

3.6. D.I. Dr. Hannes Hübl

(BOKU Wien, Institut für Alpine Naturgefahren und Ingenieurbau, A)

Simulation von Murgängen – Probleme und Lösungsansätze

Muren zählen zu den Massenverlagerungsprozessen, die mit zum Teil hoher Geschwindigkeit große Volumina an Feststoffen transportieren können. Als **Murgang** wird eine zeitlich zusammenhängende Abfolge von **Murschüben** bezeichnet. Ein Murschub stellt eine hochkonzentrierte Suspension aus Wasser, Fein- und Grobkorn und Wildholz dar, der in Front, Körper und Schwanz gegliedert werden kann. Die Murfront besteht vorwiegend aus Groblöcken mit nur einem geringen Feinanteil. Der Murkörper selbst stellt ein Gemisch aus allen Kornfraktionen dar. Durch die hohe Viskosität kann im Murkörper eine laminare Strömung entstehen. Der Murschwanz zeigt einen Phasenübergang in einen turbulenten Strömungszustand. Die Abflussgeschwindigkeit wird von der Art und Konzentration der Feststoffe (vor allem an der Murfront) und vom bewegten Volumen (des Murkörpers) beeinflusst. Die Ablagerungen von Murschüben weisen keine Entmischung der Kornfraktionen auf, obwohl sich der Murkopf langsamer als der Murkörper bewegt.

Trotz ähnlichem äußerem Erscheinungsbild können Murschübe ein unterschiedliches Fließverhalten aufweisen, das einerseits auf den Entstehungsbedingungen, andererseits auf der Feststoffzusammensetzung beruht.

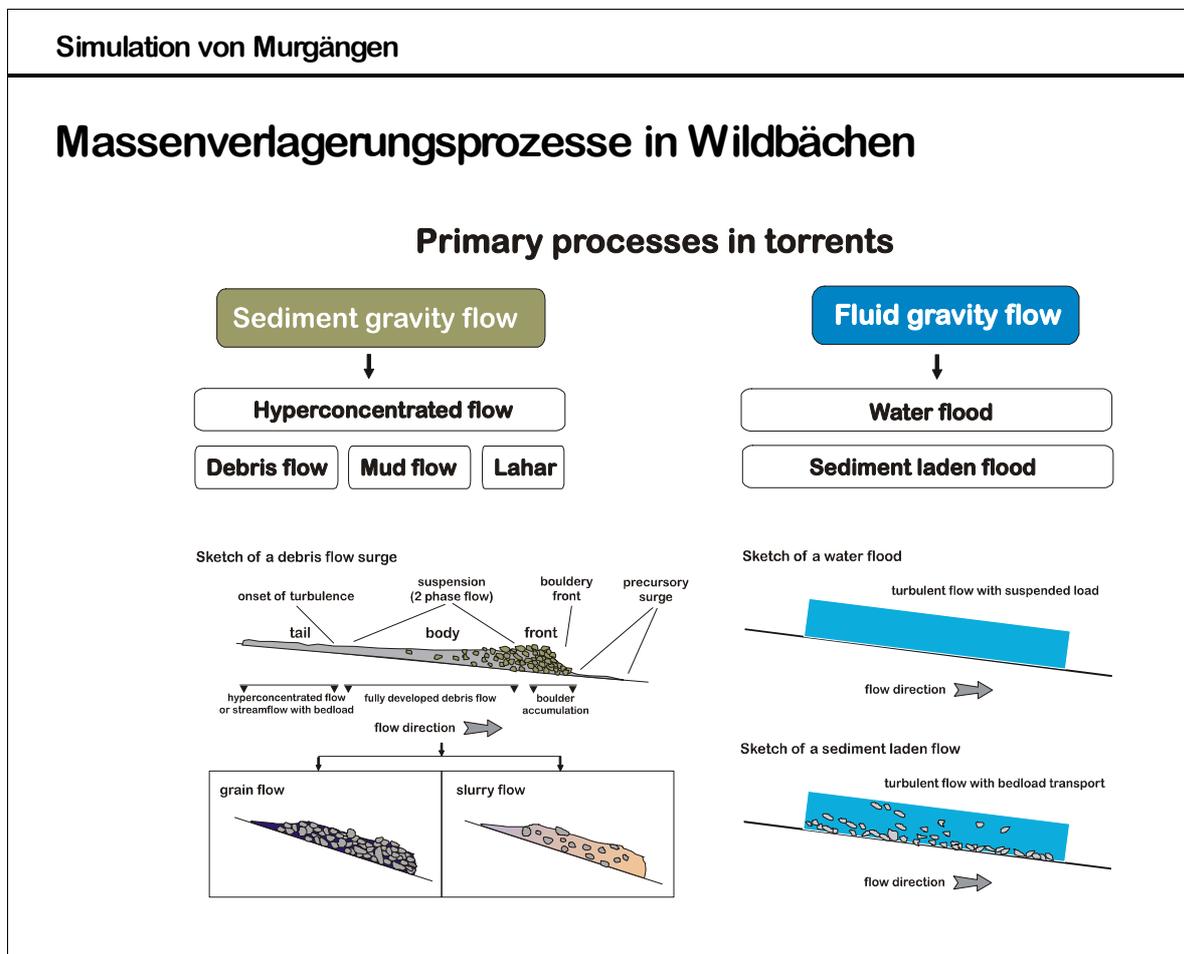
Deshalb kann der Prozesstyp Mure in 3 Subtypen unterteilt werden.

