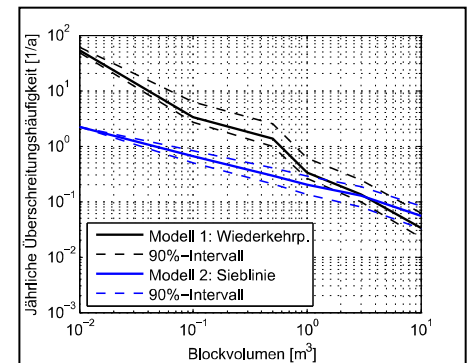
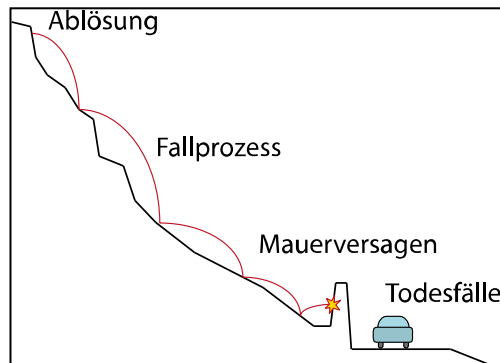


# Szenario und Wirklichkeit

Wie weit lassen sich Risikoberechnungen bei Naturgefahren vereinfachen?

Katharina Fischer / Matthias Schubert



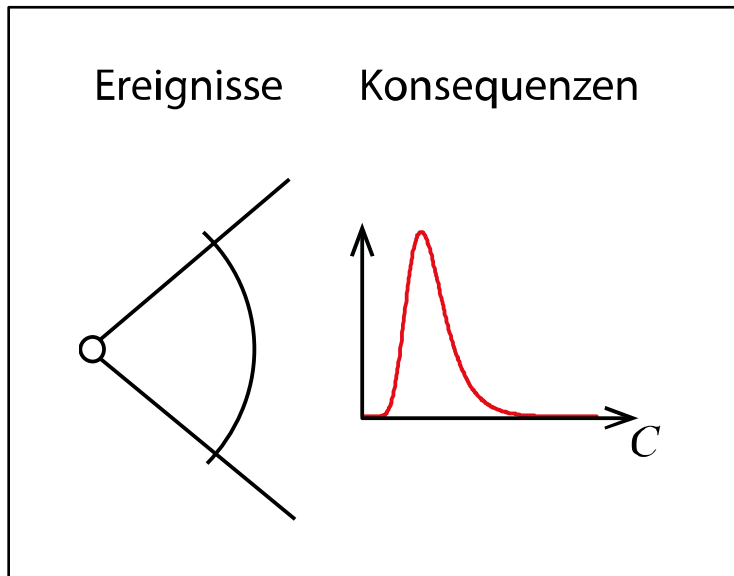


# Übersicht – Szenario und Wirklichkeit

- Ziel:
- Kritische Diskussion szenariobasierter Ansätze
  - Ansätze zur kontinuierlichen Modellierung
  - Umgang mit Expertenschätzungen und Daten in der Praxis
  - Fazit für Risikoberechnungen

