an easy benchmarking of nested simulation techniques for Solvency Capital Requirement (SCR) estimation under Solvency II and other actuarial methods. **openIRM** integrates an economic scenario generator and a cash flow projection model, enabling the computation of the available capital (basic own funds) through both the direct and indirect method. Leveraging a two-factor Gaussian model for stochastic short rates and a generalized Black-Scholes model for stock dynamics, the framework supports policyholder investments via guaranteed minimum-income benefit contracts. We extend the asset-liability management model by Diehl et al. (2022), and prove the theoretical convergence of the direct and indirect method under appropriate assumptions. Calibrated using interest rate caps from 2016 to the end of 2023, **openIRM** allows estimation of available capital distributions and SCR dynamics for each trading day in that range.

openIRM is available to download as a standalone executable on [github](#) at [?UPCOMING]. It is written in **MATLAB** and **can**, after installation, be accessed via the command line interface or with the provided wrappers in **R**, **Python** and **MATLAB**.

Keywords Nested simulation problem, internal risk model, life insurance company, asset-liability management, fair valuation, Solvency II

M.-O. Wolf
Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics ITWM
E-mail: mark-oliver.wolf@itwm.fraunhofer.de

B. N. Meyer
Fraunhofer ITWM

P. Mahler
Fraunhofer ITWM

M. Diehl
University of Kaiserslautern-Landau RPTU

Agenda

Modellvorstellung	1
• Zielsetzung und Allgemeines	1.1
• Einblick in Architektur	1.2
• Implementierung	1.3
Ergebnisse & Anwendungsbeispiele	2
• Schätzung der Basiseigenmittel	2.1
• Risikomanagement mit KI	2.2
• Sensitivitätsanalyse	2.3
Zusammenfassung	3



Modellvorstellung



Zielsetzung des Modells

Fokus:

- Testumgebung für neue Methoden
- Lernplattform für Nachwuchsaktuare
- Benchmarking

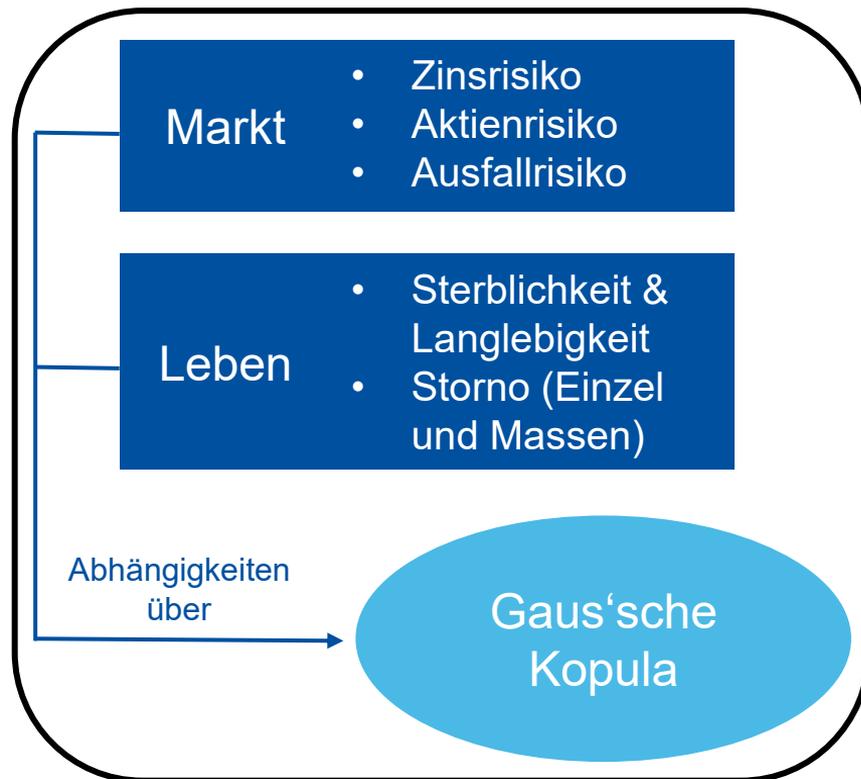
Nicht der Anspruch, ein perfekt kalibriertes Modell für einen realen, spezifischen Versicherer zu sein.

→ **Es ist ein repräsentatives Beispiel!**

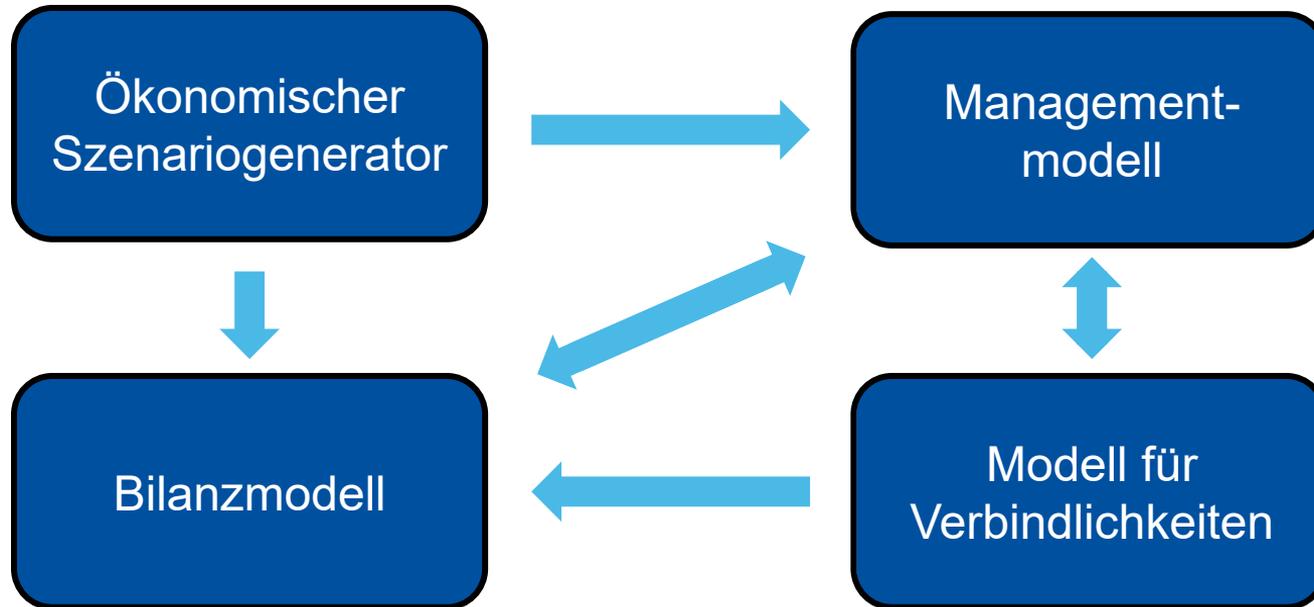


Der „Beispiel-Versicherer“

- verkauft nur statische Hybride mit Überschussbeteiligung
- unterteilt Kunden nach Alter und Geschlecht und simuliert diese kohortenbasiert
- investiert in Nullkuponanleihen und einen repräsentativen Aktienfond
- historisch simuliert für jeden Handelstag zwischen 2016 – 2023
- betrachtet folgende Risiken: 



