

# Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung

Dr. Jochen Köhler

# Inhalte der heutigen Vorlesung

- Die Organisation der Vorlesung - Administratives
- Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?
- Entscheidungsprobleme im Ingenieurwesen, Beispiele
- Das Vorlesungsprogramm
- Datenerhebung

# Was bieten wir Ihnen an?

- Wir haben folgendes zu bieten:
  - Zielgerichtete Präsentation von erforderlichem Wissen
  - Anleitung zum Selbststudium
  - Unterstützung zur Entwicklung Ihrer Fertigkeiten
  - Unterstützung zur Beurteilung Ihrer Lernerfolge
  - Erläuterung der Relevanz des Stoffes anhand von Beispielen
- Unsere Arbeit ist auf Ihren Lernerfolg ausgerichtet, und das nehmen wir ernst.

# Struktur und Organisation der Vorlesung

- 13 wöchentliche Vorlesungen mit jeweils zwei Teilen à 45 Minuten
- 12 wöchentliche Übungsvorlesungen mit jeweils zwei Teilen à 45 Minuten
- 2 Teilprüfungen à 90 Minuten
- Es werden etwa 3 Stunden Selbststudium pro Woche empfohlen

# Die Vorlesung im Netz

[http://www.ibk.ethz.ch/fa/education/ss\\_statistics](http://www.ibk.ethz.ch/fa/education/ss_statistics)

Inhalt:

- Vorlesungsprogramm und Daten
- Präsentationsfolien der Vorlesung und der Übungen (hochgeladen je einen Tag vor der jeweiligen Veranstaltung)
- Übungen/Lösungen (zum Herunterladen)
- Vorlesungsskript (zum Herunterladen)
- Gruppeneinteilung für die Übungsvorlesung
- Glossar (Deutsch-Englisch)
- Video von der Vorlesung von letztem Jahr (in Englisch)

# Organisation der Vorlesung

Wann??	Normalerweise... Dienstags 8-10
Wo??	HIL E1
Ausnahmen:	Donnerstag 6.03.07 8-10 HIL E4 (Vorlesung anstelle Übung) Weitere Ausnahmen gemäss Vorlesungsprogramm
Skript (English)	Kann von der Internetseite der Vorlesung heruntergeladen werden

# Organisation der Übungsvorlesung



Eva Sabiote  
HIL E 13.1

Mathias Graf  
HIL E 23.1



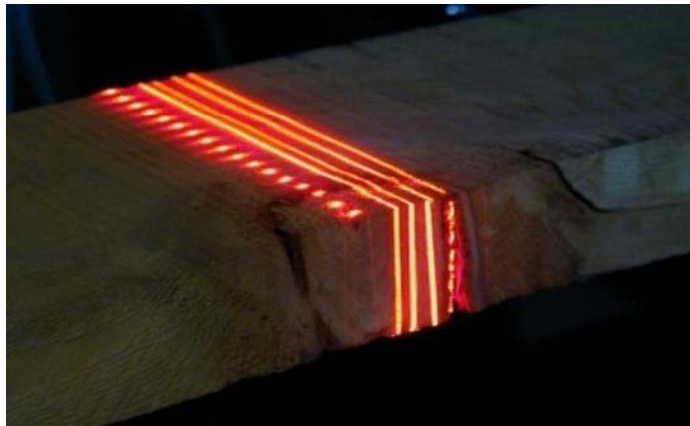
Markus Sandomeer  
HIL E 23.1

Andreas Kurz  
HIL E 22.2

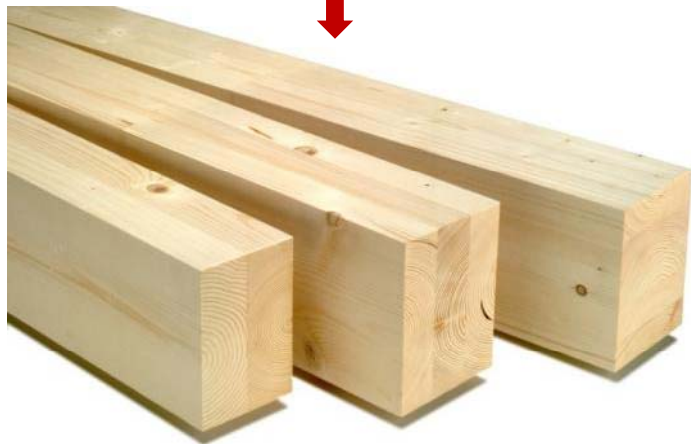


# Effiziente Sortiermethoden für Holz als Baumaterial

Wirklichkeit



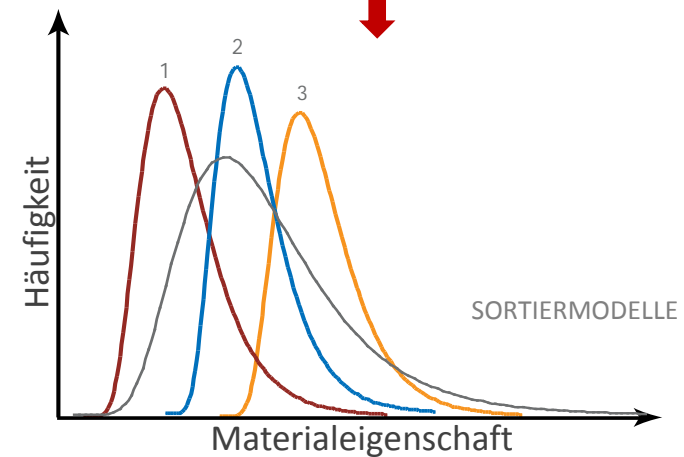
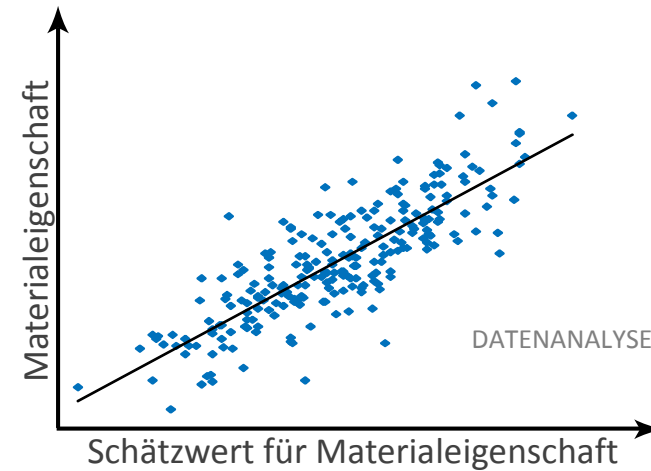
MICROTEC GmbH, Italy



