



# Mathematik in der Beratung

Möglichkeiten in einem Berufsfeld

Universität Tübingen,  
Mathematisches Institut  
20.11.2017



**Bernhard  
Hein**  
(in Berufskleidung)

Bernhard.Hein@de.ey.com  
Tel.: 0160 939 14338



**Manuel  
Hita Hochgesand**  
(in Berufskleidung)

Manuel.Hita.Hochgesand@de.ey.com  
Tel.: 0160 939 18935



# Agenda

- ▶ **Naturwissenschaftler erzählen von ihrem Beruf**
- ▶ **... und jetzt bisschen Mathe!**  
Ausflug in aktuelle Projektthemen
- ▶ **Wer wir sind und was Sie bei uns erwartet**



# Naturwissenschaftler erzählen von ihrem Beruf

# Schon mit 7 Jahren wusste ich nicht, was ich werden wollte

---

- ▶ *Ganz grob:* Dienstleistung
- ▶ *Auch grob:* Unternehmensberatung
- ▶ *genauer:* „Prüfungsnahe Beratung“ im Finanzsektor („FSO“)
  
- ▶ *Fokus:* Quantitatives Risikomanagement bei Kreditinstituten  
Quantitative Fragestellungen (Regulierung / Bilanzierung)
- ▶ *Kunden:* Banken, Spezialfinanzierer (z.B: Bausparkassen), Asset Manager
  
- ▶ Wo haben wir uns sonst noch beworben? Logistiker, Energiebranche, Versicherung, Filmindustrie, Instrumentenbau
- ▶ Wo haben Freunde sich beworben? Optik, IT-Dienstleister, Uni, Automobilbranche ...



# Wie passt denn Mathematik und Bank zusammen?

---

- ▶ Können wir das überhaupt?
  - ▶ Mathematik (Diffgeo, Algebra, Statistik, Stochastik, Numerik). Denken.
  - ▶ Physik (komplexe Zusammenhänge, Wechselwirkungen). Pragmatismus.
  - ▶ Kommunizieren, formulieren, erklären, mit anderen Menschen umgehen.
  - ▶ Mit Banken zu tun? Nur EC-Karte, Konto, vielleicht ein Bausparvertrag.
- ▶ Was wir damals nicht wussten:
  - ▶ Es gibt viele Stellen, an denen Banken spannenden Herausforderungen gegenüberstehen, denen man prinzipiell mit einem mathematischen Modell begegnen kann. Oft sind aber noch keine Modelle „in place“, oder die bestehenden Modelle sind veraltet oder nicht angemessen.
  - ▶ Also brauchen sie Beratung/zusätzliche, fähige Kapa, zum Beispiel uns!
  - ▶ Vor allem der Umgang mit Risiko ist ein schwieriges, wichtiges (weil viel Geld im Spiel) und auch vom Gesetzgeber forciertes Thema

# Warum braucht Bank überhaupt Modelle?

---

- ▶ Provisionserträge ... 
- ▶ Zinsgewinne ... (Wer zahlt freiwillig mehr?)
- ▶ ODER Risikoübernahme
- ▶ Risiken genau zu kennen heißt, einen Vorteil im Handel zu haben
- ▶ Wie begreift man (intelligenter als die Konkurrenz) die zu erwartenden Verluste und welche Methoden kommen dabei zum Einsatz? Wie beurteilt man, ob ein Modell gut oder besser ist? Was macht man mit dem Wissen über dieses Risiko dann, wie zerlegt man Risiken so, dass man Teile davon weiterverkaufen kann und was sind Gefahren hinter „verpackten Risiken“?
- ▶ Welche Verhaltensweisen in den Banken werden durch Fehler in den Risikomodellen oder den Bewertungen fälschlicherweise belohnt, welche Aufgabe hat eine Finanzaufsicht, und was möchte eigentlich der Europaweite Banken-Stresstest oder die Einführung einer Bilanzierungsvorschrift anhand von Expected Lifetime Credit Loss hier erreichen?



# Was macht daran Spaß?

---

- ▶ Es fühlt sich gut an, der Quant zu sein. Man ist immer ein bisschen der Exot mit dem feinen Hauch des „Genies“
- ▶ Es macht uns Spaß, zu denken. Klassische Unternehmensberater erklären Strategie, Software, Marketingstrategien oder kümmern sich um „Prozessoptimierungen“. Wir erdenken häufig neue Lösungen, wenn bekannte Modelle nicht zu gegebenen Daten passen oder wenn neue Produkte ein neues Modell erfordern. Oder wir finden Lösungen zu ganz neuen Problemen, die bislang noch keiner gelöst hat.
- ▶ Es macht uns Spaß, Kontakte aufzubauen und zu erklären. Jedes Modellergebnis ist nur so lange verlässlich für seinen Anwendungszweck, wie der Modellbenutzer (→ Kunde) oder Modellbauer (→ Kollegen) das Modell und seine Verflechtung mit dem Ort seines Einsatzes (Daten, beschriebene Realität, Anwendung der Ergebnisse) vollständig versteht.



# Grundbegriffe für den Hausgebrauch

---

- ▶ „Risiko“: Gefahr einer negativen Abweichung von einem Planzustand (definiere: „negativ“, „Abweichung“, „Planzustand“)
- ▶ Wesentliche Risiken in der Finanzwelt:
  - ▶ Kreditrisiko (Verluste, die eine Bank erleidet, wenn ein Kreditnehmer nicht mehr zahlen kann)
  - ▶ Marktpreisrisiko (Verluste durch ungünstige Entwicklung von Aktienkursen, Optionspreisen, „Derivaten“, Zinsen)
  - ▶ Operationelles Risiko (Verluste durch Mitarbeiterfehlverhalten)
  - ▶ Liquiditätsrisiko („Weiß ich, dass ich meine Zahlungsverpflichtungen einhalten kann?“)
- ▶ Die letzte Finanzkrise begann als Krise des Kreditrisikos, sorgte für allgemeines Misstrauen unter den Banken und wurde so auch zu einer Krise des Liquiditätsrisikos.
- ▶ Neue Risiken und neue Spezialformen bekannter Risiken? Täglich ...

# Die Sache mit dem Eigenkapital

---

- ▶ Eine Bank will Risiken nicht komplett vermeiden, weil sie genau durch den Handel mit Risiko ihr Geld verdient.
- ▶ Beispielsweise fallen Kredite immer mal aus. Die zu erwartende Zeche müssen die Kreditkunden letztlich selbst zahlen. (→ wie?)
- ▶ Gegen Schwankungen dieser drohenden Verluste sichert sich die Bank ab, indem sie genug Kapital („Eigenkapital“) beiseite legt. (→ kostet!). Die Öffentlichkeit wird mit Hilfe von Bilanzierungsregeln im Bilde gehalten.
- ▶ Kunde soll mehr Zins zahlen?  
→ Kunde geht weg  
→ ungünstig
- ▶ Bank soll mehr Eigenkapital beiseite legen? → Bank hat mehr Kosten → Bank weniger profitabel als andere Banken  
→ ungünstig



# Regulierung und Bilanzierung möchten Sicherheit und Transparenz erreichen

---

- ▶ Risiken können das ganze Finanzsystem gefährden (Finanzkrise).



- ▶ Vermeidung durch Transparenz (Idee der Bilanzierung)
  - ▶ Eingreifen durch Aufsichtsbehörden (Idee der Regulierung)
  - ▶ EBA, EZB fordern und kontrollieren, wie viel Eigenkapital die Banken für welches Risiko vorhalten müssen
- ▶ Oft verschiedene Möglichkeiten zur Risikomessung. Grundsätzlich „Je anspruchsvoller und genauer die Verfahren in der Risikomessung sind, desto billiger kann die Bank *vielleicht* davonkommen.“
  - ▶ Bilanzierung macht aktuell einen (riesigen) Schritt in die Richtung, z.B. Kreditrisiken in der Bilanz zu zeigen.
  - ▶ Wir helfen den Banken bei den anspruchsvollen Messungs- und Modellierungsaufgaben

# Was gefällt uns am meisten an unserer Arbeit?

---

- ▶ **Thematisch:** Die wichtigsten Entwicklungen im Bankensektor in den letzten 10 Jahren rankten sich um das Verstehen und das Management von Risiken: Basel I bis IV, EZB-Aufsicht, Stresstests, Asset Quality Reviews, Bilanzierung mit Expected Lifetime Credit Losses, Bewertung von verpackten Risiken, hässliche Finanzderivate ... Genau in diesem Brennpunkt arbeiten wir
- ▶ **Team/Arbeitsatmosphäre:** momentan ca. 50 handverlesene Leute mit der Dynamik eines Start-up aber der Sicherheit einer Weltfirma. Sehr motiviert, sehr intelligent, sehr witzig, ohne Allüren und mit minimalem hierarchischem Ballast.
- ▶ **Diversity:** Interdisziplinär über Abteilungs-/Organisations-/Ländergrenzen hinweg an übergreifenden Fragestellungen, in denen unsere Lösungen sich wie ein Puzzleteil einfügen