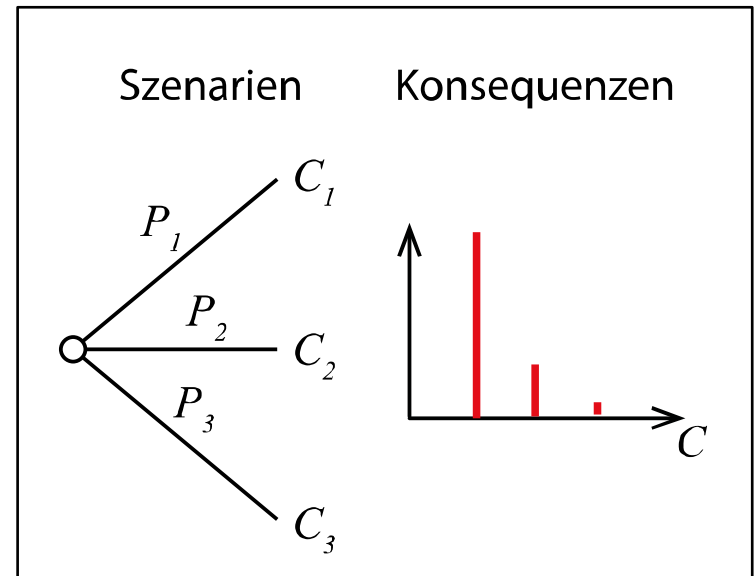
# Szenarienbildung und Risikoberechnung

## Realität - kontinuierlich



$$R = \int_0^{\infty} C(x) \cdot f_X(x) dx$$

## Szenarien - diskret

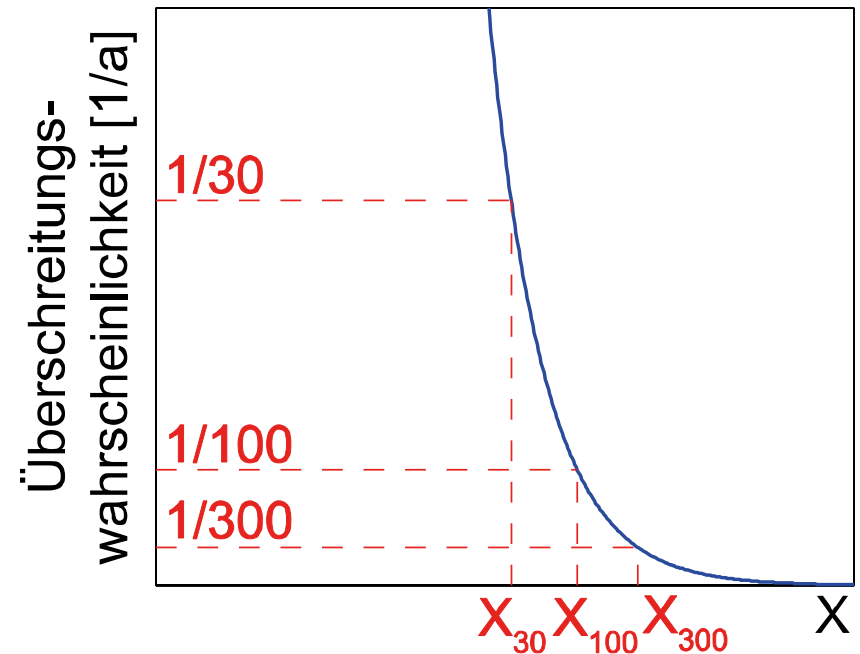
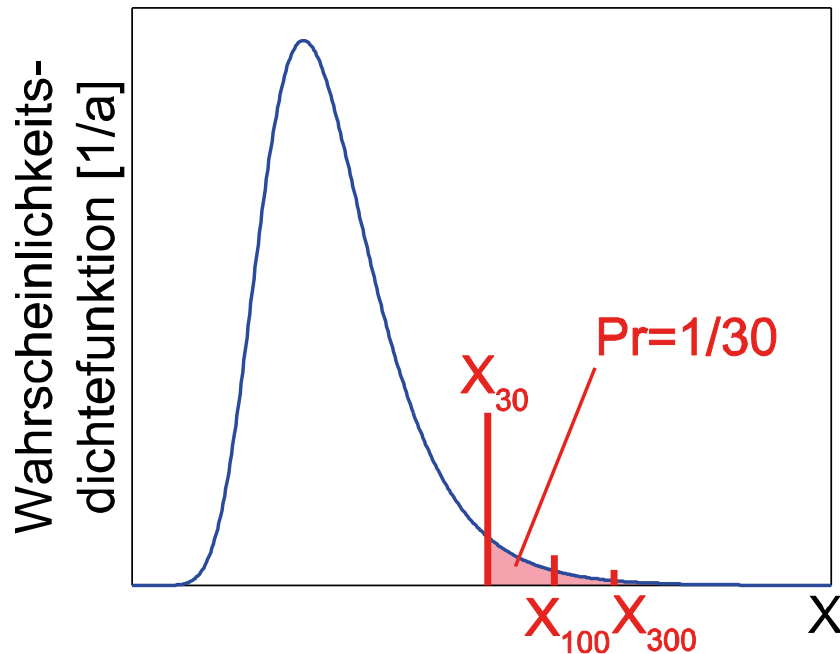


$$R = \sum_i C(x_i) \cdot P_i$$



# Szenario-basierte Risikoabschätzung

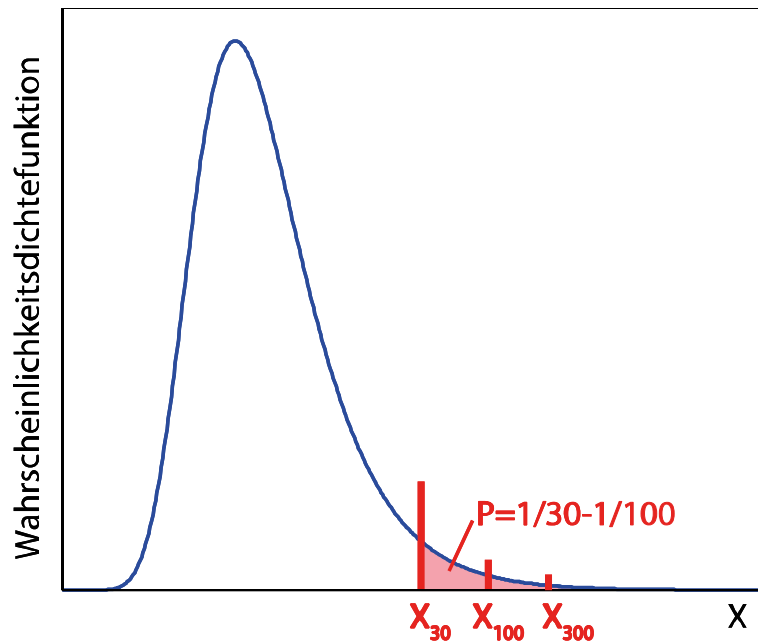
- Vereinfachte Risikoberechnung
- Szenariendefinition über Wiederkehrperioden
- Fokus auf *oberen Schwanz* der Wahrscheinlichkeitsverteilung



# Szenario-basierte Risikoabschätzung

Annahmen (zunächst):

- Konsequenzen  $C(x)$  lineare Funktion von  $X$
- Konsequenzen bei  $T < 30 \text{ Jahre}$  vernachlässigbar



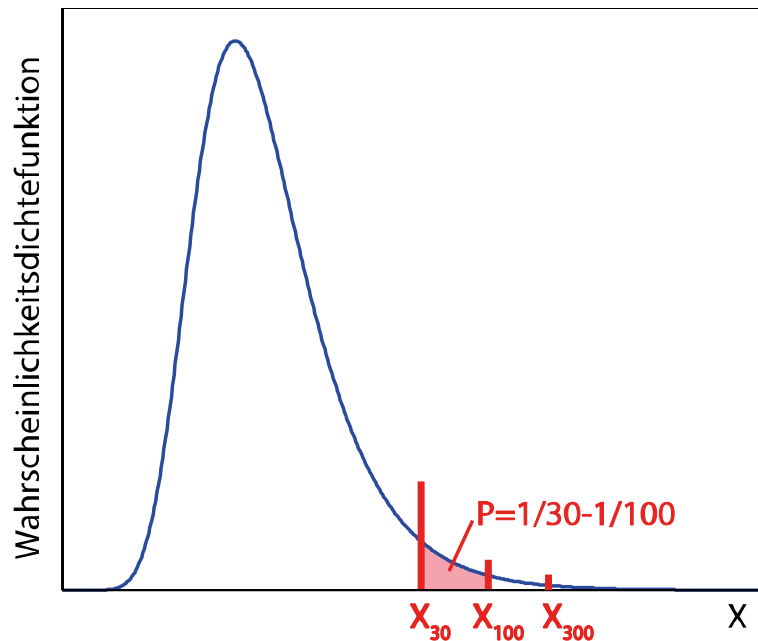
Bestimmung der Szenario-Wahrscheinlichkeiten  $P_i$

- Einfachste Annahme:  $P_i = 1/T_i$
- Oberer Schwanzbereich wird **mehrfach** berücksichtigt
- Überschätzung des Risikos im (in Grafik ca. 40%)
- Besser:  $P_i = 1/T_i - 1/T_{i+1}$

# Szenario-basierte Risikoabschätzung

Annahmen (zunächst):

