



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vienna University of Technology



Institut für  
Managementwissenschaften

# Risiko-basiertes Performance Management

18. Techno-Ökonomie Kolloquium  
Wien, 23.11.2015

DI Astrid Bös

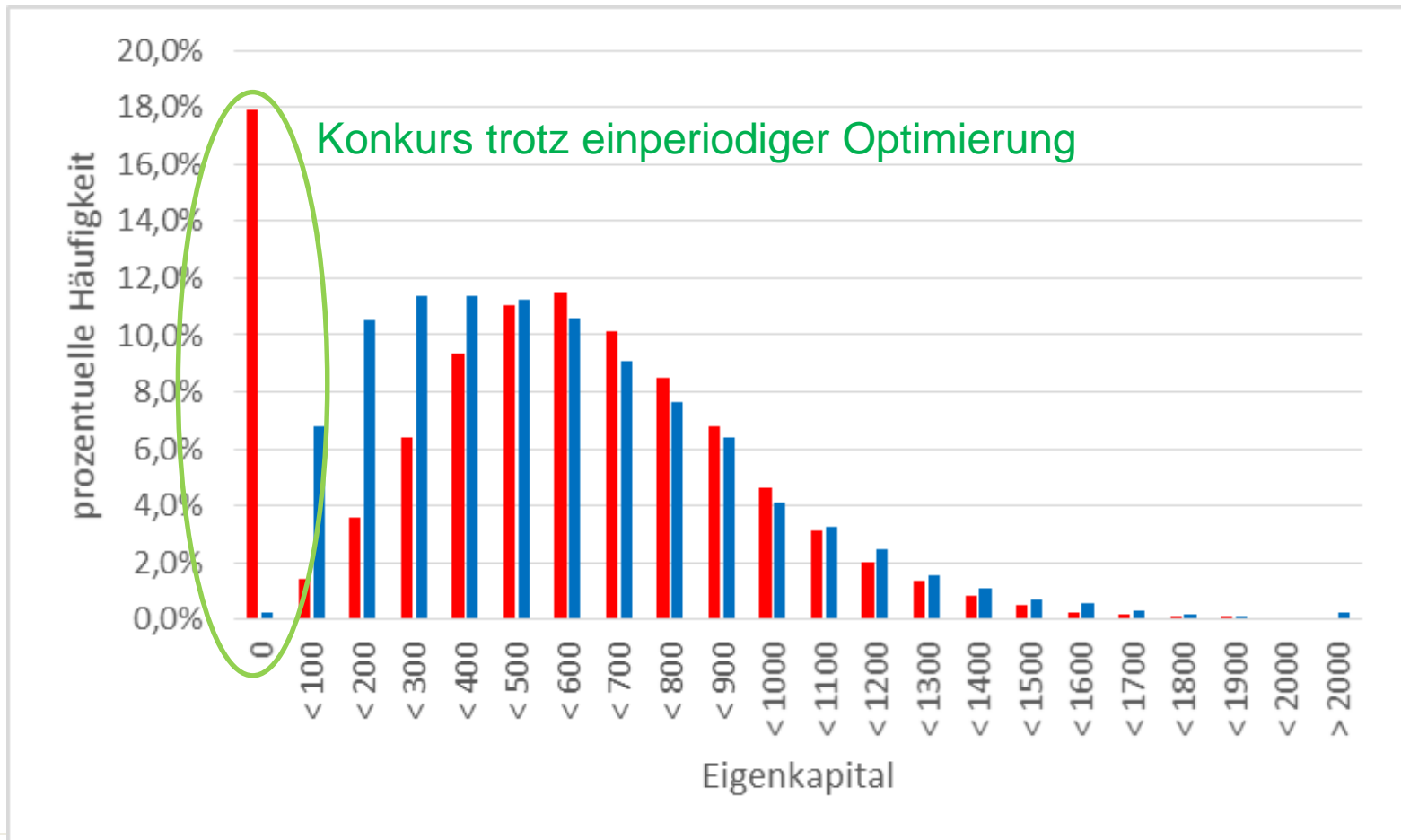
[astrid.boes@tuwien.ac.at](mailto:astrid.boes@tuwien.ac.at)

# Agenda

- **Research Proposal**
- Optimale Kapitalallokation: Modellierung
- Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse
- Nächste Schritte