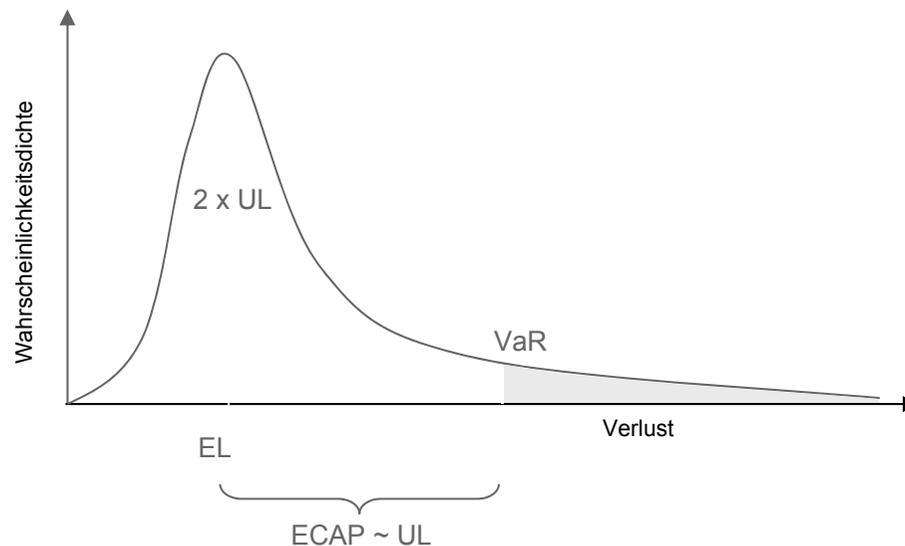




**... und jetzt ein bisschen Mathe!**

# Die Idee hinter der Sache mit dem Eigenkapital am Beispiel Kreditrisiko

- ▶ Gegeben eine Bank (ein Kreditportfolio). Eigenkapital soll helfen, um Verluste durch ausgefallene Kredite abfedern zu können.
- ▶ Aufsichtsrecht sagt dass dieser Puffer im Wesentlichen dem 99,9%-Quantil („Value at Risk“) der Verlustverteilung entspricht, d.h. derjenigen Verlusthöhe, die im Schnitt nur alle 1000 Jahre überschritten wird. (?? → Bedeutung VaR)



Die Verlustverteilung beantwortet u.a. die Frage: „wie wahrscheinlich ist ein Verlust bis zu einer gewissen Höhe?“

EL: Erwarteter Verlust  
VaR: Value at Risk (Grenze 99,9% Quantil)  
ECAP: „Ökonomisches Kapital“ (VaR – EL)  
UL: Unexpected Loss (Standardabweichung)

Die Verlustverteilung ist in der Regel (anfangs) unbekannt.

# Zugrunde liegende Parameter der Modellierung

---

- ▶ Ratingverfahren helfen, für Kredite eine Verlusterwartung zu prognostizieren. Sie stellen folgende Parameter zur Verfügung:
  - ▶ Einjährige Ausfallwahrscheinlichkeit (1Y Probability of Default, PD)
  - ▶ Verlustquote bei Ausfall (Loss Given Default, LGD)
  - ▶ Forderungshöhe bei Ausfall (Exposure at Default, EAD)
- ▶ Erwartungswert damit „im Griff“, Expected Loss  $EL = PD \times LGD \times EAD$
- ▶ Aber was macht man mit dem Zufall / Unexpected Loss / VaR?
- ▶ Einfaches Beispiel für ein mathematisches Modell: ASRF (Asymptotic Single Risk Factor) Modell für das Kreditportfolio
- ▶ Später: Was macht man, wenn man sich für mehr als nur für das kommende Jahr interessiert? (→ Bilanzierung und Pricing von Krediten)

# Basler Formel als aufsichtlich gewähltes Modell\*

---

- ▶ Idee: PD, LGD, EAD ... und dann LGD fixieren und PD stochastisch machen
- ▶ Definiere unexpected Loss  $UL = \text{Risk Weight (RW)} \cdot \text{EAD}$

$$RW = \left( LGD \cdot N\left(\frac{1}{\sqrt{1-R}} \cdot G(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \cdot G(0.999)\right) - LGD \cdot PD \right) \cdot 12,5 \cdot 1,06$$

- ▶  $N(x)$  kumul. Verteilungsfunktion einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen
- ▶  $G(Z)$  inverse kumul. Verteilungsfunktion einer standardnormalverteilten Zufallsvariablen
- ▶  $R$  „correlation with the economic factor“

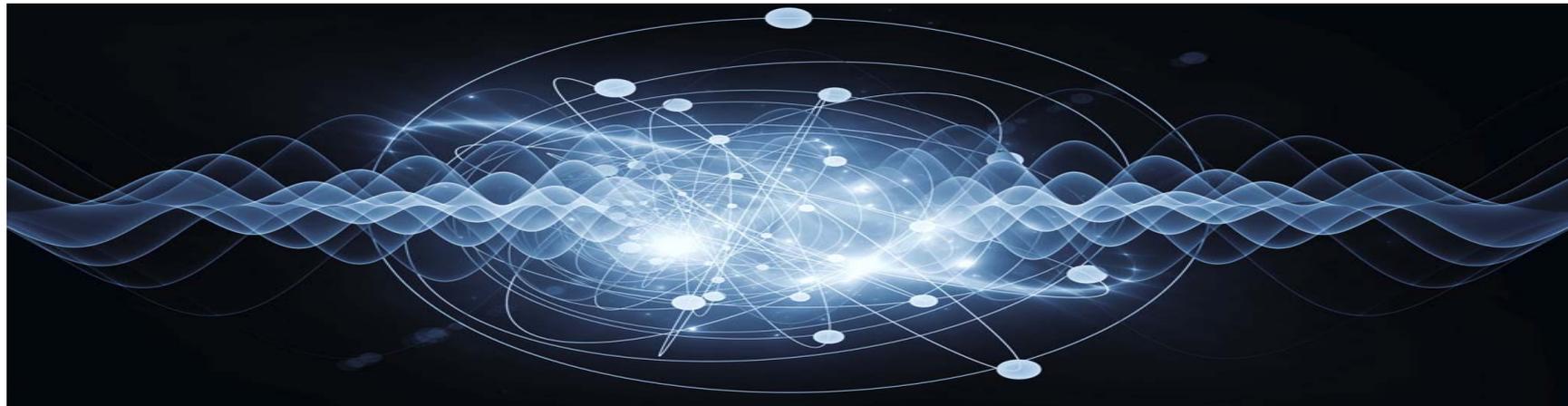
$$R = 0.03 \cdot \frac{1 - e^{-35 \cdot PD}}{1 - e^{-35}} + 0.16 \cdot \left(1 - \frac{1 - e^{-35 \cdot PD}}{1 - e^{-35}}\right)$$

\* Don't hurt your eyes with too small print. Formel aus Art. 154 Capital Requirements Regulation (CRR) nur für Mengengeschäft, sonst andere (kompliziertere) Parameter in  $R$  und ein Laufzeitkorrekturfaktor zusätzlich in der Formel. Blind gegenüber Klumpenrisiken (Ausfallkorrelation) im Portfolio. Kein ökonomischer Stress. VaR kein Maß im mathematischen Sinne (nicht subadditiv). Konfidenzintervall fix. Zahlen 12,5 und 1,06 methodisch nicht begründbar (historisch gewachsen). Beste Lektüre dazu: Paper „an explanatory note on the Basel II IRB risk weight functions“, Basel Committee on Banking Supervision, siehe <https://www.bis.org/bcbs/irbriskweight.htm>. Dort auch Verweise auf die zugrundeliegenden mathematische(re)n Paper von Gordy, M.B. (2003), Merton, R.C. (1974) und Vasicek, O. (2002).

# So PD, LGD, EAD are the trick, ... right?

---

- ▶ LGD – Besicherung verstehen
- ▶ EAD – eigentlich einfach ... aber was ist mit Kreditkarten?
- ▶ PD – hier als Beispiel:
  - ▶ Traditionell mit logistischen Regressionsmodellen anhand von erklärenden Variablen der Kreditkunden und ihrer Verträge
  - ▶ Die Kunst steckt nicht im Modell, sondern im Fit auf die Daten und auf die Bank-Strategie ... Moment .... Daten?
  - ▶ Bessere Modelle? Aber hallo.



# Geklaut aus unserem Quant Curriculum

## Theorie Regression & Bäume im Überflug

### Parametric Regression

Problem: Find model parameters  $\lambda$  such that  $Y \approx f(X, \lambda)$ .