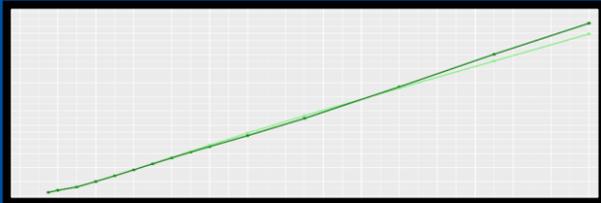
Asset-Liability Management Modell



Ökonomischer
Szenariogenerator

Kalibriert an Zins-Caps

Ziel: Modellpreise = Marktpreise



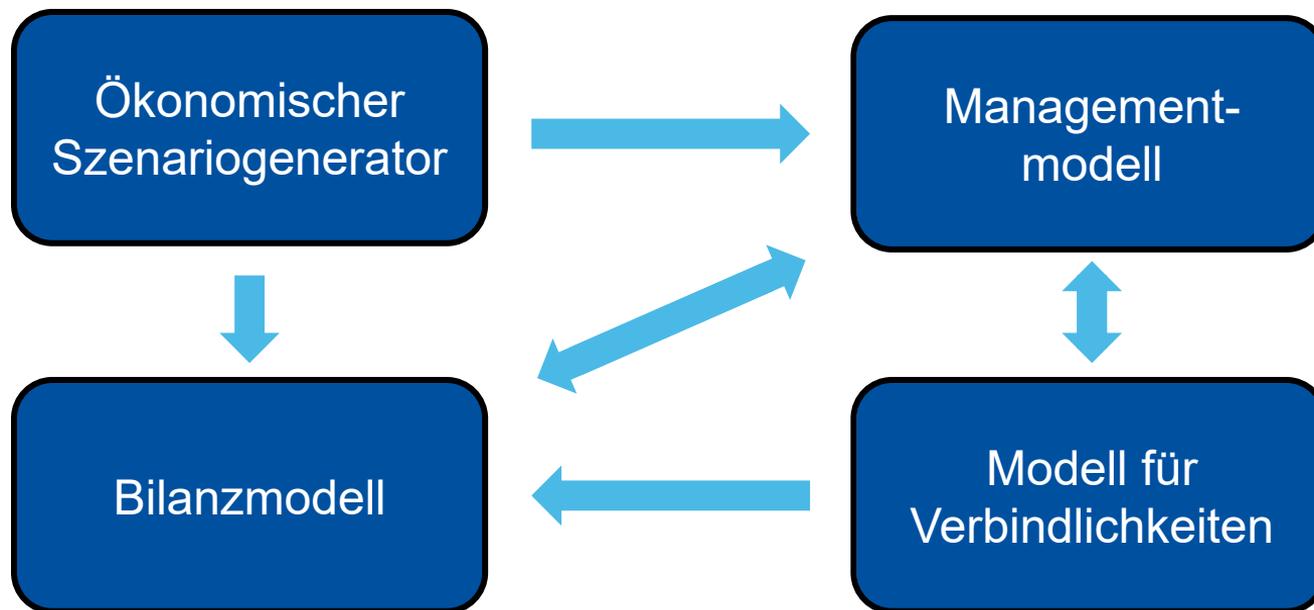
→ Minimiere relative Abweichung



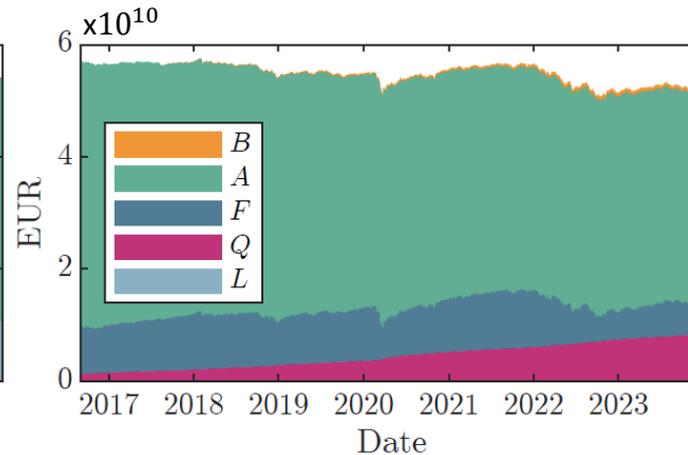
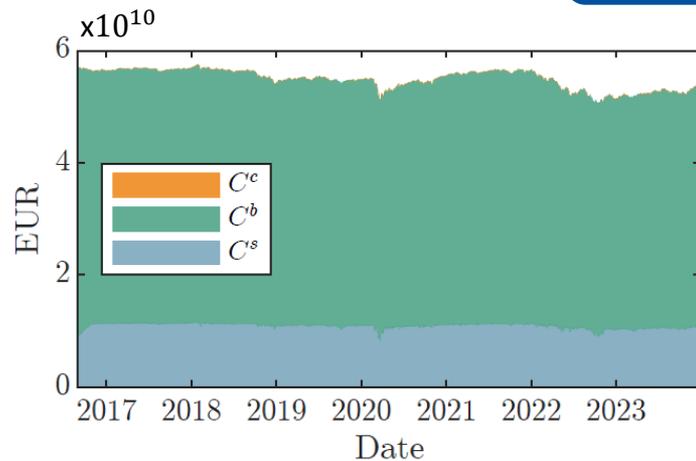
G2++ Zinsmodell mit generalisiertem
Black-Scholes Aktienmodell



Asset-Liability Management Modell



Bilanzmodell



Assets

C^c – Bargeld

C^b – Nullkupon-Anleihen

C^s – Aktien

Liabilities

B – Rückstellung für Beitragsrückerstattung (RfB)

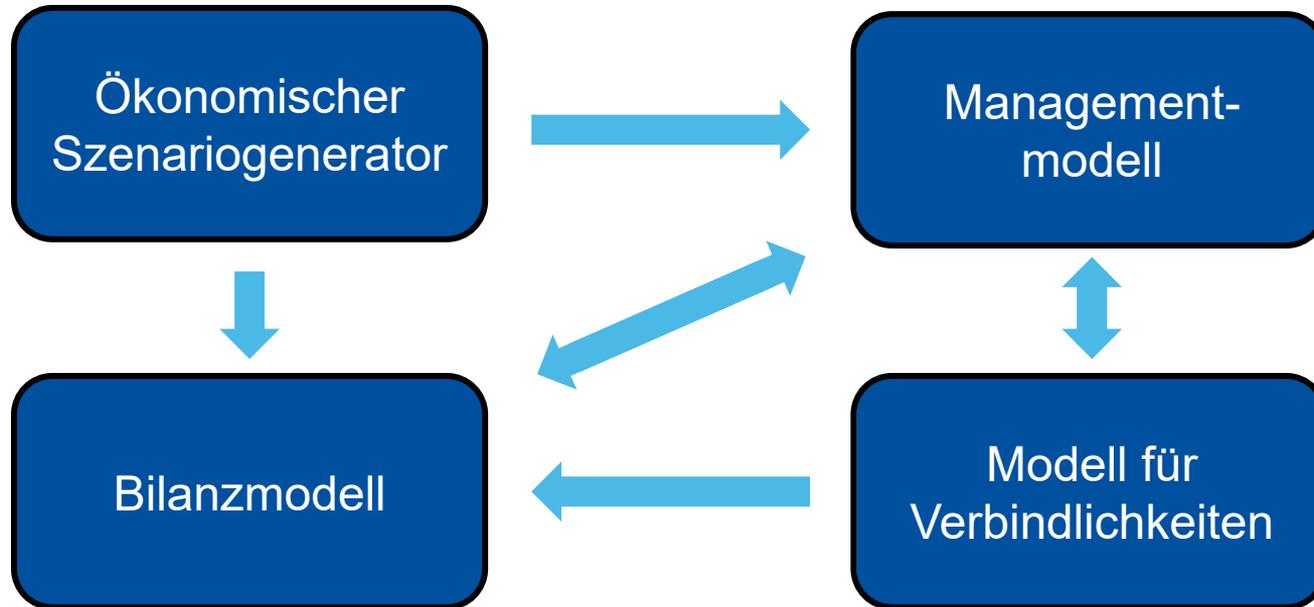
A – Versicherungstechnische Rückstellungen