# Research Proposal

## Problemstellung



## Erwartetes Resultat

Entwicklung eines dynamischen finanz-mathematischen Modells zur

- mehrperiodigen RORAC-Optimierung zur optimalen Kapitalallokation sowie
  - der Berücksichtigung der Finanzierung dieser Kapitalallokation
- Mehrperiodige Optimierung schützt vor Konkurs

## State of the Art - Referenzen

Buch A., Dorfleitner G., Wimmer M., 2011: Risk capital allocation for RORAC optimization, Journal of Banking and Finance, Vol. 35, Issue 11, p. 3001-3009

Perold A., 2005: Capital Allocation in Financial Firms. Journal of Applied Corporate Finance, Vol. 17, 110-118

Föllmer H., Schied A., 2011: Stochastic Finance. An Introduction in Discrete Time. De Gruyter, 3rd ed.

# Research Proposal

## Methoden

- Untersuchung und (dynamische) Erweiterung des einperiodigen Modells von Buch, Dorfleitner und Wimmer (2011)
- Anwendung des dynamischen RORAC Optimierungs-Modells auf ein wertbasiertes Portfolio Framework (Tasche, 2004)
- Anwendung der pfadweisen Simulation (Îto, McKean, 1970; Föllmer, Schied, 2011) auf die dynamische Modellerweiterung
- Modellbasierte Simulationsanalyse

# Agenda

- Research Proposal
- **Optimale Kapitalallokation: Modellierung**
- Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse
- Nächste Schritte

## Einperiodiges RORAC-Optimierungsmodell

$$\begin{aligned}\tilde{Y}(u) &= M(u) + \tilde{X}(u) \\ &= \sum_k \tilde{Y}_k(u_k) \\ &= \sum_k M_k(u_k) + \sum_k \tilde{X}_k(u_k)\end{aligned}$$

$$\tilde{X}_k(u_k) \sim N\left(0; \sigma_{X(k)}^2(u_k)\right)$$

sodass

$$\tilde{Y}_k(u_k) \sim N\left(M_k(u_k); \sigma_{X(k)}^2(u_k)\right)$$

und

$$\tilde{Y}(u) \sim N\left(M(u); \sigma_X^2(u)\right)$$

wobei

- $\tilde{Y}(u)$  ... unternehmensweiter Erfolg
- $u$  ... gesamtes Investitionsvolumen
- $M(u)$  ... erwarteter unternehmensweiter Erfolg
- $\tilde{X}(u)$  ... unternehmensweite Schwankung
- $\tilde{Y}_k(u_k)$  ... Erfolg in Segment  $k$
- $u_k$  ... Investitionsvolumen in Segment  $k$
- $M_k(u_k)$  ... erwarteter Erfolg in Segment  $k$
- $\tilde{X}_k(u_k)$  ... Schwankung in Segment  $k$

## Einperiodiges RORAC-Optimierungsmodell

$$\max_u RORAC^{1-\alpha}(u) = \frac{M(u)}{VaR_X^{1-\alpha}(u) - M(u)}$$

wobei

$RORAC^{1-\alpha}(u)$  ... unternehmensweiter Return on Risk Adjusted Capital (RORAC)

$VaR_X^{1-\alpha}(u)$  ... unternehmensweiter Value-at-Risk

## Einperiodiges RORAC-Optimierungsmodell

Nach Untersuchung des Modells von Buch, Dorfleitner und Wimmer (2011) ergeben sich unter anderen folgende mögliche Erweiterungen:

- A. Dynamische Modellierung (vgl. Merton, 1973)
- B. Einbeziehung von Capital Requirements (vgl. Adrian, Shin, 2010)
- C. Berücksichtigung von Finanzierungsstrategien im Asset/Liability-Kontext (vgl. Perold, 2005)
- D. Untersuchung des Modells im Zeitablauf (vgl. Îto, McKean, 1973; Föllmer, Schied, 2011)

# Optimale Kapitalallokation: Modellierung

## A. dynamische Modellerweiterung: Stochastische Prozesse

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_t(u_t) &= M_t(u_t) + \tilde{X}_t(u_t) && \tilde{X}_{k,t}(u_{k,t}) \sim N\left(0; \sigma_{X^{(k)},t}^2(u_{k,t})\right) \\ &= \sum_k \tilde{Y}_{k,t}(u_{k,t}) && \text{mit} && \text{sodass} \\ &= \sum_k M_{k,t}(u_{k,t}) + \sum_k \tilde{X}_{k,t}(u_{k,t}) && \tilde{Y}_{k,t}(u_{k,t}) \sim N\left(M_{k,t}(u_{k,t}); \sigma_{X^{(k)},t}^2(u_{k,t})\right) \\ & && \text{und} \\ & && \tilde{Y}_t(u_t) \sim N\left(M_t(u_t); \sigma_{X,t}^2(u_t)\right)\end{aligned}$$