Optimization: Residual Sum of Squares

$$RSS = \sum_{i=1}^I |y_i - f(x_i, \lambda)|^2 \rightarrow \text{minimal}$$

Examples:

- ▶ Linear Regression:  $f(X, \lambda) = \lambda_0 + \lambda_1 X^1 + \dots + \lambda_j X^j$ 
  - ▶ W.l.o.g. let  $X$  and  $Y$  be normalized. Thus  $\lambda_0 = 0$ .
  - ▶ Optimization:  $\frac{\partial}{\partial \lambda_j} RSS = 0$  yields LSE  $\Rightarrow \lambda = y^T \cdot x \cdot (x^T \cdot x)^{-1}$
- ▶ Non-Linear Regression:  $f(X, \lambda) = g(\lambda_0 + \lambda_1 X^1 + \dots + \lambda_j X^j)$

### Bagging

- ▶ Bootstrap  $N$  random samples  $(x^{(n)}, y^{(n)}) \in \mathbb{R}^{1 \times J+1}$  of observations, each by  $I$  independent drawings of rows from  $(x, y)$  with returning.
- ▶ Solve regression problem on each random sample (i.e. find  $\lambda^{(n)}$ ).
- ▶ Result:  $Y \approx f(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f(X, \lambda^{(n)})$

### Boosting

- ▶ Choose tuning parameter  $\varepsilon > 0$  sufficiently small (e.g.  $\varepsilon = 0,01$ ).
- ▶ Start ( $n = 1$ ): Let  $y^{(1)} = y$ .
- ▶ Step ( $n \rightarrow n + 1$ ): Solve regression problem on  $n$ -th sample (i.e. find  $\lambda^{(n)}$ ) and update residuals (i.e.  $y_i^{(n+1)} = y_i^{(n)} - \varepsilon f(x_i, \lambda^{(n)})$ ).
- ▶ Result:  $Y \approx f(X) = \sum_{n=1}^N \varepsilon f(X, \lambda^{(n)})$

### Binary Decision Tree

Problem: Find model parameters  $\lambda_1, \dots, \lambda_K$  and partition  $C_1, \dots, C_K$  of  $\mathbb{R}^J$  such that  $Y \approx f(X, \lambda, C) = \sum_{k=1}^K \lambda_k 1_{\{X \in C_k\}}$ .

Optimization: Residual Sum of Squares

- ▶ Choose tuning parameter  $K \in \mathbb{N}$  sufficiently large.
- ▶ Start ( $\kappa = 1$ ):  $C_1^{(1)} = \mathbb{R}^J$  and  $\lambda_1^{(1)} = \bar{y}_1^{(1)} = \frac{1}{|\{x_i \in C_1^{(1)}\}|} \sum_{x_i \in C_1^{(1)}} y_i$
- ▶ Step 1 ( $\kappa \rightarrow \kappa + 1$ ): Update model parameters.
 
$$\{C_1^{(\kappa+1)}, \dots, C_{n+1}^{(\kappa+1)}\} = \{C_1^{(\kappa)}, \dots, C_{k^{(\kappa)}-1}^{(\kappa)}, C_{k^{(\kappa)}+1}^{(\kappa)}, \dots, C_n^{(\kappa)}\} \cup \{C_-^{(\kappa)}, C_+^{(\kappa)}\}$$

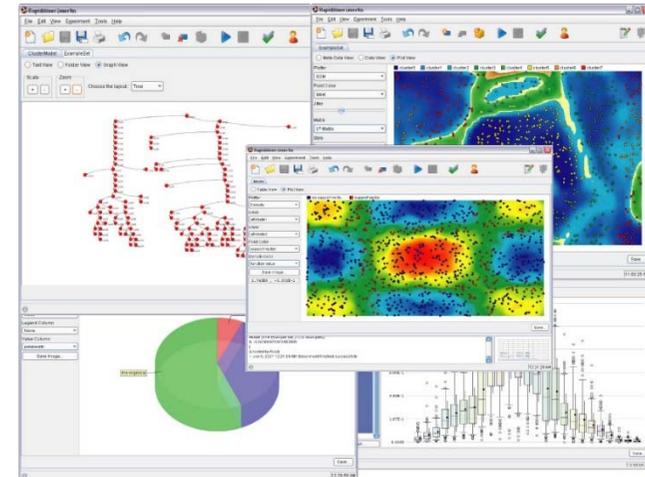
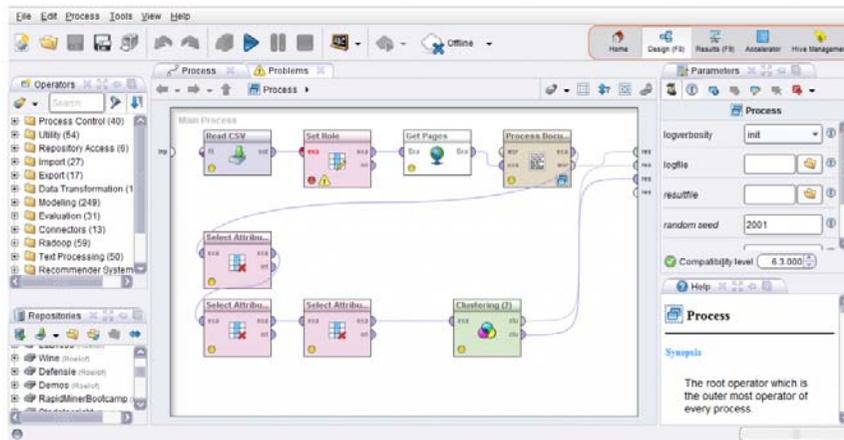
$$C_-^{(\kappa)} = \{z \in C_{k^{(\kappa)}}^{(\kappa)} \mid z^j \leq \bar{z}^{(\kappa)}\} \quad C_+^{(\kappa)} = \{z \in C_{k^{(\kappa)}}^{(\kappa)} \mid z^j > \bar{z}^{(\kappa)}\}$$

$$\lambda_k^{(\kappa+1)} = \bar{y}_k^{(\kappa+1)} = \frac{1}{|\{x_i \in C_k^{(\kappa+1)}\}|} \sum_{x_i \in C_k^{(\kappa+1)}} y_i$$
- ▶ Step 2 ( $\kappa \rightarrow \kappa + 1$ ): Find  $k^{(\kappa)}$ ,  $j$  and  $\bar{z}^{(\kappa)}$  that minimize RSS.
 
$$RSS^{(\kappa+1)} = \sum_{i=1}^I |y_i - f(x_i, \lambda^{(\kappa+1)}, C^{(\kappa+1)})|^2 \rightarrow \text{minimal}$$
- ▶ Result ( $\kappa = K$ ):  $Y \approx f(X) = f(X, \lambda^{(K)}, C^{(K)}) = \sum_{k=1}^K \lambda_k^{(K)} 1_{\{X \in C_k^{(K)}\}}$

### Random Forest

- ▶ Choose tuning parameter  $M \approx \sqrt{J}$ .
- ▶ Construct  $N$  random trees  $f(X, \lambda^{(K,n)}, C^{(K,n)})$ , where the choice of  $j$  is restricted to a random sample  $j_1^{(K,n)}, \dots, j_M^{(K,n)}$  that is drawn separately for each step.
- ▶ Result:  $Y \approx f(X) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f(X, \lambda^{(K,n)}, C^{(K,n)})$

# Überblick gern anhand von RapidMiner



RapidMiner ist leistungsfähig und doch leicht zu erlernen.



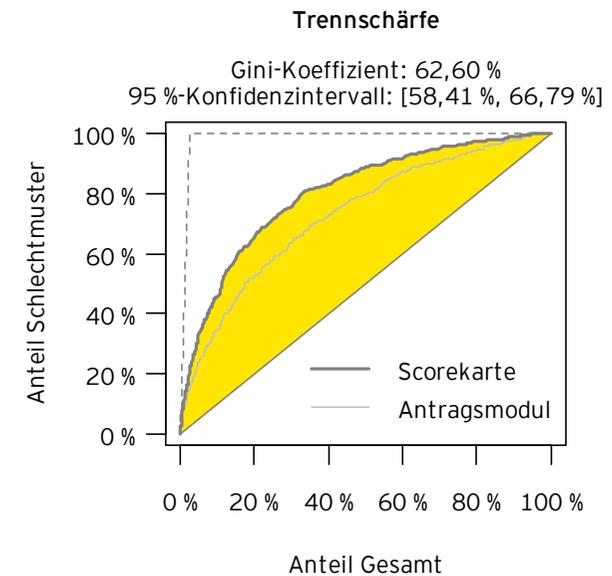
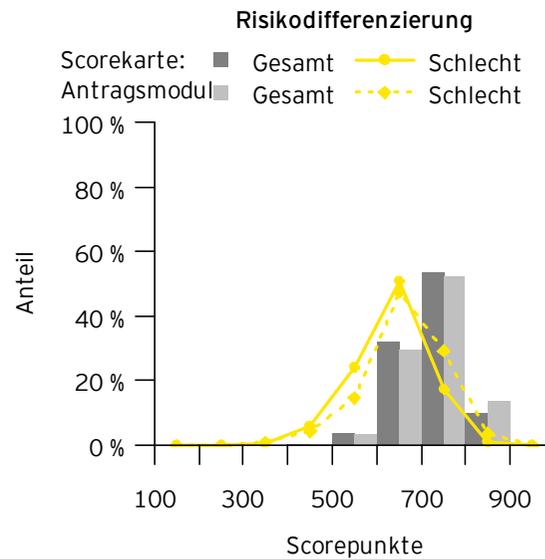
RapidMiner ist zu einer der beliebtesten Tools im Bereich Data Science geworden.