Schmölzer, proHolz Austria/LIGNUM

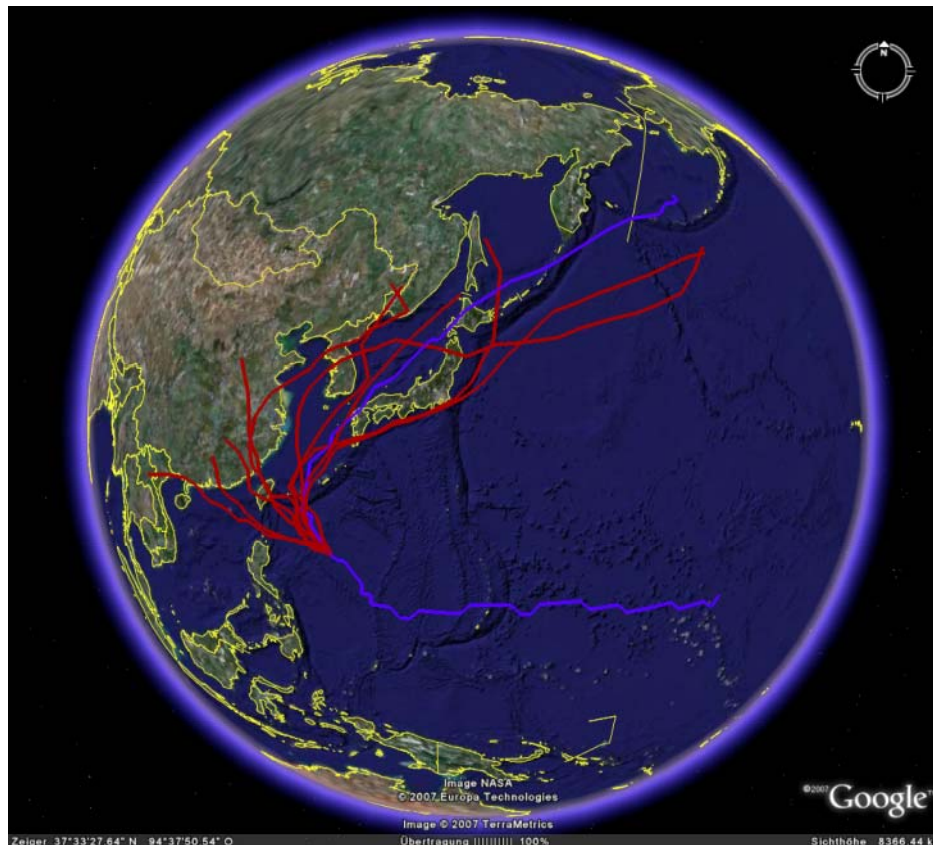
Baumaterial

Modell





# Taifunmodell für Nord-west Pazifik



- Meteorologische Daten  
Versicherungsdaten
- Statistische Analyse
- Modellerstellung
  - Verhalten von Taifun
  - Einfluss von Taifun auf Gebäude

# Brandrisikobewertung für Wohn- und Industriebauten

- Versicherungsdaten, Daten der Feuerwehr, Polizeidaten, Statistisches Zentralamt
- Statistische Analyse
- Modellerstellung
  - Verhalten von Brand
  - Einfluss von Brandschutzmassnahmen
  - Materialeigenschaften



# Unterhaltsplanung von Lawinenstützwerken

- Welcher Zustand eines Werkes führt dazu, dass menschliches Leib und Gut gefährdet wird? Wie kann dieser Zustand zuverlässig „entdeckt“ werden?



Foto: Abteilung Naturgefahren des Kantons Bern

## Unsicherheiten:

- Einwirkungen (Schnee)
- Zustand der Werke (Defekte Rostbalken oder Verbindungen, Foundation, Materialermüdung)
- Schutzpotential
- Entdecken von „geschädigten“ Elementen

# Organisation der Übungsvorlesung

Wann??

Normalerweise... Donnerstags 8-10

Wo??

HCI H 2.1

Studierende A - Eg

HCI D 8

Studierende Eh - K

HCI D 2

Studierende L - R

HIL E 4

Studierende S – Z

Startzeit der Übungen im HIL und im HCI, per  
Abstimmung: 8.00 Uhr

8. 00 – 8.45, Pause 10 Minuten, 8. 55 – 9.40

Ausnahmen:

Dienstag 11.03.07 8-10 (Übung anstelle  
Vorlesung)

Weitere Ausnahmen gemäss Vorlesungsprogramm.

Gruppeneinteilung:

Die Listen finden sich auf der Internetseite.

# Organisation der Übungsvorlesung



- Übungen folgen der Vorlesung
- Für eine Aufgabe werden Hinweise zum Lösungsweg gegeben; diese Aufgabe soll in Gruppen auf die nächste Übungsstunde gelöst werden



- Assistierende stehen für Fragen zur Verfügung! “Beratungsstunden” werden in der 1. Übungsstunde festgelegt und dann auf der Homepage veröffentlicht



