



# Master-Modul P 06 Projekt- und Risikomanagement WS 2023/2024

## Vorlesung 4 Risikoanalyse und Risikomanagement

## 4. Teil: Risikoanalyse und Risikomanagement

- Value-Engineering
- Grundlagen der Risikoanalyse
- Risikoevaluierung
- Risikomanagement & Steuerung
- Risikomanagement bei Großprojekten

## 4. Teil: Risikoanalyse und Risikomanagement

- **Value-Engineering**
- Grundlagen der Risikoanalyse
- Risikoevaluierung und Risikomanagement
- Risikomanagement & Steuerung
- Risikomanagement bei Großprojekten

- Value-Engineering als Optimierungstool zur Verbesserung von Funktionalitäten und Kosten im Rahmen der Projektentwicklung bzw. der Projektplanung
- Zentral ist die Frage nach dem „Wofür“ bevor die Frage nach dem „Wie“ gestellt wird.
- Aufgrund multikriterieller Einflussbereiche auch ein interdisziplinäres Expertenteam zur Bewertung und Entscheidungsfindung notwendig
- In a nutshell: Die Zielsetzung des Value Engineering ist es, projektbezogen alle verwendeten Methoden, Konzepte und Materialien auf den Prüfstand zu stellen und sie gegebenenfalls (bei gleicher Effektivität, Effizienz und Nachhaltigkeit) gegen günstigere Varianten einzutauschen

- Jedes Bauwerk ist dabei als Unikat zu sehen, wobei der jahrzehntelange Verbleib im Bestand eine der wichtigsten Randbedingungen darstellt
- Hieraus resultieren hohe Anforderungen an Leistung für und Akzeptanz in der Bevölkerung über den gesamten Lebenszyklus hinweg (bei unterirdischer Infrastruktur teilweise > 200 Jahre)
- Es sind damit meist hohe Kosten für Errichtung, Betrieb und Instandhaltung, Abriss oder Erneuerung verbunden, teilweise im Bereich mehrerer Milliarden € (siehe
- Nachhaltige Bauwerke sind insbesondere jene, die ein ausgewogenes Verhältnis von Aufwand und Wirkung erreichen.

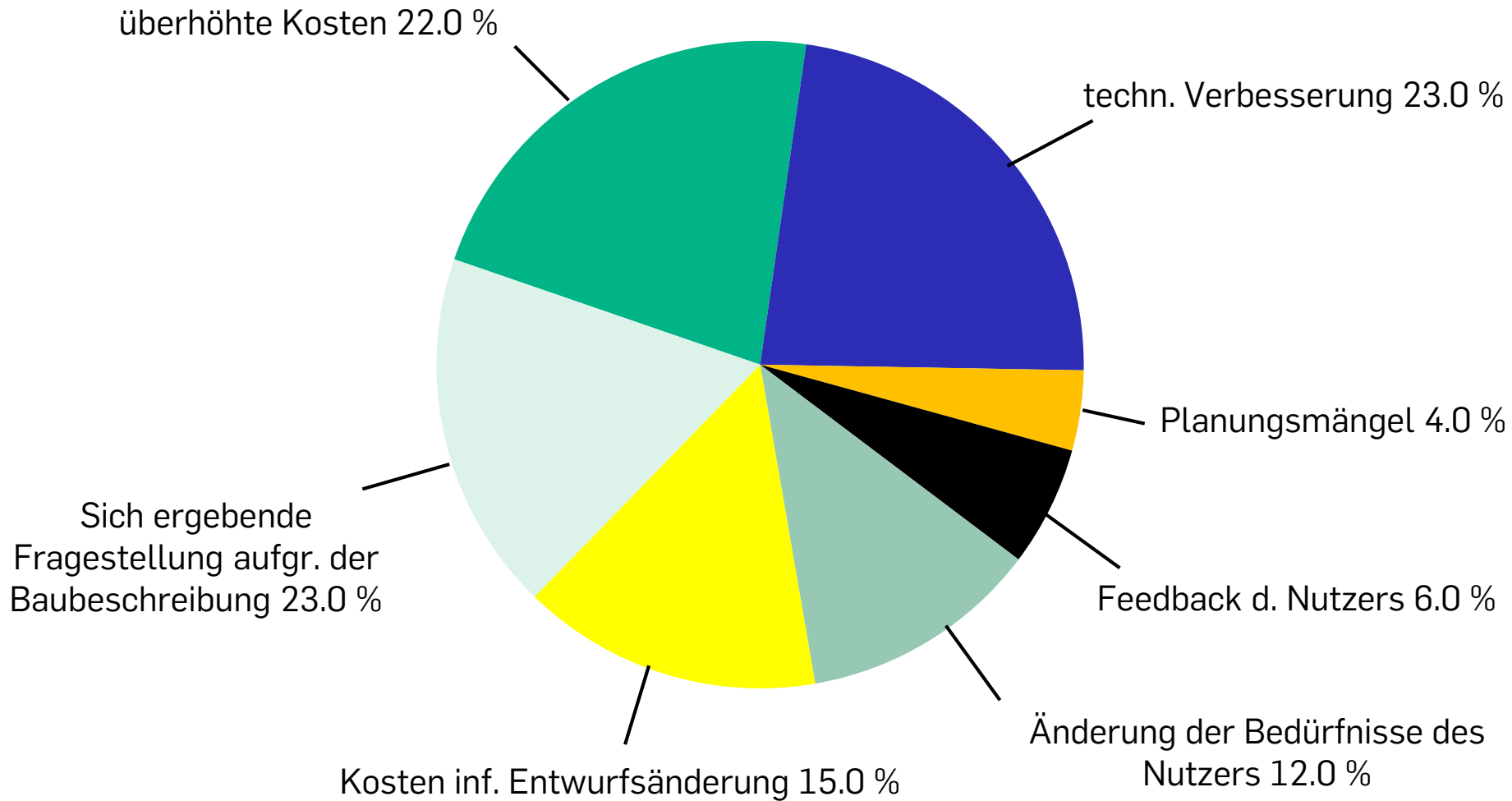
- Viele Stakeholder – Investoren, Nutzer, direkt- und indirekt Betroffene, zukünftige Generationen, Umwelt, etc. – erzeugen ein Spannungsfeld unterschiedlichster Anforderungen, Bedürfnissen und Wünschen, welche die Planung grundlegend beeinflussen.
- Auch folgenden Generationen sollte durch einfache Veränderbarkeit von Bauwerken adäquater Nutzen und hohe Akzeptanz ermöglicht werden – Nachhaltigkeit ist ein Gebot der Zukunft.
- Die Errichtung und der Betrieb einer solchen Infrastruktur bedeuten hohe soziale, ökonomische, ökologische, ästhetische und ethische Verantwortung, die den Bedürfnissen der Menschen (Nutzer) angepasst werden muss und nicht an ihnen „vorbeigeplant“ werden darf.

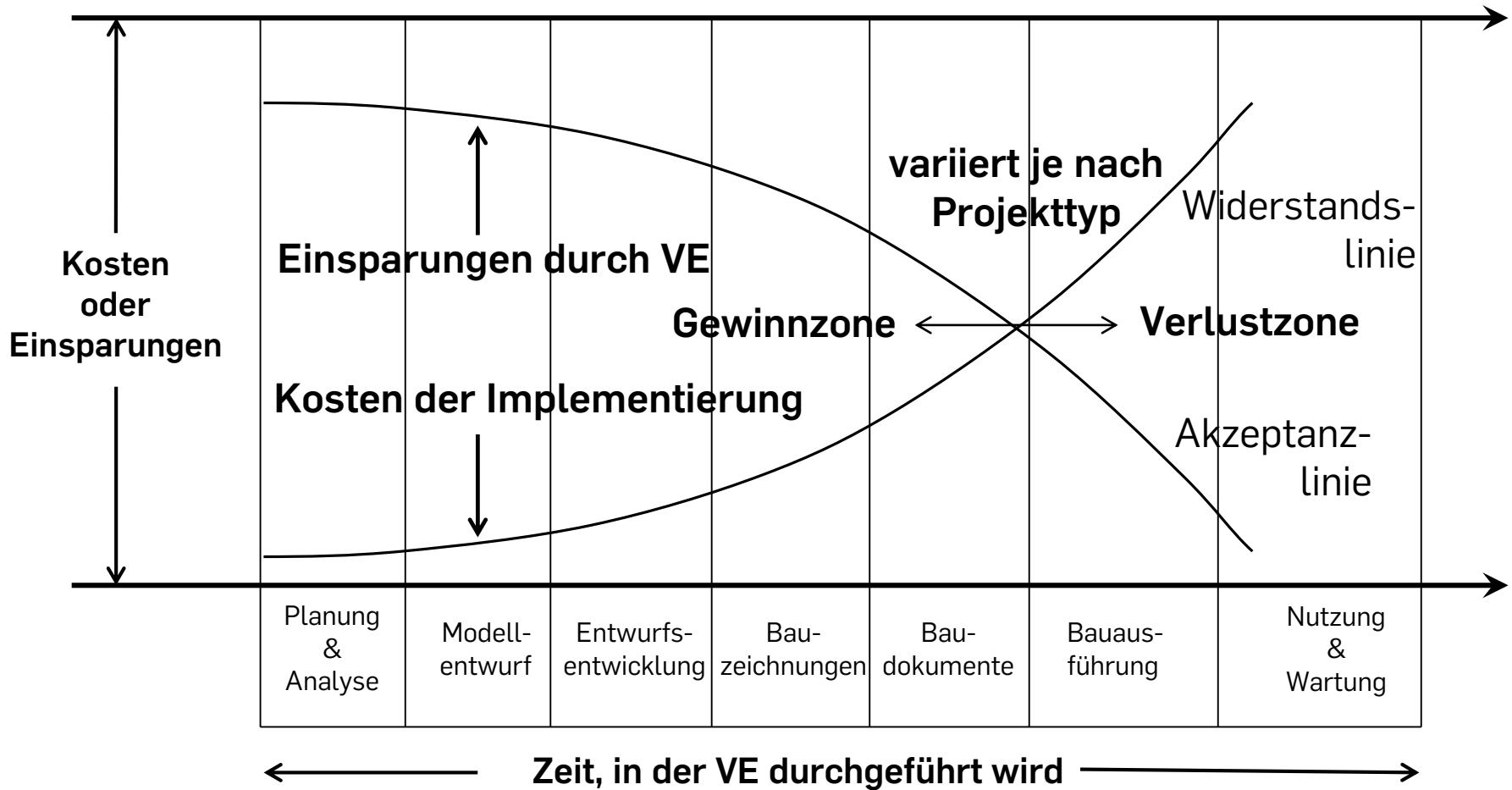
- Entwickelt in den USA (während des zweiten Weltkriegs) für große Infrastrukturprojekte, auch um mehr Akzeptanz bei der Bevölkerung zu erzeugen
  
- Mittlerweile auch in Europa mehr und mehr im Einsatz, vor allem auch in den Alpenländern
  
- Wichtige normative Vorgaben hierzu sind die EN 12973:2001 und die EN 16271:2012

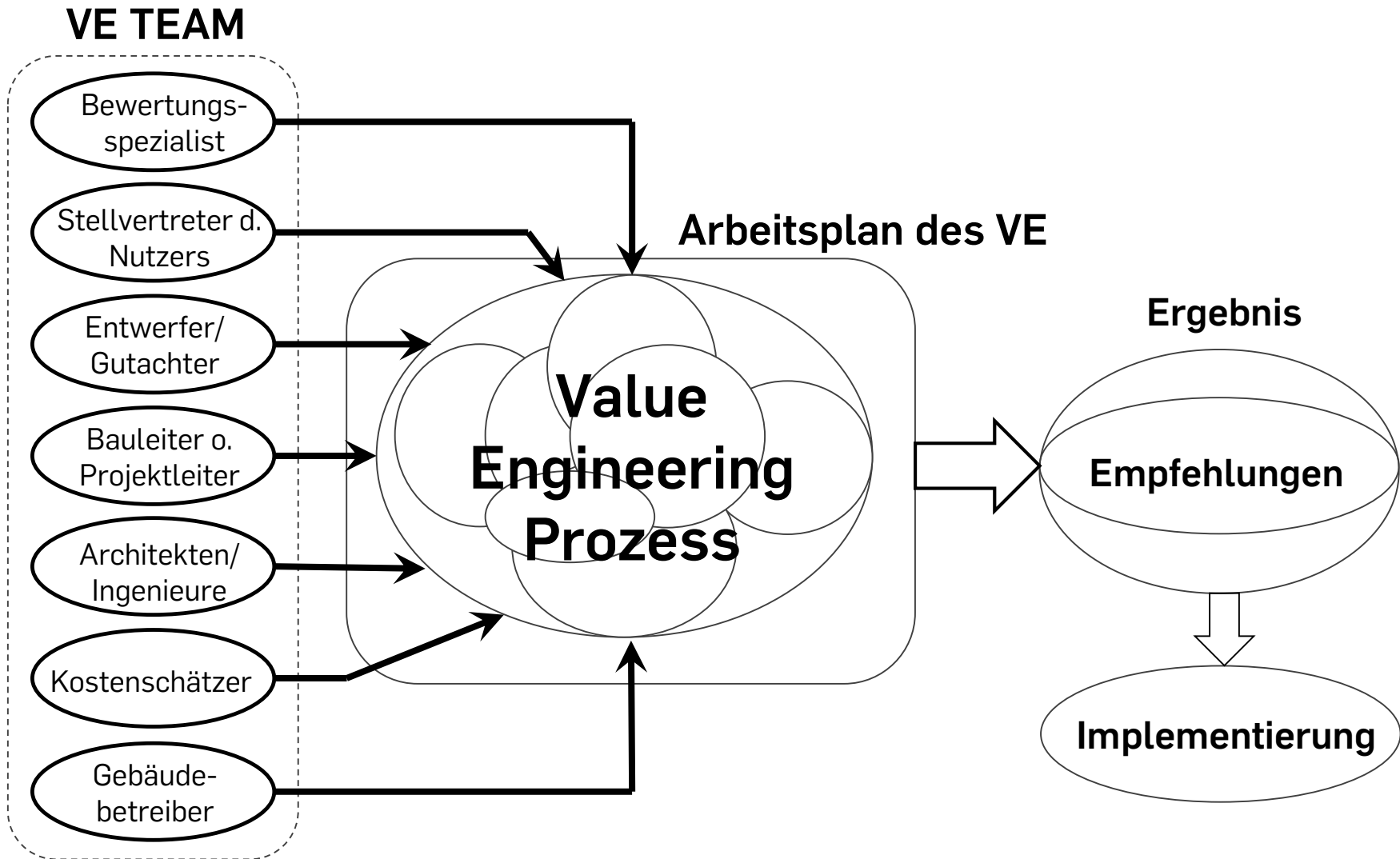
## Kriterien zur Auswahl und Ausgestaltung von Projekten

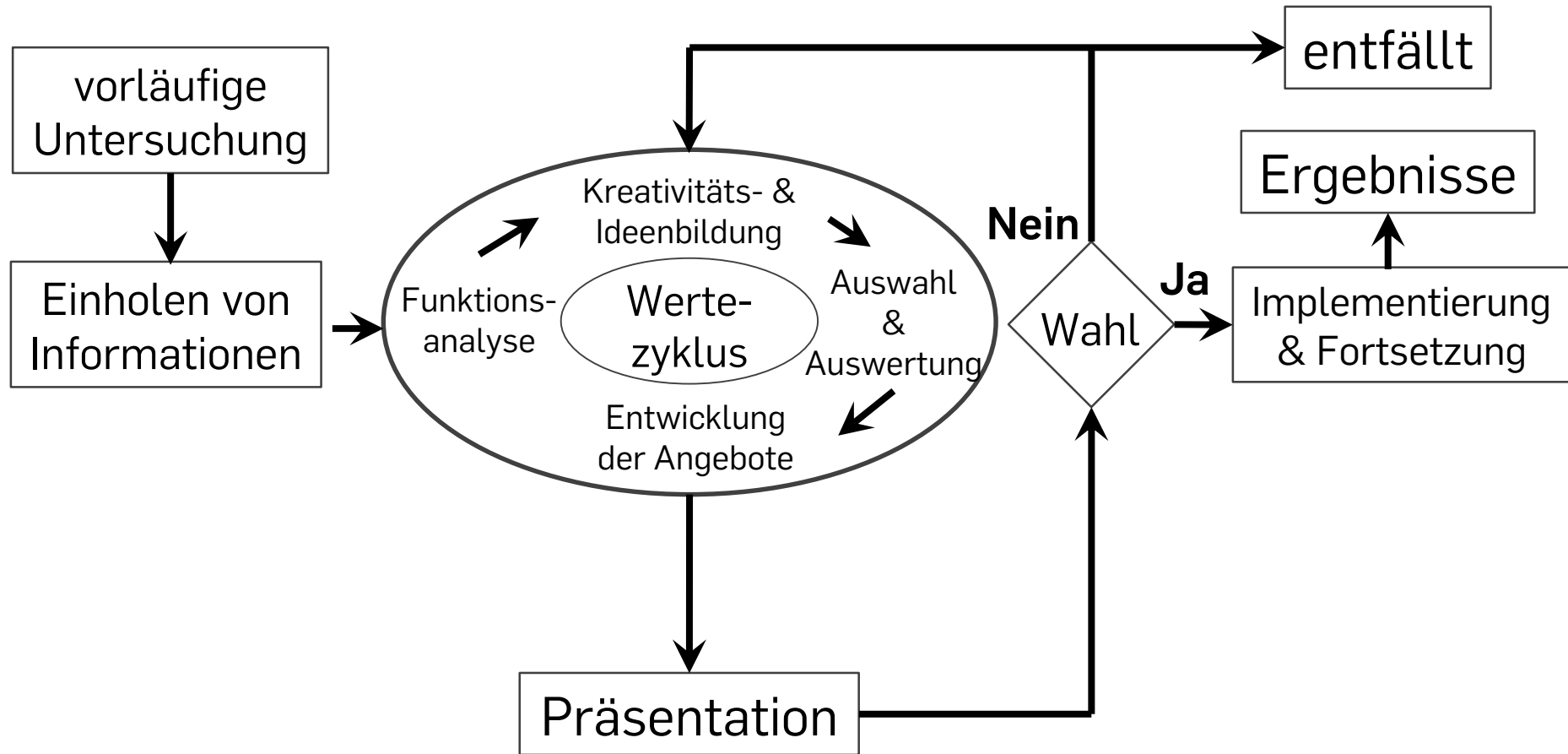
- Kosten (für Planung, Bau, Unterhalt, Instandsetzung, Rückbau etc.)
- Funktionalität (für den Nutzer, den Erbauer, die Gesellschaft, etc.)
- Effizienz (technisch, wirtschaftlich, ökologisch, etc.)
- Nachhaltigkeit (technisch, ökologisch, ökonomisch)











## Geschätzte Gesamtkosten des Programms

### Geschätzte Baukosten

Gebäude

Bauverfahren

### Geschätzte Baustellenkosten

Akquisition

Beurteilung

Werbung

juristische Kosten

Anmeldegebühren

Gutachten

Abbrucharbeiten

Baustellen-  
vorbereitung

### Geschätzte Buchungskosten

Ausrüstung

Einrichtung

Kunst am Bau

Standortwechsel

Änderungsauftrag

Umweltaspekte

Denkmalschutz  
o.Ä.