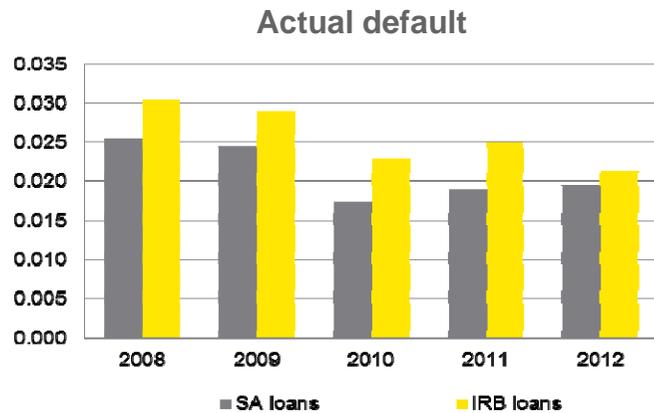
Ideen und Konzepte lassen sich sofort testen und vortragen.

# Modell fertig, und was dann?

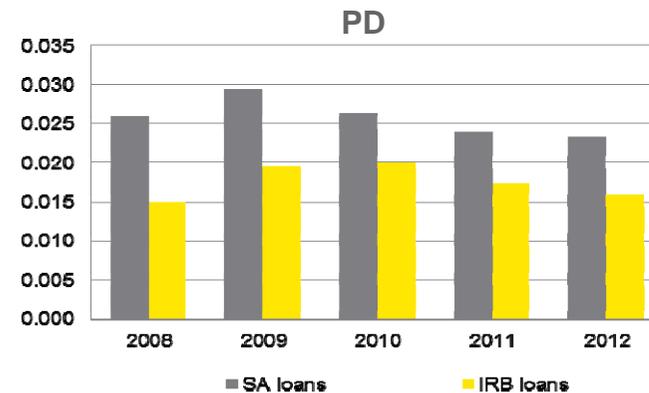
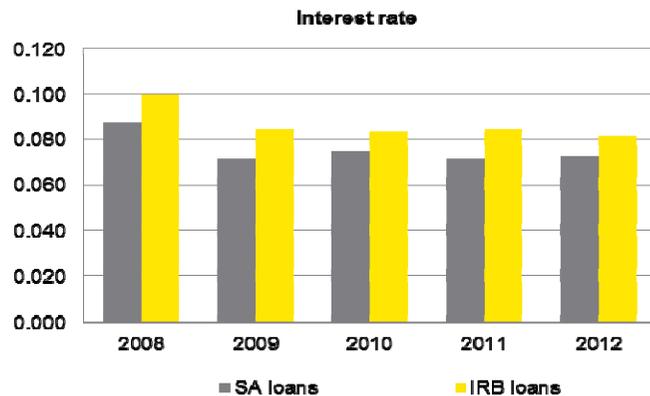
- ▶ Erklären
- ▶ Den Kunden durch die nächste(n) Prüfung(en) begleiten
- ▶ Validieren (wie versteht man, ob ein Modell gut ist?)
  - ▶ Gütemaße und Fehlermaße festlegen und messen
  - ▶ Ursachenforschung bei kritischen Zuständen und Modellverbesserung
- ▶ Umbauen ...



# A smoking gun?



- ▶ Regulators have been significantly influenced by academic research such as that based on German Anacredit-style data. The research showed that when comparing banks using internal models to banks using the standardised approach, the former would have higher actual default rates, have identified the risk at underwriting and charged a higher interest rate, yet reported lower RWA levels.



*The Limits of Model-Based Regulation*, Markus Behn, Rainer Haselmann, Vikrant Vig, August 2014.

# Finanzmarktkrise – lessons learned

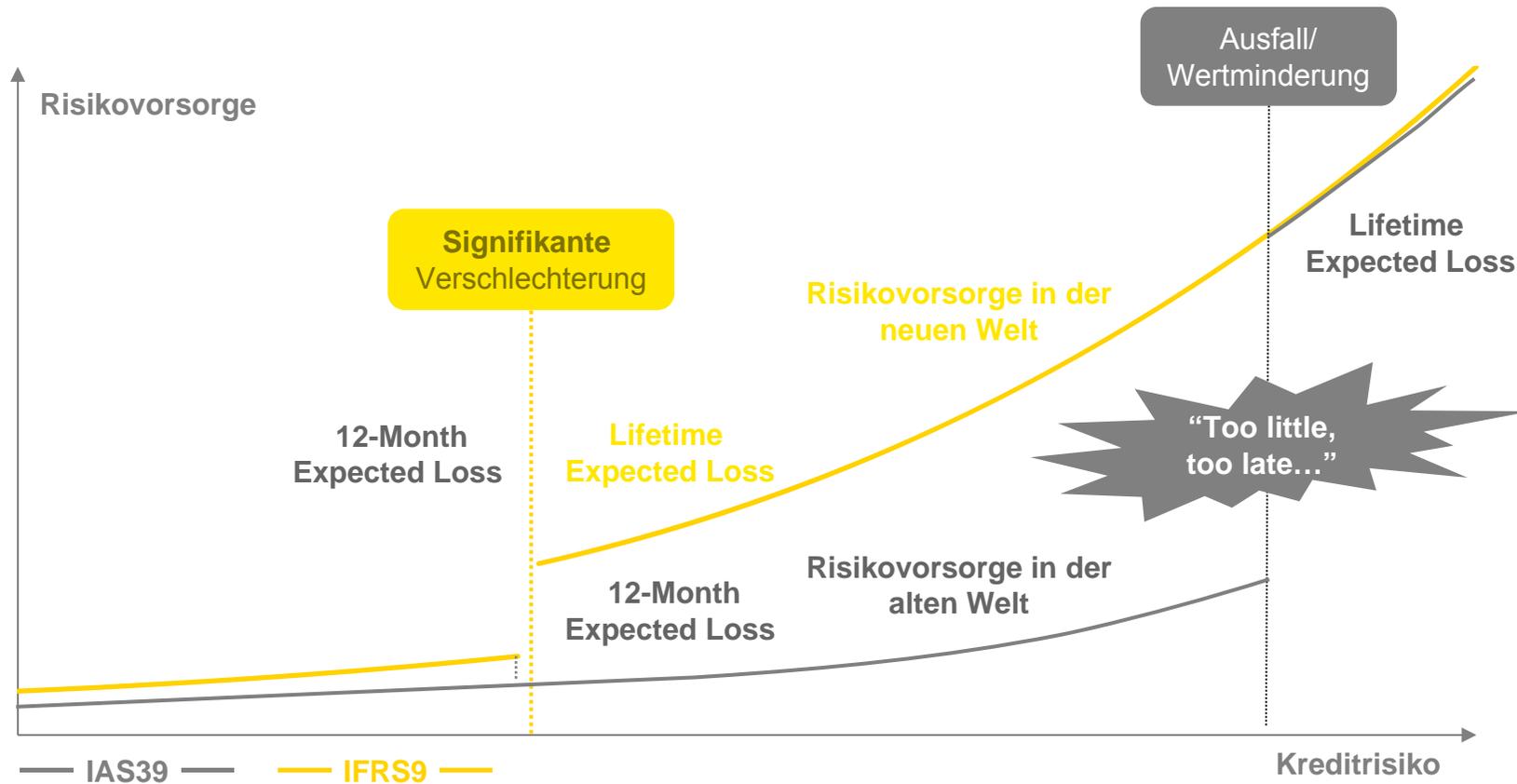
---

- ▶ **Was ist da eigentlich passiert:** Im Rahmen der Finanzmarktkrise haben nicht nur industrielle Investoren ihr Geld verloren, sondern auch viele Länder, Kommunen und Privatanleger. Es kam zu einer Destabilisierung des Bankensektors durch Abschreibungen und **Verluste**, die nicht durch eine ausreichend hohe Risikovorsorge oder Eigenkapital abgesichert waren.
- ▶ **Identifizierte Schwachstellen:** „Too little too late“ – Die alte Methode zur Ermittlung von Risikovorsorge beruhte vorwiegend auf aktuellen Informationen und zu wenig auf einem Blick in die Prognosen. Zudem wurde die Quantifizierung nur auf Basis von eingetretenen Verlusten durchgeführt (s.g. „Incurred Loss Model“).
- ▶ **Weiterentwicklung:** Eine Umstellung auf ein „Expected Loss Model“ welches verstärkt zukunftsorientierte Informationen verwenden soll.