wobei

$\tilde{Y}_t(u_t)$

... unternehmensweiter Erfolg zum Zeitpunkt  $t$

$u_t$

... gesamtes Investitionsvolumen zum Zeitpunkt  $t$

$M_t(u_t)$

... erwarteter unternehmensweiter Erfolg zum Zeitpunkt  $t$

$\tilde{X}_t(u_t)$

... unternehmensweite Schwankung zum Zeitpunkt  $t$

$\tilde{Y}_{k,t}(u_{k,t})$

... Erfolg in Segment  $k$  zum Zeitpunkt  $t$

$u_{k,t}$

... Investitionsvolumen in Segment  $k$  zum Zeitpunkt  $t$

$M_{k,t}(u_{k,t})$

... erwarteter Erfolg in Segment  $k$  zum Zeitpunkt  $t$

$\tilde{X}_{k,t}(u_{k,t})$

... Schwankung in Segment  $k$  zum Zeitpunkt  $t$

## B. Modellerweiterung: Capital Requirement

Das Risikokapital muss mit Eigenkapital abgedeckt sein.

$$\begin{aligned} \max_{u_t} RORAC_t^{1-\alpha}(u_t) \\ VaR_{X,t}^{1-\alpha}(u_t) \leq E_t \end{aligned}$$

wobei

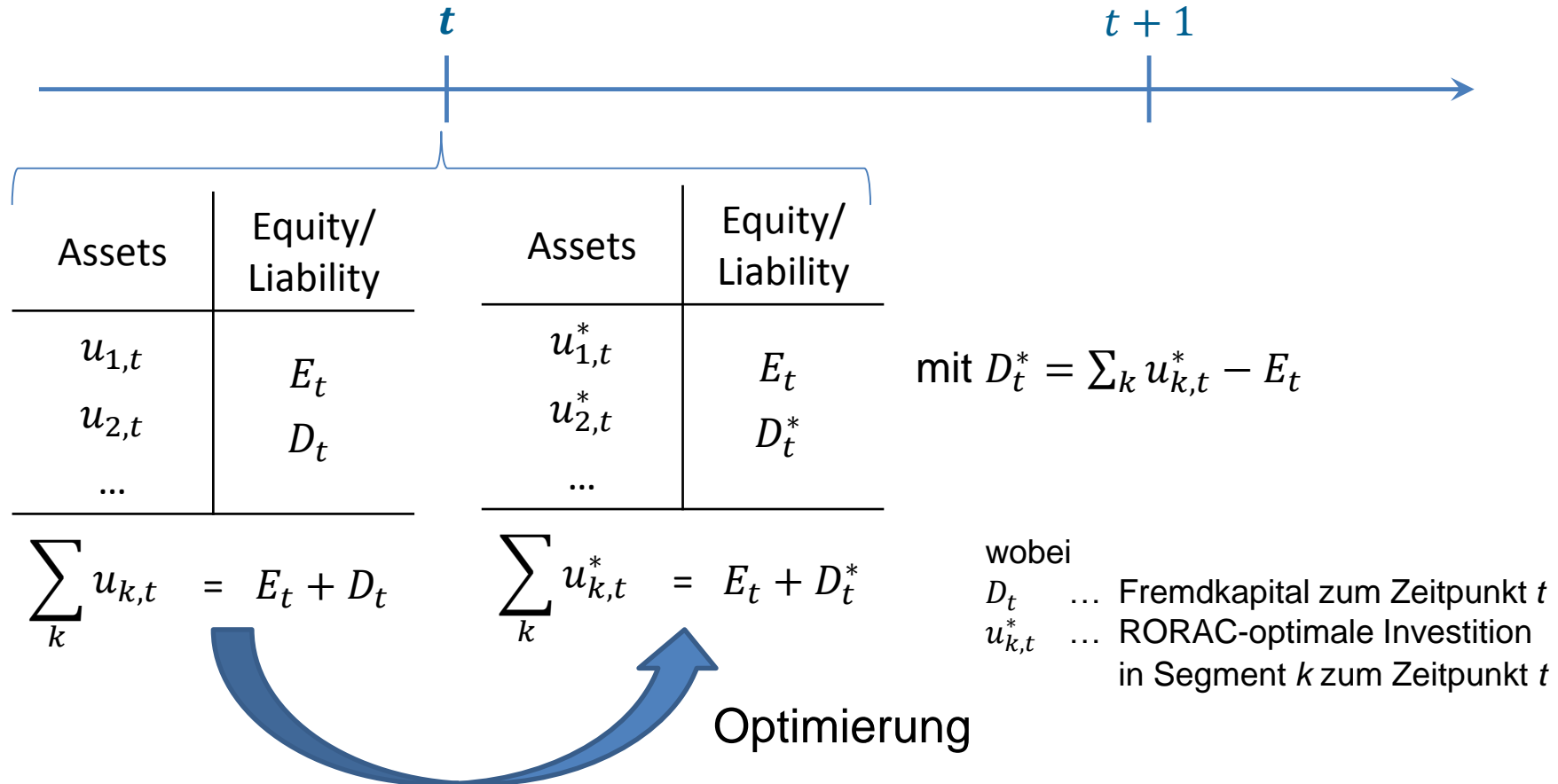
$RORAC_t^{1-\alpha}(u_t)$  ... unternehmensweiter Return on Risk Adjusted Capital (RORAC) zum Zeitpunkt  $t$