## Was erwarten wir von Ihnen?

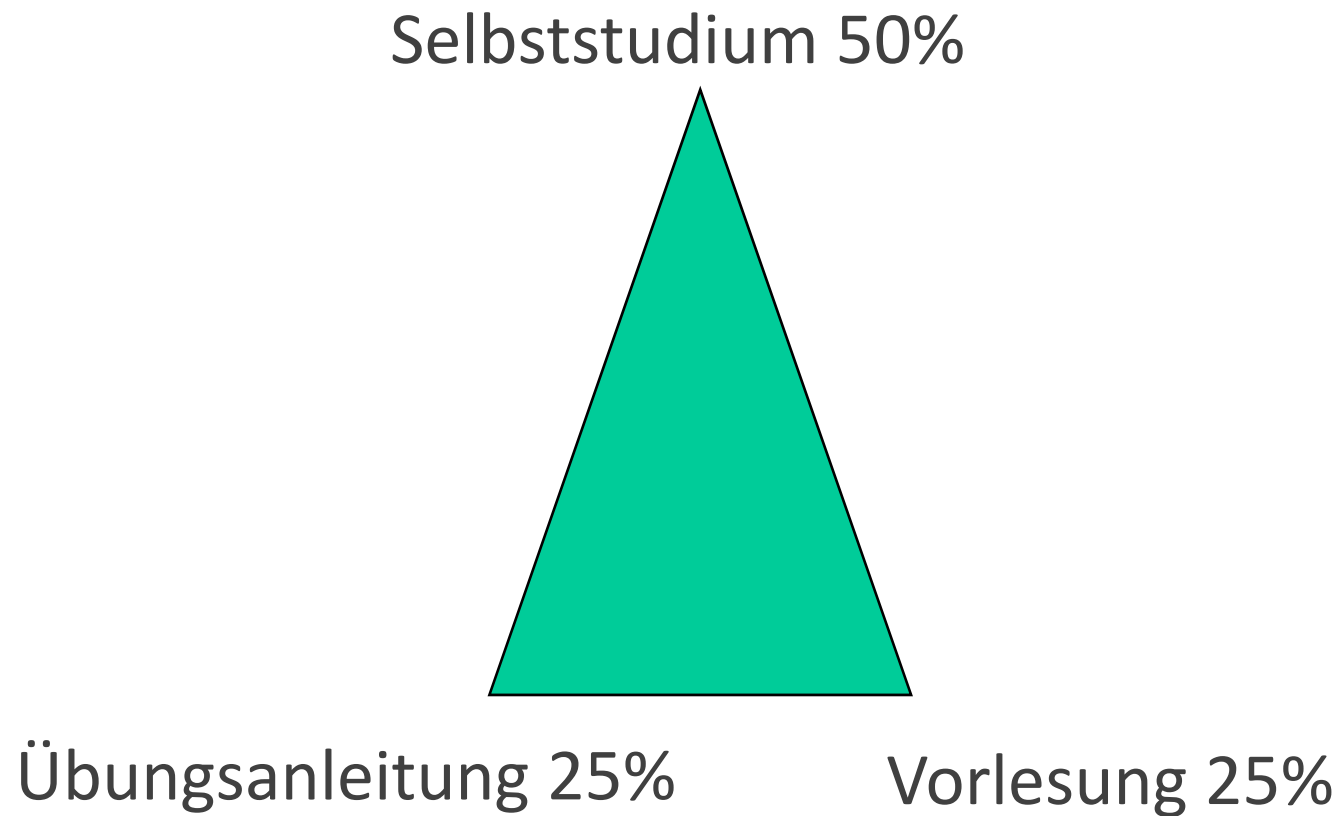
Nutzen Sie die Hilfe die wir Ihnen anbieten:

- Profitieren Sie von der Vorlesung
- Profitieren Sie von der Übung
- Nutzen Sie die Hilfe der Assistierenden und des Dozenten (Beratungsstunden)

### Tipps und Tricks

- Bereiten Sie sich auf die Vorlesungen vor
- Stellen Sie Fragen
- Versuchen Sie den Stoff zu verstehen
- Seien Sie neugierig, interessiert, offen aber auch kritisch gegenüber dem was wir Ihnen erzählen

## Was erwarten wir von Ihnen?



# Beurteilung Ihrer Leistung

- Zwei Teilprüfungen während des Semesters  
eine zur Halbzeit (10.04.08)  
die zweite gegen Ende der Vorlesungsperiode (20.05.08)
- Basisprüfung  
Termin wird noch bekanntgegeben....

$$\text{Endnote} = \frac{1}{3}(\text{Teilprüfungen}) + \frac{2}{3}(\text{Basisprüfung})$$

Kommunikationsmittel (Handy, Computer, etc.) sind nicht erlaubt !

Ihre schriftlichen Unterlagen sind erlaubt.

Tipp: Stellen sie sich selbst eine handgeschriebene Zusammenfassung des Inhaltes der Vorlesung zusammen.

Weitere Informationen im Vorwort (Präambel) des Skriptes.



Wir hoffen auf  
eine gute  
Zusammenarbeit



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?
  - Vermessen
  - Planen
  - Bemessen
  - Bauen
  - Unterhalten
  - Rückbauen

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

## ■ Was machen Ingenieure ?

- Vermessen
- Planen
- Bemessen
- Bauen
- Unterhalten
- Rückbauen

Infrastruktur z.B. Strassen, Wasserversorgungssysteme, Tunnel, Abwassersysteme, Energieversorgungssysteme, Kanäle, etc. ...

Bauwerke z.B. Häuser, Krankenhäuser, Schulen, Industriegebäude, Staudämme, Kraftwerke, Windkraftkonverter, Ölplattformen



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?

- Vermessen
- Planen
- Bemessen
- Bauen
- Unterhalten
- Rückbauen

Infrastruktur z.B. Strassen, Wasserversorgungssysteme, Tunnel, Abwassersysteme, Energieversorgungssysteme, Kanäle, etc. ...

Bauwerke z.B. Häuser, Krankenhäuser, Schulen, Industriegebäude, Staudämme, Kraftwerke, Windkraftkonverter, Ölplattformen

## Rahmenbedingungen:

**Gewährleistung von Sicherheit für Personen, Umwelt, Güter vor natürlichen und menschengemachten Gefahren**

**Wirtschaftlichkeit**

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !

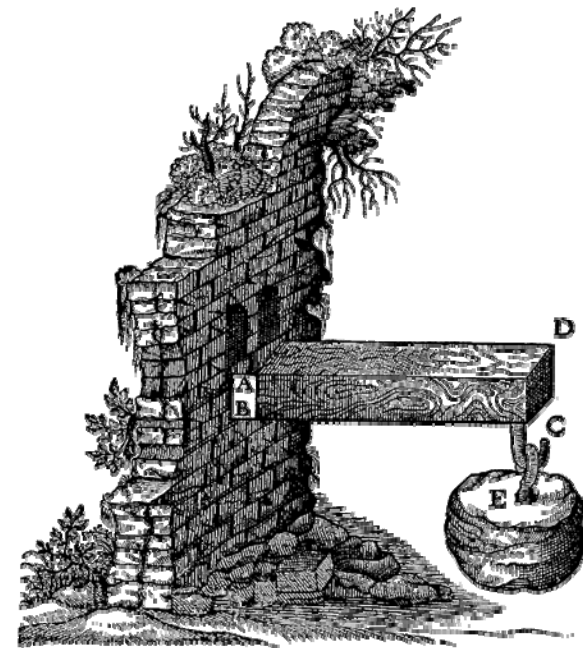
## Rahmenbedingungen:

**Gewährleistung von Sicherheit für Personen, Umwelt, Güter vor natürlichen und menschengemachten Gefahren**

**Wirtschaftlichkeit**

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

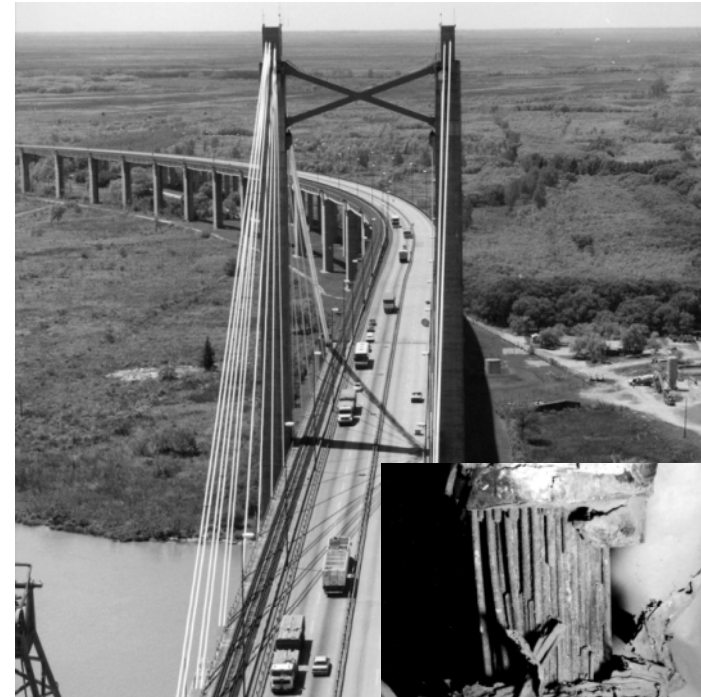
- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !
  - Was für einen Querschnitt sollte der Balken haben?



Zeichnung Leonardo da Vinci

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

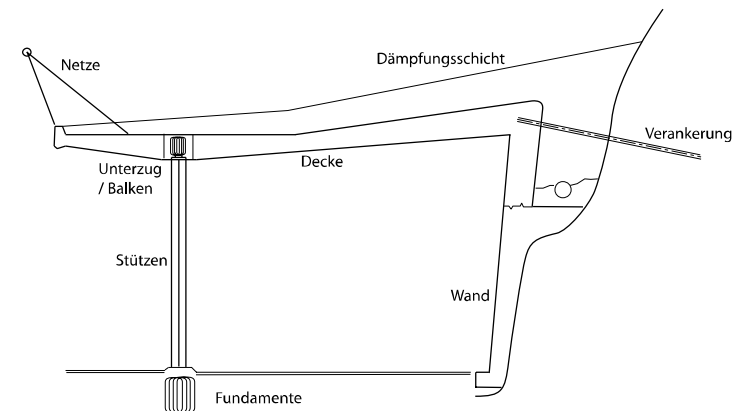
- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !
  - Was für einen Querschnitt sollte der Balken haben?
  - Sollte die Brücke saniert werden?





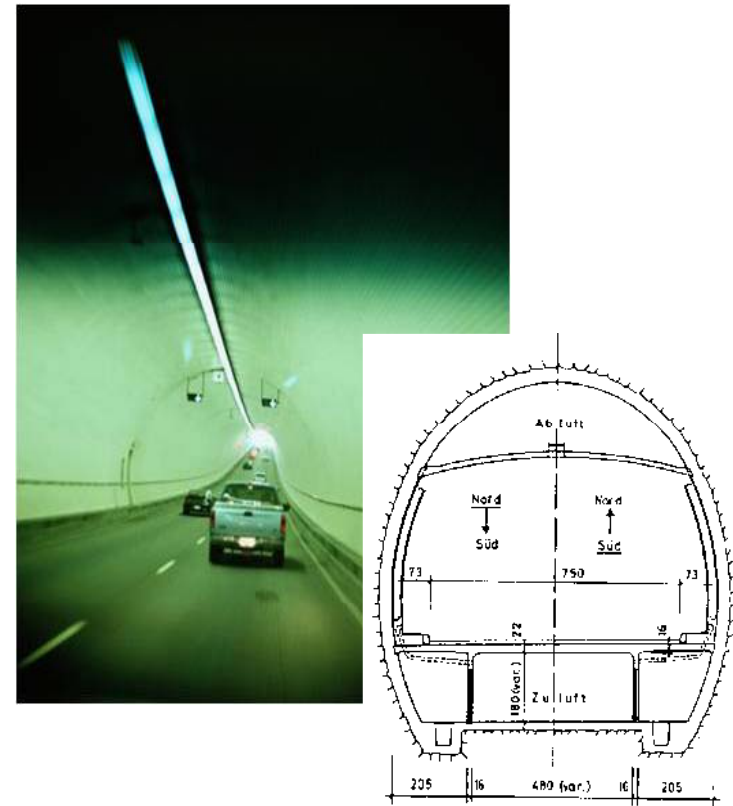
# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !
  - Was für einen Querschnitt sollte der Balken haben?
  - Sollte die Brücke saniert werden?
  - Ist eine Steinschlaggalerie nötig, wenn ja, wie dick sollte die Deckenplatte sein ?



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !
  - Was für einen Querschnitt sollte der Balken haben?
  - Sollte die Brücke saniert werden?
  - Ist eine Steinschlaggalerie nötig, wenn ja, wie dick sollte die Deckenplatte sein ?
  - In welchem Abstand sollten Notausgänge vorhanden sein ?



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was machen Ingenieure ?
- Ingenieure treffen Entscheidungen oder unterstützen dabei !
  - Was für einen Querschnitt sollte der Balken haben?
  - Sollte die Brücke saniert werden?
  - Ist eine Steinschlaggalerie nötig, wenn ja, wie dick sollte die Deckenplatte sein ?
  - In welchem Abstand sollten Notausgänge vorhanden sein ?