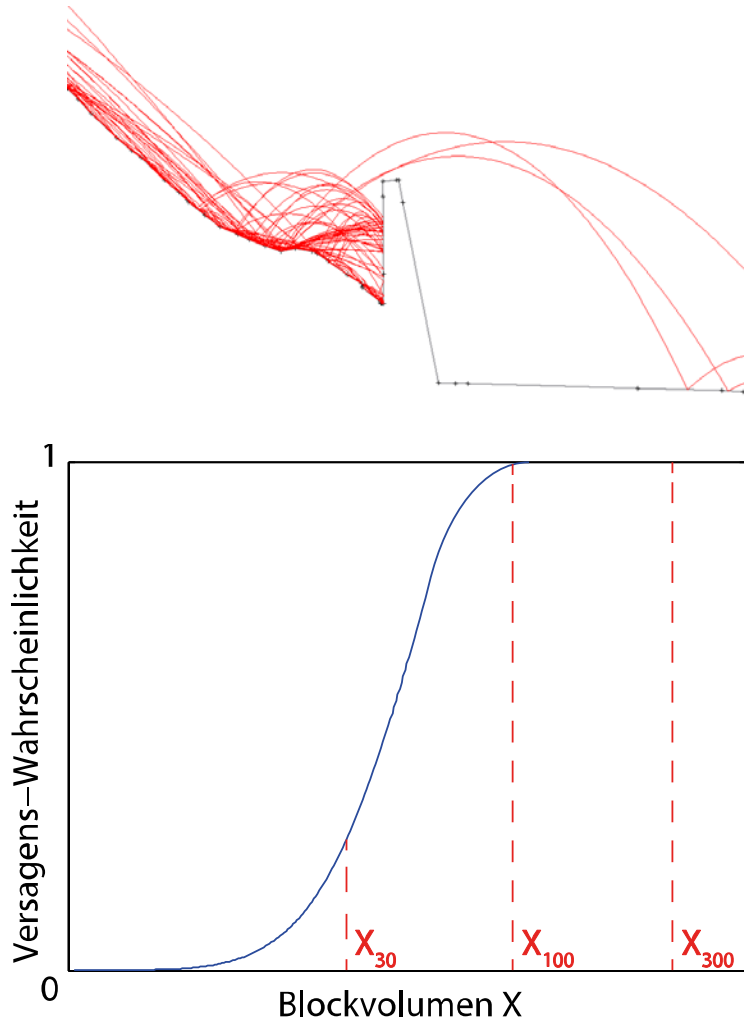
- Konsequenzen  $C(x)$  lineare Funktion von  $X$
- Konsequenzen bei  $T < 30 \text{ Jahre}$  vernachlässigbar



Bestimmung der Szenario-Konsequenzen  $C(x_i)$

- Der untere Quantilwert  $x_i$  ist nicht repräsentativ für das Intervall  $[x_i; x_{i+1}]$
- Unterschätzung des Risikos (in Grafik ca. 10%)
- **Nichtlineare Effekte** können den Fehler **deutlich grösser machen**

# Nichtlineare Effekte durch Massnahmen



*Beispiel* für nichtlineare Effekte durch Schutzmassnahmen:

- Schutzmauer mit unbekanntem Widerstand gegen Steinschlag
- Versagens-Wahrscheinlichkeit ist abhängig vom Blockvolumen
- Funktion  $C(x)$  **stark nichtlinear**
- Das Intervall  $[x_{30}; x_{100}]$  wird durch das Szenario  $x_{30}$  schlecht repräsentiert
- Auch Ereignisse mit kleineren Wiederkehrperioden können zu Schäden führen

# Modellierung der gesamten Verteilung

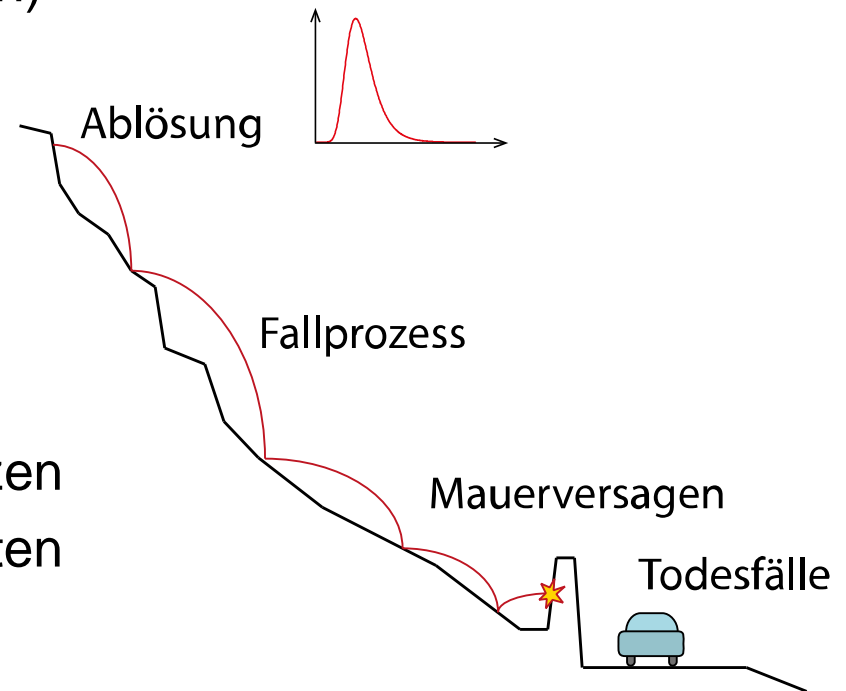
*Alternative zu Szenario-basierten Ansätzen:*

Modellierung der gesamten Verteilung von  $X$  und Propagation der Unsicherheiten durch den gesamten Prozess

(z.B. mit Monte Carlo Simulationen)

## Vorteile:

- „Korrekte“ Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeiten
- Berücksichtigung von nichtlinearen Effekten bei der Modellierung der Konsequenzen
- Modellierung der Unsicherheiten bei der Szenarien-Definition