$VaR_{X,t}^{1-\alpha}(u)$  ... unternehmensweiter Value-at-Risk zum Zeitpunkt  $t$

$E_t$  ... Eigenkapital zum Zeitpunkt  $t$

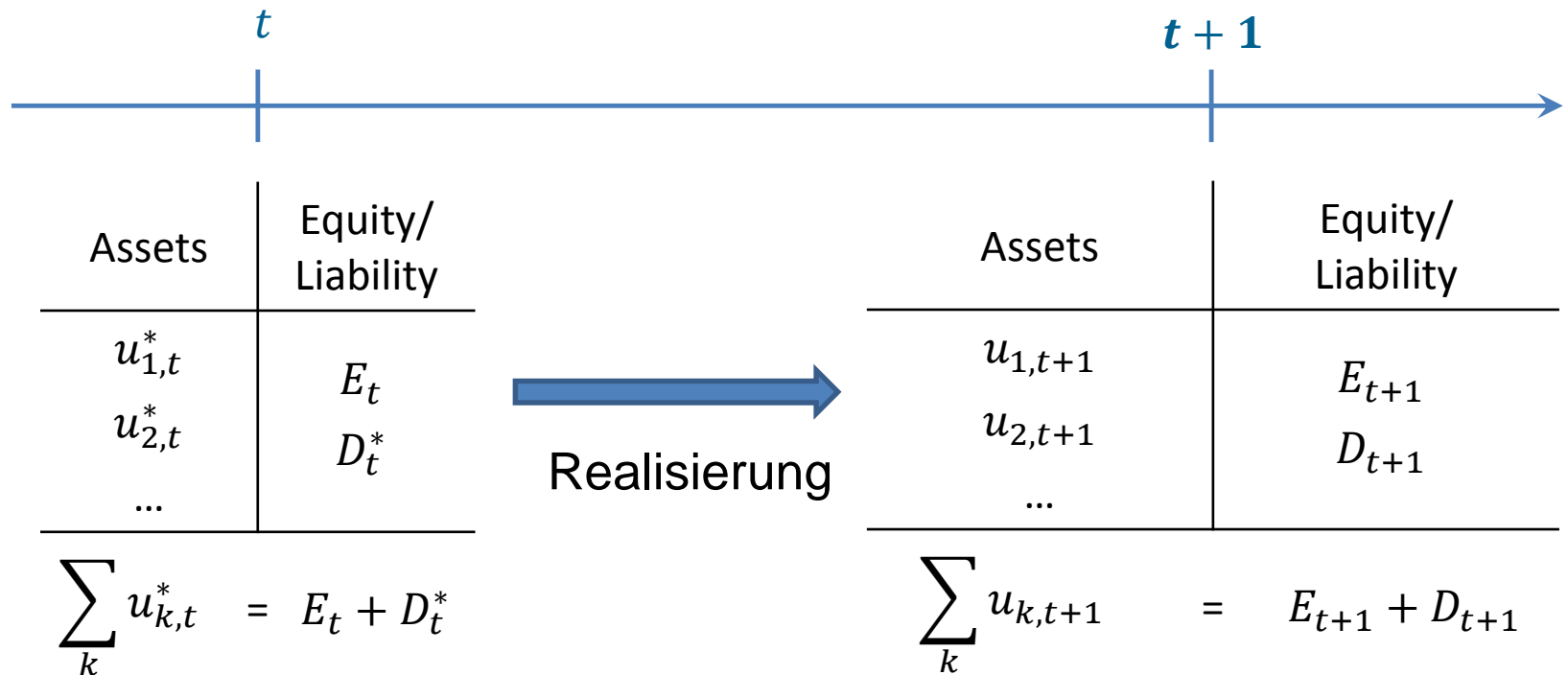
# Optimale Kapitalallokation: Modellierung