### Geschätzte Planungs- & Prüfungskosten

Verwaltung für Verträge

Architekten- &  
Ingenieurkosten

Bauleiterkosten

Buchhaltungskosten

Prüfung des Entwurfs

spezifische Analysen

Wiederherstellung

Reisekosten

Aktualisierung  
Bauablaufplan (krit. Weg)

Bohrarbeiten (Erdreich)

Gebrauchsanweisungen

### Geschätzte Verwaltungs- & Untersuchungskosten

Verwaltung für Verträge

Untersuchung/  
ÜberprüfungArchitekten- &  
Ingenieurkosten

Bauleiterkosten

Buchhaltungskosten

Stahlprüfung

Betonprüfung

Aktualisierung  
Bauablaufplan (krit. Weg)

Reisekosten

Detailzeichnungen

Planungsänderungen

**Phase 1**

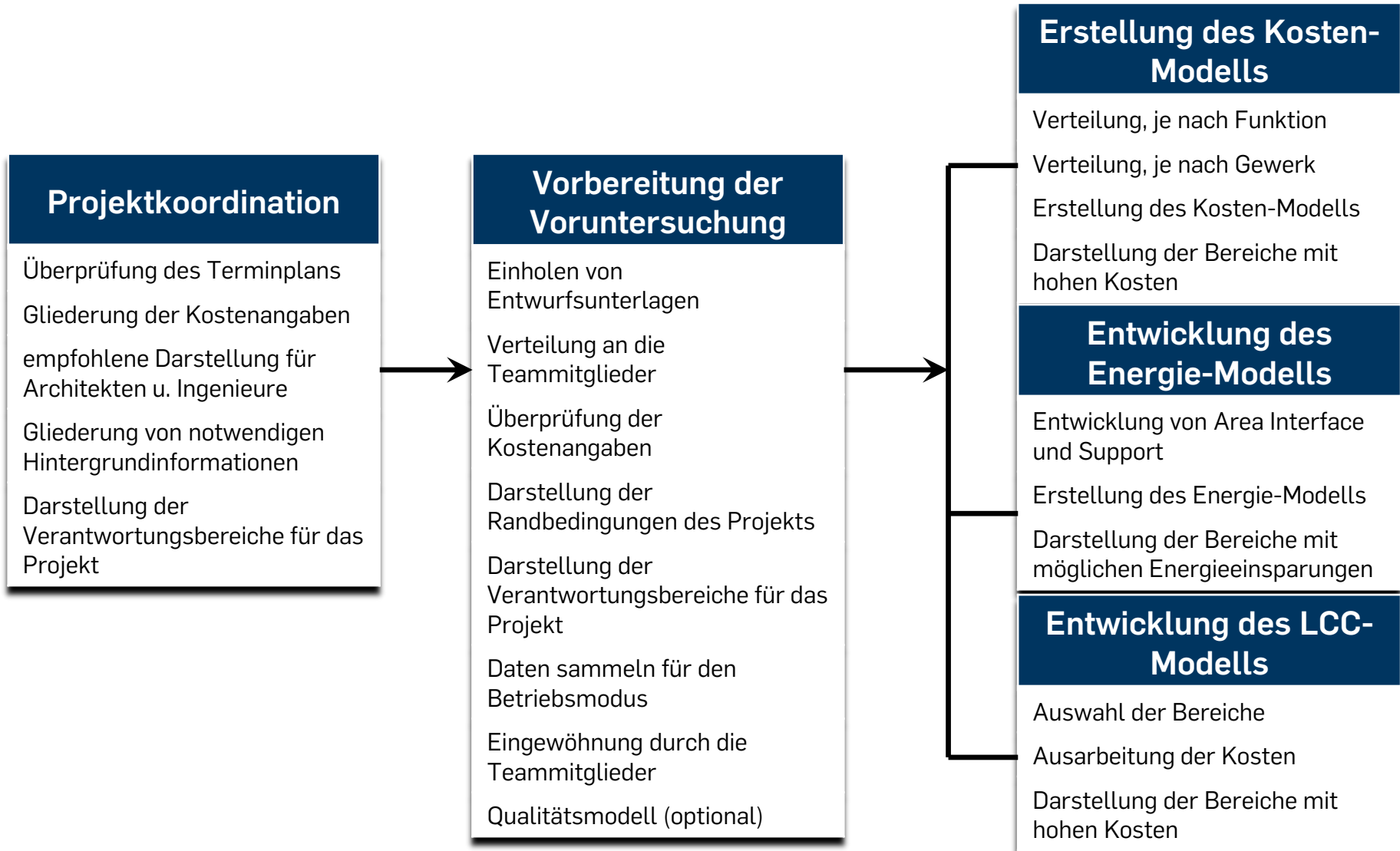
- Voruntersuchungsphase bei Großprojekten

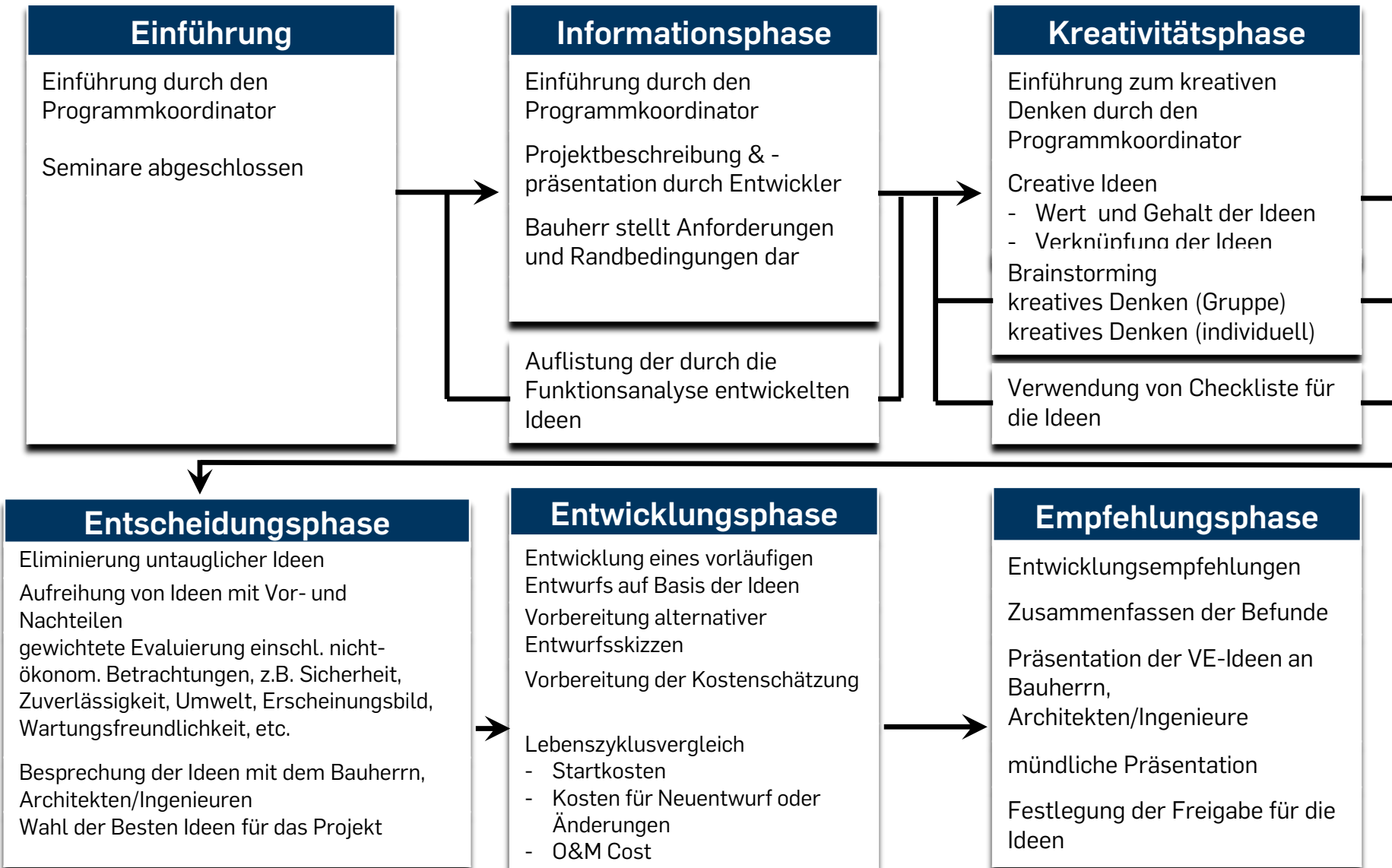
**Phase 2**

- Projektuntersuchungsphase bei Großprojekten

**Phase 3**

- Notwendige Schritte nach Abschluss der Untersuchungen







## Bericht der VE-Analyse

Vorbereitung des vorläufigen  
Berichtes des VE

Bauherr/Entwickler bereitet die  
letzte Rückmeldung mit  
Implementierungsempfehlungen  
vor

## Abschließende Einwilligung

Zustimmung des Bauherren  
Übermittlung zum Bauherren  
Abschlussbericht mit  
Implementierung  
Neu- bzw. Änderungsentwurf

## Nachlauf des Projekts

Analyse der Gebote  
Beurteilung der  
Implementierung  
Dokumentierung der  
Ergebnisse  
nachbetriebliche  
Auswertung  
optionale Leistungen



## Das FAST-Diagramm

- Strukturierte Durchführung einer Funktionsanalyse mit Hilfe des „Function Analysis System Technique“-Diagramm
- Übergeordnete Funktionen stehen links der „Left-Scope-Line“ (LSL)
- Akzeptierte Funktionen stehen rechts der „Right-Scope-Line“ (RSL)
- Die variierenden Funktionen stehen zwischen LSL und RSL im „Scope“
- Folge- bzw. Parallelfunktionen werden miteinander verbunden
- Die funktionale Logik des System bildet sich dabei von links nach rechts ab
- Benachbarte Funktionen lassen sich von links nach rechts durch die Frage nach dem „Wie?“ verknüpfen, von rechts nach links nach dem „Warum?“

## 4. Teil: Risikoanalyse und Risikomanagement

- Value-Engineering
- Grundlagen der Risikoanalyse
- Risikoevaluierung
- Risikomanagement und Risikosteuerung
- Risikomanagement bei Großprojekten

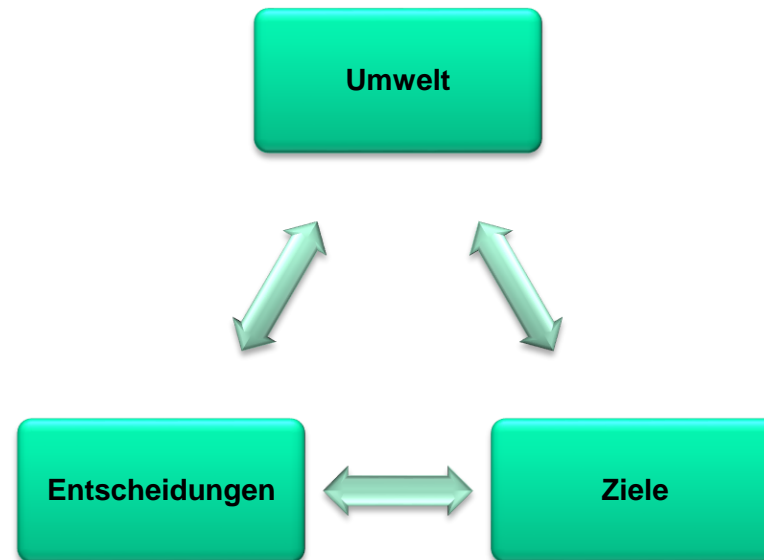
- Unternehmerisches Handeln führt zu unternehmerischem Risiko oder erfolgt unter Risiko
- Dies hat mit unsicheren oder nicht genau prognostizierbaren Auswirkungen von Umweltentwicklungen und Management-Entscheidungen zu tun

## Das Wort Risiko

- früh-griechisch „rhiziko“ und bedeutet soviel wie Glück, Schicksal oder Zufall
- weist eher auf das passive Erleben des Risikos hin
  - ➔ unternehmerische Entscheidungen, die aus nicht änderbaren Ereignissen oder Umweltentwicklungen resultieren
- heute wird jedoch auch die aktive Gestaltung des Schicksals damit verknüpft
  - ➔ unternehmerische Entscheidungen, mit denen Unternehmen versuchen, eine für sie günstige Umwelt zu gestalten

## Definition Risiko

- Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit, dass die Unternehmensziele durch unternehmerische Entscheidungen entweder nicht erreicht oder übertroffen werden



## Definition Risiko

- Ein Risiko wird spekulativ genannt, wenn es bei unternehmerischen Entscheidungen sowohl zu positiven als auch zu negativen Zielabweichungen kommen kann
- Man spricht von reinen Risiken, wenn die Umwelt für den Entscheidenden nur zwei Konsequenzen bereit hält: den Schadensfall und den Fall ohne Schaden

## Definition Risiko

- Der Risikobegriff wird häufig im Zusammenhang mit unvollständigen und unvollkommenen Informationen über Wirkungszusammenhänge der Realität und den daraus folgenden Ziel- und Planabweichungen, die möglicherweise zu Schäden und Verlusten führen können, gesehen
- Die Auswirkungen des Eingehens von Risiken besteht darin, dass das Ergebnis einer Entscheidung unsicher ist



## Definition Risiko

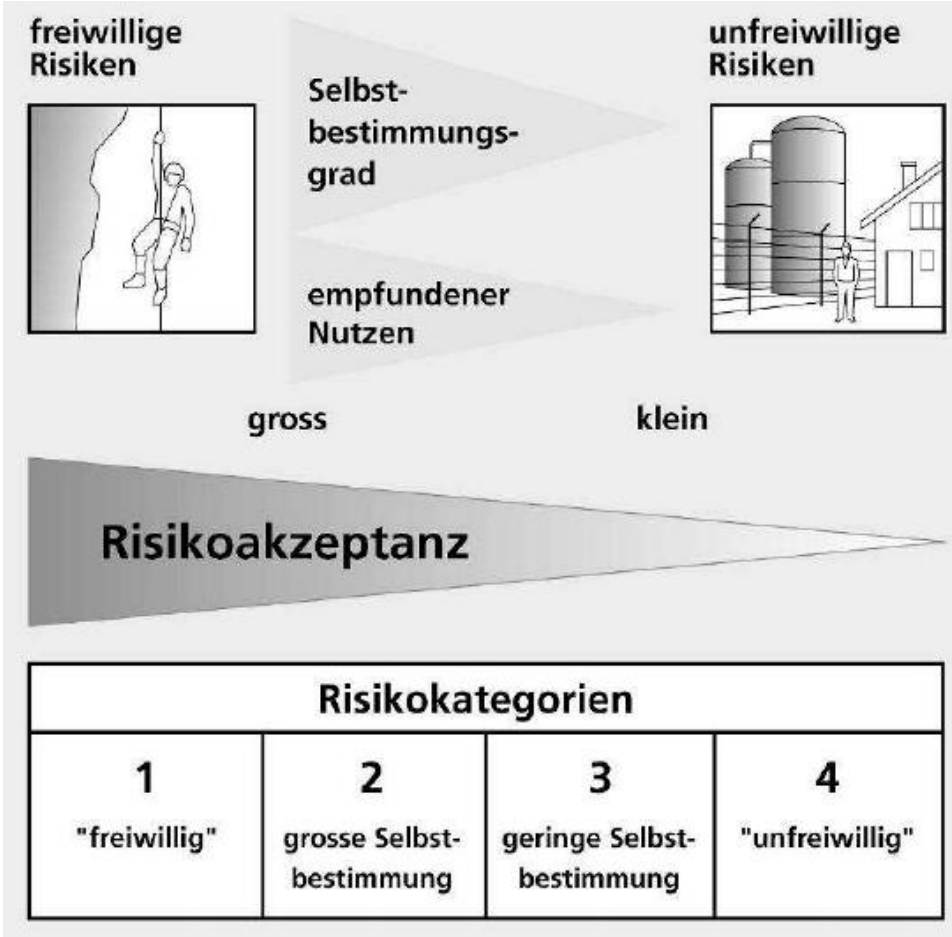
- Mathematisch setzt sich Risiko aus der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und seinem potentiellen Schadensausmaß zusammen
- Eintrittswahrscheinlichkeit ist also **nicht** identisch mit Risiko, wenngleich sich im Sprachgebrauch exakt diese Verwendung eingebürgert hat

$$R = p \times s$$

# Definition Risiko

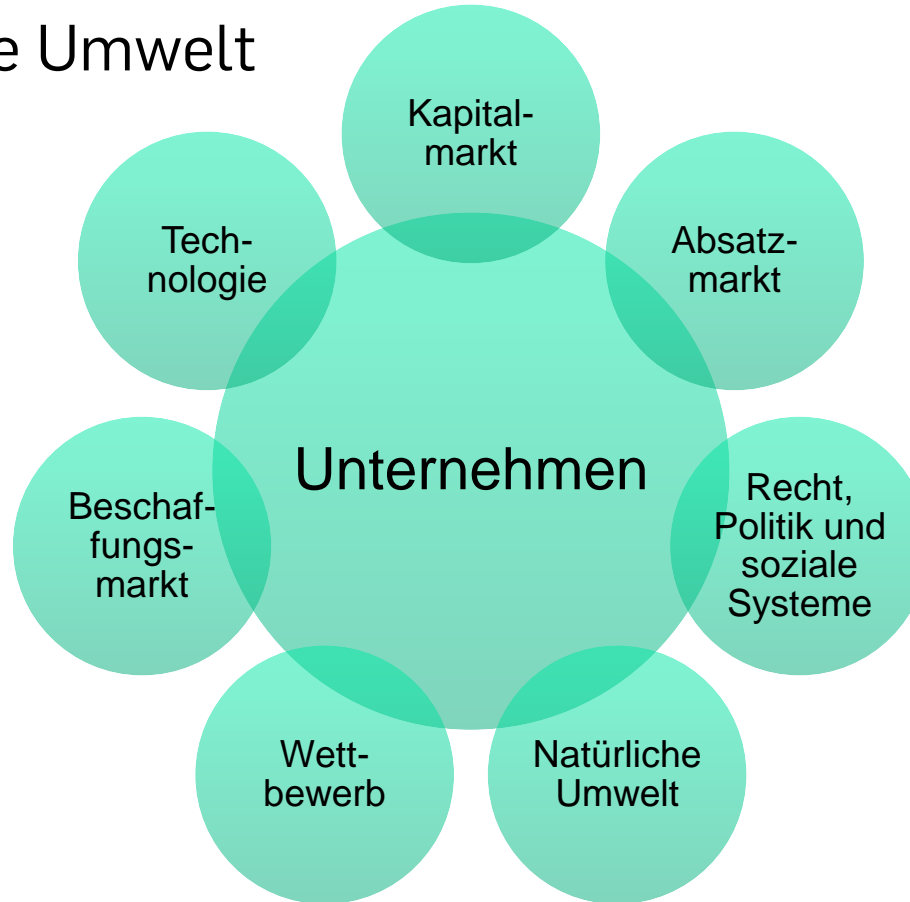
→ Die potentielle Größe eines Schadens kann zu einer Überempfindlichkeit gegenüber dem Ereignis selbst führen

→ Dies obwohl rein mathematisch ein deutlich geringeres Risiko besteht



→ Umwelt: Gefahr und Chance für die Unternehmen

- äußere Umwelt



## Mortalität in Zahlen

- Rauchen  $5 \cdot 10^{-3}$
- Straßenverkehr (2009)  $8 \cdot 10^{-5}$
- Blitzeinschlag  $5 \cdot 10^{-7}$
- Stich einer Biene  $2 \cdot 10^{-7}$
- Flut (in den Niederlanden)  $1 \cdot 10^{-7}$
- Flugzeugabsturz  $2 \cdot 10^{-8}$
- Chemieunfall  $6 \cdot 10^{-9}$

- Umwelt: Gefahr und Chance für die Unternehmen
- innere Umwelt
  - ⇒ Finanzen
  - ⇒ Mitarbeiter
  - ⇒ Sonstiges

## Risikomanagement

- Risiken erfassen, begleitend zu überwachen und sie dann durch geeignete Maßnahmen abzuwehren, wenn sie für die wirtschaftliche Lage des Unternehmens zur Gefährdung werden
- Chancen erkennen und ihre Realisierung aktiv zu fördern