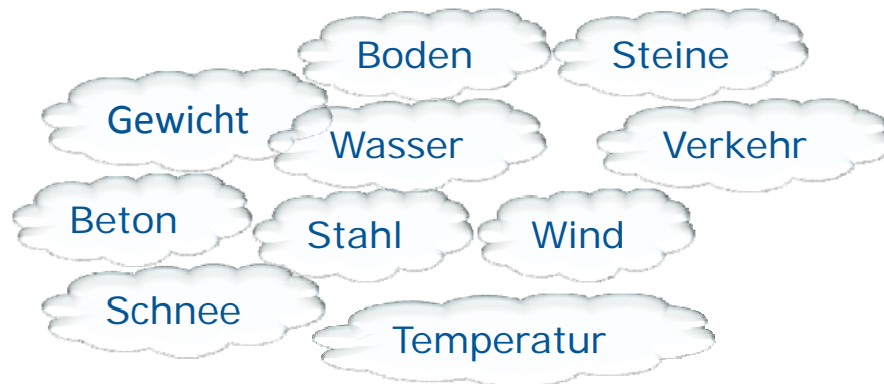
## Rahmenbedingungen:

**Gewährleistung von Sicherheit für Personen, Umwelt, Güter vor natürlichen und menschengemachten Gefahren**

**Wirtschaftlichkeit**

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Entscheidungsprobleme betreffen Zustände der realen Umwelt:
  - Mögliche Einflussgrößen bezüglich

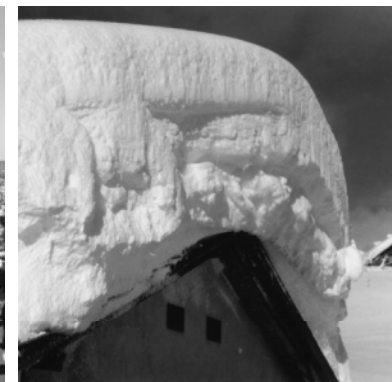


- Beschreibung der Phänomene durch Modelle

Physik

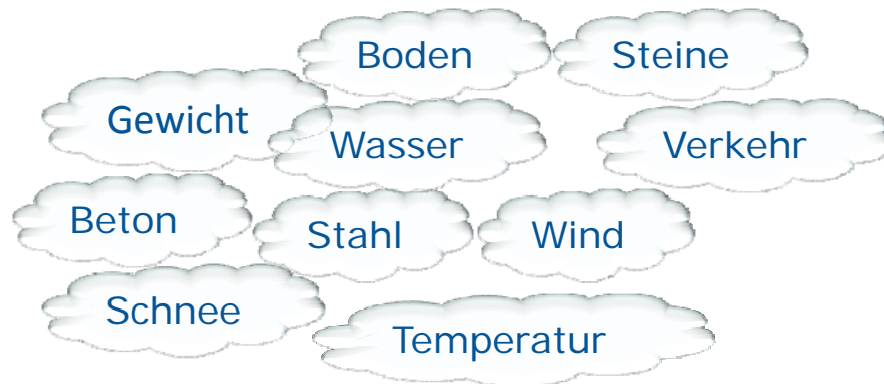
Chemie

Mathematik



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

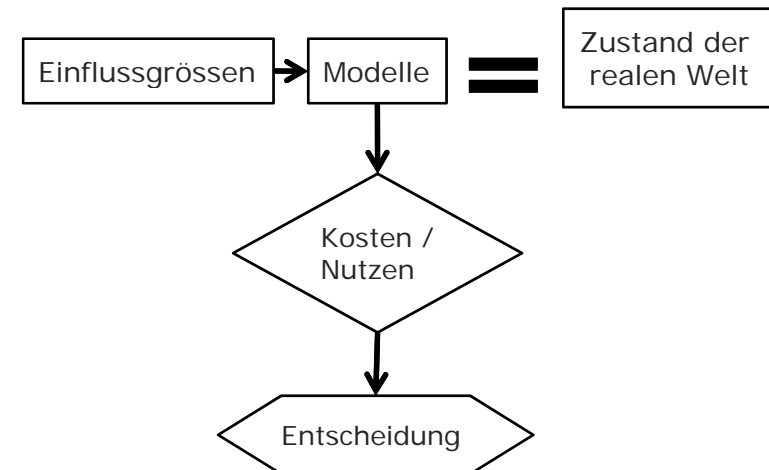
- Entscheidungsprobleme betreffen Zustände der realen Umwelt :
  - Mögliche Einflussgrößen bezüglich



- Beschreibung der Phänomene durch Modelle



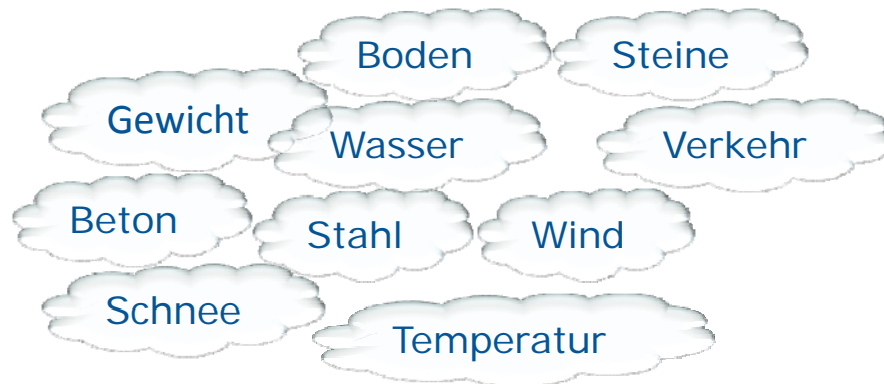
In einer exakt bekannten Welt:



- Sicherheit für Personen, Umwelt und Güter
- Wirtschaftlichkeit

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

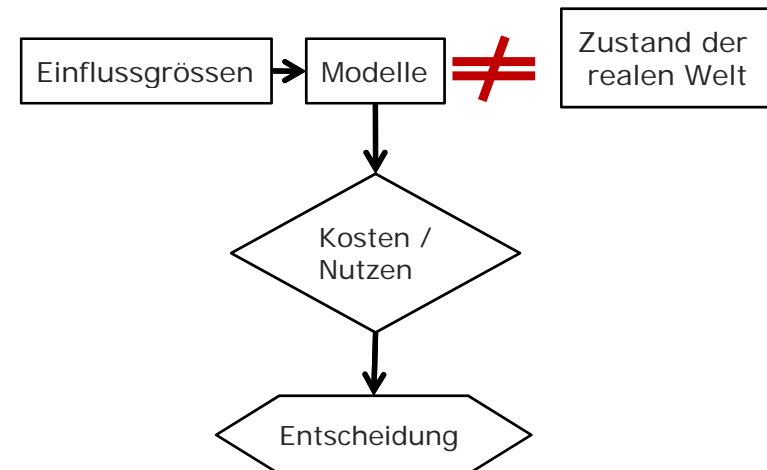
- Entscheidungsprobleme betreffen Zustände der realen Umwelt :
  - Mögliche Einflussgrößen bezüglich



- Beschreibung der Phänomene durch Modelle



**Die Welt steckt aber voller Unsicherheiten !**



?? Sicherheit für Personen, Umwelt und Güter

?? Wirtschaftlichkeit

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Woher kommen diese Unsicherheiten?
  - Die Informationen über Einflussgrößen sind nur sehr vage.
  - Zukünftige Ereignisse unterliegen dem Zufall.
  - Modelle sind oft nur sehr grobe Vereinfachungen der Wirklichkeit.
  