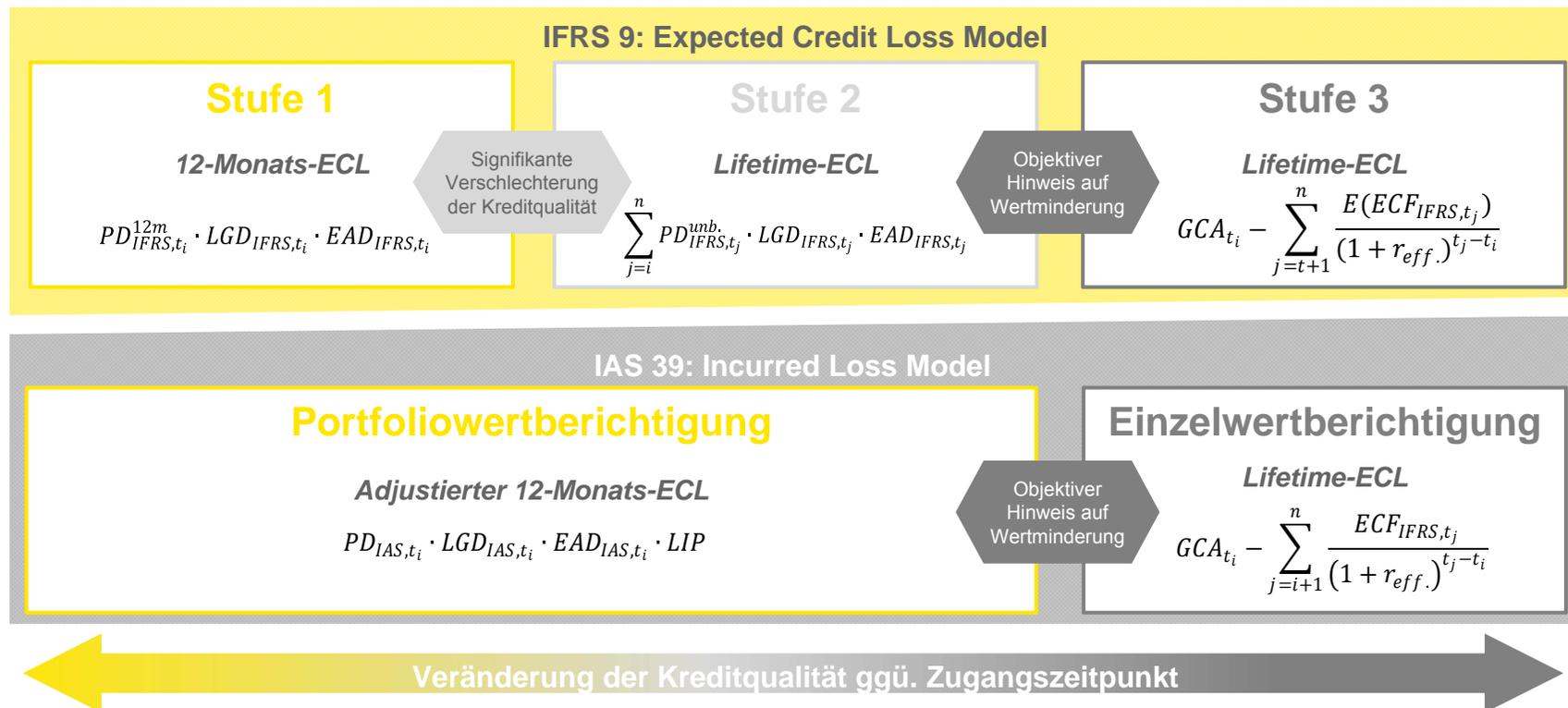
# Die Zeit danach – eine neue Welt

Vom Incurred Loss Model nach IAS 39 zum Expected Loss Model nach IFRS 9.



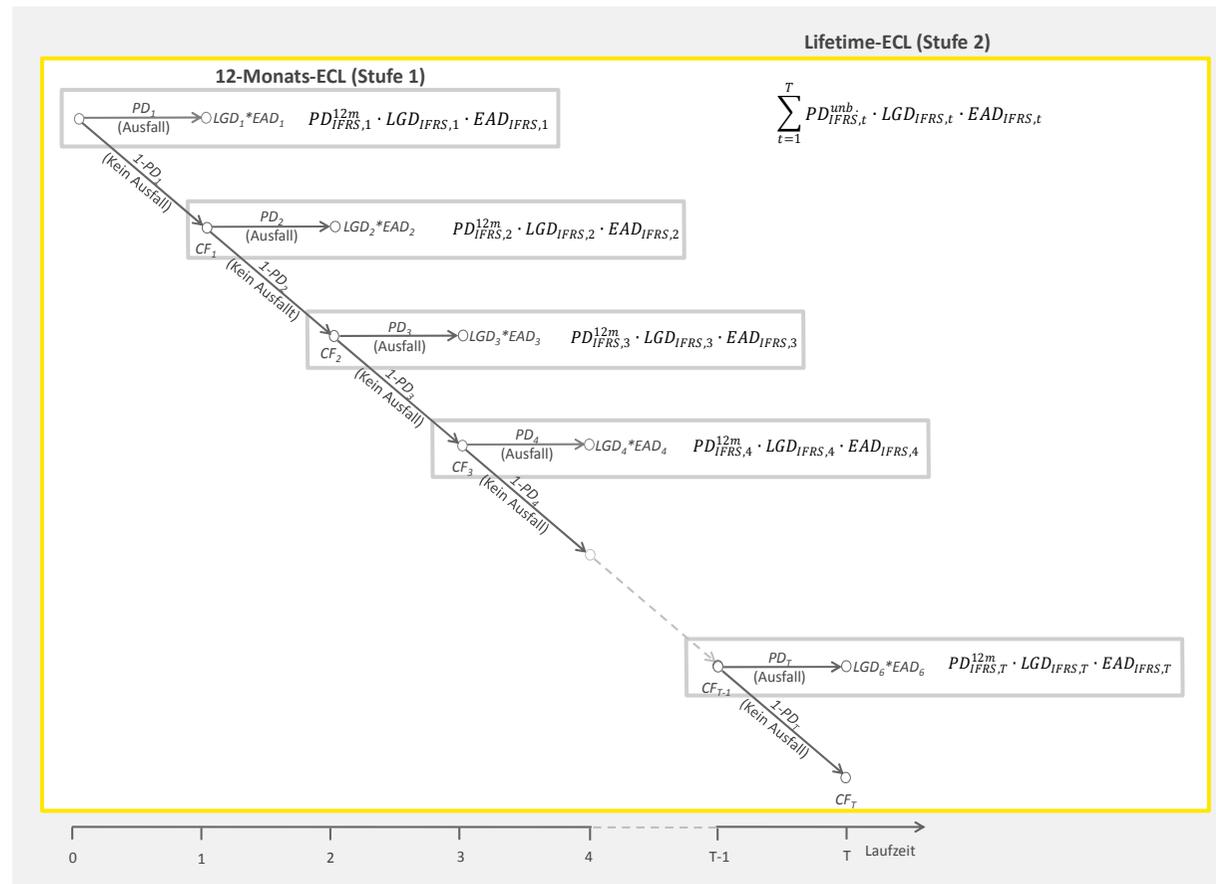
# Die Herausforderung

- ▶ Wie wird eine signifikante Verschlechterung der Kreditqualität identifiziert?
- ▶ Wie wird eine Risikoparameter-basierte Risikovorsorgeermittlung realisiert?



# Ermittlung erwarteter Verluste (mehr als 1Y)

- ▶ Methodischer Unterschied zwischen 12-Monats-ECL und LECL:



- ▶ **Horizontale Äste:**

- ▶ Ausfallzustand, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit durch die PD abgebildet wird.
- ▶ Die Verlusthöhe entspricht dem Produkt aus der Verlustquote (LGD) und der Forderungshöhe zum Ausfallzeitpunkt (EAD).

- ▶ **Diagonale Äste:**

- ▶ Nicht-Ausfallzustand, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit durch die Gegenwahrscheinlichkeit zur PD abgebildet wird, d.h. der sog. Überlebenswahrscheinlichkeit  $(1 - PD)$ .
- ▶ In diesem Fall kann der jeweils vertraglich vereinbarte Cash Flow planmäßig vereinnahmt werden kann.