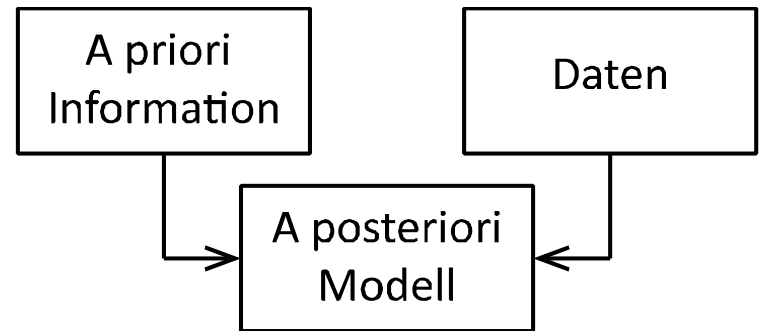
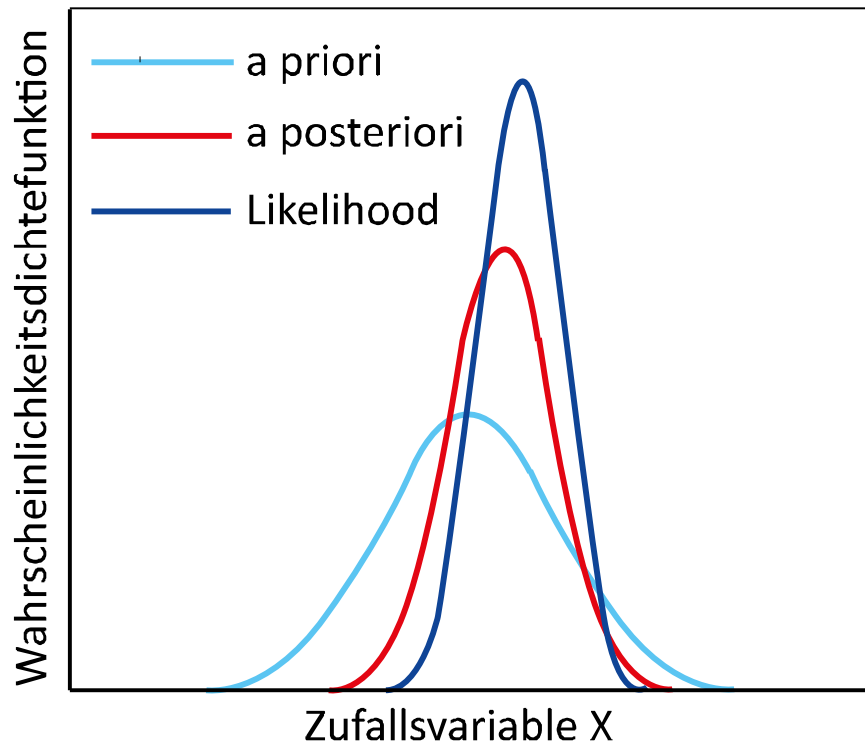




# Modellierung der gesamten Verteilung

*Bestimmung der Verteilung bei schlechter Datengrundlage:*

Methoden der Bayes'schen Statistik, um verschiedene Arten von Informationen in einem Modell zu kombinieren

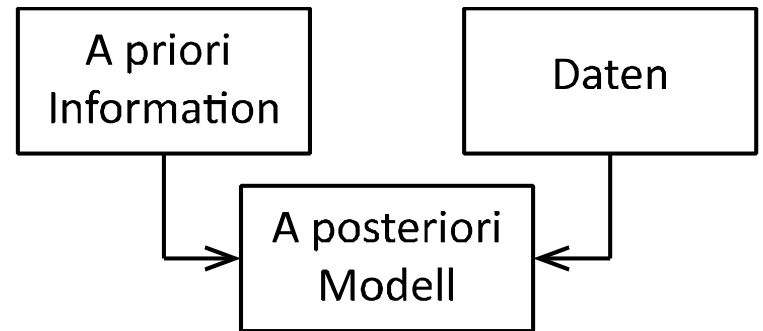
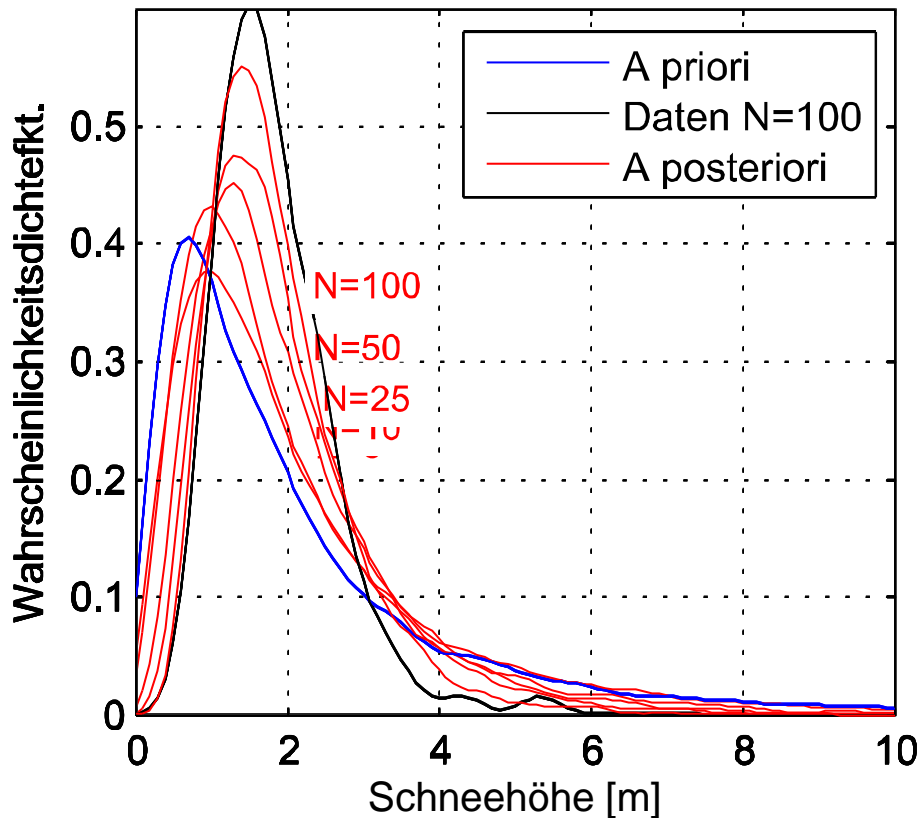