- Unsicherheiten sind im Ingenieurwesen allgegenwärtig und lassen sich in zwei Klassen aufteilen:
  - Unsicherheiten infolge natürlicher Variabilität (Zufall)
  - Unsicherheiten infolge von unvollständigem Wissen
  
- **Entscheidungen im Ingenieurwesen sind sehr oft Entscheidungen unter Unsicherheiten.**

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Wie lösen Ingenieure Entscheidungsprobleme in der Praxis ?
  1. Normen und Richtlinien
    - Unterstützen den Ingenieur bei gewöhnlichen Entscheidungsproblemen
    - Beinhalten zu treffende Annahmen bezüglich der Einflussgrößen
    - Beinhalten zu verwendende Modelle
    - Repräsentieren akkumulierte Ingenieurserfahrung
    - Basieren nur Teilweise auf einer rationalen Grundlage
    - Vorsicht bei aussergewöhnlichen Entscheidungsproblemen





# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Wie lösen Ingenieure Entscheidungsprobleme in der Praxis ?
  2. Beste Schätzer oder konservative Schätzer für die Einflussgrößen
    - Für Probleme ausserhalb des Anwendungsbereiches der Norm
    - Bester Schätzer (Mittelwert) wenn Unsicherheiten klein und/oder Lösung des Problems nicht sensitiv gegenüber Unsicherheiten
    - Konservative Schätzer für mehr Sicherheit ?

Probleme:

- Sind die Schätzer genügend konservativ, wie kann gleichmässige Sicherheit über mehrere Entscheidungen hinweg garantiert werden ?
- Konservativ ist nicht immer konservativ in allen Fällen
- Ist die Lösung unnötig teuer ?
- Manche Fragestellungen lassen sich mit besten oder konservativen Schätzern gar nicht beantworten !

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Wie lösen Ingenieure Entscheidungsprobleme in der Praxis ?
  3. Explizite Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Entscheidungsfindung
    - Notwendig für die fundierte Betrachtung von aussergewöhnlichen Problemstellungen
    - Berücksichtigung von Unsicherheiten infolge von unvollständigem Wissen und natürlicher Variabilität
    - Quantifizierte Aussagen zur Zuverlässigkeit von Ingenieurbauten und / oder Personenrisiken und Sachrisiken von Aktivitäten

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

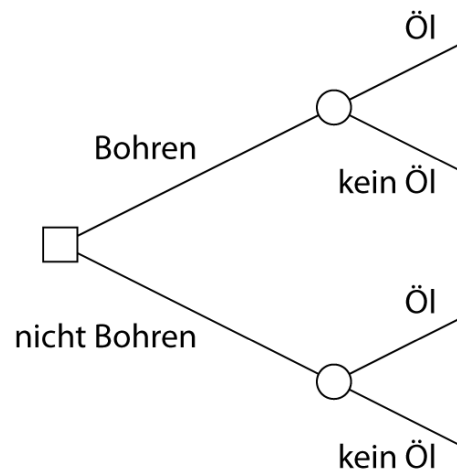
- Was ist Risiko?

Beispiel eines einfachen Entscheidungsproblems:

Ein Unternehmer beauftragt Sie folgendes Entscheidungsproblem zu formulieren und ihn entsprechend ihren Untersuchungen zu beraten.

Auf seinem Land werden Ölvorkommen vermutet. Die Bohrung würde etwa 400'000 \$ kosten. Wird Öl gefunden wird der Gewinn auf 5'000'000 \$ geschätzt.

Entscheidungsproblem:



Bohren, Öl ->  $5 - 0.4 = 4.6$  Mio\$

Bohren, kein Öl ->  $0 - 0.4 = -0.4$  Mio\$

Nicht Bohren, Öl -> 0 Mio\$

Nicht Bohren, kein Öl -> 0 Mio\$

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

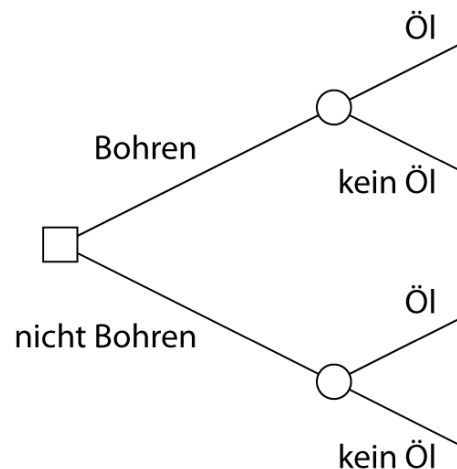
- Was ist Risiko?

Beispiel eines einfachen Entscheidungsproblems:

Die Entscheidung ist abhängig von dem Zustand im Boden ( Öl oder kein Öl ) und den wirklich anfallenden Kosten (wie viel Öl, welche Qualität, Komplikationen bei der Bohrung). Um den Unternehmer zu beraten müssen Sie die **Unsicherheiten basierend auf Information modellieren**.

Entscheidungsproblem:

**Was raten Sie dem Unternehmer ?**



Bohren, Öl ->  $5 - 0.4 = 4.6$  Mio\$

Bohren, kein Öl ->  $0 - 0.4 = -0.4$  Mio\$

Nicht Bohren, Öl -> 0 Mio\$

Nicht Bohren, kein Öl -> 0 Mio\$

# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

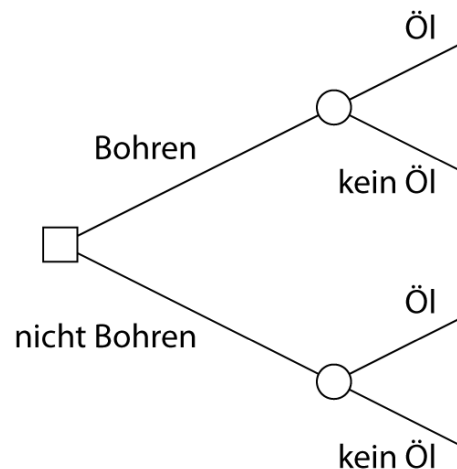
- Was ist Risiko?