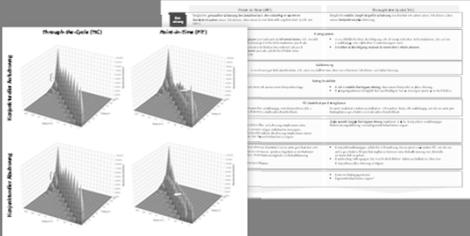
# Und jetzt die Parameter

- Die Modellierung der Kreditrisikoparameter über die gesamte Laufzeit eines Geschäfts ist Neuland für unsere Kunden und für uns eine Möglichkeit kreative Lösungen zu entwickeln.

### PD<sub>IFRS</sub> - Modellierung

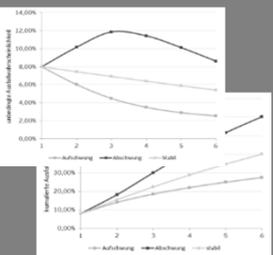
1. Herstellung einer Point-in-Time-Orientierung

Through-the-Cycle vs. Point-in-Time



2. Alternative Verfahren zur Mehrjahresschätzung unter Berücksichtigung makroökonomischer Prognosen

- ▶ Migrationsmatrizen
- ▶ Generatormatrizen
- ▶ Direkte Schätzung
- ▶ PD-Potenzierung



### LGD<sub>IFRS</sub> - Modellierung

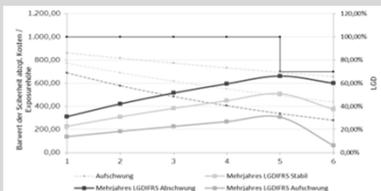
1. Harmonisierung der Verlustbestandteile

$$LGD_{IFRS,t_D} = \frac{EAD_{IFRS,t_D} - \sum_{j=D}^a \frac{E_{IFRS,t_j} - C_{IFRS,t_j}}{(1+r_{eff.})^{t_j-t_D}}}{EAD_{IFRS,t_D}}$$

- ▶ Bilanzieller Buchwert als Bemessungsgrundlage
- ▶ Mögliche Anpassung des Sicherheitenbegriffs
- ▶ Keine Berücksichtigung indirekter Kosten
- ▶ Diskontierung mit dem Effektivzinssatz

2. Zeitlichen Abhängigkeit des LGD

Mögliche Notwendigkeit zur Mehrjahresschätzung aufgrund eines von Tilgungs- und Amortisationseffekten geprägten EAD sowie volatilen Sicherheitenwertverläufen

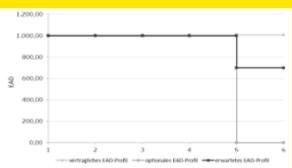


### EAD<sub>IFRS</sub> - Modellierung

1. Bilanzielles EAD<sub>IFRS</sub>: Fortschreibung des Bruttobuchwerts über die Laufzeit

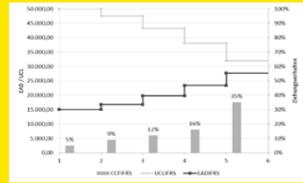
$$EAD_{IFRS,t_i}^{bil.} = \sum_{j=i+1}^n \frac{CF_{IFRS,t_j}^{exp.}}{(1+r_{eff.})^{t_j-t_i}}$$

Modellierung von optionalen Vereinbarungen und daraus resultierenden außerplanmäßigen Cashflows



2. Außerbilanzielles EAD<sub>IFRS</sub>: Fortschreibung der offenen Linie über die Laufzeit

Modellierung des Ziehungsverhaltens



$$EAD_{IFRS,t_i}^{außerbil.} = CCF_{IFRS,t_i} \cdot UCL_{IFRS,t_i}$$

# Die „neue“ Ausfallwahrscheinlichkeit

- Ausfallwahrscheinlichkeiten über die gesamte Laufzeit unter Verwendung von konjunkturspezifischen Migrationsmatrizen zur Berücksichtigung zukunftsorientierte makroökonomischer Informationen.

stabile Konjunktur

	A	B	C	D	E	Default
A	90,00%	3,50%	4,00%	0,00%	0,00%	2,50%
B	2,00%	85,00%	6,00%	2,00%	0,00%	5,00%
C	0,00%	7,00%	80,00%	4,00%	1,00%	8,00%
D	0,00%	1,00%	10,00%	60,00%	17,00%	12,00%
E	0,00%	0,00%	5,00%	23,00%	50,00%	22,00%
Default	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Konjunkturreller Abschwung

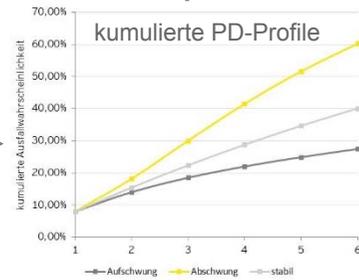
	A	B	C	D	E	Default
A	45,00%	24,50%	28,00%	0,00%	0,00%	2,50%
B	1,00%	42,50%	38,63%	12,88%	0,00%	5,00%
C	0,00%	3,50%	40,00%	38,80%	9,70%	8,00%
D	0,00%	0,50%	5,00%	30,00%	52,50%	12,00%
E	0,00%	0,00%	2,50%	11,50%	64,00%	22,00%
Default	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Konjunkturreller Aufschwung

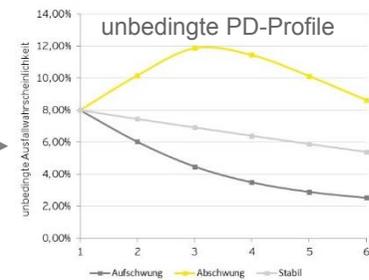
	A	B	C	D	E	Default
A	93,75%	1,75%	2,00%	0,00%	0,00%	2,50%
B	48,50%	42,50%	3,00%	1,00%	0,00%	5,00%
C	0,00%	49,50%	40,00%	2,00%	0,50%	8,00%
D	0,00%	4,50%	45,00%	30,00%	8,50%	12,00%
E	0,00%	0,00%	9,46%	43,54%	25,00%	22,00%
Default	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Matrixmultiplikation

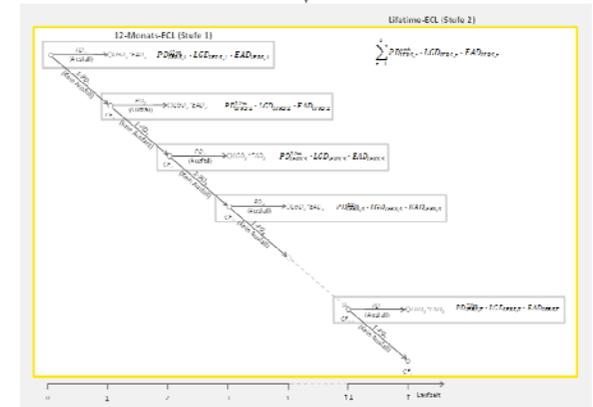
Ermittlung konjunkturspezifischer unbedingter PD-Profile



$$c_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot b_{jk}, A \in \mathbb{R}^{n \times n}$$



Mittelung unter Verwendung der Eintrittswahrscheinlichkeit



# Und ... wird's auch kompliziert?

---

... auf den nächsten Folien ein Ausflug in die Derivatebewertung. Folien geklaut aus dem EY Quant Curriculum.

Anwendung im Derivatives Valuation Center, wo EY z.B. die Werte überprüft, zu denen Derivate bilanziert werden.

Das natürlich nicht nur für und bei Banken, sondern insbesondere auch für die ganze geprüfte Industrie. Wussten Sie, dass große Energieunternehmen oft einen Händlersaal haben, der dem einer Bank recht nahe kommt?