F – Verfügbare Eigenmittel

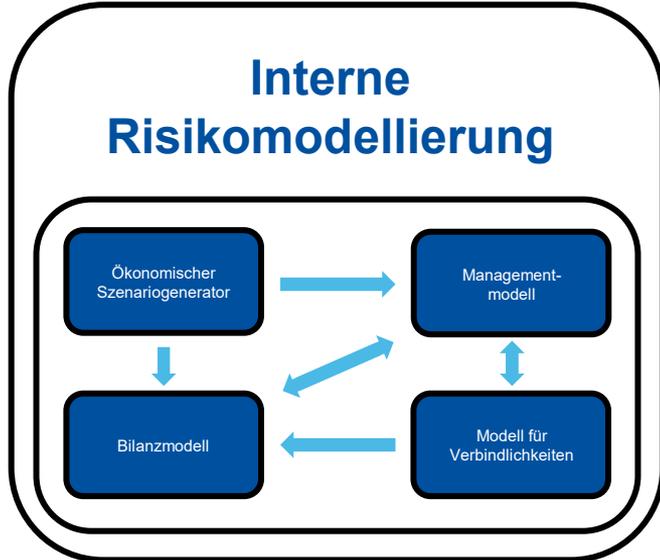
Q – Eigenkapital

L – Verbindlichkeiten gegenüber Banken

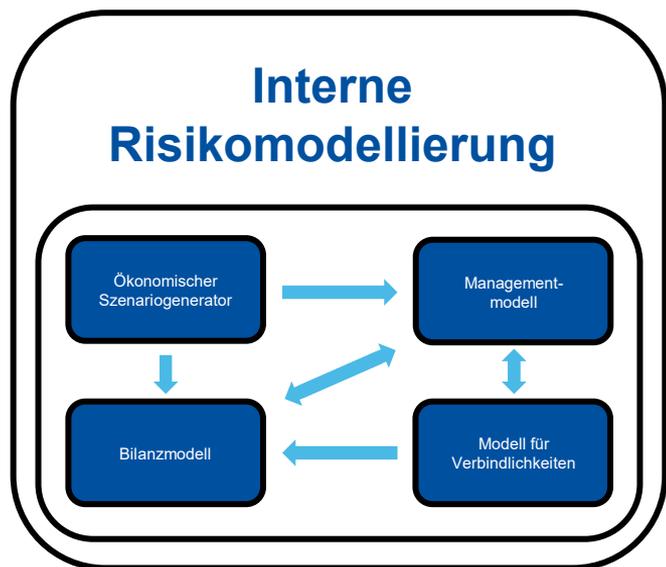
Asset-Liability Management Modell



Ein Risikomodell integriert ALM, um Verteilungen der Eigenmittel zu generieren

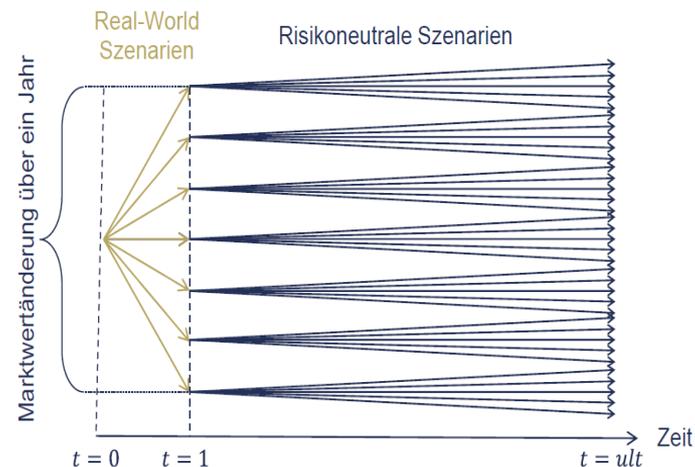


Ein Risikomodell integriert ALM, um Verteilungen der Eigenmittel zu generieren

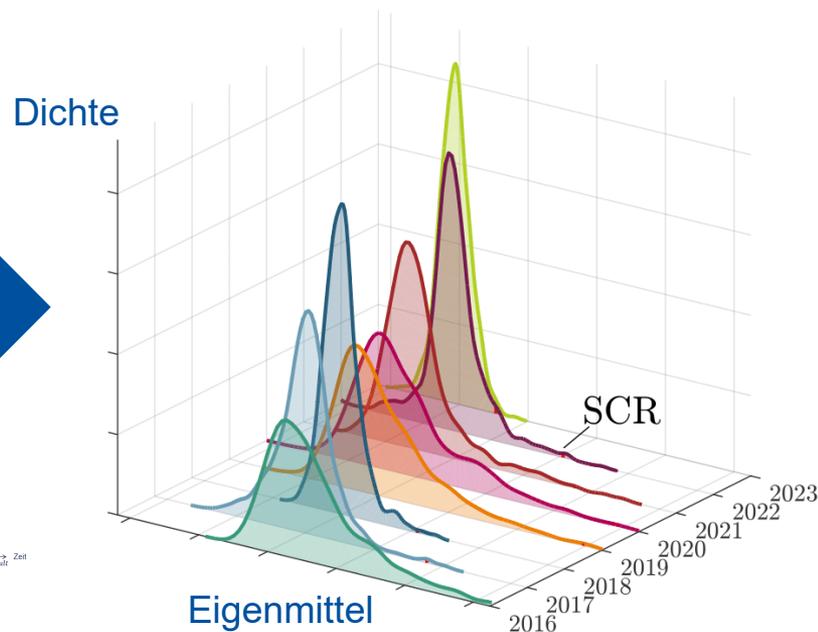
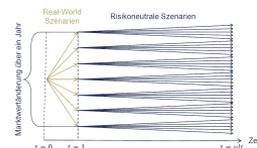
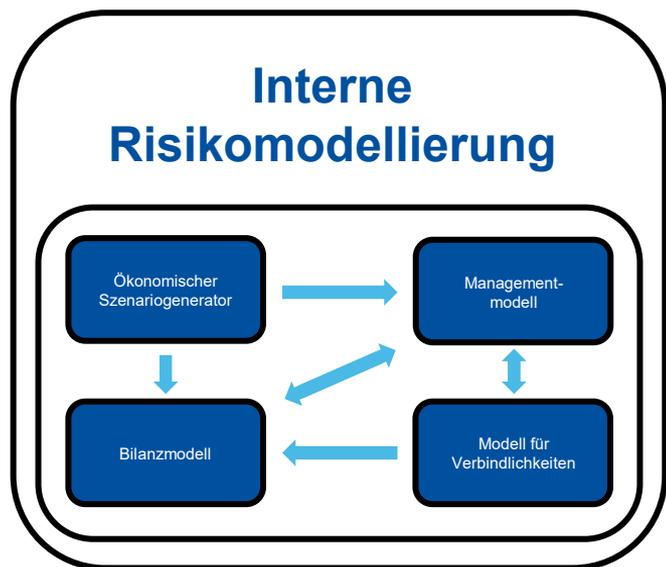