*Nutzung aller verfügbaren Informationen:*

Literaturangaben, Erfahrungswerte, Expertenschätzungen, Beobachtungen, Daten

# Modellierung der gesamten Verteilung

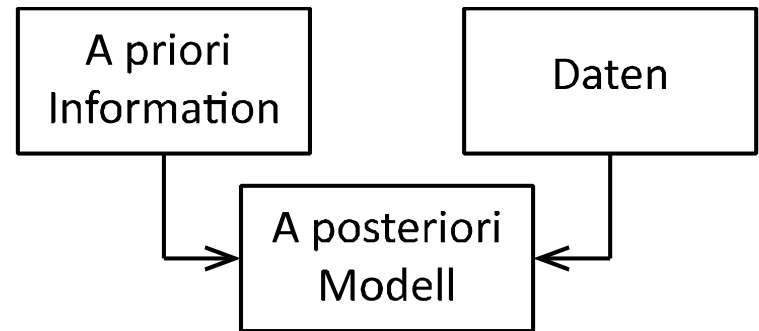
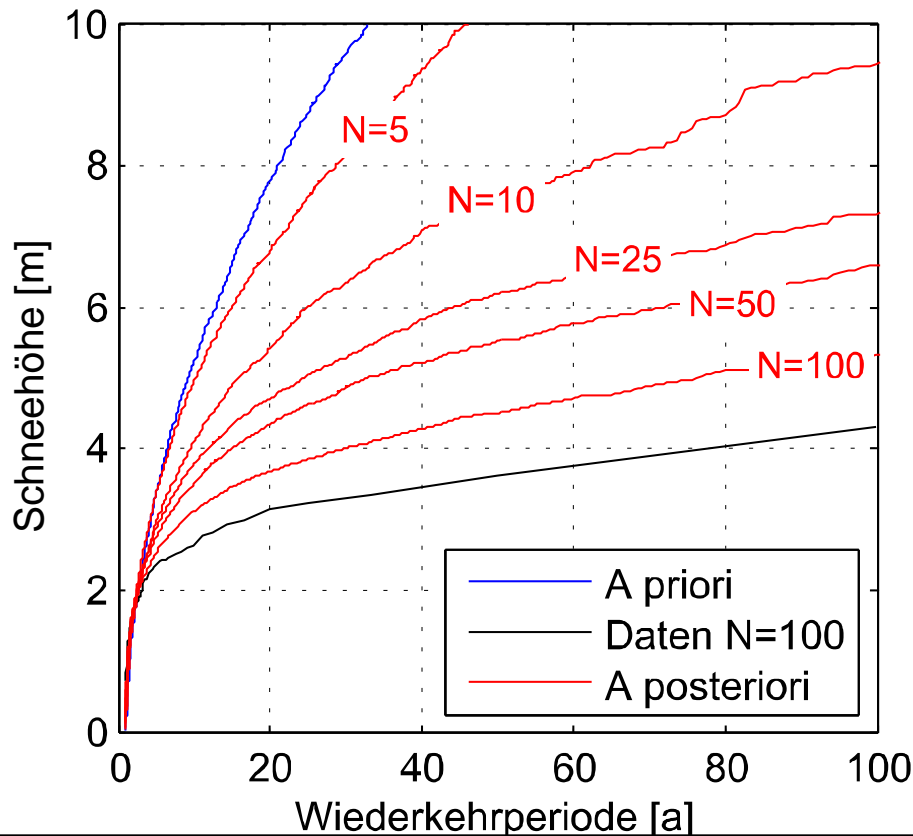
*Beispiel: Aktualisierung der Schneelast auf einer Lawinengalerie  
(Bayes'sches Updating mit zunehmendem Stichprobenumfang)*



Mit zunehmendem Stichprobenumfang sinkt der Einfluss der a priori Verteilung

# Modellierung der gesamten Verteilung

*Beispiel: Aktualisierung der Schneelast auf einer Lawinengalerie  
(Bayes'sches Updating mit zunehmendem Stichprobenumfang)*



Der Einfluss der Daten ist im Schwanzbereich schon bei kleinen Stichprobenumfängen deutlich erkennbar



# Modellierung der gesamten Verteilung

## ....jenseits der Gumbel-Verteilung

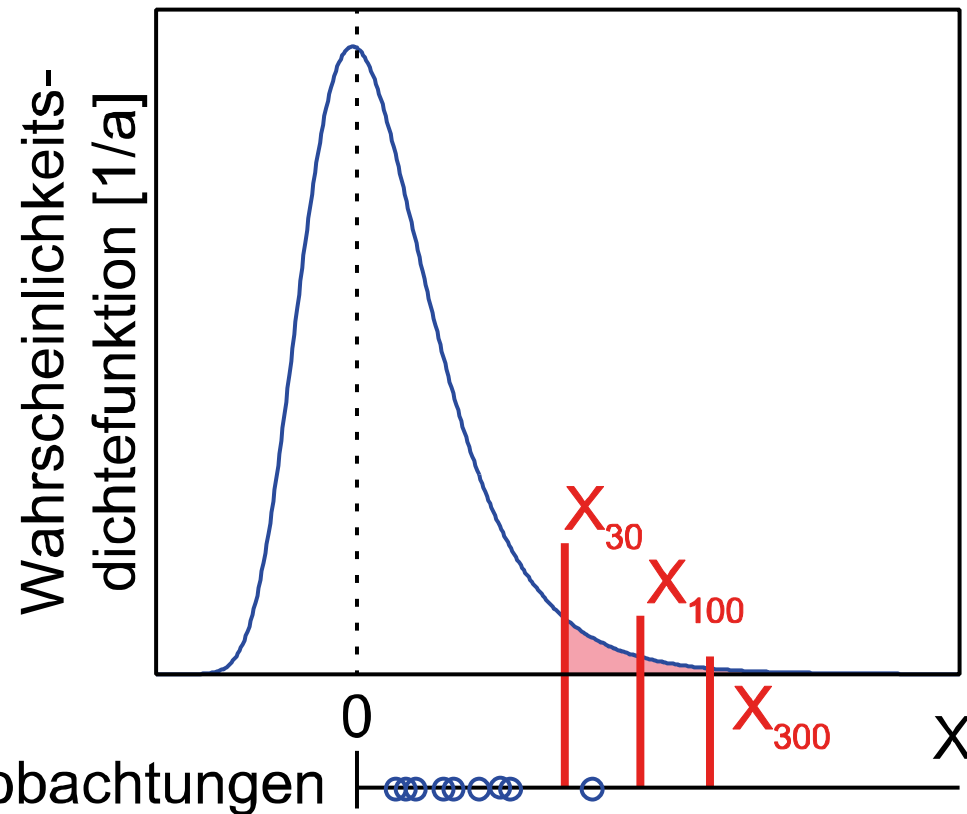
Gumbel Verteilung ist für viele Extremereignisse eine gute «a priori» Verteilung.

Aktualisieren mit Daten führt zu einem Verlassen der Gumbelverteilung → Vorsicht!