Beispiel eines einfachen Entscheidungsproblems:

Aufgrund der Ihnen vorliegenden Information wählen Sie für die Wahrscheinlichkeit, dass Öl vorhanden ist 0.1, die Wahrscheinlichkeit, dass kein Öl vorhanden ist, ist somit 0.9.

Entscheidungsproblem:

**Was raten Sie dem Unternehmer ?**



$$0.1 (5 - 0.4) = 0.46 \text{ Mio\$}$$

$$0.9(0 - 0.4) = -0.36 \text{ Mio\$}$$

Nicht Bohren, Öl -> 0 Mio\$

Nicht Bohren, kein Öl -> 0 Mio\$

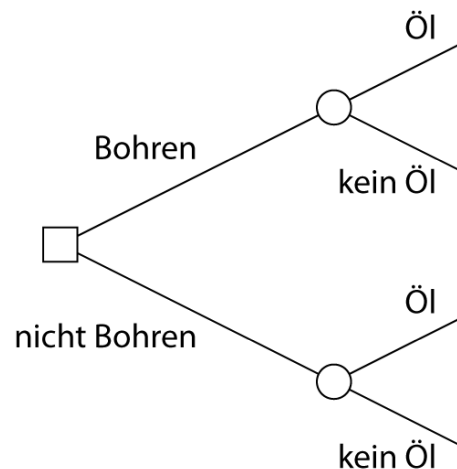
# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Was ist Risiko?

Das Risiko ist 
$$R_A = 0.1 \cdot 4.6 + 0.9 \cdot (-0.4) = 0.1 = \sum_{i=1}^{n_E} R_{E_i} = \sum_{i=1}^{n_E} P_{E_i} \cdot C_{E_i}$$

Entscheidungsproblem:

**Was raten Sie dem Unternehmer ?**



$$0.1 (5 - 0.4) = 0.46 \text{ Mio\$}$$

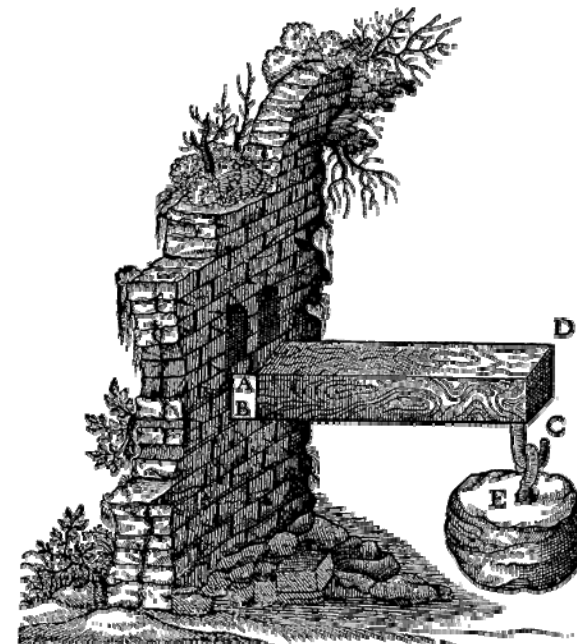
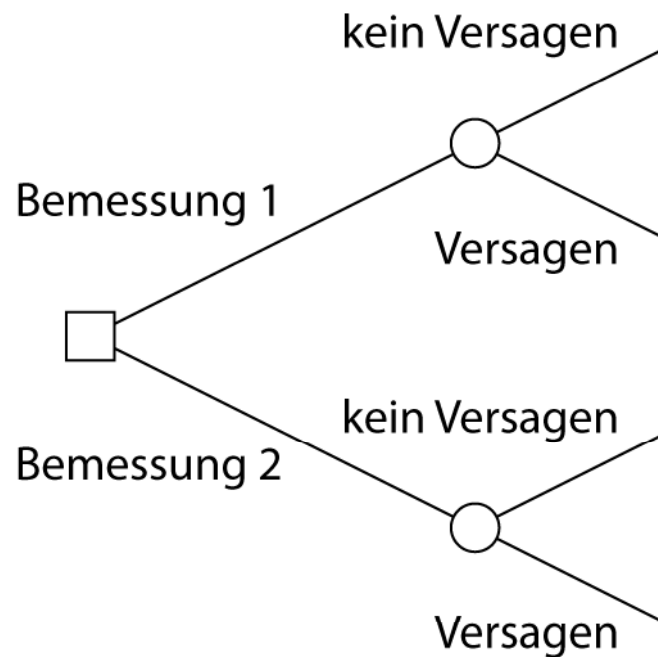
$$0.9(0 - 0.4) = -0.36 \text{ Mio\$}$$

Nicht Bohren, Öl -> 0 Mio\$

Nicht Bohren, kein Öl -> 0 Mio\$

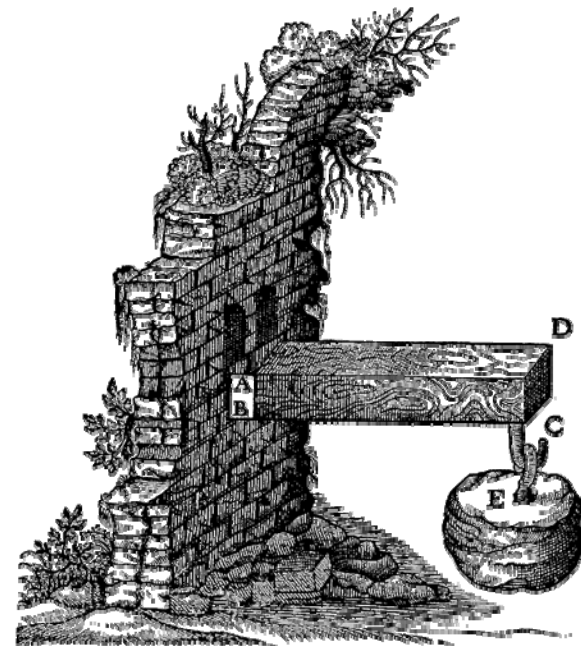
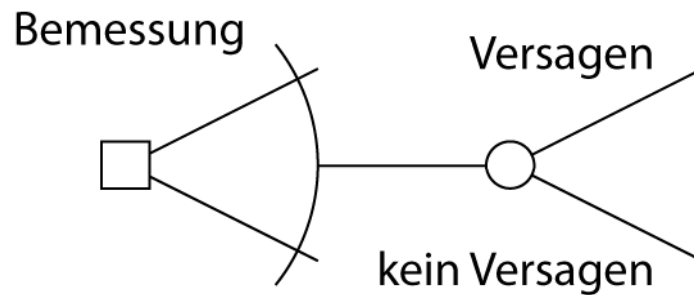
# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Analog für andere Beispiele



# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Analog für andere Beispiele





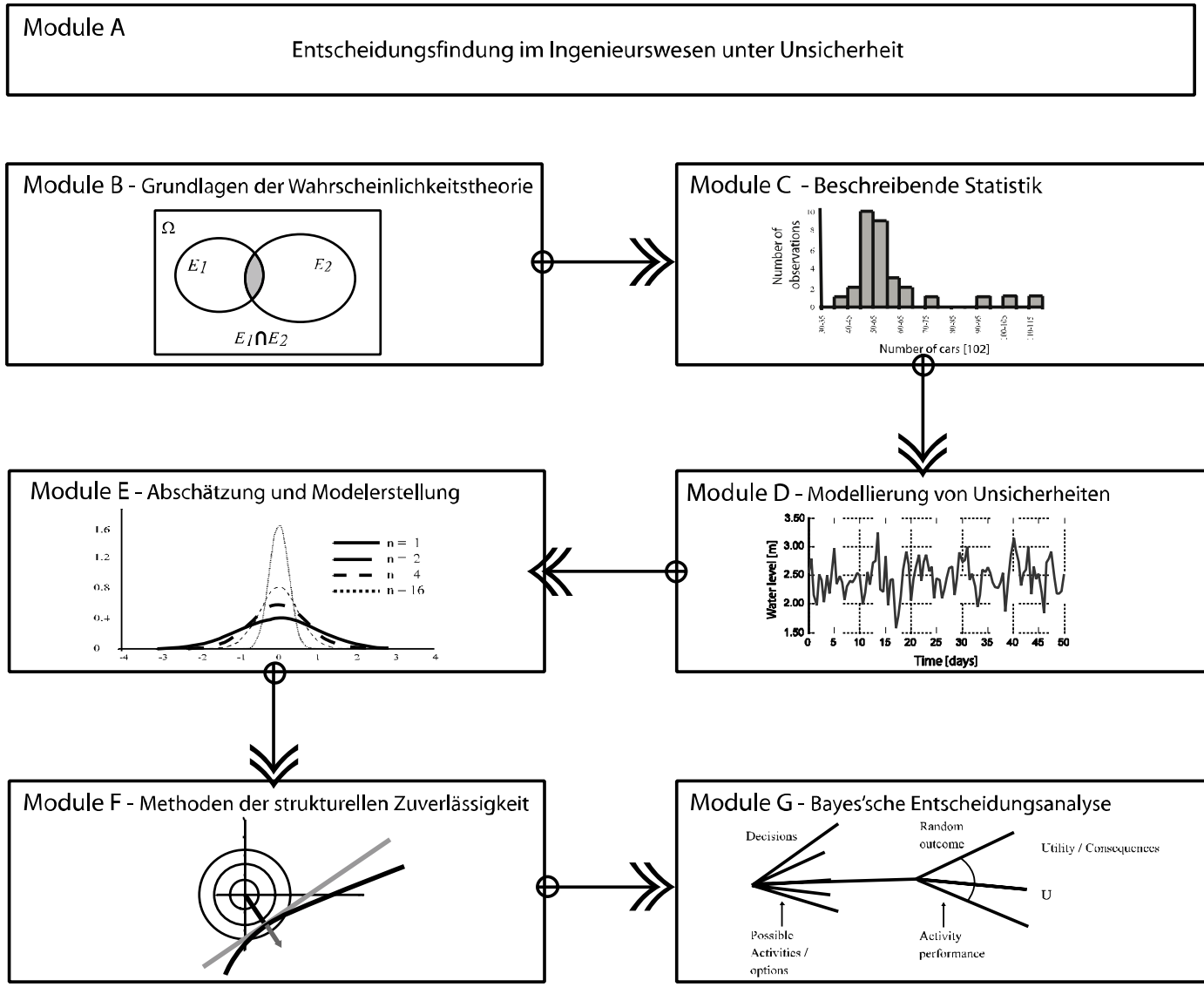
# Warum Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ingenieurwesen?

- Zusammenfassung

Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung ist notwendig im Ingenieurwesen, um:

- Unsicherheiten im Zusammenhang mit Ingenieurmodellen zu quantifizieren.
- die Ergebnisse von Experimenten zu dokumentieren und zu bewerten.
- die Wichtigkeit von unsicheren Einflussgrößen beurteilen zu können.
- effiziente Entscheidungen treffen zu können.

# Aufbau der Vorlesung



## Versuch: Büroklammerverbrechen

- In einem Versuch soll ermittelt werden, wie oft eine Büroklammer gebogen werden kann, bis sie bricht. Damit der Versuch von allen Studierenden gleich durchgeführt wird, bitte die Büroklammer als erstes in die Startposition biegen (siehe Foto 1). Dann die Klammer um  $90^\circ$  biegen (siehe Foto 2). Dies zählt als einmal biegen. Danach die Klammer wieder in die Startposition zurück biegen (= 2tes mal biegen). Dieser Vorgang wird wiederholt bis die Büroklammer bricht.

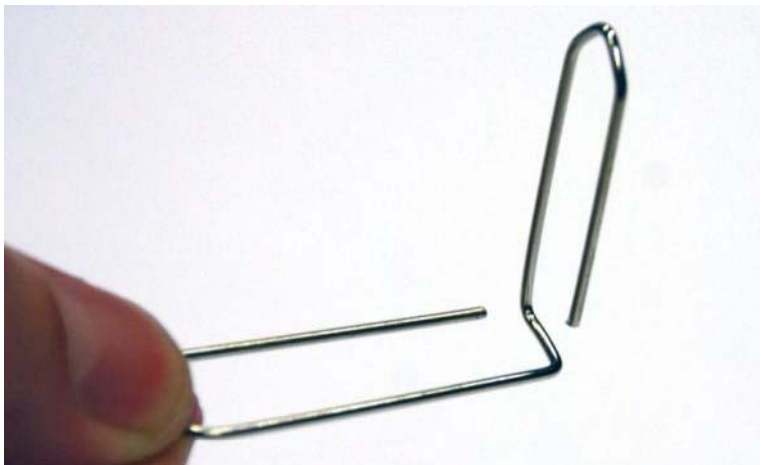


Foto 1: Ausgangsposition



Foto 2: Zweite Position