Simulation mit

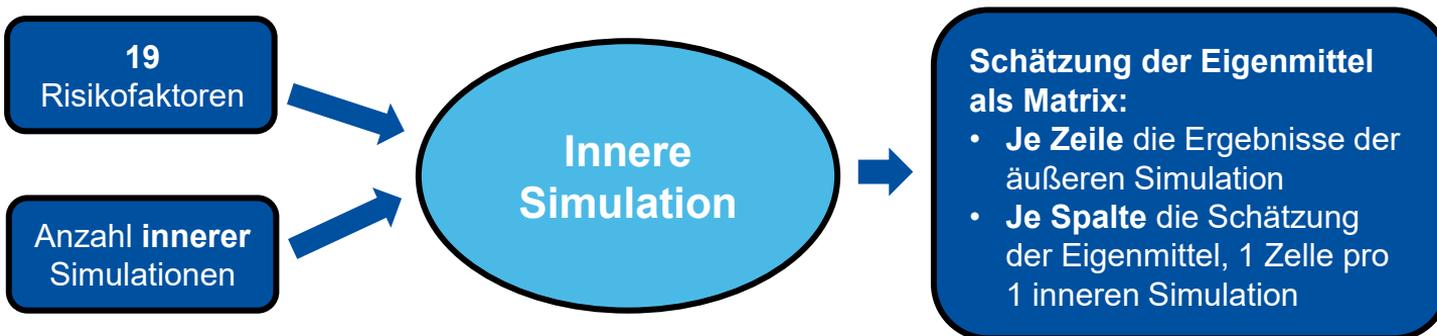
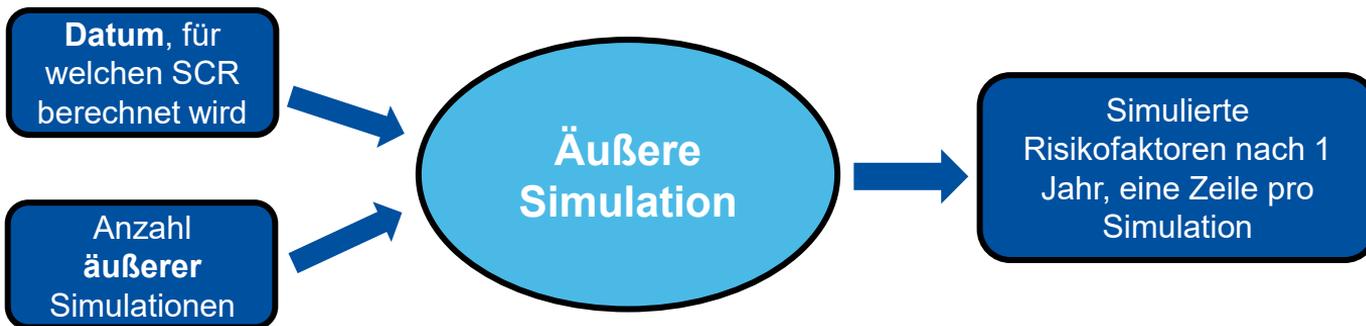
Nested Monte-Carlo



Ein Risikomodell integriert ALM, um Verteilungen der Eigenmittel zu generieren



Modellnutzung und Schnittstellen



Implementierung und Software

- Modell ist in **MATLAB** geschrieben, kann auch **ohne Lizenz** ausgeführt werden
- Wrapper in **R** und **Python** bereitgestellt
- Ist öffentlich verfügbar und **Open Source** auf gitlab
- Es können äußere und innere Szenarien generiert werden, welche als Ergebnis eine Schätzung des Available Capital (hier: Basiseigenmittel) liefern
- Nutzt parallele Berechnungen für innere Szenarien

```
function [AC_direct_file_path, AC_indirect_file_path] = ...
    q_simulation(AC_method, p_sin_results_file, varargin)
% Risk-free simulation with time-horizon sized to compute the Available
% Capital. Simulation inputs are created from risk factors of a one year
% real-world scenario and a hyper parameters file;
% Calculation method of the AC is user input.
%
% Inputs:
% AC_method = Available Capital Calculation method (both, direct or
% indirect)
% p_sin_results_file = risk factors file, result of p_simulation
%
% Optional parameters:
% n_workers = set number of workers to run in parallel pool
% output_path = preferred output path, default = "results"
% n_inner = number of inner simulations per outer, default = 1000
% seed = set seed to regenerate the same path, default = 42
% output_filename = customize name of output file, _direct/_indirect is added
% to the custom filename
%
% Outputs:
% result_path = file(s) containing available capital results
%
%% Prerequisites
warning('off', 'backtrace')
%% Validation of inputs and creation of optional input n_workers
n_workers_default = 1;
output_path_default = "results";
seed_default = 42;
n_inner_default = 1000;
output_filename_default = 0;
inputs_q_sim = inputParser;
addRequired(inputs_q_sim, 'AC_method', @validate_AC_method);
addRequired(inputs_q_sim, 'p_sin_results_file', ...
    @validate_p_sin_results_folder);
addOptional(inputs_q_sim, 'n_workers', 'n_workers_default', ...
    @validate_number_of_workers);
addOptional(inputs_q_sim, 'output_path', 'output_path_default', ...
```