# Zinsderivate: Short Rate Models

---

## Short Rate Models

- ▶ We postulate an SDE for the short-term interest rate (short rate) w.r.t.  $\mathbb{Q}^B$ .
- ▶ SDE  $dr_t = a(t, r_t) dt + b(t, r_t) dW_t$

## Linear Short Rate Models

- (a) Homogeneous SDE  $dr_t = a(t) r_t dt + b(t) r_t dW_t$
- ▶ Solution  $r_T = \Phi_T r_0$   $\Phi_T = \exp\left(\int_0^T \left\{a(t) - \frac{1}{2} b(t)^2\right\} dt + \int_0^T b(t) dW_t\right)$
- (b) Inhomogeneous SDE  $dr_t = \{a(t) r_t + f(t)\} dt + \{b(t) r_t + g(t)\} dW_t$
- ▶ Solution  $r_T = \Phi_T \{r_0 + U_T\}$   $U_T = \int_0^T \frac{f(t) - b(t) g(t)}{\Phi_t} dt + \int_0^T \frac{g(t)}{\Phi_t} dW_t$

## Bond Equation

- ▶ The Feynman-Kac formula can be used to calculate zero bond prices (discount factors).
- ▶ Solve PDE problem  $\frac{\partial f}{\partial t}(t, x) + \frac{\partial f}{\partial x}(t, x) a(t, x) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(t, x) b(t, x)^2 = x f(t, x)$   
 $f(T, x) = 1$
- ▶ Feynman-Kac Formula  $f(0, r_0) = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}^B} \left[ \exp\left(-\int_0^T r_t dt\right) \right] = ZB_0[T]$

# Strompreise

---

- ▶ Final expression for the deterministic component:

$$\begin{aligned}
 D_t = & \sum_{i=1}^2 \left( s_{2i-1} \cdot \sin \left( i \cdot \frac{2\pi L}{365.25} \right) \right) + \left( s_{2i} \cdot \cos \left( i \cdot \frac{2\pi L}{365.25} \right) \right) \\
 & + \sum_{i \in N_D} \mathbb{1}_i(t) d_i \cdot \left( 1 - \mathbb{1}_f(t) w_f(t) - \mathbb{1}_b(t) w_b(t) \right) \\
 & + \mathbb{1}_f(t) w_f(t) \cdot f + \mathbb{1}_b(t) w_b(t) \cdot b + \mathbb{1}_c(t) \cdot c + \mathbb{1}_{CO}(t) \cdot CO + t \cdot \mu
 \end{aligned}$$

With  $N_d = \{\text{Mo, Di-Do, Fr, Sa, So}\}$  and  $s_0, \dots, s_i, d_{\text{Mo}}, \dots, d_{\text{So}}, f, b, c, CO, \mu = \text{const.}$

Results:

Yearly seasonality	daily variations	holiday, bridge day, Christmas, CO <sub>2</sub> certificates, trend
$s_1 = 0.04095$	$d_{\text{Mo}} = 3.16774$	$f = 2.47790$
$s_2 = 0.07160$	$d_{\text{Di-Do}} = 3.19918$	$b = 2.83300$
$s_3 = 0.00512$	$d_{\text{Fr}} = 3.12121$	$c = -0.29432$
$s_4 = 0.03726$	$d_{\text{Sa}} = 2.86444$	$CO = 0.19834$
	$d_{\text{So}} = 2.59283$	$\mu = 0.09204$

# Inflationsderivate

---

## Inflation Modelling (FX Analogy)

- ▶ In FX theory we consider a base system "B" and a foreign system "F", both systems having their own currencies and interest rates, and an FX rate that converts values from foreign currency to base currency.

- ▶ FX Rate 
$$dR_t^{F/B} = \{r_t^B - r_t^F\} R_t^{F/B} dt + \sigma_t^{F/B} R_t^{F/B} dW_t^B$$

- ▶ Risk Neutral Valuation 
$$V_0^B = R_0^{F/B} V_0^F = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}^B} \left[ \exp \left( - \int_0^T r_s^B ds \right) R_T^{F/B} Z_T^F \right]$$

$$V_0^F = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}^F} \left[ \exp \left( - \int_0^T r_s^F ds \right) Z_T^F \right]$$

- ▶ In inflation theory we simply replace the foreign system "F" with a synthetic inflation free system "I" maintaining the FX formalism, where the inflation factor that converts values from the inflation free system to the base system.

- ▶ Inflation Factor 
$$dR_t = \{r_t^B - r_t^I\} R_t dt + \sigma_t R_t dW_t$$

- ▶ Risk Neutral Valuation 
$$V_0^B = R_0 V_0^I = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}^B} \left[ \exp \left( - \int_0^T r_s^B ds \right) R_T Z_T^I \right]$$

$$V_0^I = \mathbb{E}_{\mathbb{Q}^I} \left[ \exp \left( - \int_0^T r_s^I ds \right) Z_T^I \right]$$



**Wer wir sind und was Sie bei uns erwartet**



**Dr. Manuel Hita  
Hochgesand**

**Manager**



### **Während meiner Studienzeit...**

... war ich eher der Tüftler als der Denker und somit lieber im Labor als vor dem Rechner



### **Mein erster Job...**

... war zwischen Gymnasium und Bundeswehr als Barkeeper hinterm Tresen



### **Ich arbeite bei EY, weil...**

... ich immer noch kreativ arbeiten darf ohne zu sehr durch Bestehendes eingeschränkt zu sein



### **Das motiviert mich langfristig...**

... jeden Tag aufs Neue bestehende Strukturen und Denkweisen kritisch zu hinterfragen



### **Mein Arbeitstag bei EY beginnt damit, dass...**

... ich in Google Maps schaue wie ich am schlauesten zum heutigen Kunden komme



### **In meiner Freizeit...**

...erlaubt mir meine Familie den Kopf frei zu bekommen und die Akkus wieder aufzuladen



**Dr. Bernhard  
Hein**

**Partner**



### **Während meiner Studienzeit...**

... wohnte ich auf dem Herrlesberg und war im C-Bau, 6. OG bei Prof. Huisken unterwegs



### **Mein erster Job...**

... Klavier unterrichten, Hiwi Informatik & Tutor Ana 1, ½ Stelle während Diss, Basser, Postdoc



### **Ich arbeite bei EY, weil...**

... alles auf einmal. Das Team, die Mandanten, die Abwechslung, die Inhalte (financial risk, v.a. Kredit)



### **Das motiviert mich langfristig...**

... mental nicht faul zu werden und immer nach einer Lösung zu suchen, die noch etwas besser ist



### **Mein Arbeitstag bei EY beginnt damit, dass...**

... Kaffee. Mails.



### **In meiner Freizeit...**

... 3 Kids, Frau, Sport, viel Musik. Die ganze andere Welt eben.

# Unser internationales Netzwerk unterstützt globales Denken



150  
Länder



247.000  
Mitarbeiter



31,4 Mrd. USD  
Umsatz



# Was uns auszeichnet

---



Diversity   Development   Entrepreneurship  
Coaching   Integrity   Flexibility  
Sustainability   Teaming   Life Balance  
Empowerment   Innovation

ÜBRIGENS kann Beratung auch in Teilzeit  
passieren, wenn die Biographie das mal  
wünschenswert macht!



## Kontakte für Ihre Zukunft knüpfen mit Menschen, ...

die Charakter zeigen durch

- Integrität
- Respekt für andere
- Teamgeist

die etwas bewegen mit

- Energie
- Enthusiasmus
- Führungsstärke

und die schließlich

- nachhaltige Beziehungen aufbauen
- das Richtige tun.

# Building a better working world

Für unsere Mitarbeiter, unsere Mandanten und die Gesellschaft, in der wir leben.

EY-Mitarbeiter in Deutschland spendeten

# 25.400 EUR

für die EY-Initiative „Happy Cents“.  
261 Mitarbeiter haben sich engagiert.  
Ihr Einsatz in Stunden:

# 932



## Umwelt

Ob Stromflitzer oder eigene Stromtankstelle: Im Unternehmensalltag strebt EY danach, ökologisch nachhaltig zu handeln.

## Unternehmertum

Mit seinen Initiativen begleitet EY Unternehmer auf ihrem Weg zum Erfolg. EY zeichnet den „Entrepreneur des Jahres“ aus.



## EY-Blog

Frisch, informativ und offen für Diskussionen. So präsentiert sich EY in seinem neuen Blog unter [karriereblog.ey.com](http://karriereblog.ey.com). Mit vielen spannenden Einblicken in den Arbeitsalltag von EY.



## Jede Meinung zählt

Jeder darf und soll bei EY sagen, was er denkt. Respekt und Wertschätzung sind Grundpfeiler unserer Teamkultur.

# ... für unsere Mitarbeiter

---

- ▶ **Unser Anspruch:** unseren Mitarbeitern Fähigkeiten, Erfahrungen sowie persönliche und berufliche Verbindungen mitgeben, von denen sie ein Leben lang profitieren.
- ▶ Suchen, Fördern und Entwickeln von Mitarbeitern mit den unterschiedlichsten Stärken und Fähigkeiten.



## EYU-Programm

Personalentwicklungsprogramm, das Lernen, Erfahrung und Coaching bestmöglich miteinander kombiniert.



## Alumni-Programme

Globale Alumni-Programme sorgen für Verbundenheit mit EY – ein Leben lang.

# ... für unsere Mandanten

---

- ▶ Mit unserer Erfahrung, unserem Wissen und unseren Leistungen stärken wir weltweit das Vertrauen in die Wirtschaft und die Finanzmärkte.
- ▶ **Unser Ziel:** Dinge voranzubringen und entscheidend besser zu machen.
- ▶ **Unser Anspruch:** Aus einer bloßen Kundenbeziehung eine Vertrauensbeziehung machen.

## Basis

Hervorragend ausgebildete Mitarbeiter, starke Teams, exzellente Leistungen und ein sprichwörtlicher Kundenservice.



### Hineindenken

Hineindenken in die Branche, das Geschäftsmodell und die Herausforderungen der Kunden.