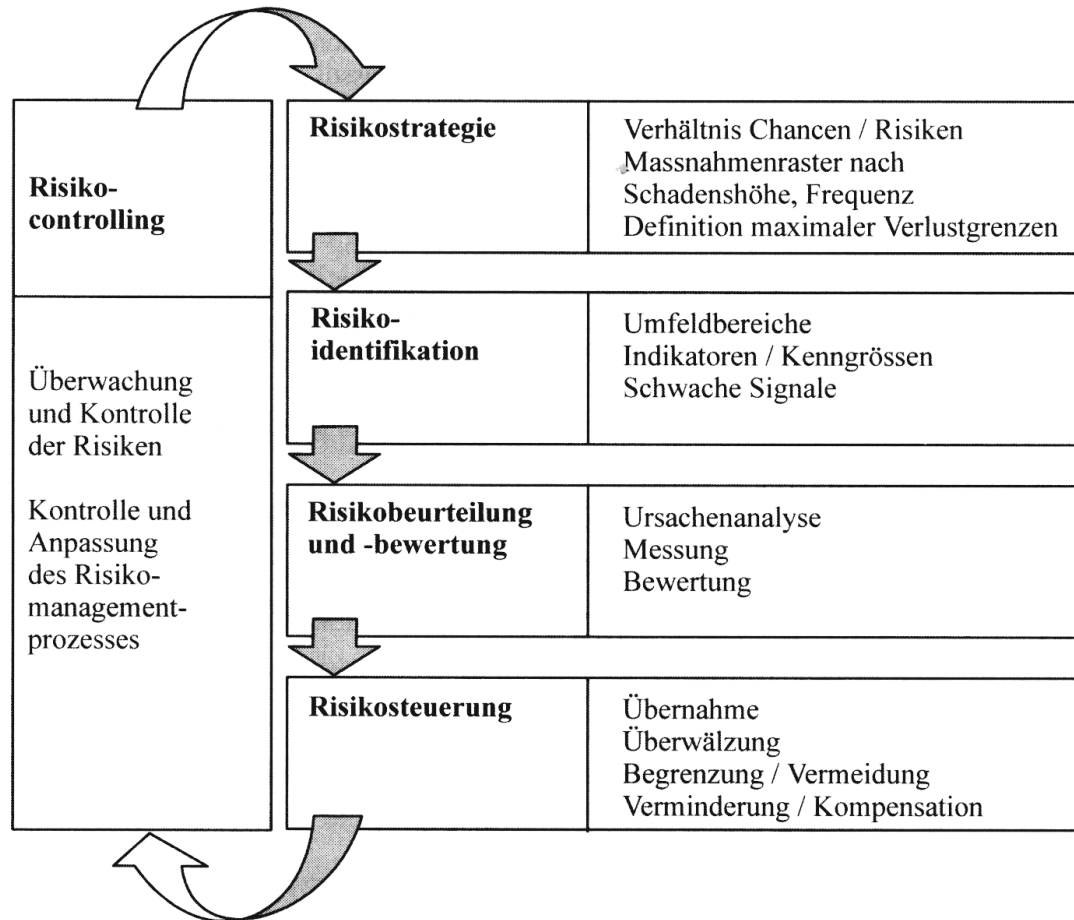
Ein nur sporadisches Risikomanagement kann heute existenzbedrohend sein

## Risikomanagement

Aufgaben des Risikomanagements

- Schutz des Unternehmensvermögens
- Finanzierung von Vermögensverlusten
- Sicherheitsschutz für Mitarbeiter, Kunden und Partner
- Absicherung von Unternehmensanlagen
- Schutz vor Schadenersatzansprüchen
- Einleitung von zukunftsichernden Maßnahmen

## Risikomanagement



Quelle: Rosenkranz, F; Missler-Behr, M.:  
Unternehmensrisiken erkennen und managen



## Risikomanagement

- Risikostrategie
  - ➔ Klärung der Risikoeinstellung und Risikophilosophie
  - ➔ Verhältnis von Chancen und Risiken definieren
  - ➔ Ab welcher Schadenshöhe müssen Maßnahmen zur Risikosteuerung eingeleitet werden
- Risikoidentifikation
  - ➔ Erfassung aller relevanten Risiken
  - ➔ Einrichtung von Frühwarnsysteme

## Risikomanagement

- Risikoanalyse – Beurteilung und Bewertung
  - ➔ Definition von Prioritäten
  - ➔ Untersuchung von Abhängigkeiten
  - ➔ Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten bestimmen

## Risikosteuerung

- Behandlung der identifizierten und bewerteten Risiken
- Risikovermeidung
  - ➡ Verzicht auf risikobehaftete Geschäfte
- Risikoreduktion
  - ➡ Beeinflussung von Höhe (Schadenshöhe) und Frequenz
- Risikobegrenzung
  - ➡ Definition von Grenzen oder Überwälzen von Unternehmensrisiken auf andere Vertragsparteien

## Risikocontrolling

- Prozessbegleitend wirkt das Risikocontrolling
- Überwachung und Kontrolle der Einzelrisiken
- Aufarbeitung
  - ⇒ der bestehenden und potenziellen Risiken
  - ⇒ der eingetretenen Schäden

Klassifikation nach

- Unternehmensbereich
- Zeitpunkt
- Auswirkung
- Frequenz

## Klassifikation nach

- Kernprozesse  
Beschaffung, Absatz, Produktion, F&E
- Finanzmarkt  
Marktpreise, Liquidität, Schuldnerbonität
- Organisation  
Führungsstil, Kommunikation, Unternehmenskultur
- Allgemein  
Gesetzliche Vorschriften, Naturgewalten,  
Technologie, Politik

Klassifikation nach

- Einzelrisiko und Gruppenrisiko
- Objektives und subjektives Risiko
- Sachrisiko und Personenrisiko
- Finanzielles und nichtfinanzielles Risiko
- Statisches und dynamisches Risiko
- Fundamentales und besonderes Risiko

Klassifikation nach

- Physisches Gefahr
- Moralisches Gefahr
- Legale Gefahr
- Kriminelle Gefahr

Klassifikation nach

- Sachschaden
- Personenschaden



## 4. Teil: Risikoanalyse und Risikomanagement

- Value-Engineering
- Grundlagen der Risikoanalyse
- **Risikoevaluierung**
- Risikomanagement und Risikosteuerung
- Risikomanagement bei Großprojekten

# **Qualitative und semiquantitative Verfahren**

## Qualitative Verfahren

- Beschreibung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß durch unscharfe Größen (bspw. „groß“, „mittel“, „hoch“ etc.)
- Beschreibung der beiden Koordinaten (p,s) durch persönliche, querschnittliche oder konsensuale Experteneinschätzung (bspw. Delphi-Methode)

## Semiquantitative Verfahren

- Beschreibung von Eintrittswahrscheinlichkeit oder Schadensausmaß durch eine unscharfe Größen (bspw. „groß“, „mittel“, „hoch“ etc.) und Verknüpfung mit einer quantifizierten Einstufung (bspw. Kosten im Falle eines Kranausfalls, dessen Wahrscheinlichkeit nicht näher benannt werden kann)
- Beschreibung der unscharfen Koordinate (p,s) durch persönliche/querschnittliche/konsensuale Experteneinschätzung sowie durch quantitative Einschätzung oder empirische Erkenntnisse (in Einzelfällen auch durch Simulationsrechnung)

## Beispiel: Abschätzung von finanziellen Risiken einer Unternehmung

- Einteilung von zuvor identifizierten Risiken in verschiedene unternehmensspezifische Risikobereiche
- Voraussetzung sind geschätzte bzw. aus historischen Daten ermittelte Auswirkungen (i.d.R. finanzielle Auswirkungen) und entsprechende Eintrittswahrscheinlichkeiten
- Gegebenenfalls Durchführung von Simulationsrechnungen zur Abschätzung des Gesamtschadens

Folgende Schätzwerte werden unterschieden

- Punktschätzungen  
Ein Wert je Risiko
- Intervallschätzungen  
Mehrere Werte je Risiko
- Einzelschätzungen  
Eine Wahrscheinlichkeit je Risiko
- Mehrfachschätzungen  
Mehrere Wahrscheinlichkeiten je Risiko

# Qualitative und semiquantitative Verfahren

- ➔ **Risikoportfolioanalysen (Risk-Maps)**
- ➔ ABC-Analysen (Pareto-Analysen)
- ➔ Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)
- ➔ Wirkungsanalyse

## Risikoportfolioanalyse (Risk Map)

- Risiken werden in verschiedene definierte Bereiche mit Hilfe eines Koordinatensystems (2d) eingeteilt
  - X-Achse: Tragweite (Risikowert)
  - Y-Achse: Wahrscheinlichkeit
- Definition von Bereichen bzgl.
  - Tragweite (klein, mittel, groß)
  - Wahrscheinlichkeit (klein, mittel, groß)
- Einteilung ist häufig gleichmäßig und in der Regel abhängig von Projektumfang und geplanten Gewinn

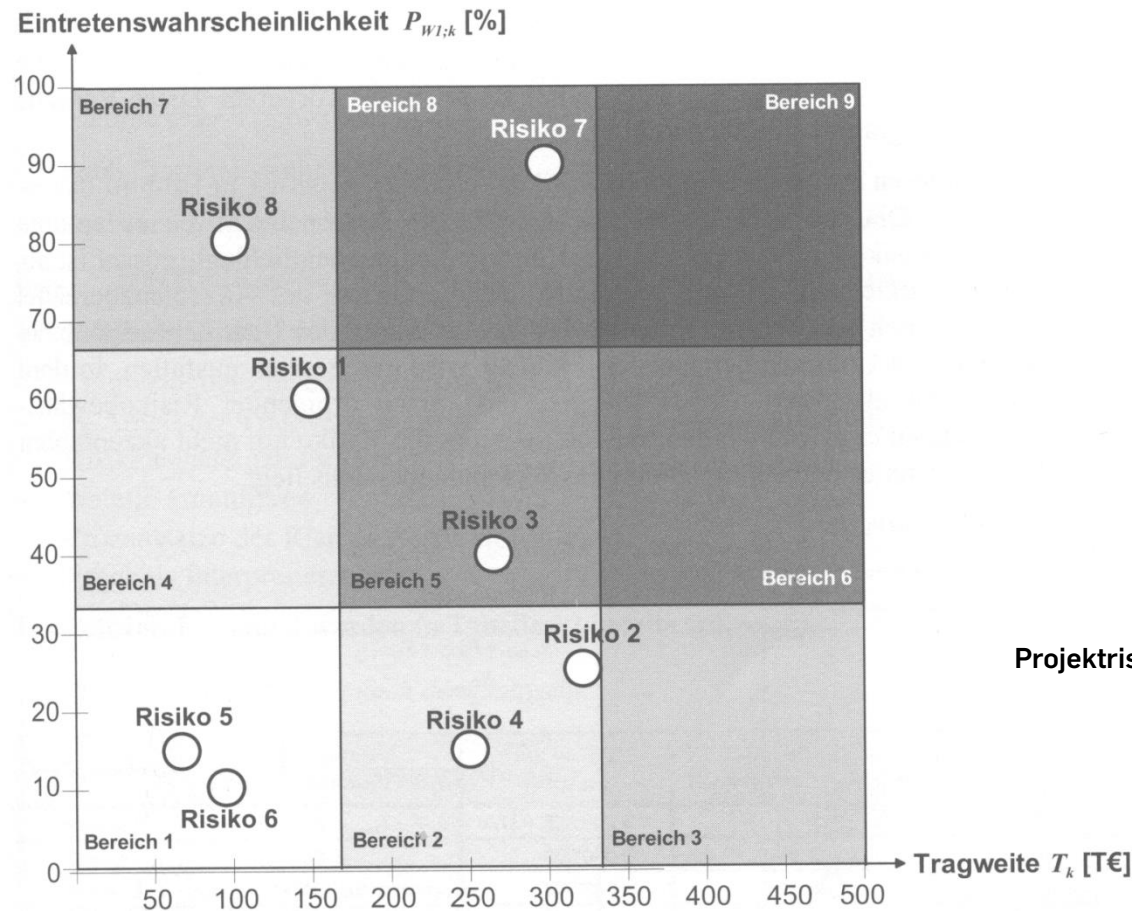


## → Risikoportfolioanalyse (Risk Map)

Risikonommer	Eintretenswahrscheinlichkeit $P_{Wl;k}$	Tragweite $T_k$ (Kosten)	Erwartungswert $R_{E;k}$
Risiko 1	60 %	150'000 €	90'000 €
Risiko 2	25 %	320'000 €	80'000 €
Risiko 3	40 %	266'000 €	106'400 €
Risiko 4	15 %	250'000 €	37'500 €
Risiko 5	15 %	70'000 €	10'500 €
Risiko 6	10 %	90'000 €	9'000 €
Risiko 7	90 %	300'000 €	270'000 €
Risiko 8	80 %	100'000 €	80'000 €
Summe der Erwartungswerte			683'400 €

Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

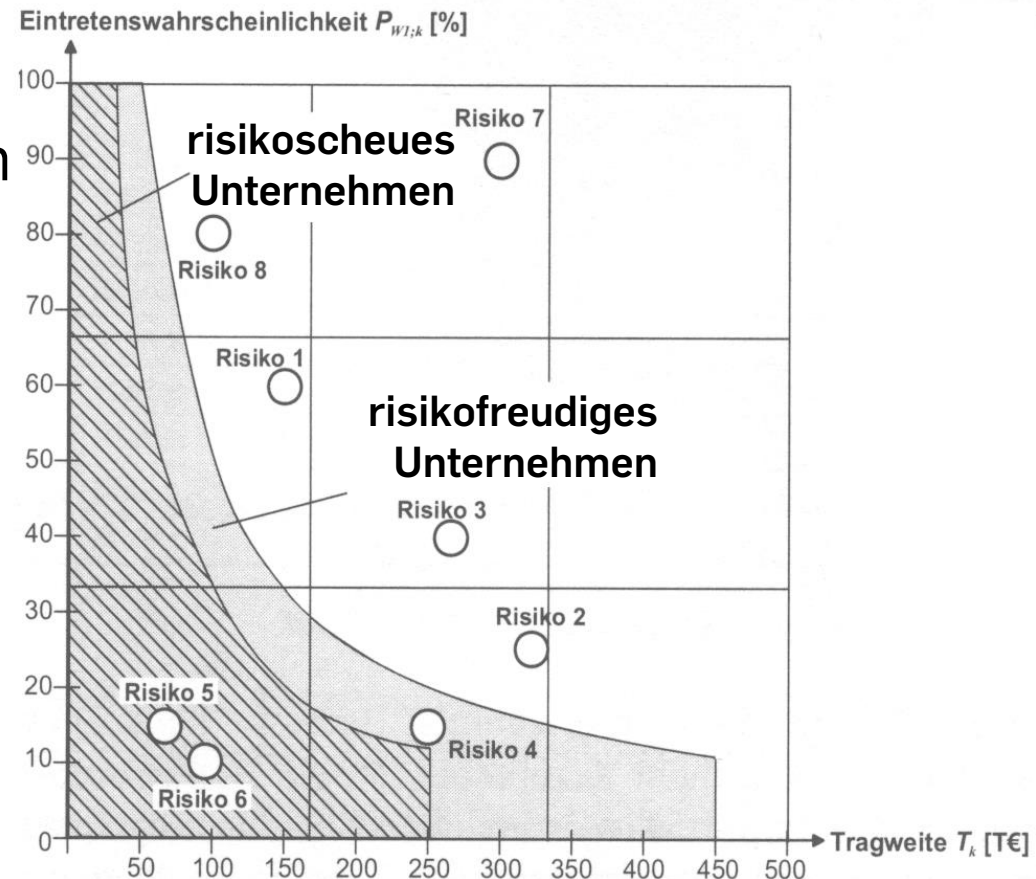
## → Risikoportfolioanalyse (Risk Map)



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

→ Risikoportfolioanalyse (Risk Map)

→ Berücksichtigung von maximal akzeptablen Risikokosten auf Basis von Erwartungswerten



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

# Qualitative und semiquantitative Verfahren

- ⇒ Risikoportfolioanalysen (Risk-Maps)
- ⇒ **ABC-Analysen (Pareto-Analysen)**
- ⇒ Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)
- ⇒ Wirkungsanalyse

- ABC-Analyse (Pareto-Analyse)
  - Gruppierung von Einzelrisiken nach Behandlungswürdigkeit
  - Einteilung in drei Gruppen
    - A Große Risiken
    - B Mittlere Risiken
    - C Kleine Risiken
  - Einteilung erfolgt nach kumulierten
    - ➔ Tragweiten
    - ➔ Erwartungswerten

- ABC-Analyse (Pareto-Analyse)
  - %-Anteil je Einzelrisiko bestimmen
  - Risiken absteigend sortieren
  - Anteile kumulieren
  - Risikokategorien festlegen
  - Ergebnis darstellen und analysieren

→ ABC-Analyse (Pareto-Analyse)

→ nach Tragweiten (Einteilung A=70%, B=20%, C=10%)

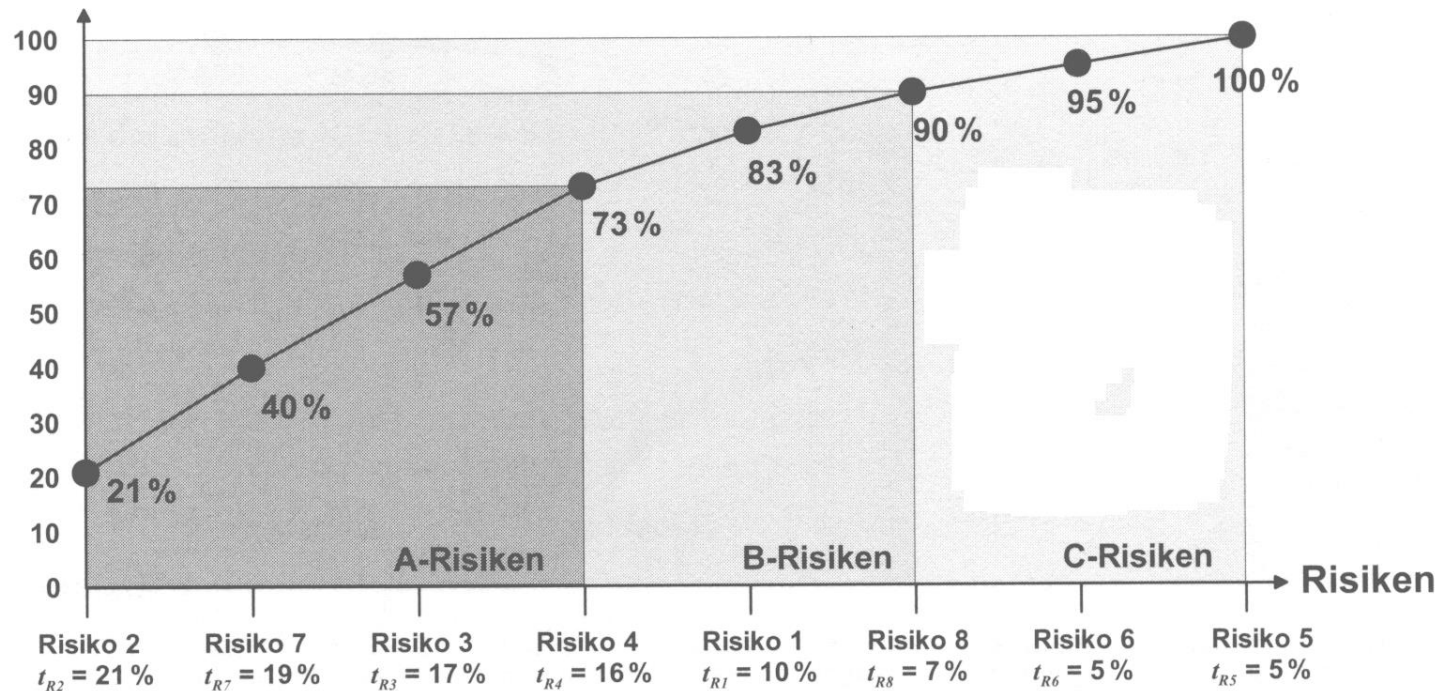
Risikonommer	Eintretens- wahrscheinlichkeit $P_{w1;k}$	Tragweite $T_k$ (Kosten)	%-Anteil an der Summe der Tragweiten	Kumulierter Anteil
Risiko 2	25 %	320'000 €	21 %	21 %
Risiko 7	90 %	300'000 €	19 %	40 %
Risiko 3	40 %	266'000 €	17 %	57 %
Risiko 4	15 %	250'000 €	16 %	73 %
Risiko 1	60 %	150'000 €	10 %	83 %
Risiko 8	80 %	100'000 €	6 %	90 %
Risiko 6	10 %	90'000 €	6 %	95 %
Risiko 5	15 %	70'000 €	5 %	100 %
Summe der Tragweiten		1'546'000 €		

Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

→ ABC-Analyse (Pareto-Analyse)

→ nach Tragweiten (Einteilung A=70%, B=20%, C=10%)

Kumulierte %-Anteile der Tragweite



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008



→ ABC-Analyse (Pareto-Analyse)

→ nach Erwartungswerten (Einteilung A=80%, B=17%, C=3%)

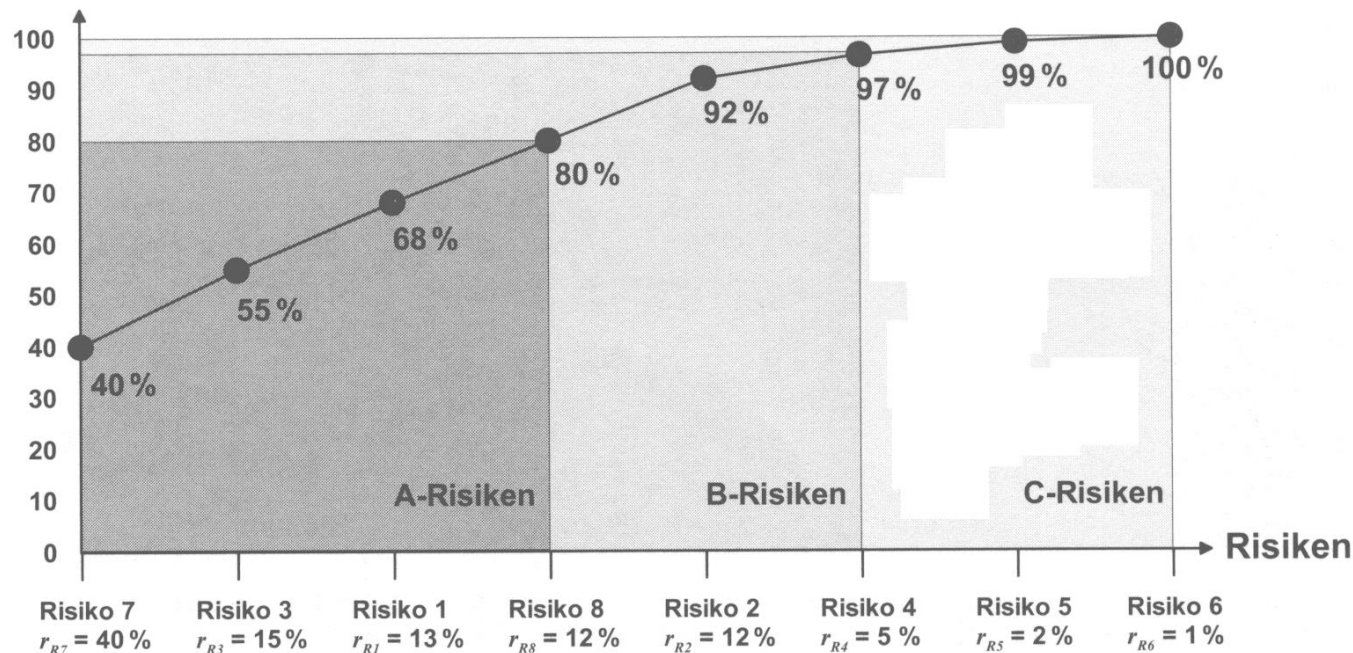
Risikonommer	Eintretens- wahrscheinlichkeit $P_{Wl;k}$	Tragweite $T_k$ (Kosten)	Erwartungswerte $R_{E;k}$	%-Anteil an der Summe der Tragweiten	Kumulierter Anteil
Risiko 7	90 %	300'000 €	270'000 €	40 %	40 %
Risiko 3	40 %	266'000 €	106'400 €	16 %	55 %
Risiko 1	60 %	150'000 €	90'000 €	13 %	68 %
Risiko 8	80 %	100'000 €	80'000 €	12 %	80 %
Risiko 2	25 %	320'000 €	80'000 €	12 %	92 %
Risiko 4	15 %	250'000 €	37'500 €	5 %	97 %
Risiko 5	15 %	70'000 €	10'500 €	2 %	99 %
Risiko 6	10 %	90'000 €	9'000 €	1 %	100 %
Summe der Erwartungswerte			683'400 €		

Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

→ ABC-Analyse (Pareto-Analyse)

→ nach Erwartungswerten (Einteilung A=80%, B=17%, C=3%)

Kumulierte %-Anteile des Risikowerwartungswerts



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projekttrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

# Qualitative und semiquantitative Verfahren

- ⇒ Risikoportfolioanalysen (Risk-Maps)
- ⇒ ABC-Analysen (Pareto-Analysen)
- ⇒ **Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)**
- ⇒ Wirkungsanalyse

- Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)
  - Erwartungswerte der Einzelprojekte werden in vier verschiedene Risikoklassen eingeteilt
    - vernachlässigbares Risiko
    - geringes Risiko
    - mittleres Risiko
    - hohes Risiko
- Grenzen der Risikoklassen ergeben sich z.B. aus
  - prozentualen Anteil Gewinn oder Umsatzes
  - oberen Grenzwerten aus vorherigen Projekten

→ Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)

→ z.B. Grenzen aus prozentualem Anteil

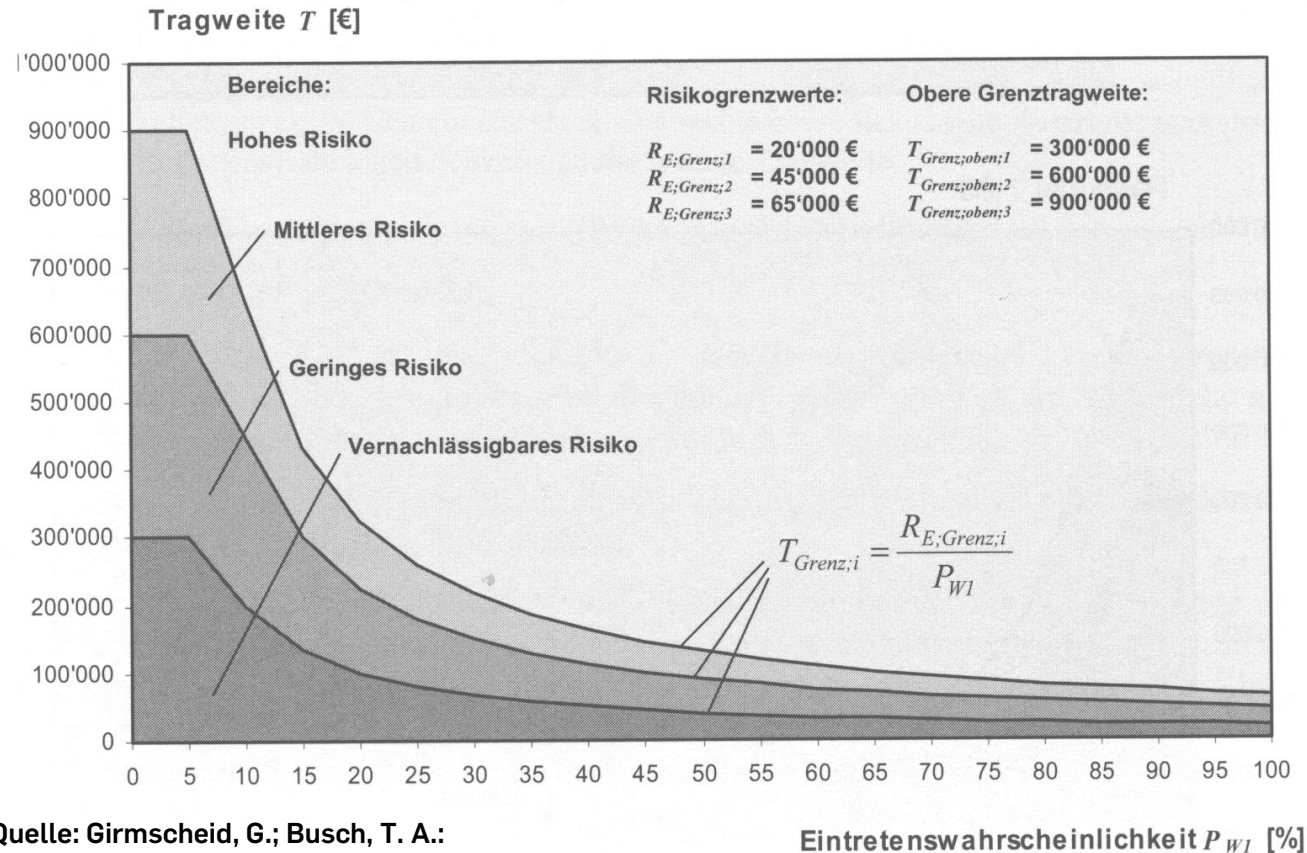
Kostenklassen	Risikoklasse
0 – 20'000 €	Vernachlässigbares Risiko
20'001 – 45'000 €	Geringes Risiko
45'001 – 65'000 €	Mittleres Risiko
65'001 – ∞ €	Hohes Risiko

→ z.B. maximale Obergrenzen

Obere Grenztragweite	
Vernachlässigbares Risiko	300'000 €
Geringes Risiko	600'000 €
Mittleres Risiko	900'000 €

Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

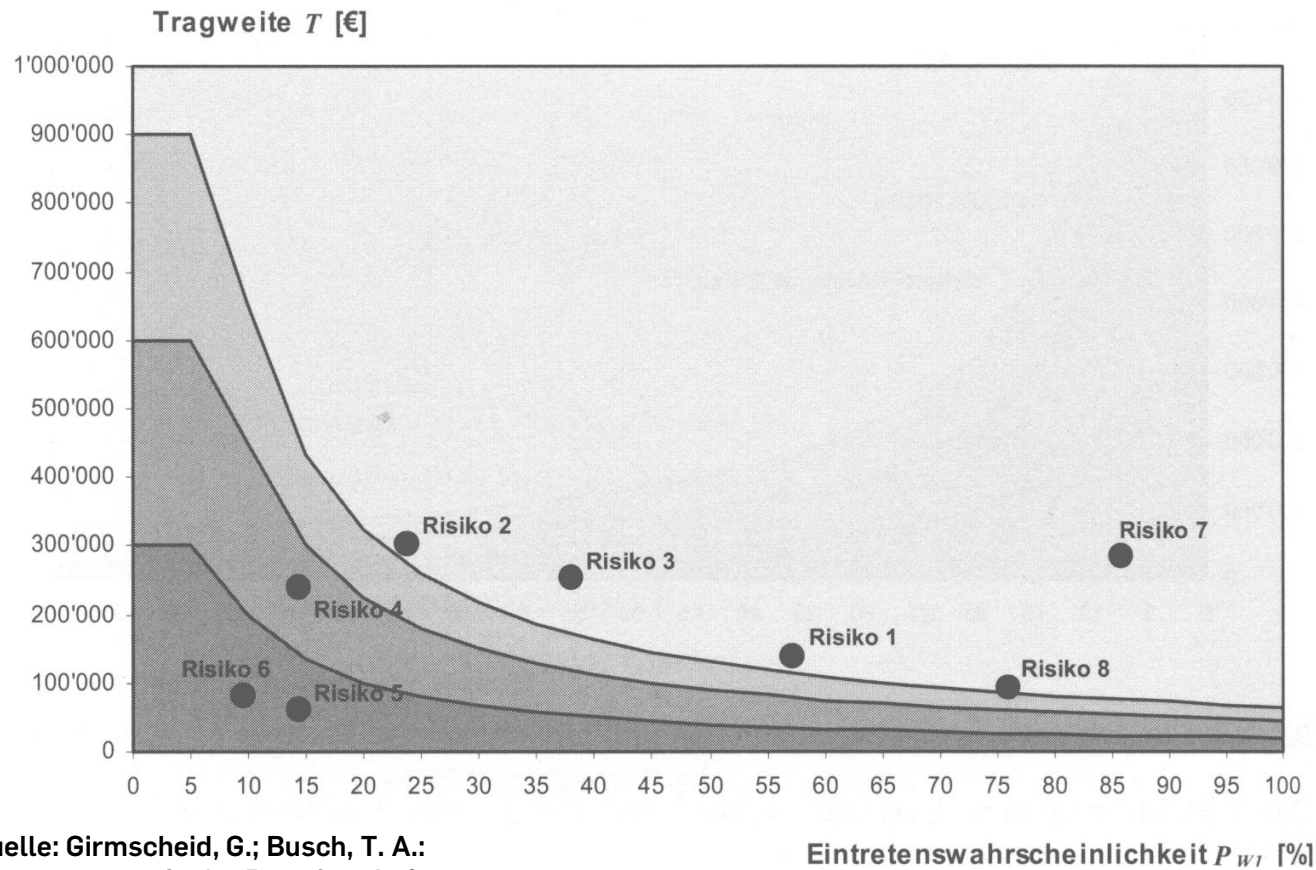
## → Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

Eintretenswahrscheinlichkeit  $P_{WI}$  [%]

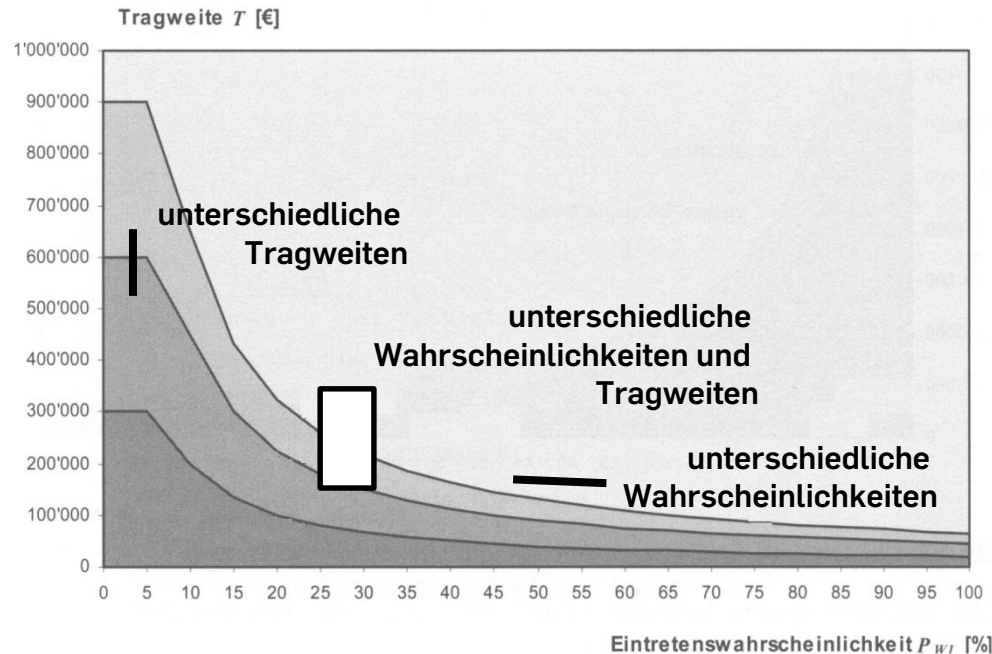
## → Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

Eintretenswahrscheinlichkeit  $P_{WT}$  [%]

- Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)
- Berücksichtigung von verschiedenen Tragweiten und Wahrscheinlichkeiten je Einzelprojekt



Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
Bauwerk Verlag, Berlin, 2008



# Qualitative und semiquantitative Verfahren

- ⇒ Risikoportfolioanalysen (Risk-Maps)
- ⇒ ABC-Analysen (Pareto-Analysen)
- ⇒ Equi-Risk-Contour-Methode (ERCM)
- ⇒ **Wirkungsanalyse**

- Wirkungsanalyse
  - Untersuchung der Risiken bzgl. gegenseitiger Abhängigkeiten
  - Wirkungen zwischen jeweils zwei Risiken werden vereinfacht bewertet
    - ⇒ starke Abhängigkeit      3
    - ⇒ mittlere Abhängigkeit      2
    - ⇒ geringe Abhängigkeit      1
    - ⇒ keine Abhängigkeit      0

- Wirkungsanalyse
- Aufstellung einer Wirkungsmatrix mit Aktiv- und Passivsummen

	Risiko 1	Risiko 2	Risiko 3	Risiko 4	Risiko 5	Aktivsumme
Risiko 1		1	2	3	2	8
Risiko 2	3		1	3	3	10
Risiko 3	0	0		0	2	2
Risiko 4	0	0	0		1	1
Risiko 5	3	1	0	3		7
Passivsumme	1	2	3	9	8	

Quelle: Girmscheid, G.; Busch, T. A.:  
 Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft.  
 Bauwerk Verlag, Berlin, 2008

# Quantitative Verfahren

## Quantitative Verfahren

- Vollständig quantifizierte Einstufung von beiden Parametern
- Beschreibung der beiden Koordinaten (p,s) auf Basis von statistischen bzw. stochastischen Verfahren bzw. Simulationsrechnung

## → Statistische Werte

### ⇒ Mittelwert

Das arithmetische Mittel (auch Durchschnitt)

### ⇒ Median

Ein Wert  $m$  ist Median einer Stichprobe, wenn höchstens die Hälfte der Beobachtungen in der Stichprobe einen Wert  $< m$  und höchstens die Hälfte einen Wert  $> m$  hat

### ⇒ Modalwert

Der Modalwert ist der häufigste Wert einer Häufigkeitsverteilung

## → Statistische Streuungsmaße

### ⇒ Spannweite

Distanz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert

### ⇒ Mittlere Abweichung

Durchschnitt der absoluten Abweichungen vom Mittelwert

### ⇒ Varianz

Durchschnitt der quadrierten Abweichungen vom Mittelwert

### ⇒ Semivarianz

Durchschnitt der negativ quadrierten Abweichungen vom Mittelwert

## → Statistische Werte

### ⇒ Standardabweichung

Einheit-erhaltende Streuung um den Mittelwert. Ergibt sich aus der Quadratwurzel der Varianz