Ergebnisse & Anwendungsbeispiele



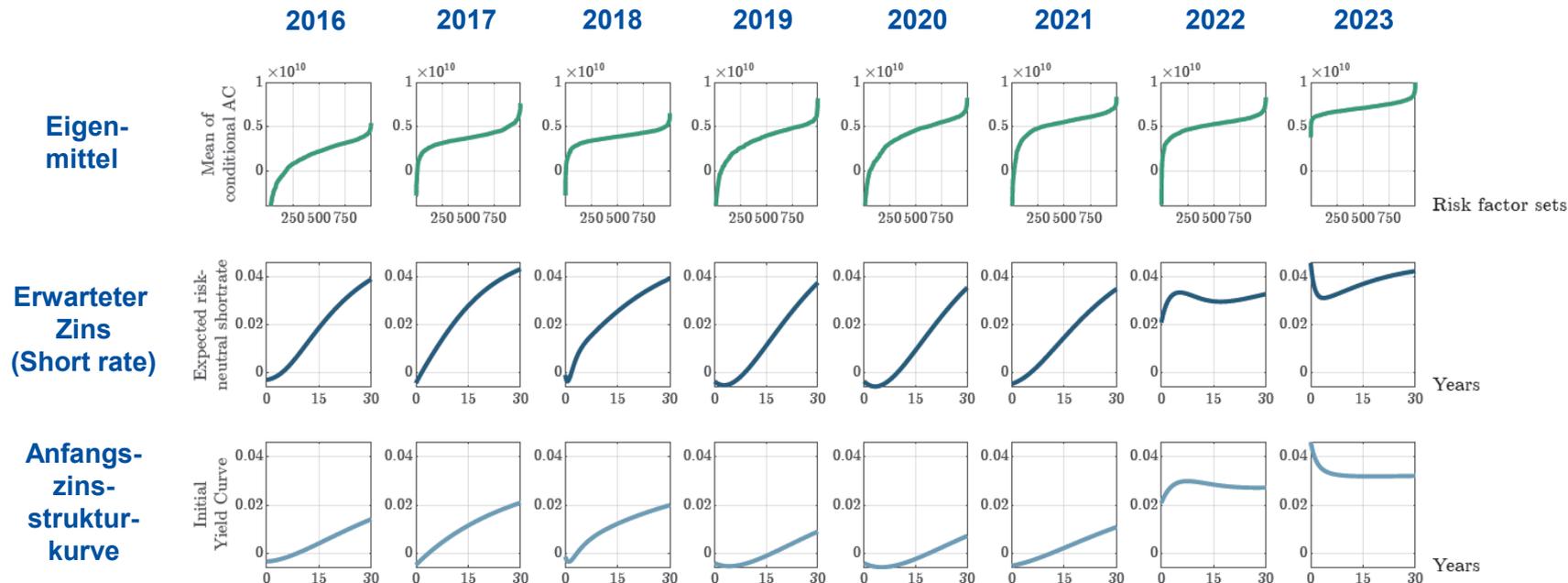
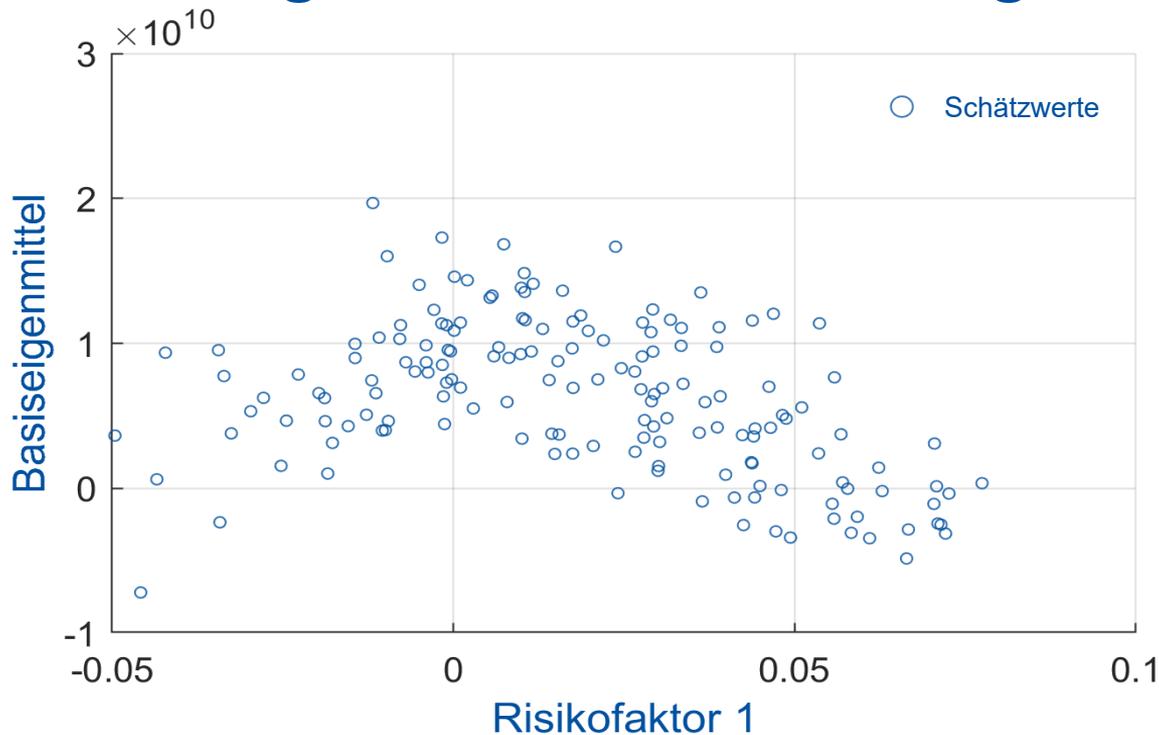
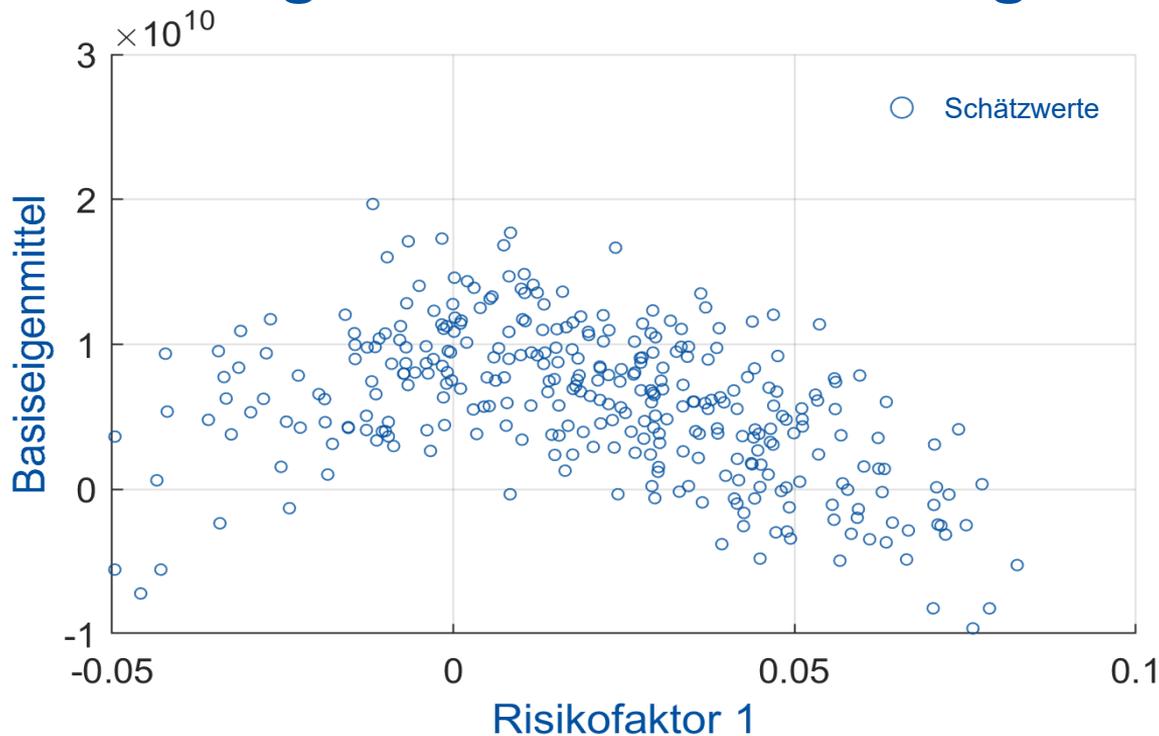


Figure 9: Comparison of the estimation of the available capital as the mean of the conditional observations $AC^{\text{dir}}|X_1$ via the direct method for varying risk factors (cf. first row in Fig. 7), the expectation of the risk-neutral short rate (cf. 24) and the initial yield curve (IYC) used for the simulation. The IYC is given by the NSS curve fitted to the EIOPA risk-free interest rate term structures 14.