### Kooperation

Kooperative Zusammenarbeit.



### Lieferung

Lieferung von innovativen Lösungen, die die Mandanten nach vorne bringen.

# ... für unsere Gesellschaft

---

- ▶ Stabile Arbeitsplätze weltweit
- ▶ „Volunteering Days“: Freiwilliges Engagement im gesellschaftlichen Umfeld
- ▶ Anstreben des „Arbeitsplatzes der Zukunft“
- ▶ Förderung von jungen und dynamischen Unternehmen
- ▶ Konsequentes umweltfreundliches Wirtschaften
- ▶ Förderung der Chancengleichheit

# Lernen Sie unsere Servicelines kennen



# Lernen Sie uns kennen



## Kennlern-Events

- ▶ Backstage Day
- ▶ women@consulting
- ▶ Hochschulfestivals
- ▶ Master Your Career
- ▶ EY Insights
- ▶ Afterwork Event- EY Night



## Seminare und Workshops

- ▶ Doktorandenseminar
- ▶ Fach- und Soft-Skill-Workshops
- ▶ Lehraufträge/Praxisvorträge an Universitäten

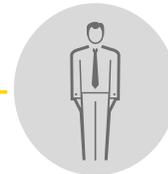


## Challenges

- ▶ EY Corporate Finance Woman of the Year
- ▶ Young Tax Professional of the Year
- ▶ TaxChallenge
- ▶ AuditChallenge



- ▶ Praktikantenförderprogramm
- ▶ EY-Talent-Community



## Praktikum

- ▶ Voraussetzungen: Vordiplom bzw. die Hälfte der erforderlichen Leistungspunkte
- ▶ Start: ganzjährig in allen Fachbereichen möglich
- ▶ Attraktive Vergütung
- ▶ Minstdauer: sechs Wochen



## Set Sail: Auslandspraktikantenprogramm

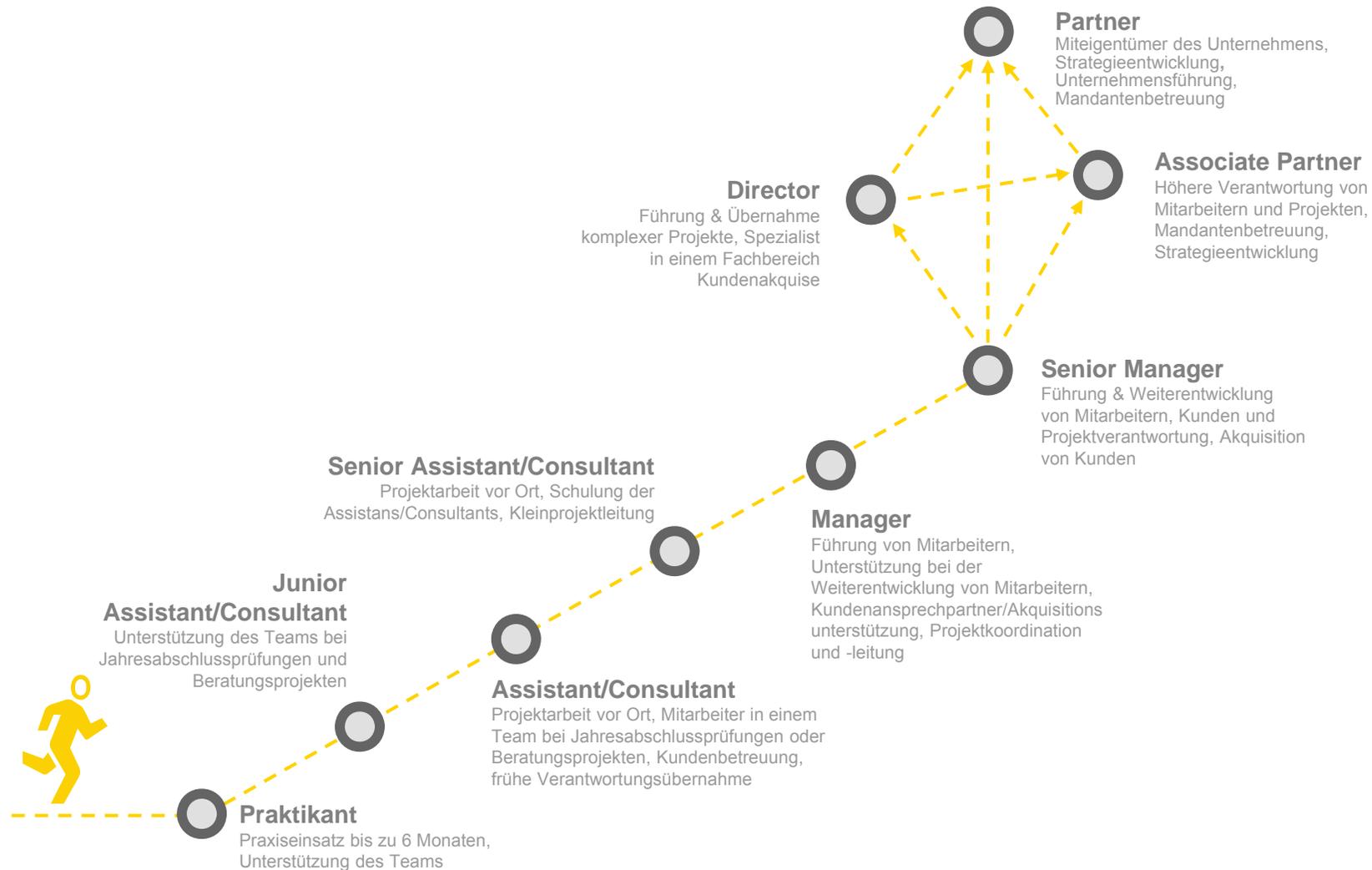
- ▶ Dauer: zwischen acht Wochen und sechs Monaten
- ▶ Einsatz an Standorten weltweit
- ▶ Attraktive Vergütung
- ▶ Start: ganzjährig möglich



## Werkstudententätigkeit

- ▶ Dauer: zwischen acht Wochen und sechs Monaten
- ▶ Einsatz an Standorten deutschlandweit
- ▶ Attraktive Vergütung
- ▶ Start: ganzjährig möglich

# Der Karriereweg bei EY



# ... Fortbildung für Quants

---

- ▶ On the Job
- ▶ EY Leads (v.a. Grundlagen und Soft-Skills)
- ▶ Quant Curriculum
- ▶ Berufsexamina (CFA, FRM etc.)
- ▶ FSO Learning Weeks
- ▶ EY Badges / EY Analytics Academy

- 
- ▶ Sie nehmen etwas mit, ob sie bleiben oder weiterziehen

## Bleiben Sie mit uns in Verbindung

[www.ey.com/careers](http://www.ey.com/careers)

[www.karriereblog.ey.com](http://www.karriereblog.ey.com)



- ▶ [www.de.ey.com/careers](http://www.de.ey.com/careers)
- ▶ +49 6196 996 10005
- ▶ [karriere@de.ey.com](mailto:karriere@de.ey.com)
- ▶ Apply: [www.jobportal.de.ey.com](http://www.jobportal.de.ey.com)

EY | Assurance | Tax | Transactions | Advisory

### **Die globale EY-Organisation im Überblick**

Die globale EY-Organisation ist einer der Marktführer in der Wirtschaftsprüfung, Steuerberatung, Transaktionsberatung und Managementberatung. Mit unserer Erfahrung, unserem Wissen und unseren Leistungen stärken wir weltweit das Vertrauen in die Wirtschaft und die Finanzmärkte. Dafür sind wir bestens gerüstet: mit hervorragend ausgebildeten Mitarbeitern, starken Teams, exzellenten Leistungen und einem sprichwörtlichen Kundenservice. Unser Ziel ist es, Dinge voranzubringen und entscheidend besser zu machen – für unsere Mitarbeiter, unsere Mandanten und die Gesellschaft, in der wir leben. Dafür steht unser weltweiter Anspruch „Building a better working world“.

Die globale EY-Organisation besteht aus den Mitgliedsunternehmen von Ernst & Young Global Limited (EYG). Jedes EYG-Mitgliedsunternehmen ist rechtlich selbstständig und unabhängig und haftet nicht für das Handeln und Unterlassen der jeweils anderen Mitgliedsunternehmen. Ernst & Young Global Limited ist eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung nach englischem Recht und erbringt keine Leistungen für Mandanten. Weitere Informationen finden Sie unter [www.ey.com](http://www.ey.com).

In Deutschland ist EY an 21 Standorten präsent. „EY“ und „wir“ beziehen sich in dieser Publikation auf alle deutschen Mitgliedsunternehmen von Ernst & Young Global Limited.

© 2017

Ernst & Young GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
All Rights Reserved.

BMF 0214-515  
ED None