## C. dynamische Modellerweiterung: Asset/Liability-Kontext (1/2)



# Optimale Kapitalallokation: Modellierung

## C. dynamische Modellerweiterung: Asset/Liability-Kontext (2/2)



wobei

$RP_t(L_t)$  ... Risikozuschlag zum Zeitpunkt  $t$

$L_t$  ... Leverage zum Zeitpunkt  $t$

mit  $u_{k,t+1} = u_{k,t}^* + \tilde{Y}_{k,t}(u_{k,t}^*)$

$$D_{t+1} = D_t^* \cdot (1 + RP_t(L_t))$$

$$E_{t+1} = \max(\sum_k u_{k,t+1} - D_{t+1}; 0)$$

# Optimale Kapitalallokation: Modellierung

## D. Modellerweiterung: pfadweise Simulation des stochastischen Modells

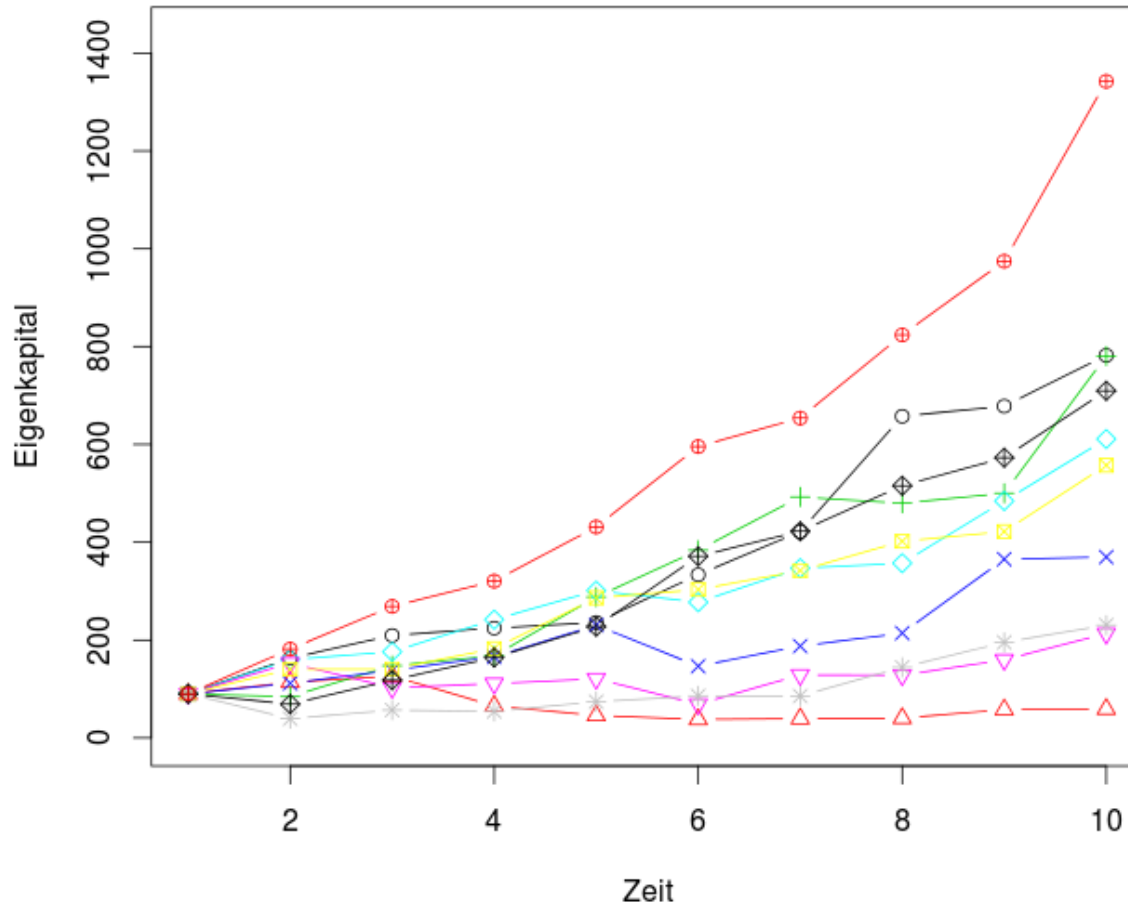


Abbildung 1: Eigenkapitalentwicklung der ersten 10 Pfade des stochastischen Modells mit Berücksichtigung des Capital Requirements