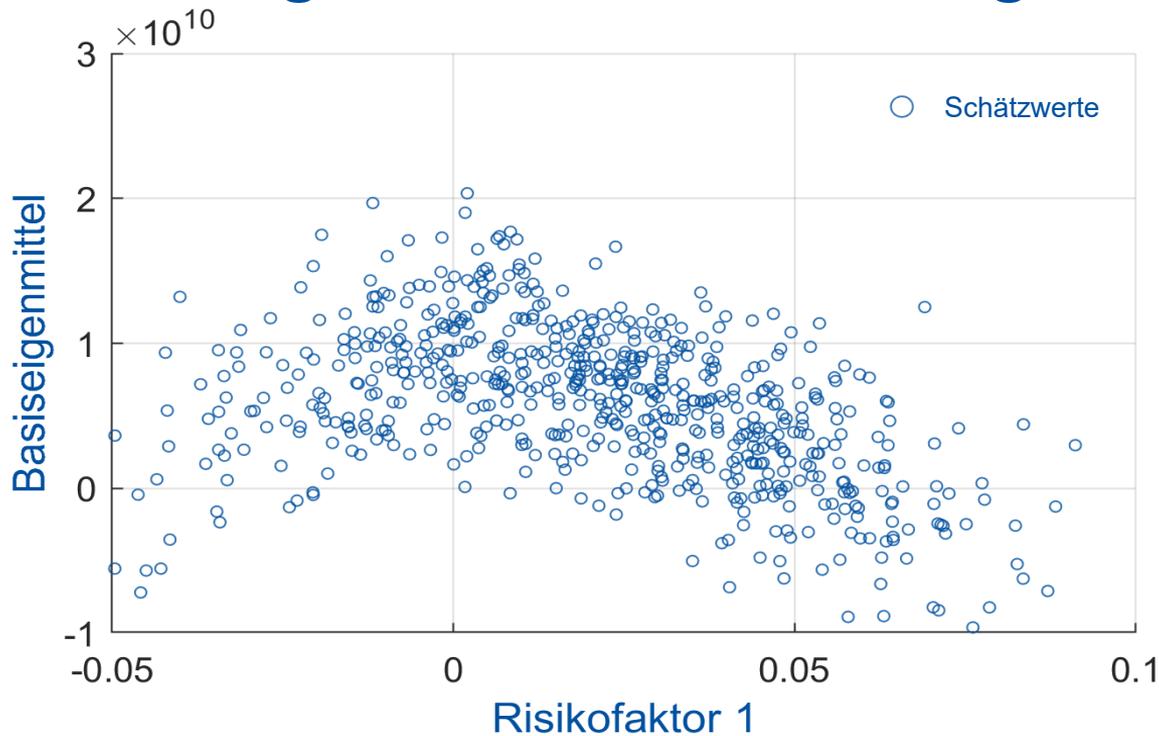
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 2D



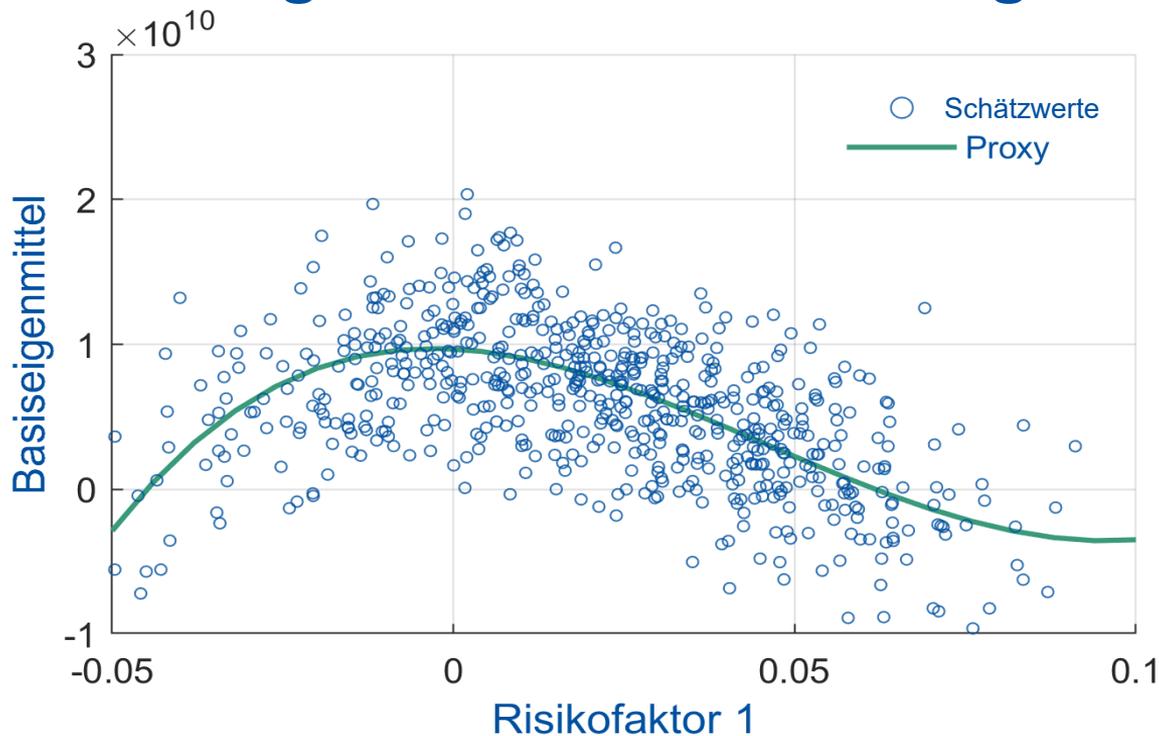
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 2D