### ⇒ Kovarianz

Nichtstandardisierte Maßzahl für den Zusammenhang zweier statistischer Merkmale

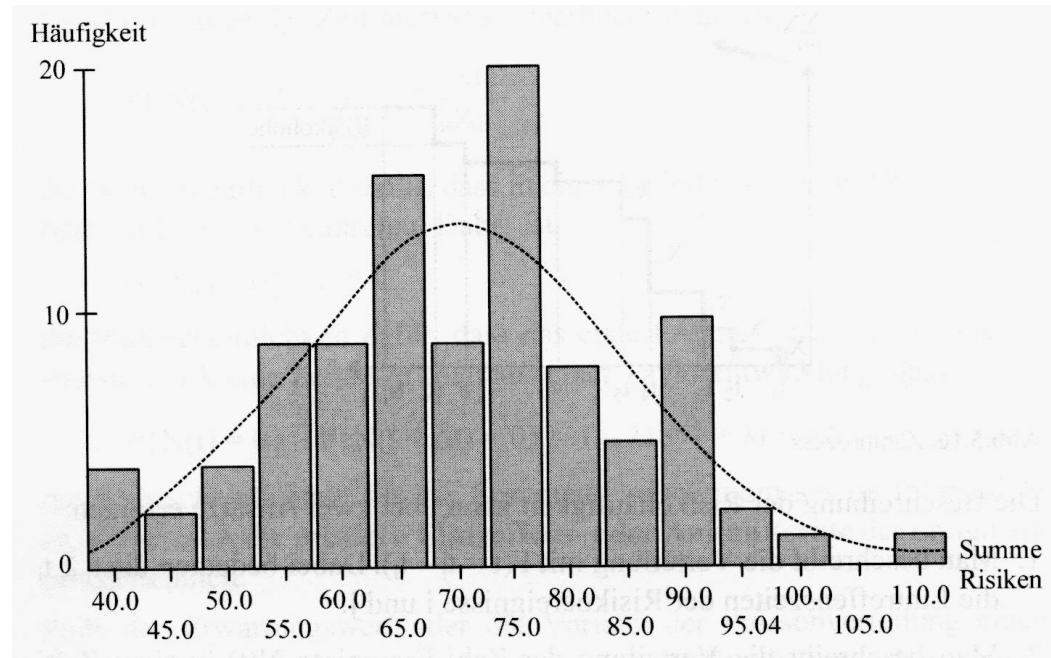
### ⇒ Korrelationskoeffizient

Stärke des linearen Zusammenhangs zweier statistischer Merkmale

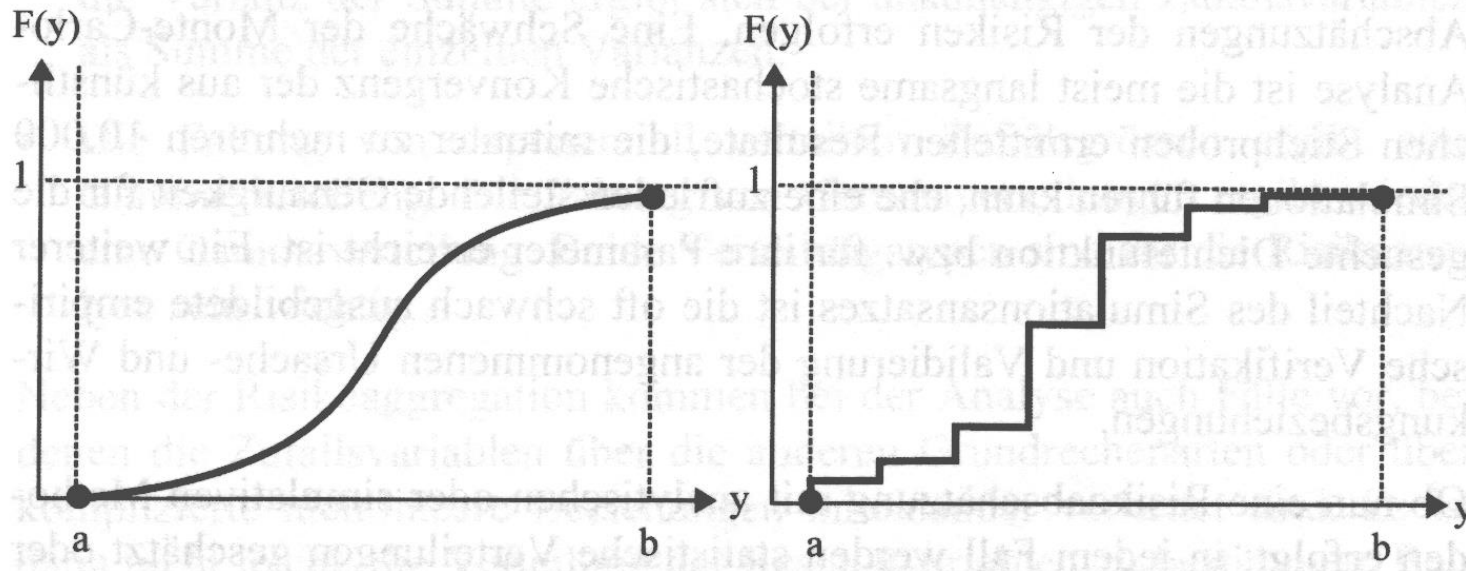


## → Wahrscheinlichkeitsverteilungen

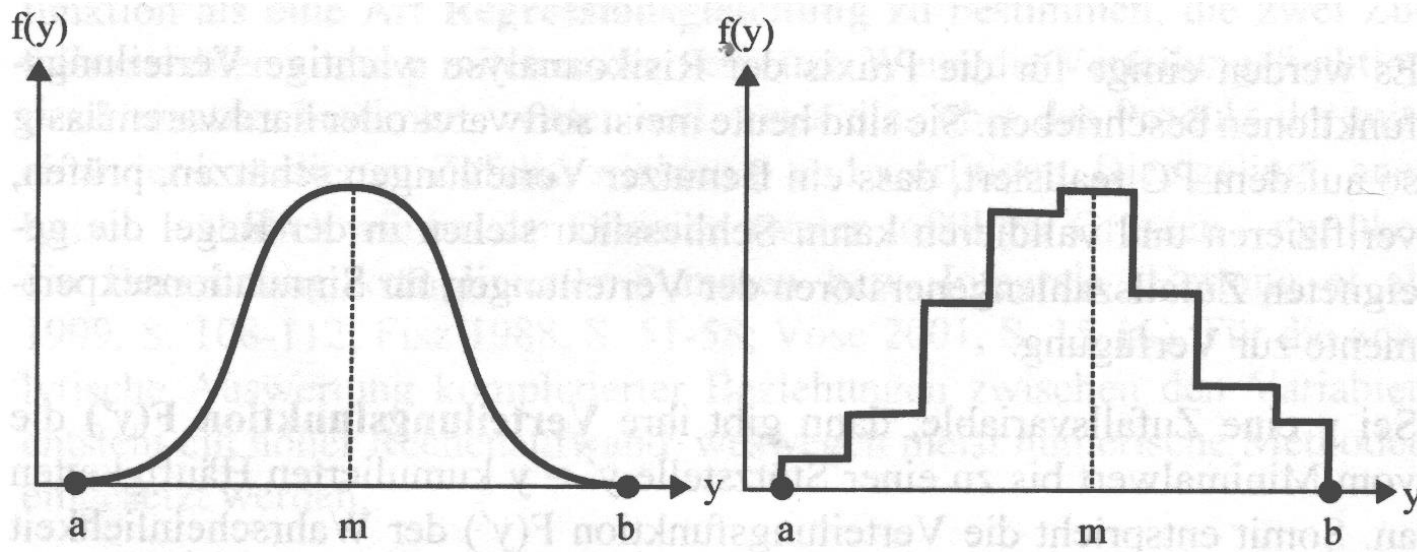
- Die Analyse von vorhandenen oder geschätzten Daten führt in der Regel zur Aufstellung einer statistischen Verteilung, die für zukünftige Prognosen verwendet werden soll



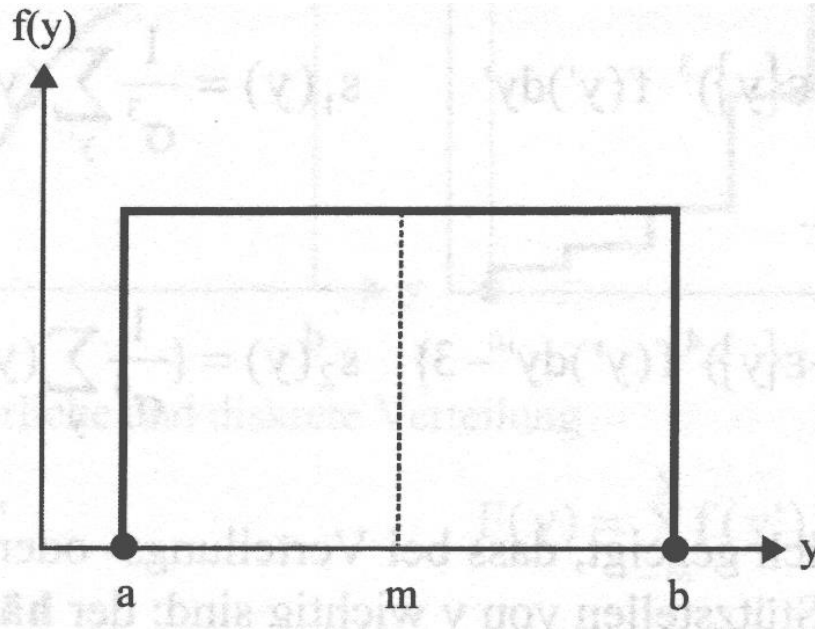
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Verteilungsfunktion



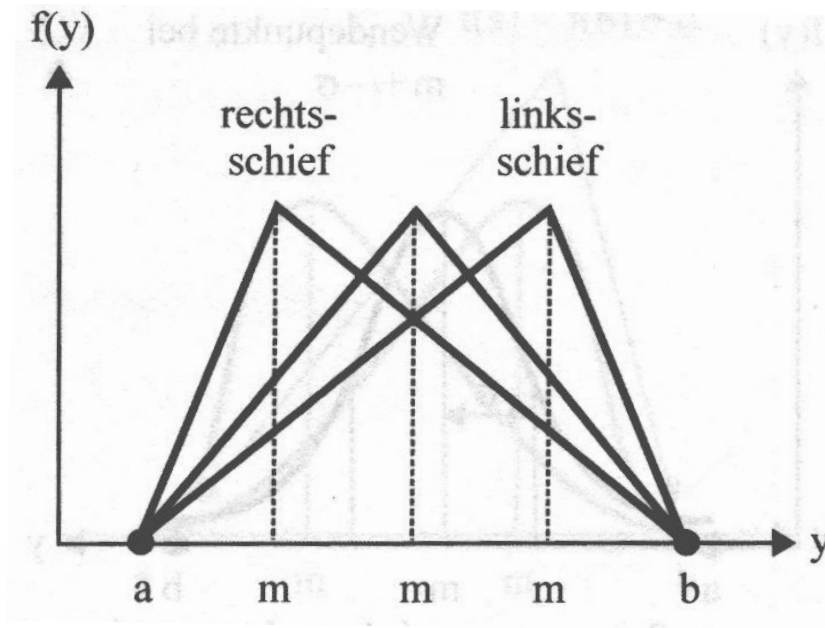
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Dichtefunktion



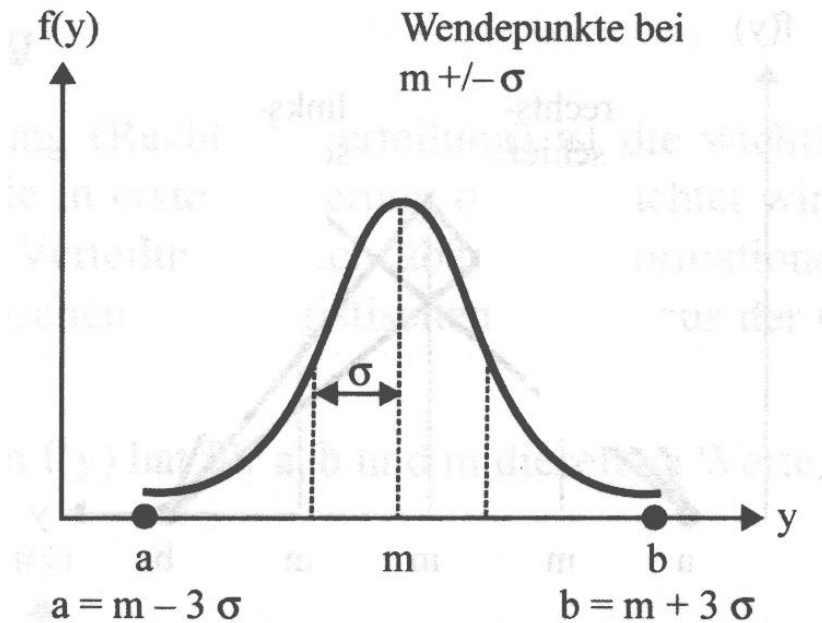
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Gleichverteilung



- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Dreiecksverteilung

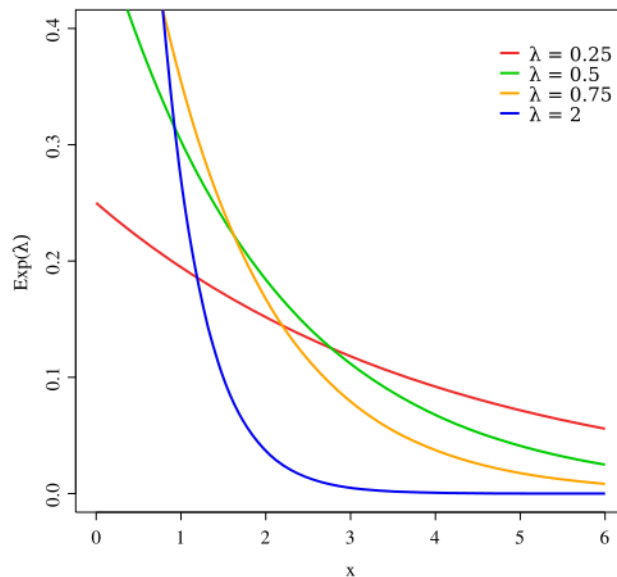


- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Normalverteilung

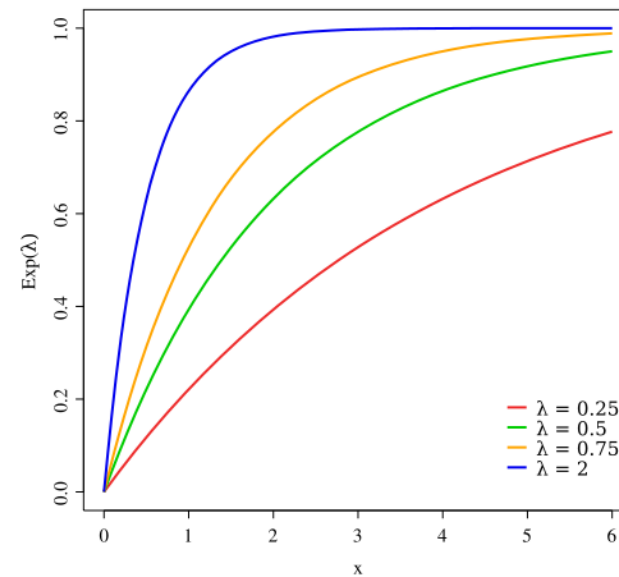


→ Wahrscheinlichkeitsverteilungen

→ Exponentialverteilung

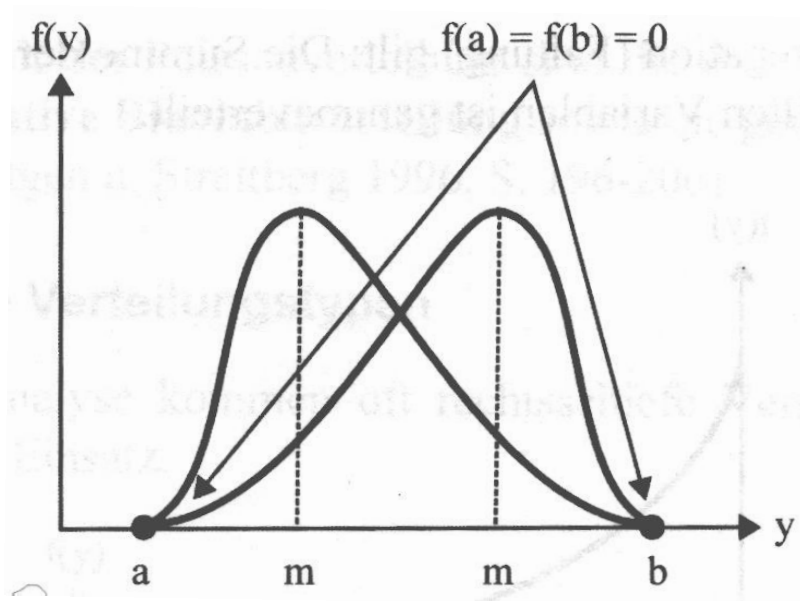


**Dichtefunktion**



**Verteilungsfunktion**

- Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Beta-Verteilung





# Quantitative Verfahren

- ➔ **Korrelationsanalyse**
- ➔ Ereignisbaumanalyse (Event-Tree-Analysis)
- ➔ Bayes'sches Netz
- ➔ Montecarlo-Analyse
- ➔ Value-at-Risk Methode (VaR)

## → Korrelationsanalyse

- ➔ Entscheidung einer Hotelkette für den Bau eines neuen Hotels
- ➔ Wesentliche Bau-Entscheidung liegt in der Standortwahl
- ➔ Mehrere Standorte mit unterschiedlichen Wetterverhältnissen
- ➔ Aufgrund von Erfahrungen wird vermutet, dass die Auslastung stark von den Wetterverhältnissen abhängt

## → Korrelationsanalyse

<b>Jahr</b>	<b>Anzahl der Sonnentage pro Jahr <math>X_i</math></b>	<b>Auslastung in Prozent <math>Y_i</math></b>
1986	207	71
1987	165	60
1988	180	75
1989	195	80
1990	211	87
1991	204	91
1992	264	87
1993	244	79

## → Korrelationsanalyse

1	=	stark positive Abhängigkeit
]1; 0,5[	=	Tendenz zu stark positiver Abhängigkeit
[0,5; 0[	=	Tendenz zu positiver Abhängigkeit
0	=	keine Abhängigkeit
]0; -0,5]	=	Tendenz zu negativer Abhängigkeit
] -0,5; -1[	=	Tendenz zu stark negativer Abhängigkeit

Es ergibt sich ein  $r = 0,56$

- ➔ Tendenz zu stark positiver Abhängigkeit
- ➔ Sonnentage haben einen großen Einfluss auf die Hotelauslastung

→ Beispiel: Berechnung eines Gesamtrisikos auf der Basis von Einzelrisiken und geschätzten Verteilungen

Ein Unternehmen habe ein Portfolio aus fünf heterogenen Risiken mit verschiedenen Verteilungen und möchte den Erwartungswert, die Standardabweichung sowie Gesamtverteilung der gesamten Risikohöhe ermitteln

- Umweltschutzrisiko
  - ➔ normalverteilt ( $a=-10$ ;  $m=-20$ ;  $b=-30$ )
- Investitionsrisiko (Projekt A)
  - ➔ dreiecksverteilt ( $a=10$ ;  $m=30$ ,  $b=40$ )
- Investitionsrisiko (Projekt B)
  - ➔ dreiecksverteilt ( $a=20$ ;  $m=30$ ,  $b=50$ )
- Auslandsbeteiligungsrisiko
  - ➔ normalverteilt ( $a=5$ ;  $m=10$ ;  $b=35$ )
- Forderungsrisiko
  - ➔ exponentialverteilt ( $b = 36.84$ , 1% Wahrscheinlichkeit)

- Es können auch Korrelation durch die Kovarianz für die Gesamtrisikobetrachtung berücksichtigt werden
- Die Korrelation gilt immer in beide Richtungen, daher wird die Kovarianz korrelierter Risiken zweifach berücksichtigt

## Beispiel

- Investitionsrisiken A und B sind positiv korreliert
  - ⇒  $r_{23} = 0.5$
- Investitionsrisiko B und Auslandsrisiko sind negativ korreliert
  - ⇒  $r_{34} = -0.2$

Risiko	a	m	m	E	VAR	$\sigma$
1. Umweltschutz	-10,00	-20,00	-30,00	-20,00	11,11	3,33
2. Investition A	10,00	30,00	40,00	26,67	38,89	6,24
3. Investition B	20,00	30,00	50,00	33,33	38,89	6,24
4. Beteiligung	5,00	20,00	35,00	20,00	25,00	5,00
5. Forderung	0,00	0,00	36,84	8,00	64,00	8,00
<b>Summe</b>					177,89	
<b>2 · COV(X2,X3) mit <math>r_{23} = 0,5</math></b>					38,89	
<b>2 · COV(X3,X4) mit <math>r_{23} = -0,2</math></b>					-12,47	
<b>Gesamtrisiko</b>				<b>68,00</b>	<b>204,31</b>	<b>14,29</b>



# Quantitative Verfahren

- ➔ Korrelationsanalyse
- ➔ **Probabilistische Sicherheitsanalyse**
- ➔ Bayes'sches Netz
- ➔ Montecarlo-Analyse
- ➔ Value-at-Risk Methode (VaR)