Gumbelverteilung dient dazu den Schwanz (die Extreme) zu modellieren. Der Mittelwert wird nicht gut modelliert.

# Modellierung der gesamten Verteilung

....jenseits der Gumbel-Verteilung



Ein direktes Updaten mit Daten kann dazu führen, dass der Mittelwert besser modelliert wird.

**Censoring** der Daten erforderlich.

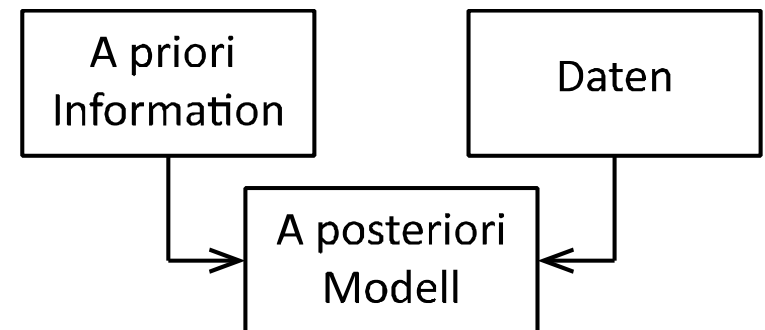


# Modellierung der gesamten Verteilung

## In der Praxis:

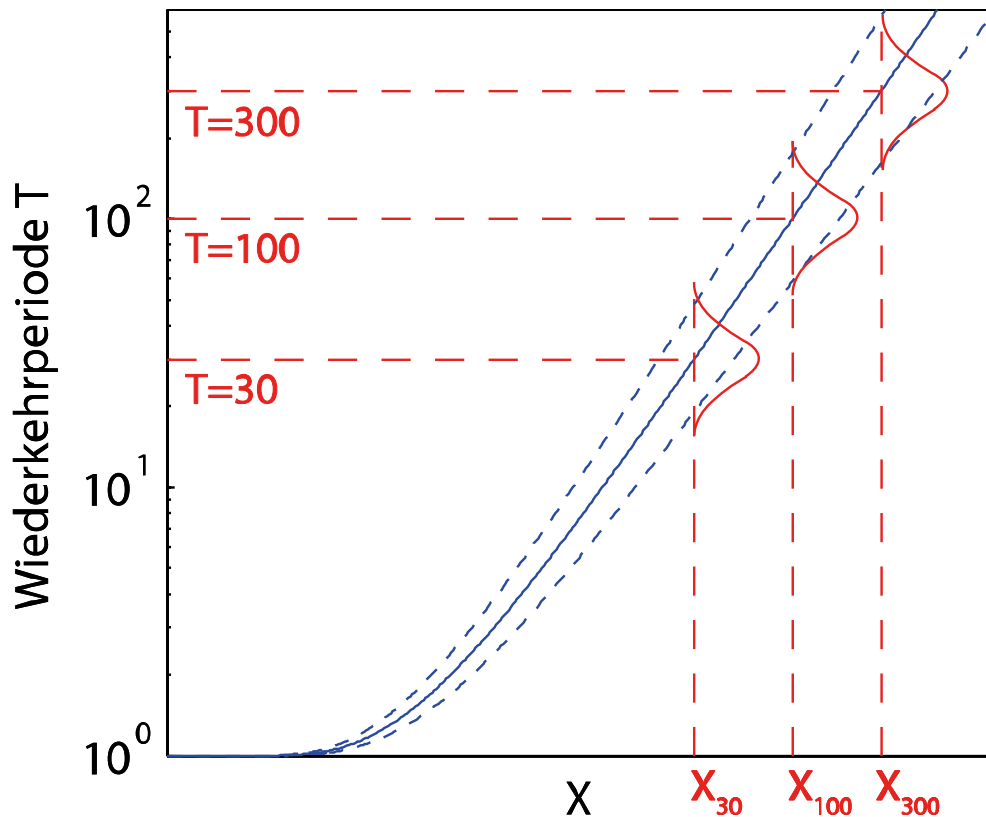
Meist sind (noch) keine Daten vorhanden.  
Update **noch** schwierig.

Wie kann die apriori Verteilung bei modelliert werden?  
Es sind doch **nur** Einschätzungen von Experten vorhanden.



# Modellierung der gesamten Verteilung

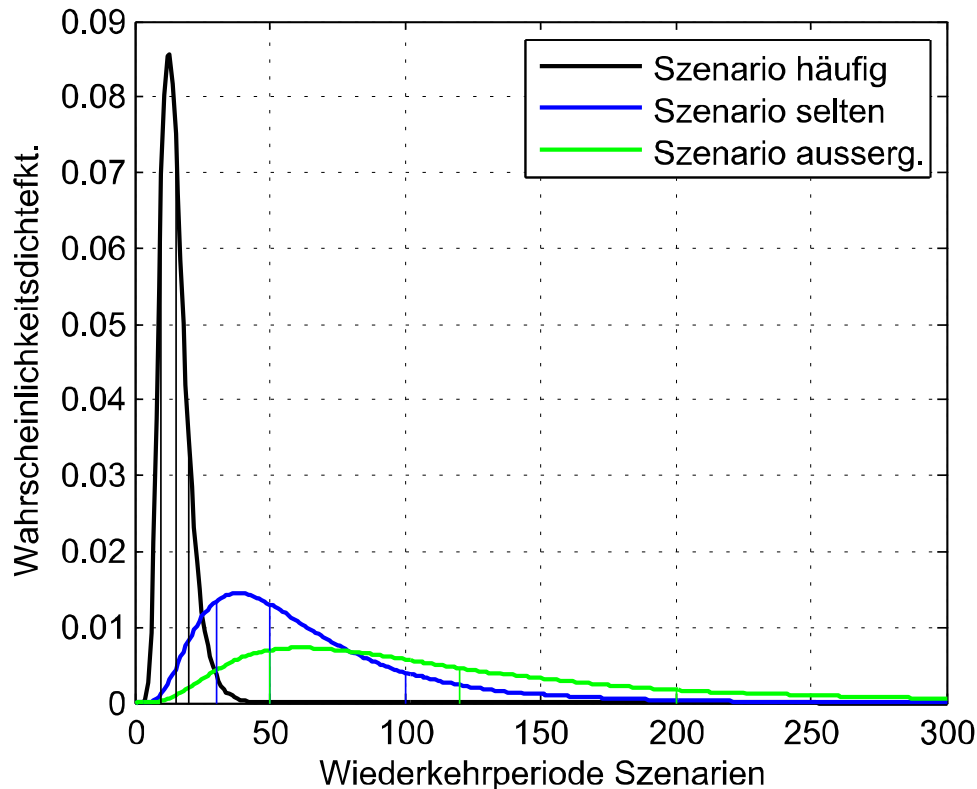
*Vom Szenario zur Verteilung: Festlegung der a priori Verteilung auf Basis von Expertenschätzungen*