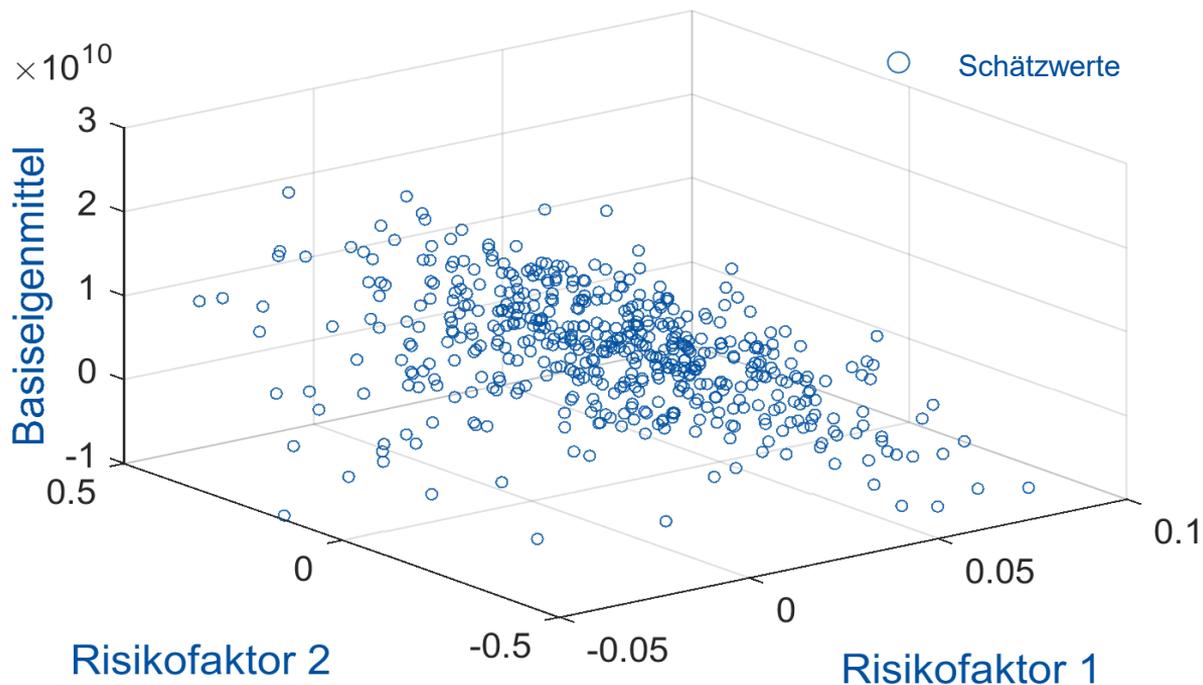
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 2D



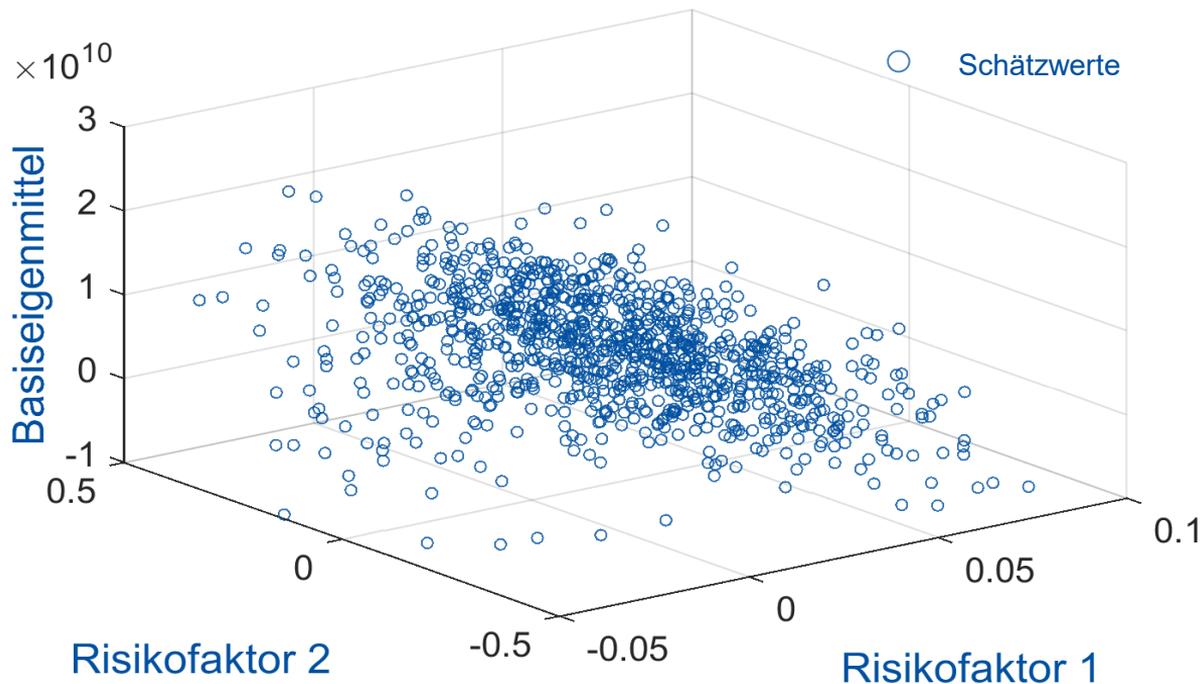
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 2D



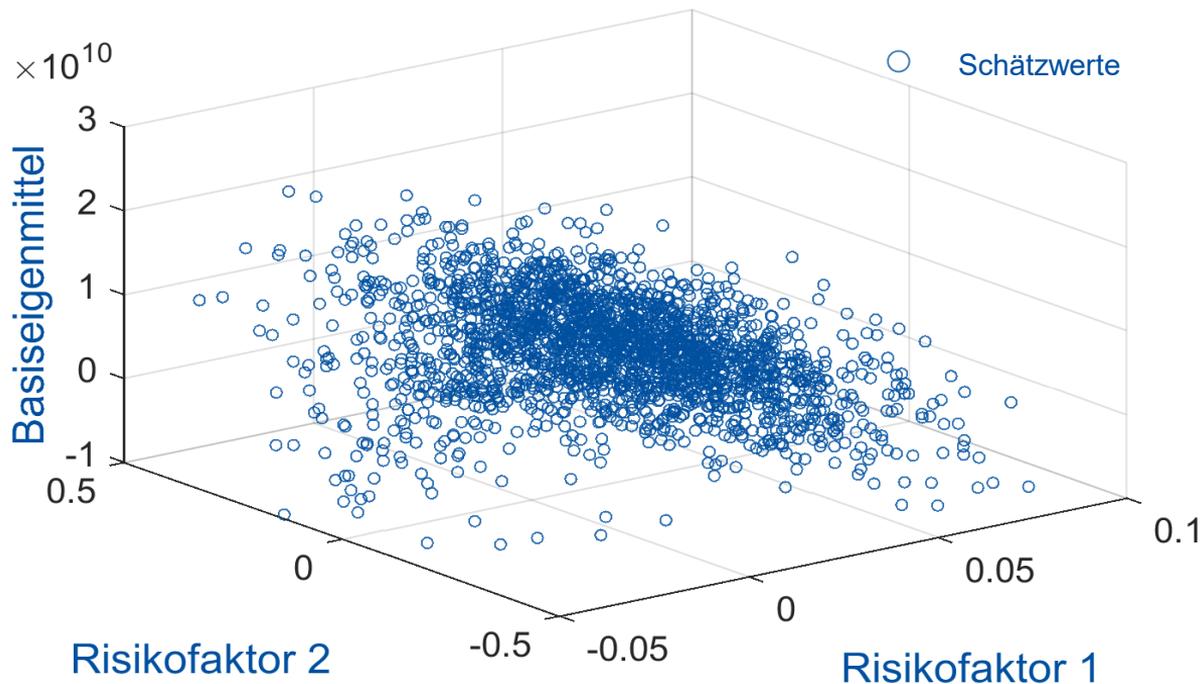
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 3D