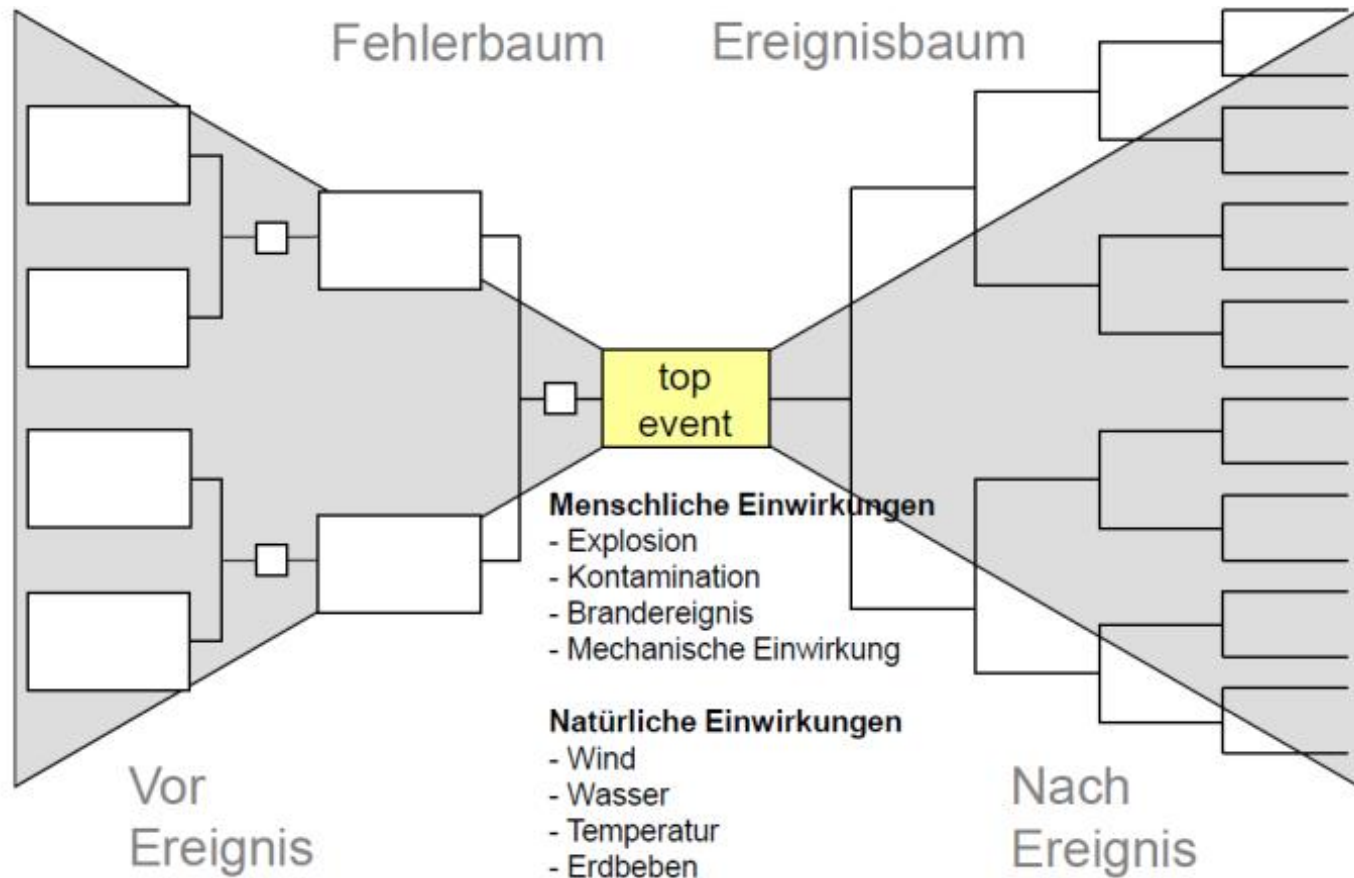
## → Probabilistische Sicherheitsanalyse

- ➔ Anwendung in der sicherheitstechnischen Bewertung von beispielsweise Industrieanlagen, Kernkraftwerken, technischen Systemen oder auch im Bereich der Tunnelsicherheit
  
- ➔ Alle derartigen Analysen basieren auf den Fragen
  - Was kann passieren?
  - Wie wahrscheinlich ist es?
  - Was sind die Auswirkungen?

## → Probabilistische Sicherheitsanalyse

- ➔ Mögliche, das Versagen begünstigende Umstände führen probabilistisch zu einem Versagensereignis (Top-Event oder Initial-Event)
- ➔ Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Events wird mit Hilfe einer Fehlerbaumanalyse oder auch durch statistische Auswertungen (Unfallstatistiken) generiert
- ➔ Von diesem „Top-event“ ausgehend werden alle theoretisch möglichen Endzustände eines Systems abgebildet
- ➔ Bei  $n$  Verzweigungen entstehen so  $2^n$  mögliche Endzustände
- ➔ Hierzu muss zunächst der mögliche Ablauf des Geschehens analysiert und die entscheidenden Parameter herausgearbeitet werde (Festlegung der Verzweigungspunkte)

## „Bow-Tie“-Logik mit Fault- und Event-Tree-Analyse



→ Ereignisbaumanalyse

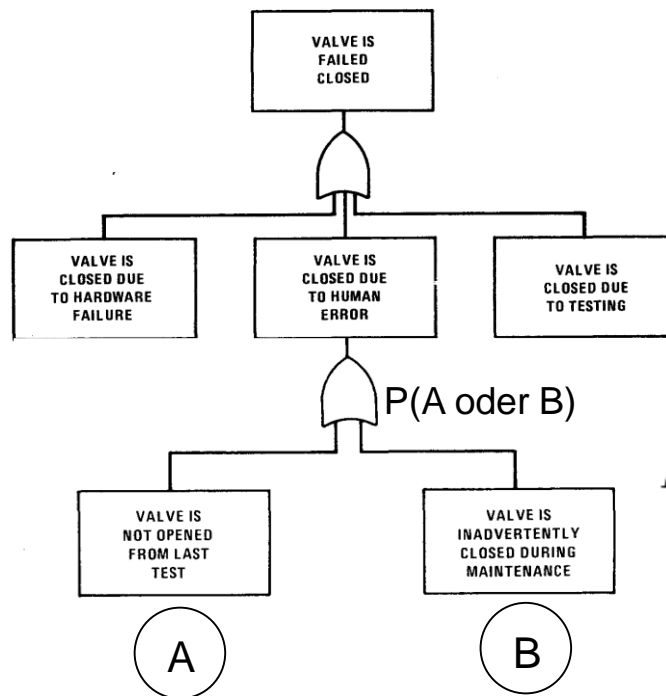
- ⇒ Die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit eines Endzustandes  $e$  ergibt sich aus der Eintrittswahrscheinlichkeit des Top-Events und der des Endzustandes im Event-Tree

$$P_e = P_0 \times \prod_{i=1}^e P_i$$

## → Fehlerbaumanalyse

- ➔ Die Ermittlung Verzweigungswahrscheinlichkeit im Event-Tree basiert auf der Analyse der Versagenswahrscheinlichkeit der korrelierenden technischen Systeme im Verzweigungspunkt
- ➔ Die sich im zugehörigen Fehlerbaum ergebende Ausfallwahrscheinlichkeit lässt sich wiederum über eine Verknüpfung von probabilistischen Größen und Boolescher Algebra errechnen

## → Fehlerbaumanalyse (Beispiel: Fehlfunktion eines Ventils)



$$P(A \text{ oder } B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$

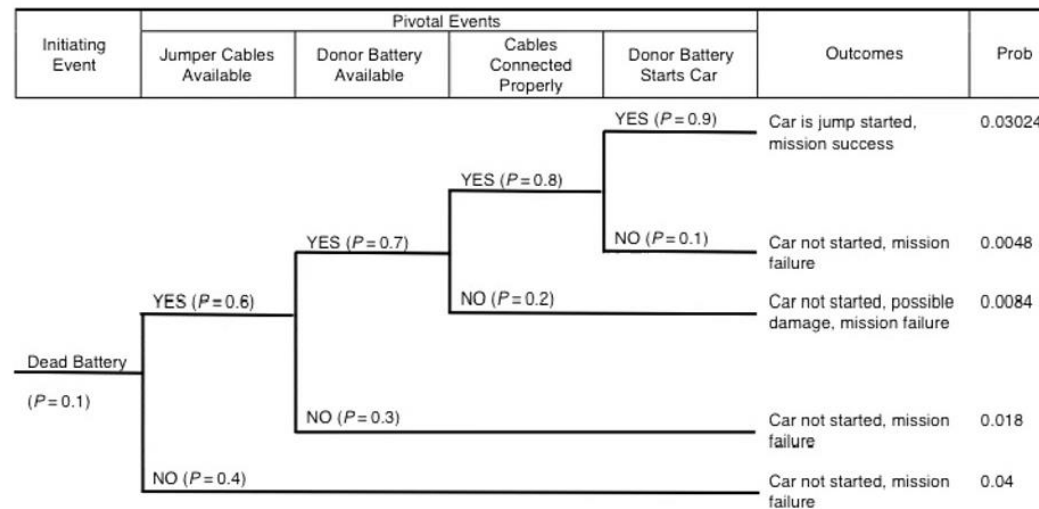
(Quelle: Fault tree handbook)

## → Schadensermittlung

- ➔ Festlegung von Schadensszenarien und Bezifferung der korrespondierenden Eintrittswahrscheinlichkeit
- ➔ Verwendung von Simulationsmodellen (FEM, CFD) zur Schadenermittlung unter Berücksichtigung der verschiedenen Zustandsparameter (Beispiel Rauchausbreitung in einem Tunnel unter der Prämisse ausgefallenen Lichts, ausgefallener Ventilatoren etc.)

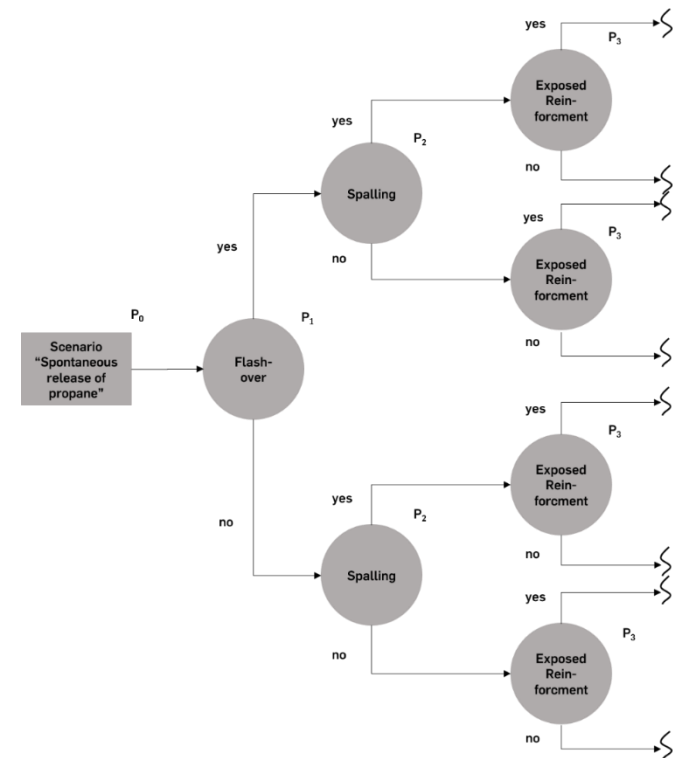


→ Ereignisbaumanalyse (Beispiel: Cassini-Mission)  
mit definierten „Schadens“-szenarien



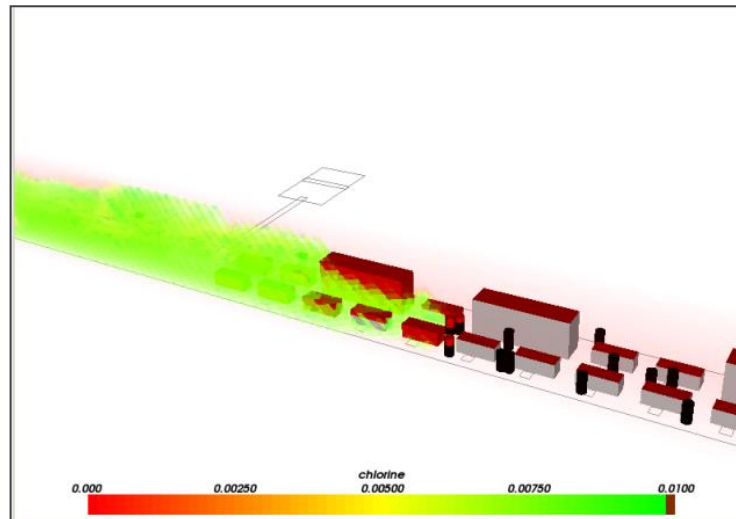
(C) Clifton et al.

→ Ereignisbaumanalyse (Beispiel: Bewertung des strukturellen Risikos eines Tunnels bei einem Großbrand) mit gekoppeltem FEM-Modell zur Schadensanalyse

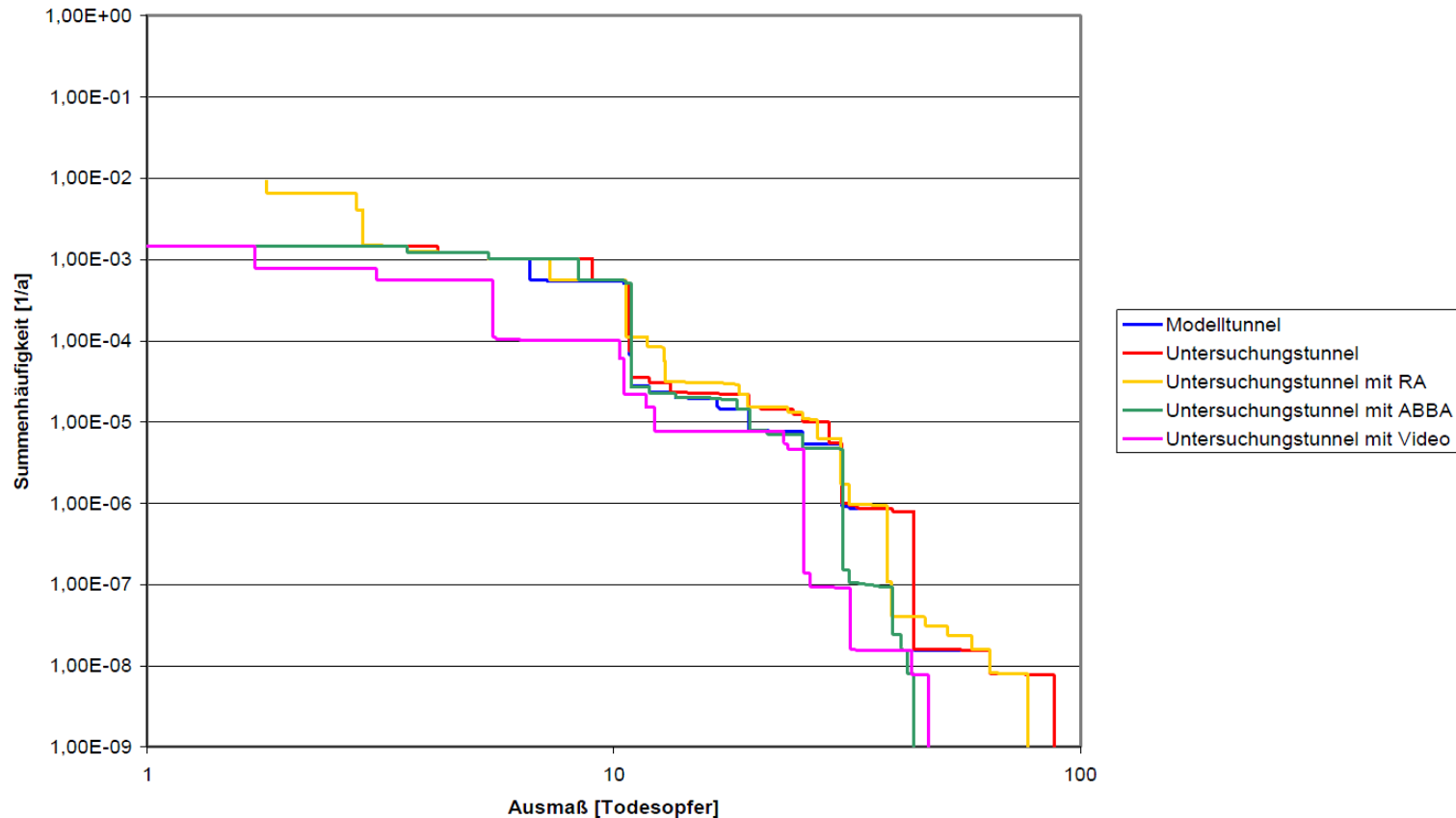


- Ereignisbaumanalyse (Beispiel: Risiko für Tunnelnutzer durch ein Brandereignis)
  - mit gekoppeltem CFD- und Evakuierungsmodell zur Bezifferung des Personenschadens im Brandfall

Initialereignis	Verzweigungen im Ereignisablauf													Endzustände	
	Benzin / Diesel	Freisetzung	Zündung	Ereignisort	Zeit-raum	Verkehrszustand	Detektion erfolgreich	Sperr-einrichtung aktiviert	Löftungs-system aktiviert	weitere Sicherheits-systeme vorhanden und aktiviert	Erhöhtes Ausmaß (Bus)	Grad der Beein-trächtigung des Bauwerks	Dauer der Beein-trächtigung	Verlagerung der Verkehrs-ströme	$P_{ei} = P_0 \prod P_i$
Brand	30 MW / 50 MW / 100 MW	spontan / kontinuierlich	sofort / verzögert	Mitte / Rand	Tag / Nacht	Frei / Stau	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	vollständig / teilweise / keine	Tage / Monate / Jahre	ja / nein	
Wahrscheinlichkeit $P_0$	Verzweigungswahrscheinlichkeiten $P_i$													Wahrscheinlichkeit $P_{ei}$	



## f/n – Kurve als Ergebnisdarstellung



Das Flächenintegral einer jeden Summenhäufigkeitskurve ergibt den sog. Risikoerwartungswert

## → Probabilistische Sicherheitsanalyse (Vorteile)

- ➔ Genaue Abbildung der Schadensentstehung
- ➔ Exakte Verknüpfung von Probabilität, der Entstehung des Szenarios und dem Ausgang desselben