- Vom Experten geschätzte Szenarien  $X_i$  und Wiederkehrperioden  $T_i$
- Anpassung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung an die Szenarien
- Modellierung der Schätzunsicherheit z.B. durch Streuung bei den Wiederkehrperioden

# Modellierung der gesamten Verteilung

*Beispiel 1: Modellierung der Schneeablagerungen auf einer Lawingalerie mit drei durch Experten definierte Szenarien*

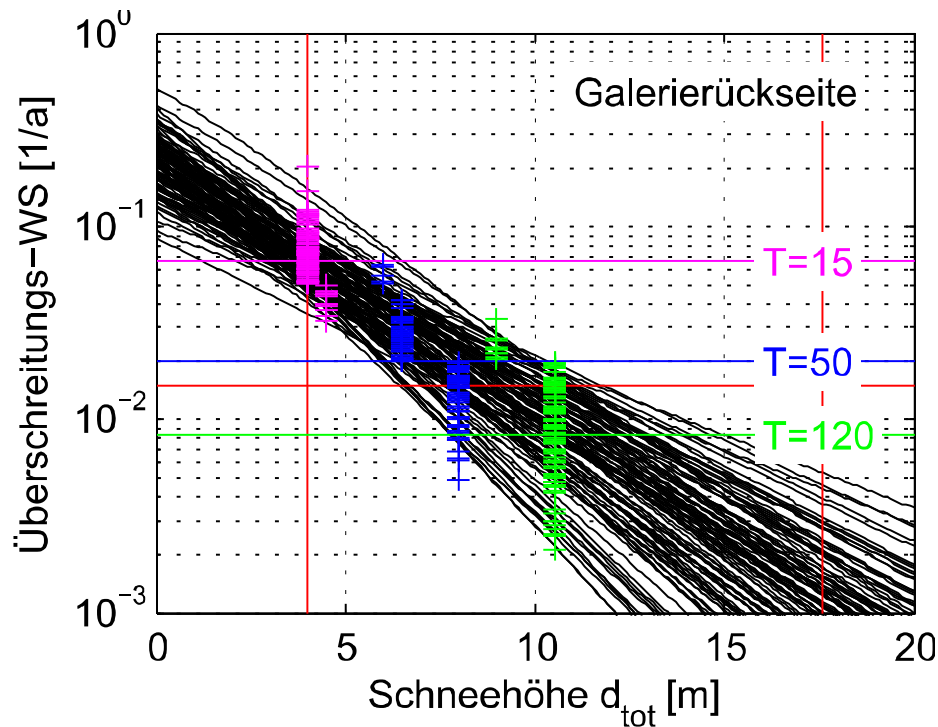


- Abschätzung der Schneehöhen und Wiederkehrperioden durch Lawinenexperten
- Freie Szenarienwahl
- Modellierung der Schätzungenauigkeit mit Vertrauensintervallen für die Wiederkehrperioden vom Experten



# Modellierung der gesamten Verteilung

*Beispiel 1: Modellierung der Schneeablagerungen auf einer Lawinengalerie mit drei durch Experten definierte Szenarien*



- Abschätzung der Schneehöhen und Wiederkehrperioden durch Lawinenexperten
- Freie Szenarienwahl
- Modellierung der Schätzungenauigkeit mit Vertrauensintervallen für die Wiederkehrperioden
- Anpassung einer Gumbel max Verteilung an die drei Szenarien

# Modellierung der gesamten Verteilung

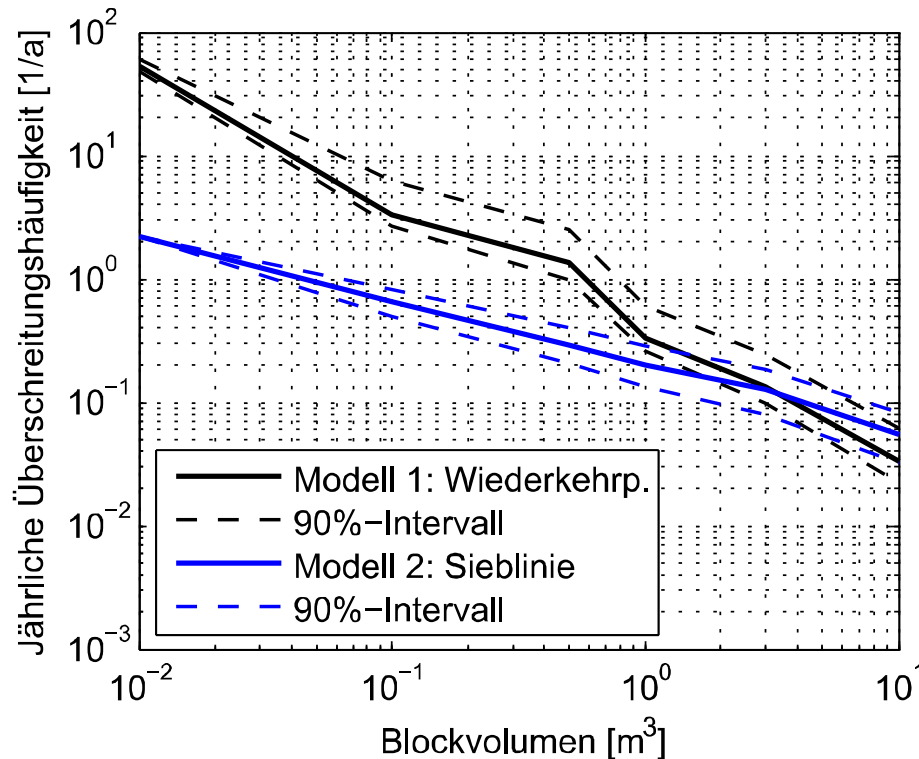
*Beispiel 2: Modellierung der Ablösehäufigkeiten für Steinschlag aus versackter Felsmasse auf Basis von Expertenschätzungen*