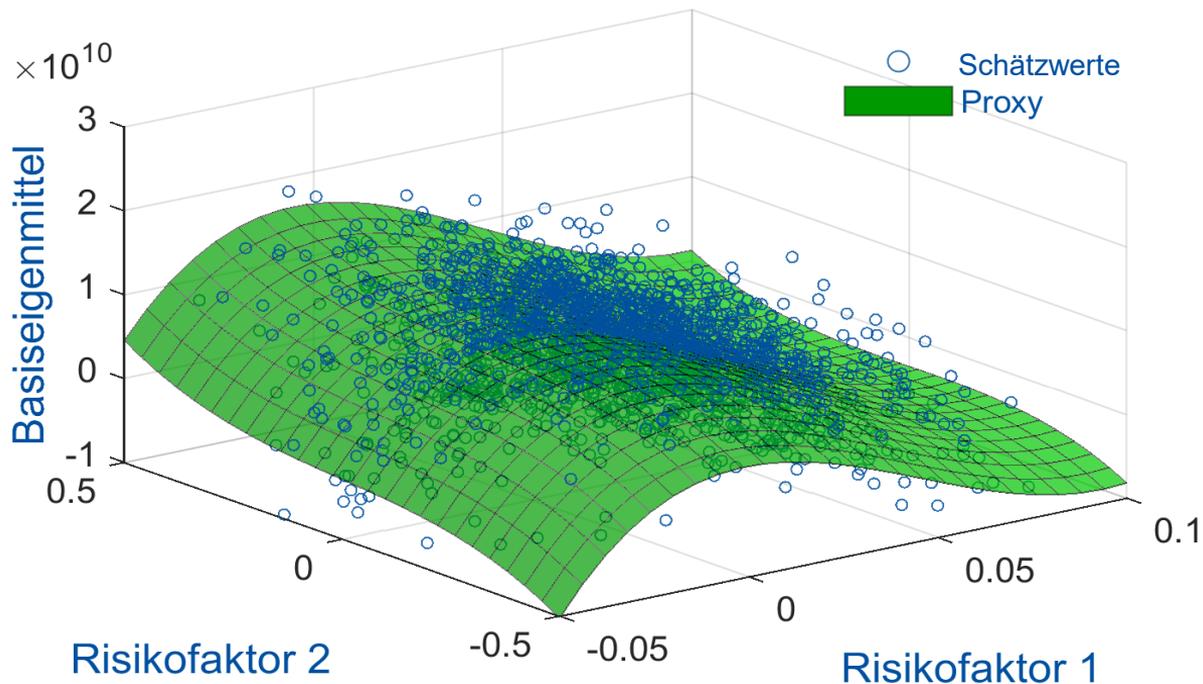
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 3D



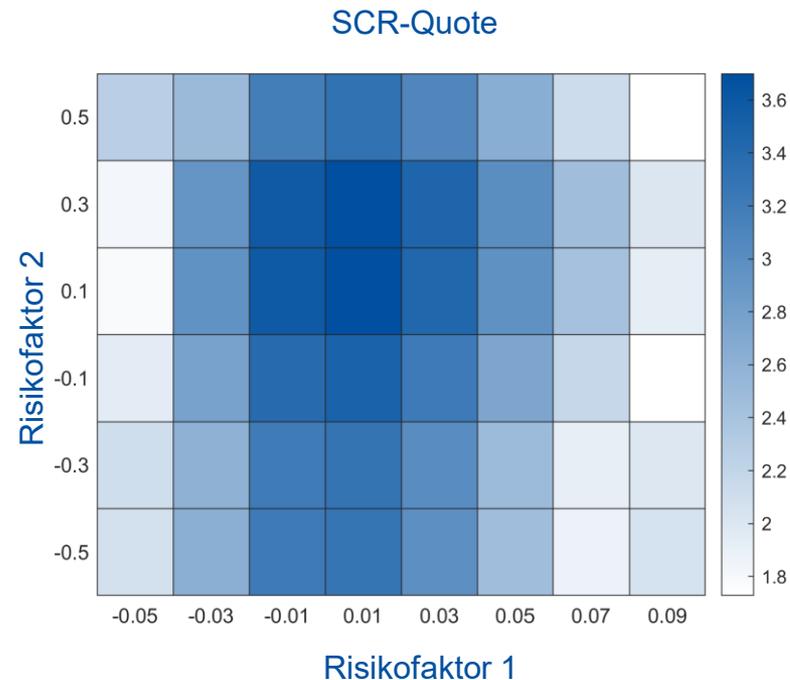
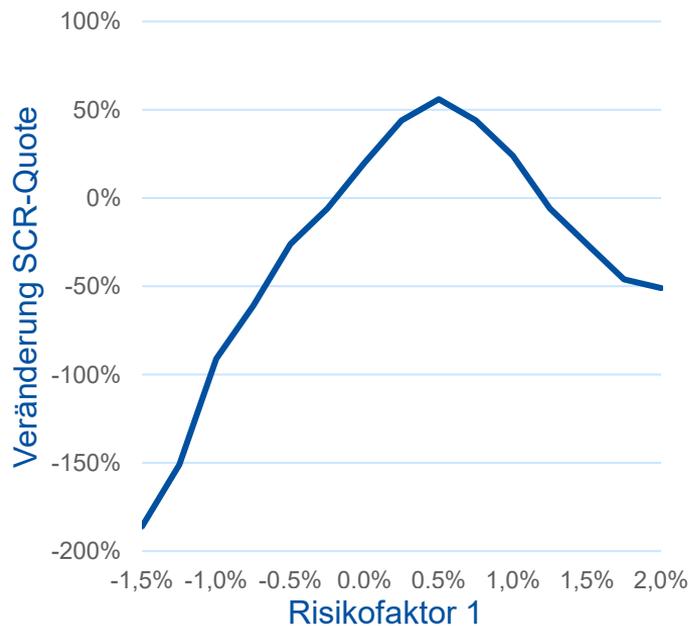
Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 3D



Proxy-Modellierung mit Machine Learning – 3D



Beispielhafte Sensitivitätsanalyse



Zusammenfassung



Zusammenfassung

[openIRM auf gitlab](#) →

openIRM ist ein neues Open Source Modell für ein internes Risikomodell einer beispielhaften Lebensversicherung!

Es bietet die Möglichkeit ...

- in einer entspannten Umgebung Erfahrungen mit internen Risikomodellen zu sammeln.
- verschiedene Methoden der aktuariellen Forschung an einem realistischeren Modell auszuprobieren.
- an einem öffentlichen Benchmarking-Tool aktuarielle Methoden zu vergleichen.
- die Einzelteile des Modells für das Implementieren eigener Weiterentwicklungen zu nutzen.





[openIRM auf gitlab](#)

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit.**

Mark-Oliver Wolf – Fraunhofer ITWM
mark-oliver.wolf@itwm.fraunhofer.de