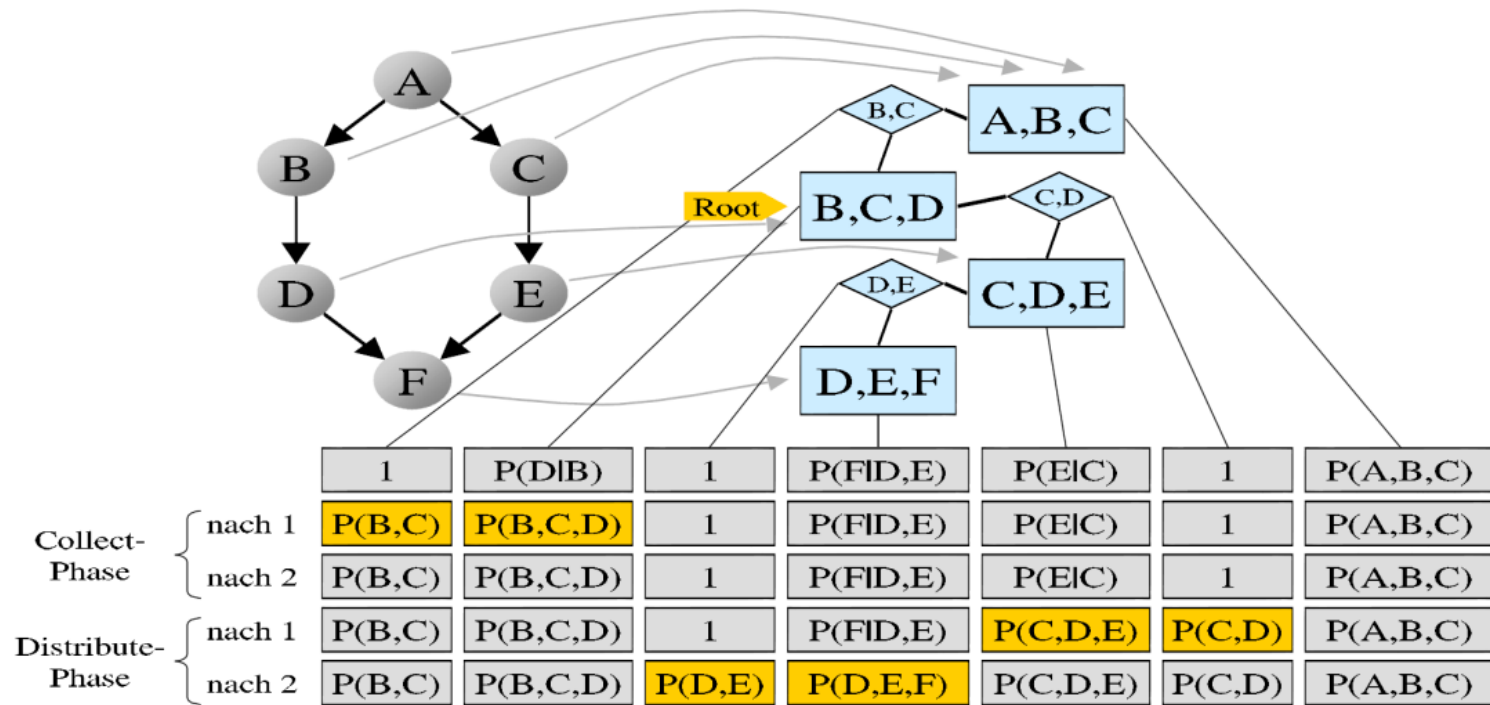
## (Nachteile)

- ➔ Nur disjunkte Eintrittswahrscheinlichkeiten an den Verzweigungspunkten möglich
- ➔ Bei vielen Einflussparametern werden die Event-Trees rasch extrem unübersichtlich

# Quantitative Verfahren

- ➔ Korrelationsanalyse
- ➔ Probabilistische Sicherheitsanalyse
- ➔ **Bayes'sches Netz**
- ➔ Montecarlo-Analyse
- ➔ Value-at-Risk Methode (VaR)

## Bayes'sche Netze

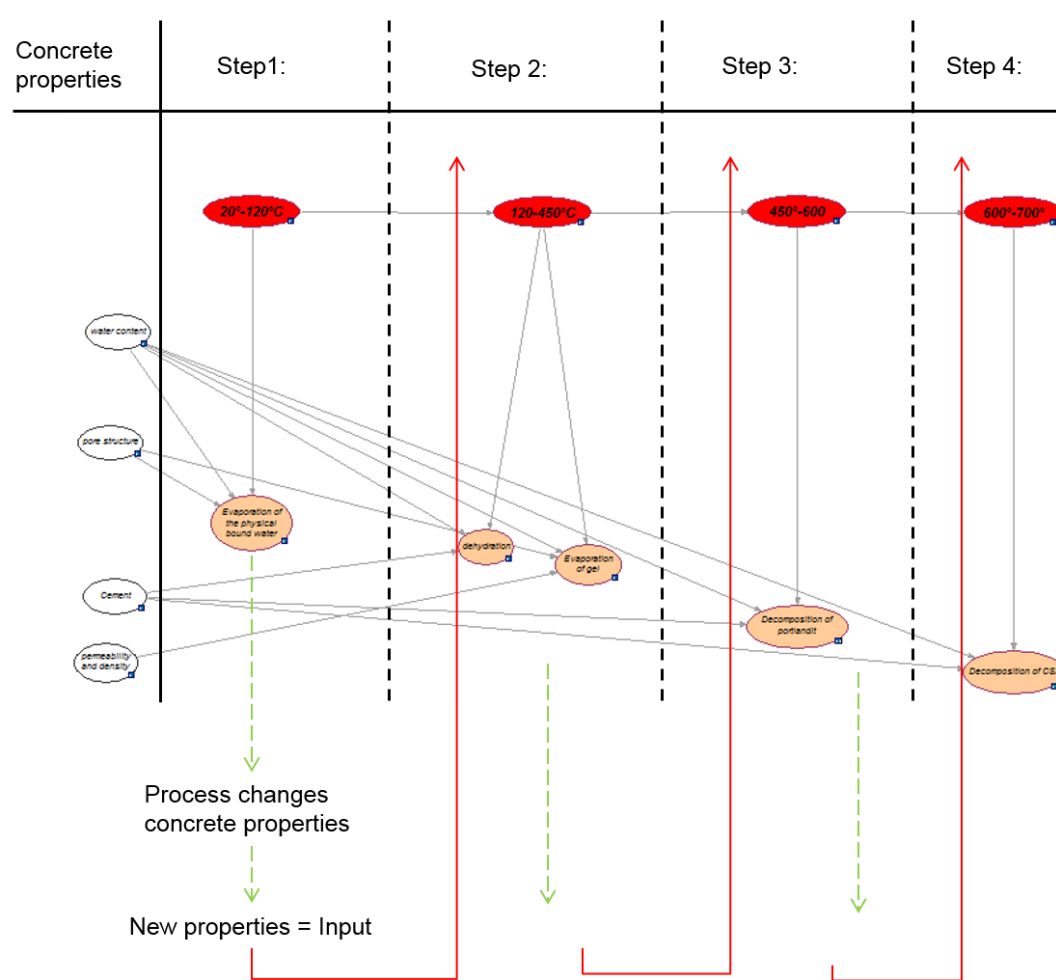


## → Bayes'sches Netz

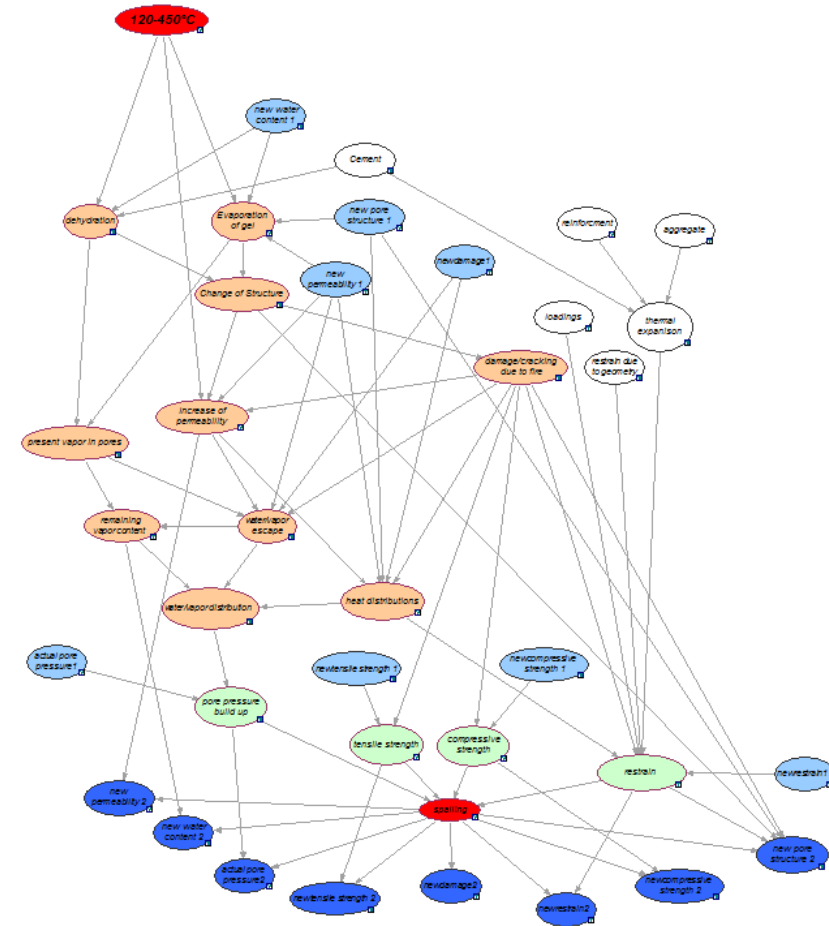
- ⇒ Bildung einer Netzstruktur aller am Zustand eines Systems beteiligten Parameter
- ⇒ Abbildung der untereinander existierenden Abhängigkeiten
- ⇒ Daher Bildung von abhängigen Wahrscheinlichkeiten

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) \cdot P(A)}{P(B)}$$





$$P(A | B) = \frac{P(B | A) \cdot P(A)}{P(B)}$$



## → Bayes'sches Netz (Vorteile)

- ➔ Verknüpfung von Ereignisketten und Abbildung bedingter Wahrscheinlichkeiten möglich
- ➔ Nachträgliche Justierung des probabilistischen Modells durch „Post-Posterior“-Analyse sehr elegant möglich

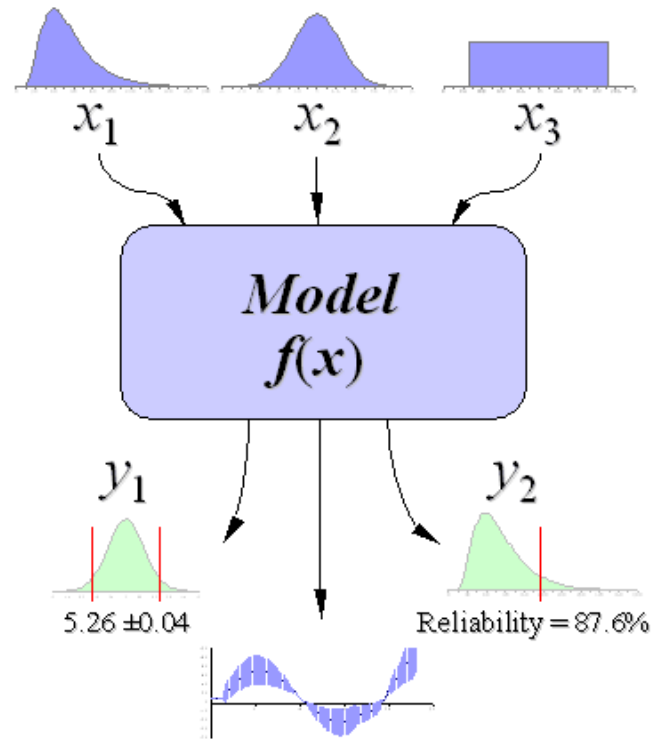
## (Nachteile)

- ➔ Unübersichtlichkeit des Ereignisablaufs im fertigen Netz
- ➔ Durch „Kondensation“ des Netzes können Informationen verloren gehen

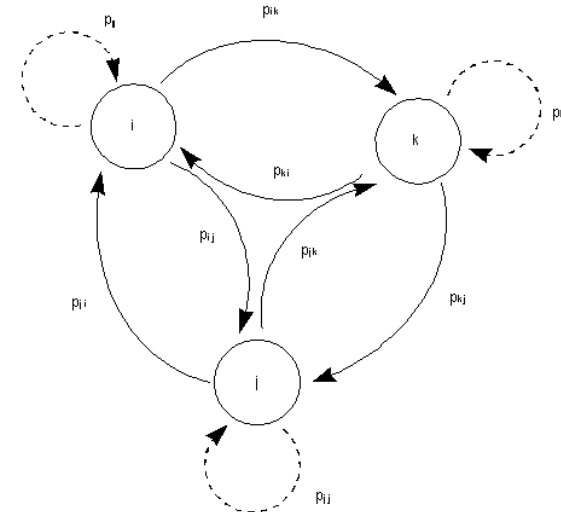
# Quantitative Verfahren

- ➔ Korrelationsanalyse
- ➔ Probabilistische Sicherheitsanalyse
- ➔ Bayes'sches Netz
- ➔ **Montecarlo-Analyse**
- ➔ Value-at-Risk Methode (VaR)

## Monte-Carlo Analyse



## Markov-Ketten



## → Monte-Carlo-Simulation

- ➔ Die Monte-Carlo-Simulation ist ein Verfahren der Stochastik, bei dem viele Zufallsexperimente durchgeführt werden
- ➔ Die einzelnen Ergebnisse werden mit Hilfe statistischer Methoden aufbereitet und ausgewertet

- Analyse des Gesamtrisikos mittels Monte-Carlo-Simulation
  - ➔ Es liegen für Teilrisiken ungenaue Expertenschätzungen (Kosten, Wahrscheinlichkeit) vor
  - ➔ Im Rahmen eines Monte-Carlo-Experimentes wird das Gesamtrisiko auf der Grundlage der Teilrisiken berechnet
  - ➔ Hierzu wird für jedes Teilrisiko verschiedenen Zufallszahlen berechnet und entsprechende Werte für die Kosten bestimmt
  - ➔ Die einzelnen Ergebnisse werden statistisch ausgewertet, um Aussagen über das wahrscheinliche Gesamtrisiko zu erhalten

- Monte-Carlo-Simulation - Beispiel
  - Für ein Projekt wurden die Teilrisiken
    - ➔ Personalmehrkosten und
    - ➔ Materialmehrkosten identifiziert
  - Für die Teilrisiken liegen folgende Schätzungen vor

Personalmehrkosten	Wahrscheinlichkeit	Materialmehrkosten	Wahrscheinlichkeit
0 – 50	20%	0 – 40	20%
51 – 100	40%	41 – 80	70%
101 – 150	30%	81 – 130	10%
151 – 200	10%		

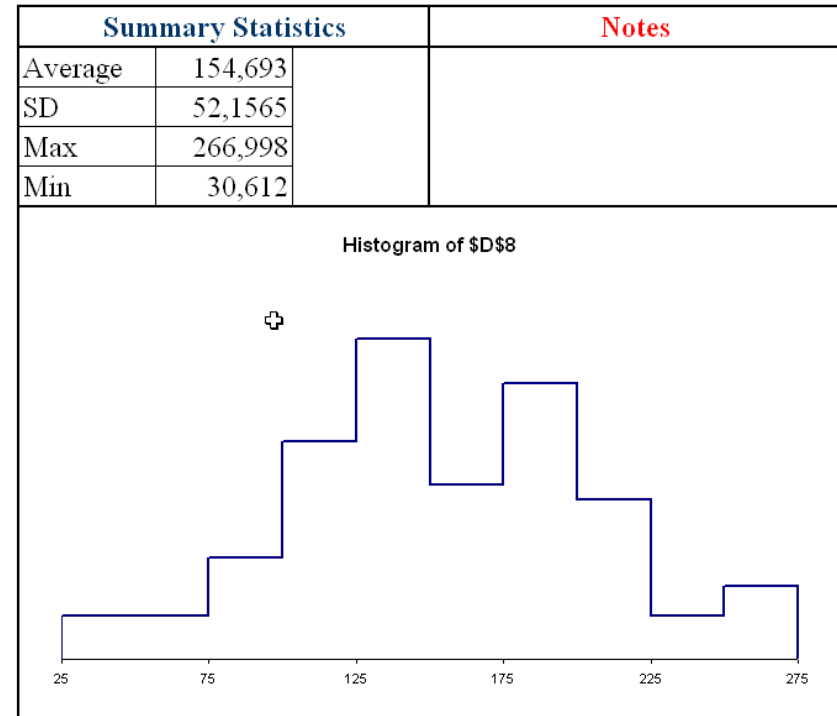
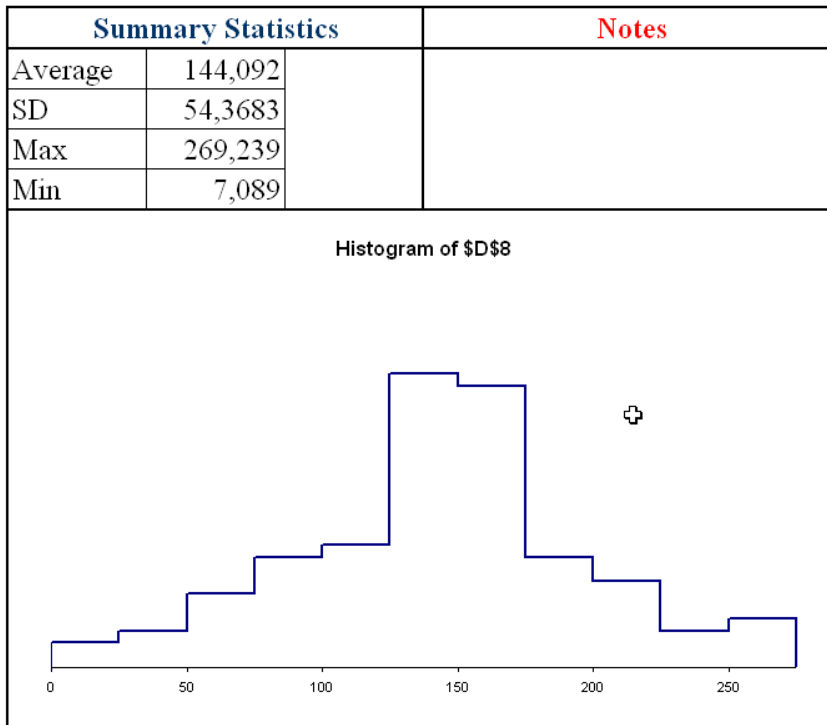
## → Monte-Carlo-Simulation - Beispiel

- ➔ In jedem Simulationslauf wird jeweils eine Wahrscheinlichkeit für die Personalmehrkosten und für die Materialmehrkosten berechnet
- ➔ Außerdem wird eine Schadenshöhe im entsprechenden Intervall zufällig berechnet

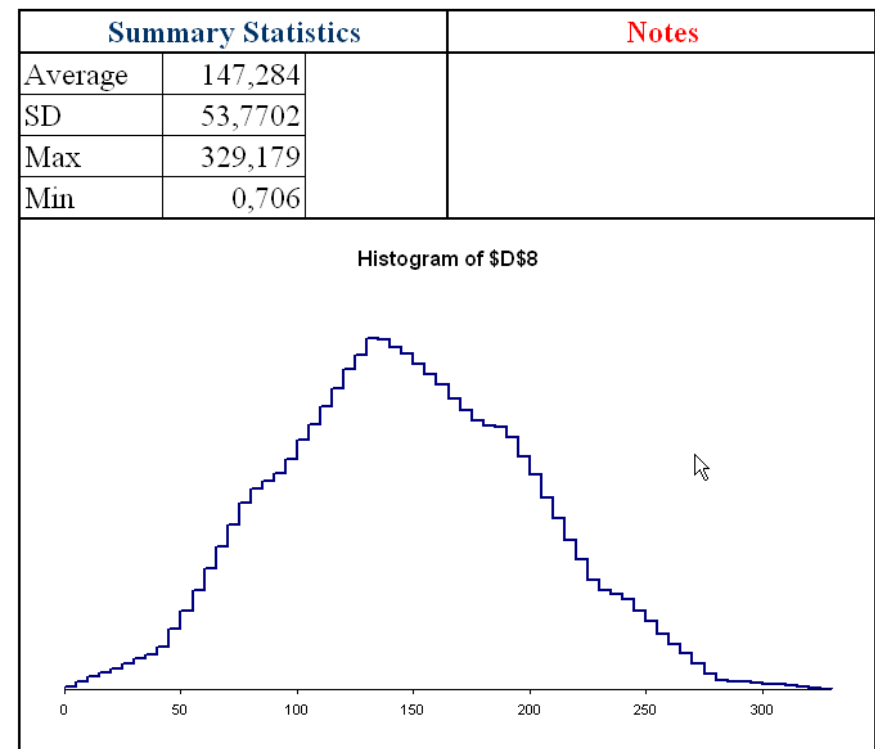
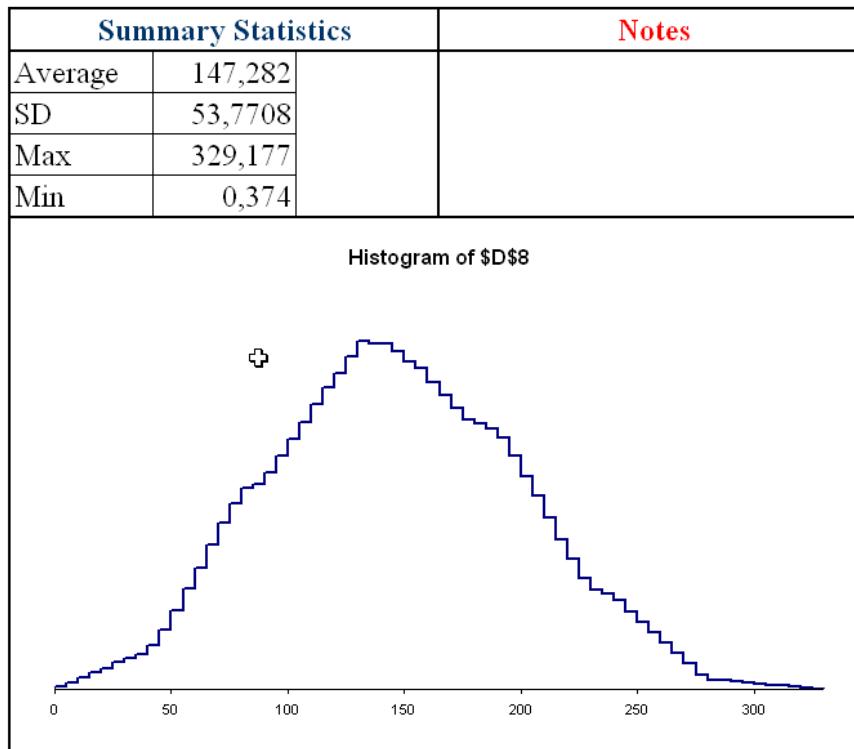
Lauf	Zufall P.	Kosten-Intervall P.	Zufall PK	Mehr-Kosten P.	Zufall M.	Kosten-Intervall M.	Zufall MK	Mehr-Kosten M.	Summe Mehr-Kosten
1	0,11	0 – 50	0,67	33,50	0,27	41 – 80	0,93	77,27	110,77
2	0,66	101 – 150	0,51	125,99	0,01	0 – 40	0,22	8,80	134,79
3	0,55	51 - 100	0,15	58,35	0,54	41 – 80	0,85	74,15	133,50
4	...	...	...	...	...	...	...	...	...