- Ziel: Berücksichtigung der speziellen Charakteristiken der Versackung beim Ablösemodell
- Modellierung des gesamten Spektrums möglicher Ablösevolumina
- Nutzung **unterschiedlicher** Ansätze zur Bestimmung der Ablösehäufigkeiten

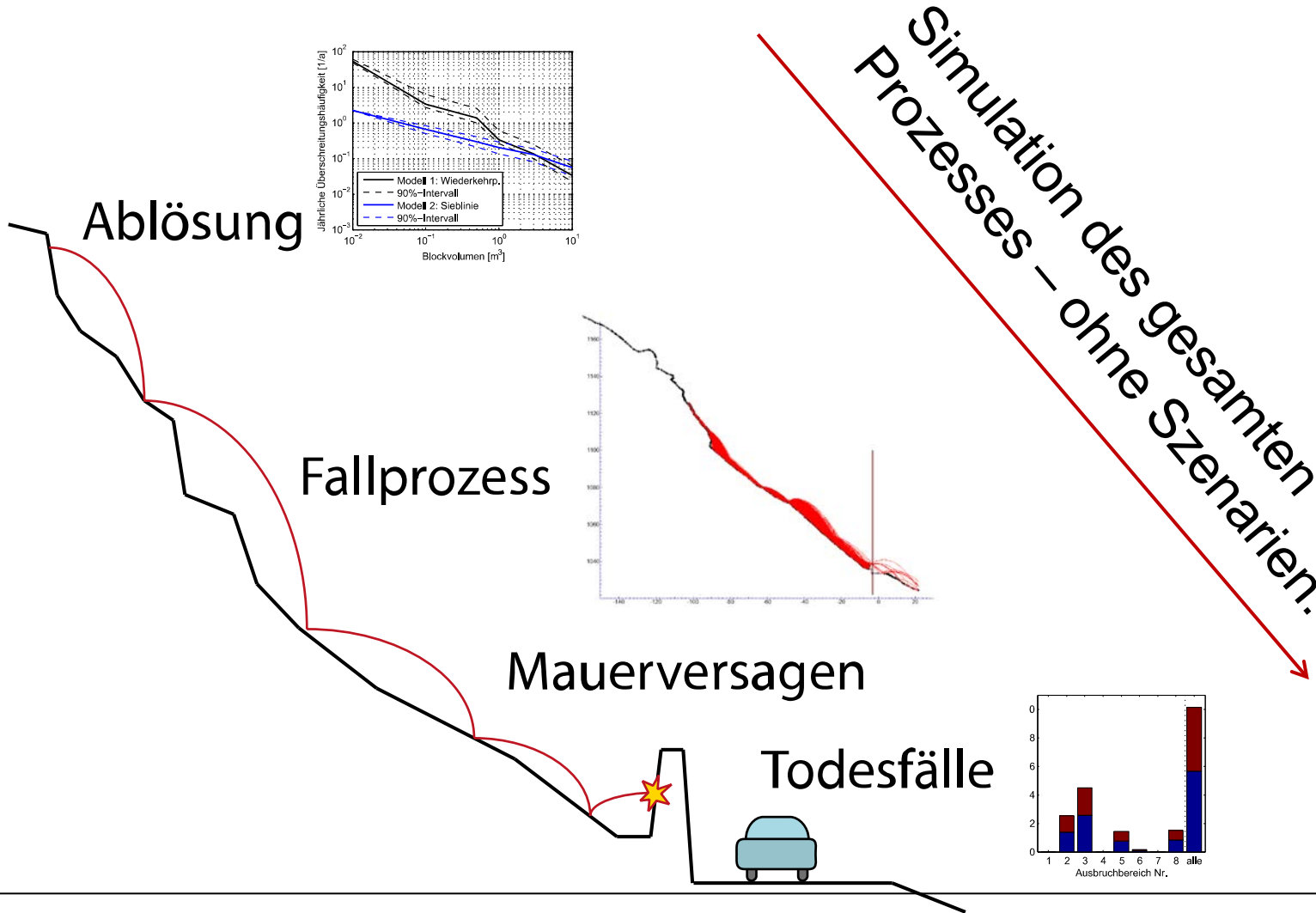
# Modellierung der gesamten Verteilung

*Beispiel 2: Modellierung der Ablösehäufigkeiten für Steinschlag aus versackter Felsmasse auf Basis von Expertenschätzungen*



- Abschätzung der Ablösehäufigkeit mit **zwei** verschiedenen Modellen
- Häufigkeit von Blöcken  $\geq 1\text{m}^3$  in Modell 2 kalibriert mit Beobachtungen
- Explizite Modellierung der Schätzungenauigkeit
- Propagation der Unsicherheiten durch den gesamten Prozess

# Modellierung der gesamten Verteilung





# Fazit – Szenariobasierte Ansätze

## *Vor- und Nachteile szenariobasierter Ansätze*

- + «Denken in Szenarien» ist intuitiv
- + Berechnungen nur für wenige Szenarien nötig
- Probleme bei der Festlegung der Szenarien und bei der Berechnung der Szenario-Wahrscheinlichkeiten
- Nichtlineare Effekte werden nicht korrekt berücksichtigt



# Fazit – Szenariobasierte Ansätze

## *Voraussetzungen für die Anwendung szenariobasierter Ansätze*

- «Korrekte Bestimmung» der Szenario-Wahrscheinlichkeiten
- Gutes Verständnis des gesamten Spektrums möglicher Ereignisse, um repräsentative Szenarien festlegen zu können
- Berücksichtigung nichtlinearer Effekte bei der Szenarienwahl und Überprüfung der Sensitivität auf die Ergebnisse



# Fazit – Kontinuierliche Ansätze

*Vor- und Nachteile bei Modellierung der gesamten Verteilung*

- + Korrekte Berechnung der Wahrscheinlichkeiten und Konsequenzen für das gesamte Ereignis-Spektrum
- + Korrekte Berücksichtigung nichtlinearer Effekte
- + Kombination unterschiedlicher Informationsquellen (z.B. Expertenmeinung mit Daten)
- Berechnung der Konsequenzen für den gesamten Ereignisraum notwendig



# Fazit – Kontinuierliche Ansätze

## *Verbindung zu szenariobasierten Ansätzen*

- Modellierung der gesamten Verteilung auf Basis von mehrerer repräsentativen Szenarien
- Validierung szenariobasierter Ansätze



# Vielen Dank!

[contact@matrisk.com](mailto:contact@matrisk.com)



[www.matrisk.com](http://www.matrisk.com)