# Agenda

- Research Proposal
- Optimale Kapitalallokation: Modellierung
- **Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse**
- Nächste Schritte

## Wertbasiertes Portfolio Framework

Modellkonstruktion – Segment-Profit:

$$\tilde{Y}_{k,t}(u_{k,t}) \sim N \left( M_{k,t}(u_{k,t}); \sigma_{X^{(k)},t}^2(u_{k,t}) \right)$$

wobei

$$M_{k,t}(u_{k,t}) = \mu_k \cdot u_{k,t}$$

$$\sigma_{X^{(k)},t}(u_{k,t}) = \sigma_k \cdot u_{k,t}$$

	Investitions- volumen	Rendite	Standard- abweichung	Korrelations- koeffizient
	$u_{k,0}$	$\mu_k$	$\sigma_k$	$\rho_{AB}$
Segment A	100 GE	15%	25%	-0,5
Segment B	200 GE	10%	20%	

## Wertbasiertes Portfolio Framework

Modellkonstruktion – unternehmensweiter Profit:

$$\tilde{Y}_t(u_t) \sim N \left( M_t(u_t); \sigma_{X,t}^2(u_t) \right)$$

wobei

$$M_t(u_t) = \sum_k M_{k,t}(u_{k,t})$$

$$\sigma_{X,t}(u_t) = \sqrt{\sum_i \sum_j \sigma_{X(i),t}(u_{i,t}) \cdot \rho_{ij} \cdot \sigma_{X(j),t}(u_{j,t})}$$

# Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse

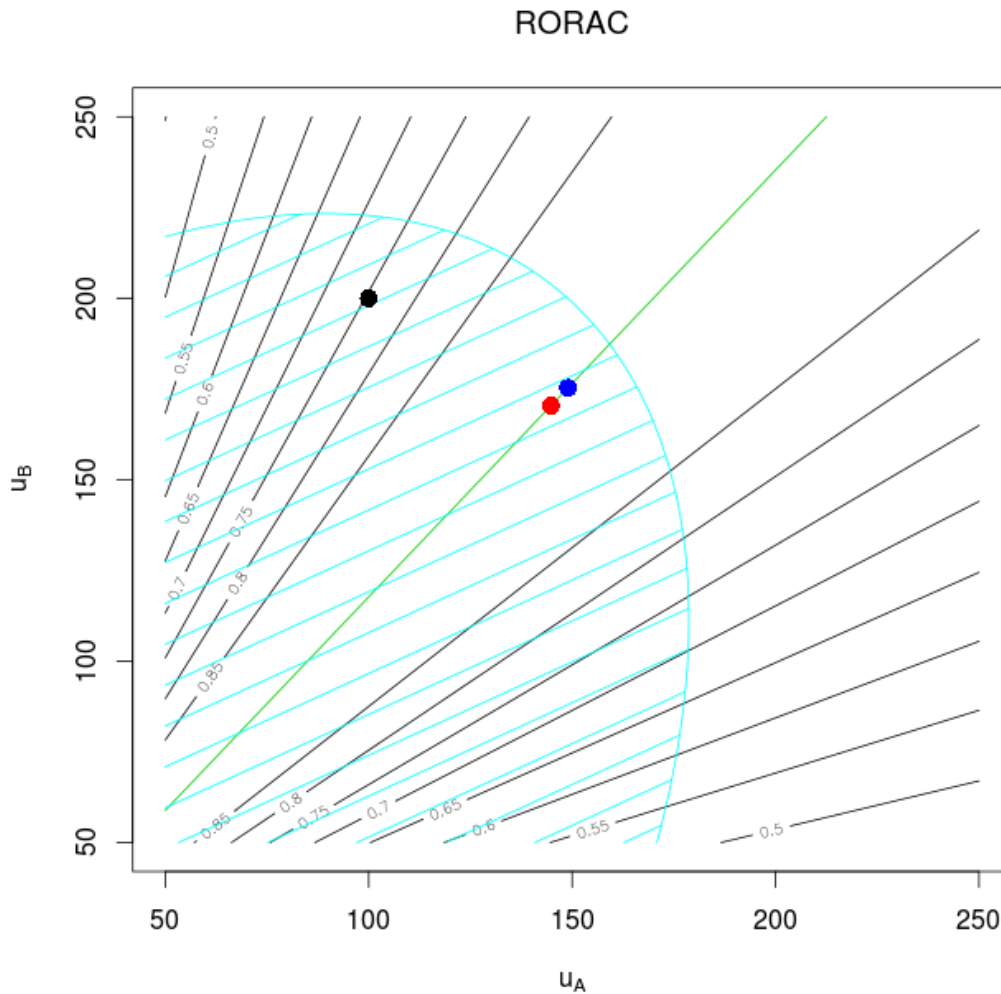


Abbildung 2: Konturplot der RORAC-Funktion (schwarze Linien), optimaler RORAC (grüne Linie), Capital Requirement (hellblau gekennzeichnete Fläche)  
RORAC Optimierung zum Zeitpunkt  $t = 0$  ohne (roter Punkt) und mit (blauer Punkt) Capital Requirement

# Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse

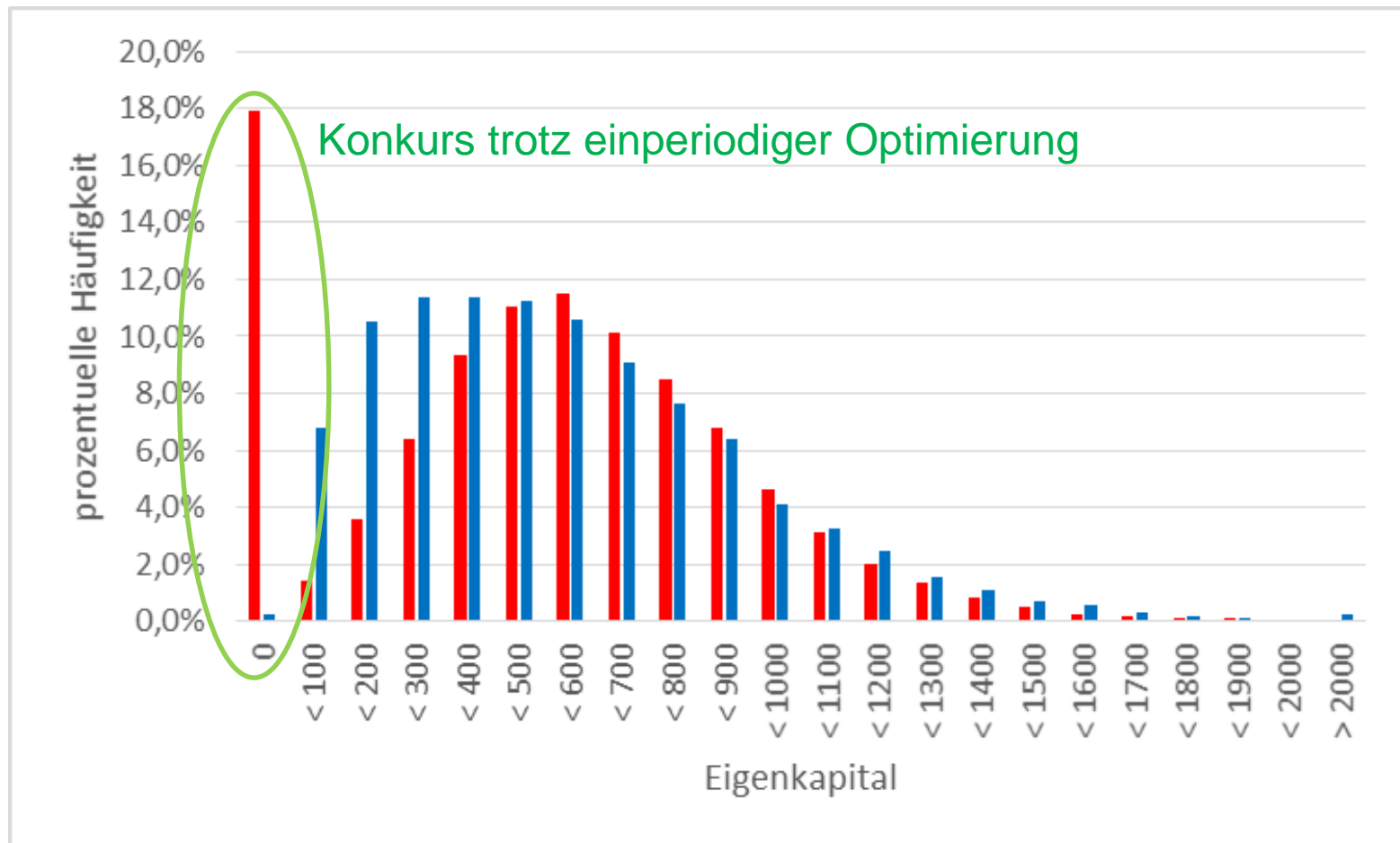


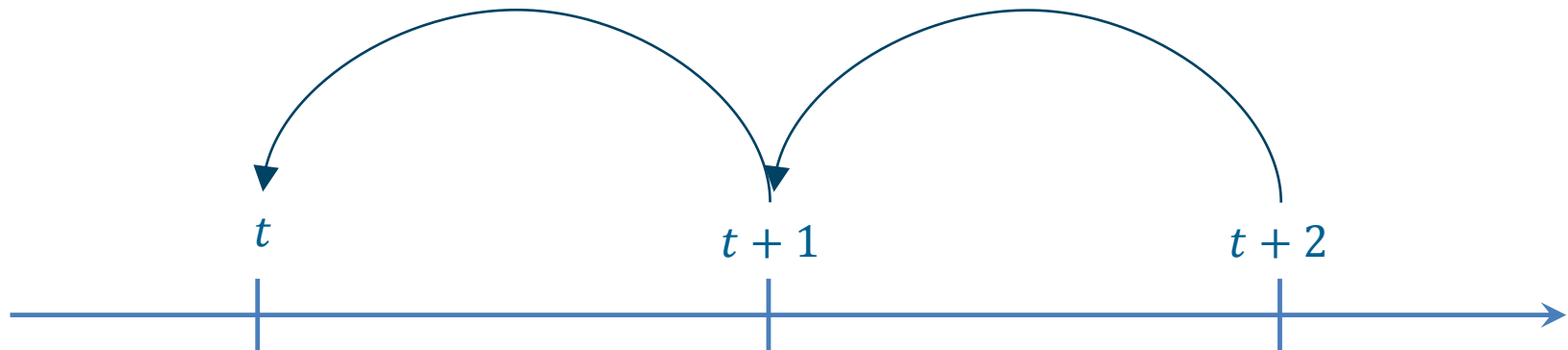
Abbildung 3: Histogramm von Eigenkapital zum Zeitpunkt  $t = 10$  ohne (rot) und mit (blau) Capital Requirement

# Agenda

- Research Proposal
- Optimale Kapitalallokation: Modellierung
- Optimale Kapitalallokation: Ergebnisse
- **Nächste Schritte**

# Nächste Schritte

- Mehrperiodige Optimierung der RORAC-Zielfunktion (Berücksichtigung von Zeitdiversifikation)



- Literatur-Feinrecherche
- Abfassung der Dissertation

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

## Fragen?

DI Astrid Bös

TU Wien | Institut für Managementwissenschaften  
Finanzwirtschaft und Controlling

[astrid.boes@tuwien.ac.at](mailto:astrid.boes@tuwien.ac.at)

Tel: 01 58801 33084

# Literatur

- Adrian T., Shin H.S., 2010: Liquidity and leverage. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 19, 418-437
- Artzner P., Delbaen F., Eber J.;., Heath D., Ku H., 2007: Coherent multiperiod adjusted values and Bellman's principle. *Annals of Operations Research*, Vol. 152, 5-22
- Buch A., Dorfleitner G., Wimmer M., 2011: Risk capital allocation for RORAC optimization, *Journal of Banking and Finance*, Vol. 35, Issue 11, 3001-3009
- Föllmer H., Schied A., 2011: *Stochastic Finance. An Introduction in Discrete Time*. De Gruyter, 3rd ed.
- Itô K., McKean H.P., 1970: *Diffusion Processes and Their Sample Paths*. Classics in Mathematics, Springer
- Merton R., 1973: An Intertemporal Capital Asset Pricing Model, *Econometrica*, Vol. 41, 867-887
- Perold A., 2005: Capital Allocation in Financial Firms. *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 17, 110-118
- Tasche D., 2004: Allocating portfolio economic capital to sub-portfolios. In: Dev, A. (Ed.), *Economic Capital: A Practitioner Guide*. Risk Books, London, 275-302