## → Monte-Carlo-Simulation – Beispiel mit jeweils 100 Simulationen

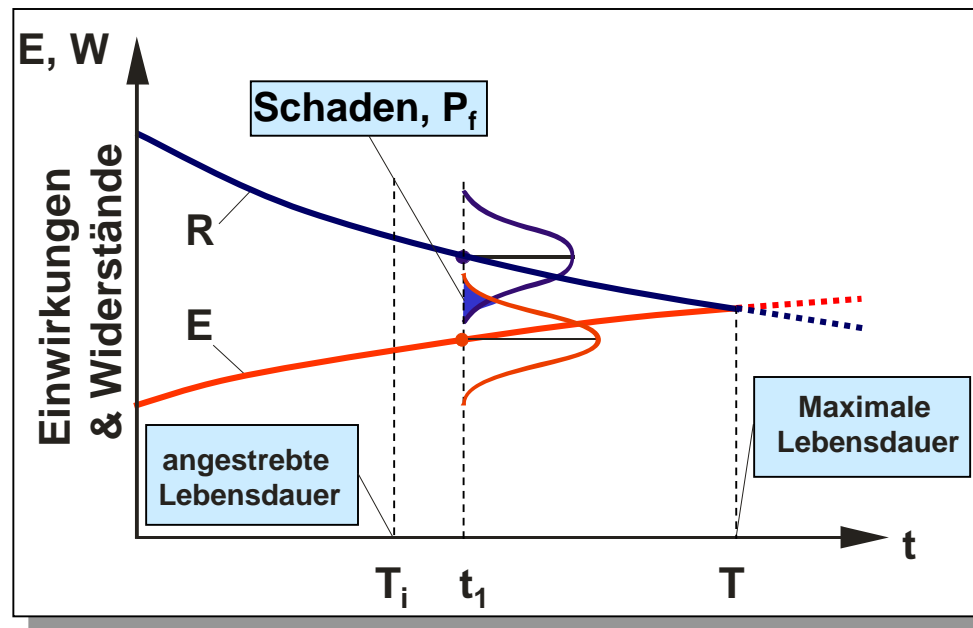


→ Monte-Carlo-Simulation – Beispiel mit jeweils 100000 Simulationen



## → Monte-Carlo-Simulation

Beispiel: Versagenswahrscheinlichkeit eines Bauteils jenseits der angestrebten Lebensdauer



## → Monte-Carlo-Simulation

- Einwirkungen und Widerstände zum Zeitpunkt  $t_1$  lassen sich durch normalverteilte Zustandsvariablen beschreiben, welche wiederum Funktionen von äußeren Lasten (bspw. Verkehr, Temperatur, Wind etc.) und besonderen Einwirkungen (Brand, Explosion, Erdbeben) sowie zeitabhängigen Parametern der Zustandsbeschreibung (Alterung, Degradation etc.) sind.

## → Montecarloanalyse (Vorteile)

- ➔ Ermittlung einer theoretischen Versagenswahrscheinlichkeit ohne das Vorhandensein einer ausreichend großen statistischen Grundgesamt möglich (die Kenntnis des Versagensmechanismus vorausgesetzt)

## (Nachteile)

- ➔ Extrem lange Berechnungsgänge, u.U. sehr große Rechner-Kapazitäten notwendig
- ➔ Fehler in der Abbildung des Versagensmechanismus werden durch das große Datenvolumen „verschmiert“

# Quantitative Verfahren

- ➔ Korrelationsanalyse
- ➔ Probabilistische Sicherheitsanalyse
- ➔ Bayes'sches Netz
- ➔ Montecarlo-Analyse
- ➔ **Value-at-Risk Methode (VaR)**

- Value-at-Risk VaR
  - Der VaR-Wert ist eine einseitige, verlustorientierte Risikokennzahl im Gesamtunternehmenszusammenhang
  - Es wird eine obere Schranke für einen Verlust definiert, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (z.B. 90%) nicht überschritten wird
  - Dieser Verlust sollte entweder oder kombiniert durch
    - Eigenkapital,
    - Gewinne oder
    - Risikozuschlägegedeckt werden.

→ Eigenkapitalabsicherung pro Jahr

→ benötigte Größen

⇒ Jahresumsatz

U

⇒ Eigenkapitalquote

EK in %

⇒ Kapitalumschlag

$\gamma$

$$\text{VaR}_{\text{EK}} \leq \text{EK} \cdot \text{U} / \gamma$$

Maximaler Wert des Risikos, welcher durch Eigenkapital gedeckt werden könnte

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005



→ Gewinnabsicherung pro Jahr

→ benötigte Größen

⇒ Jahresumsatz	$U$
⇒ Kapitalumschlag	$\gamma$
⇒ Umsatzrendite	$r_u$
⇒ Fremdkapitalanteil	$q_{FK}$
⇒ Fremdkapitalzinsen	$z_{FK}$

$$VaR_{\Delta} \leq U / \gamma (\gamma \cdot r_u - q_{FK} \cdot z_{FK})$$

Maximaler Wert des Risikos, welcher durch Gewinnanteile gedeckt werden könnte

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005

- Risiko des Unternehmens
  - ➔ Setzt sich aus den Einzelrisiken verschiedener Projekt zusammen
  - ➔ Es wird davon ausgegangen, dass das Gesamtrisiko normalverteilt ist
  - ➔ Risiko wird in der Regel im Verhältnis zum Projektumsatzes angegeben

## → Risiko des Unternehmens

→ Es wird ein Sicherheitsniveau  $p$  (Risiko wird bei  $p$  % aller Projekte nicht überschritten) festgelegt

- ⇒  $VaR_p$  Value-at-Risk Wert mit Sicherheitsniveau  $p$
- ⇒  $p$  Sicherheitsniveau [%]
- ⇒  $N(0, \sigma)$  Normalverteilung mit Mittelwert 0
- ⇒  $\sigma$  Standardabweichung

## → Risiko des Unternehmens

→ Standardabweichung (% vom Projektumsatz) muss aus Erfahrungswerten vorgegeben werden

→ z.B. Risiko eines jeden Projektes

Standardabweichung    17,00%

VaR<sub>90%</sub>                    21,79%

Bei einer Standardabweichung von 17% muss bei jedem Auftrag  $i$  mit einem Risiko von ca. 21,8% des Projektumfangs gerechnet werden. Dieser Wert wird bei 90% aller Projekte nicht überschritten

$$\mathbf{VaR_i = Projektumsatz \cdot VaR_{90\%}}$$

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005

## → Risiko des Unternehmens

- ➔ Gesamtrisiko ergibt sich aus durchschnittlichen Projektgrößen und entsprechender Anzahl der Projekten
- ➔ z.B. Umsatz von 5 Mio. EURO  
Anzahl  $k=20$  Projekte  
ergibt 250 TEURO pro Projekt im Durchschnitt
- ➔ Gesamtrisiko ergibt sich zu

$$VaR_G = \sqrt{k} \cdot VaR_i$$

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005

## → Risikoabsicherung

- ➔ Es wird gefordert, dass das Gesamtrisiko nicht größer als die Summe der Risikoabdeckung durch Eigenkapital und Gewinn sein darf

$$\text{VaR}_G \leq \text{VaR}_\Delta + \text{VaR}_{\text{EK}}$$

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005

Ein Unternehmen wickelt durchschnittlich 60 Projekte im Jahr ab und erzielt dabei einen Umsatz von 10,5 Mio. € mit einem Kapitalumschlagsfaktor von 6,5. Es wird dabei eine Rendite von 2% angestrebt. Die Eigenkapitalquote liegt bei 9%.

Es soll abgeschätzt werden, ob folgendes Projekt angeboten werden soll

- Angebotssumme inkl. Gewinn (2%) = 450 T€
- Nach Einschätzung von Experten ist das Verlustrisiko normalverteilt mit einem Modelwert von  $m = 50$  T€ und einem maximalen Verlust von 216 T€
- Aktuell liegen die Fremdkapitalzinsen bei 8,5%

$\sigma$ [%]	VaR90 [%]
1	1,28155157
2	2,56310313
3	3,8446547
4	5,12620626
5	6,40775783
6	7,68930939
7	8,97086096
8	10,2524125
9	11,5339641
10	12,8155157
11	14,0970672
12	15,3786188
13	16,6601704
14	17,9417219
15	19,2232735
16	20,504825
17	21,7863766
18	23,0679282
19	24,3494797
20	25,6310313

## → Risikozuschlag

- ➔ Wenn Eigenkapital (ohne Gewinn) nicht ausreicht, muss ein entsprechender Zuschlag  $z_R$  ermittelt werden, um Eigenkapital zu halten

$$z_R \geq \text{VaR}_G - \text{VaR}_{\text{EK}} \quad \text{pro Projekt } z_{\text{RP}} = z_R / k$$

- ➔ Wenn Gewinn nicht ausreicht, muss ein entsprechender Zuschlag  $z_R$  ermittelt werden, um Eigenkapital zu halten

$$z_R \geq \text{VaR}_G - \text{VaR}_\Delta \quad \text{pro Projekt } z_{\text{RP}} = z_R / k$$

- ➔ Wenn auch der Gewinn erhalten werden soll, dann muss der Zuschlag wie folgt erhoben werden

$$z_R \geq \text{VaR}_G \quad \text{pro Projekt } z_{\text{RP}} = z_R / k$$

Quelle: Meinen, H.:  
Quantitatives Risikomanagement im  
Bauunternehmen; Fortschritt-Berichte VDI,  
Reihe 4, Nr. 203, VDI Verlag, Düsseldorf, 2005



Ein Unternehmen wickelt durchschnittlich 60 Projekte im Jahr ab und erzielt dabei einen Umsatz von 10,5 Mio. € mit einem Kapitalumschlagsfaktor von 6,5. Es wird dabei eine Rendite von 2% angestrebt. Die Eigenkapitalquote liegt bei 9%.

Es soll abgeschätzt werden, ob folgendes Projekt angeboten werden soll

→ Angebotssumme inkl. Gewinn (2%) = 450 T€

→ Nach Einschätzung von Experten ist das Verlustrisiko normalverteilt mit einem Modelwert von  $m = 50$  T€ und einem maximalen Verlust von 216 T€

→ Aktuell liegen die Fremdkapitalzinsen bei 8,5 %

**→ Wie groß muss der Risikozuschlag sein, um das Eigenkapital zu sichern?**

$\sigma$ [%]	VaR90 [%]
1	1,28155157
2	2,56310313
3	3,8446547
4	5,12620626
5	6,40775783
6	7,68930939
7	8,97086096
8	10,2524125
9	11,5339641
10	12,8155157
11	14,0970672
12	15,3786188
13	16,6601704
14	17,9417219
15	19,2232735
16	20,504825
17	21,7863766
18	23,0679282
19	24,3494797
20	25,6310313

## → Value-at-Risk-Methode (Vorteile)

- ➔ Risikoanalyse unter Vordefinition einer Absicherung und eines Risikorahmens möglich

## (Nachteile)

- ➔ Der VaR beruht vornehmlich auf Vergangenheitswerten
- ➔ Bei fiskalen Risiken wird nur eine Messung normaler Kursschwankungen berücksichtigt und es erfolgt keine Einbeziehung von abrupten oder extremen Entwicklungen

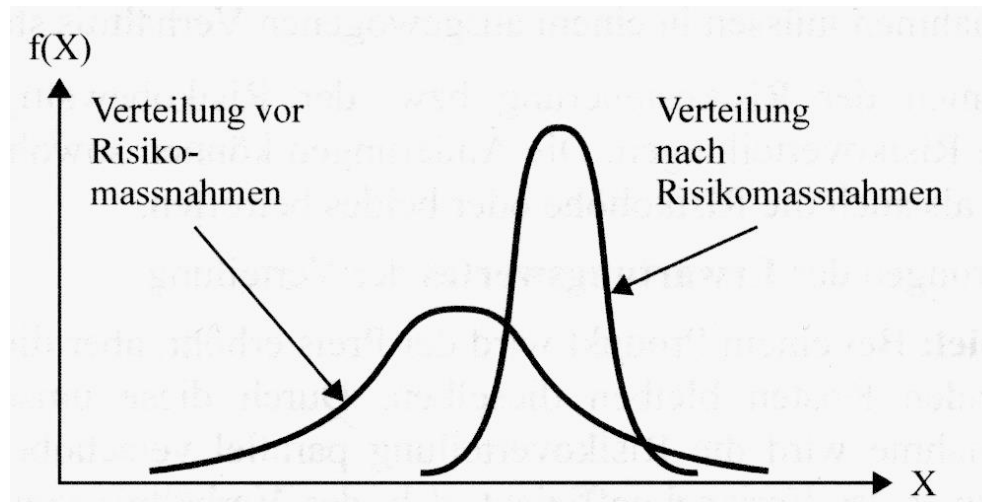
## 4. Teil: Risikoanalyse und Risikomanagement

- Value-Engineering
- Grundlagen der Risikoanalyse
- Risikoevaluierung
- **Risikomanagement und Risikosteuerung**
- Risikomanagement bei Großprojekten

- Maßnahmen der Risikosteuerung bzgl. der Risikobewältigung ändern meist die Risikoverteilungen
- Änderungen können sowohl die Risikofrequenz als auch die Risikohöhe oder beides betreffen
- Z.B. Änderung
  - ⇒ des Erwartungswertes
  - ⇒ der Varianz

- Beispiel Änderung des Erwartungswertes
  - ⇒ Preis erhöhen
  - ⇒ Risikogrößen bleiben die selben
  - ⇒ Erwartungswert wird erhöht
  - ⇒ Standardabweichung ändert sich nicht

- Beispiel Änderung der Varianz
  - ➔ Streuung der Qualität oder Kosten durch Standardisierung verringern
  - ➔ Erwartungswert ändert sich nicht
  - ➔ Standardabweichung wird verringert



- Grundvarianten der Risikobewältigung in einem Unternehmen sind
- ⇒ die Vermeidung des Risikos,
  - ⇒ die Reduktion und Begrenzung des Risikos
  - ⇒ der Selbstbehalt oder Tragen des Risikos
  - ⇒ die Überwälzung oder Verlagerung des Risikos
  - ⇒ die Teilung des Risikos

## → Mechanismen der Risikobewältigung

<i>Häufigkeit</i> → <i>Risikohöhe</i> ↓	<i>Gross</i>	<i>Gering</i>
Hoch	Vermeidung Reduktion	Verlagerung Teilung
Niedrig	Reduktion Selbstbehalt	Selbstbehalt



## → Beispiel für Risikotypen und ihre Risikobewältigung

<i>Risiko- behandlung</i>	<i>Entwicklungs- fehler</i>	<i>Produktions- fehler</i>	<i>Instruktions- fehler</i>
Vermeidung	keine Neuentwicklungen, Lizenzproduktion	Fremdfertigung und Zukauf	keine erklärungs- bedürftigen Produkte
Reduktion	beherrschbare Technologie, verstärkte Qualitätskontrolle oder Qualitätszirkel	Ausbildungs- investitionen, verlängerte Anlaufphase, verstärkte Qualitätskontrolle	Markttests
Selbstbehalt	Rücklagenbildung, Wertberichtigungen und Rückstellungen	Rücklagenbildung, Wertberichtigungen und Rückstellungen	Rücklagenbildung, Wertberichtigungen und Rückstellungen
Verlagerung	Abschluss von Produkt- und Betriebshaftpflicht- versicherungen	Abschluss von Produkt- und Betriebshaftpflicht- versicherungen	Abschluss von Produkt- und Betriebshaftpflicht- versicherungen
Teilung und Diversifikation	Entwicklungs- kooperation, Auslagerung von F&E in eigene Gesellschaft	Auslagerung der Produktion in eigene Gesellschaft, Produkti- on mit Partnern	Auslagerung des Vertriebs in eigene Gesellschaft, Dokumentations- und Instruktionsvertrag

## → Risikovermeidung

- Die Risikovermeidung ist in der Regel keine effiziente Behandlung des Risikos, da hierbei oft Chancen für das Unternehmen außer Acht gelassen werden
- Durch den Ausschluss bestimmter Risiken ändert sich die Risikoverteilung eines Unternehmens
  - ➔ keine Investitionen in bestimmten Ländern
  - ➔ riskant betrachtet Geschäftsbeziehungen kündigen
  - ➔ nur vielfach bewährte Techniken einsetzen
  - ➔ sich auf bestehende Geschäftsbereiche konzentrieren

- Selbstbehalt oder Tragen des Risikos
  - Bilden von finanzieller, materieller oder personeller Reserven im Unternehmen, damit kleinere Risiken selber ausgeglichen werden können
  - Finanzielle Reservebildung
    - Rücklagen, Wertberichtigungen, Rückstellungen
    - Gewinn des Unternehmens wird schon vorab verringert
  - Personelle Reservebildung
    - Reservepersonal für Krankheitsfälle oder Fluktuation
  - Materielle Reservebildung
    - Aufbau von Lagerbeständen, mehrere Zulieferer

- Überwälzung oder Verlagerung des Risikos
  - Nicht der Transfer des Risikos an sich, sondern die damit verbundenen Folgekosten
  - Versicherung
    - Personenversicherungen
      - ⇒ Unfallversicherung
      - ⇒ Lebensversicherung
    - Sachversicherungen
      - ⇒ Feuerversicherung
      - ⇒ Kreditversicherungen

- Überwälzung oder Verlagerung des Risikos
  - Rückversicherung
    - ⇒ Risikoteilung zwischen Versicherungsunternehmen
    - ⇒ Sie erlauben es einem Versicherer, auch für große Risiken (wie Flugzeuge, Industriebetriebe oder auch die Haftpflicht ganzer Konzerne) die Deckung zu übernehmen