Der **Murschwall** oder **Murstoß** (debris flow outburst) entsteht durch den Aufbruch einer Verklausung. Er beinhaltet neben Grobkörnern meist auch reichlich Wildholz und hat einen hohen Wasseranteil. Daher kann man diesen Abflussvorgang nicht als laminar bezeichnen. Durch die großen Geschwindigkeiten ist der Murschwall in der Lage, große Feststoffmengen auch in den distalen Kegelbereich zu transportieren. Er kann sehr hohe Geschwindigkeiten (über 80 km/h) erreichen und von heftigen Erschütterungen und orkanartigen Windstößen begleitet werden. Die Feststoffkonzentration ist jedoch geringer als die der anderen Subtypen. Sein Verhalten kann mit einem Dammbuch verglichen werden. **Kohäsive oder zähflüssige Muren** (slurry flow) enthalten einen hohen Feinkornanteil bei unterschiedlichem Grobkornanteil. Bei **nicht kohäsiven oder steinigen Muren** (grain flow) überwiegt der Grobkornanteil.

Mit dem Problem der Simulation dieser Typen von Murgängen befassen sich Forscher aus aller Welt seit Jahren. Das Ziel der Simulation ist, die Auswirkung von Muren unter unterschiedlichen Randbedingungen zu untersuchen. Für die Optimierung von Verbauungen und die Abgrenzung von Gefahrenzonen ist vor allem der Transit- und der Ablagerungsbereich interessant. Schwierig ist die realitätsnahe Nachbildung des Prozesses, da sich die Teilbereiche einer Mure unterschiedlich verhalten. Zumeist wird der Murschub (Murgang) als homogenes Medium mit bestimmten rheologischen Eigenschaften (Bingham, Herschel-Bulkley, dilatant) betrachtet. Die Bestimmung dieses Fließverhaltens ist aber mit großen Schwierigkeiten verbunden, Messungen vor Ort sind praktisch unmöglich. Ebenso variiert die Korngrößenverteilung sehr stark und die Bestimmung der maßgeblichen Korndurchmesser

ist normalerweise eine Mischung aus Schätzung und Messung. Die Feststofffrachten, Geländerauhigkeit, ein DGM in hoher Auflösung (2-5 Meter) lassen sich als Inputdaten schon leichter erheben. Die Probleme in der Simulation beruhen auf der Auswahl des adäquaten Simulationsmodells und der Festlegung der räumlichen und zeitlichen Auflösung.

Zur Verifikation der Simulationsergebnisse sind die Vergleiche mit gut dokumentierten Ereignissen unerlässlich, um die Bandbreite der Eingangsgrößen abschätzen zu können. Eine Verbesserung der Datengrundlagen, wie z.B. Ausweitung der Messungen von Murgängen (Abflusstiefe, Geschwindigkeit) oder rheologische Untersuchungen von Muraablagerungen, ist für eine Verbesserung der Ansätze und der Parameterabschätzung von Mursimulationen wohl unerlässlich. In diesem Zusammenhang wären Modellversuche im Maßstab 1:1 äußerst wünschenswert, aber in Europa derzeit wohl nicht realisierbar. Deshalb sollten alle Ansätze, die zur Bestimmung von Murenkenngrößen führen, kombiniert werden, um die auftretenden "Schwächen" der Murensimulation überbrücken zu können.



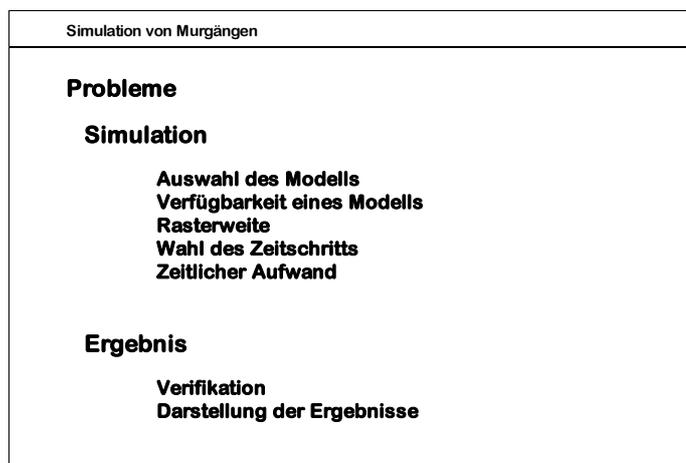
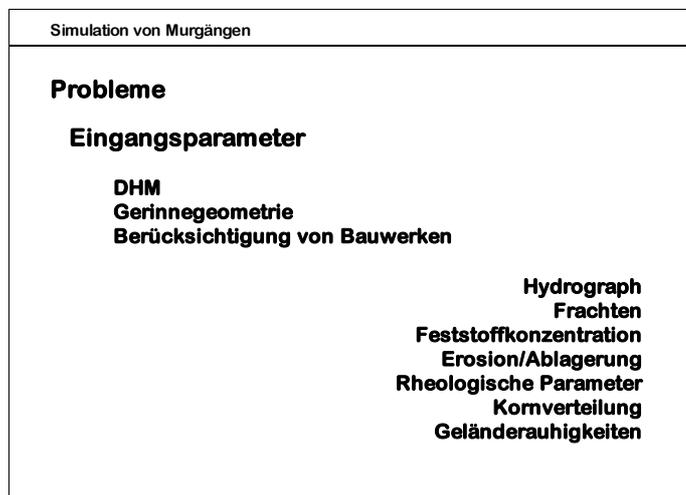
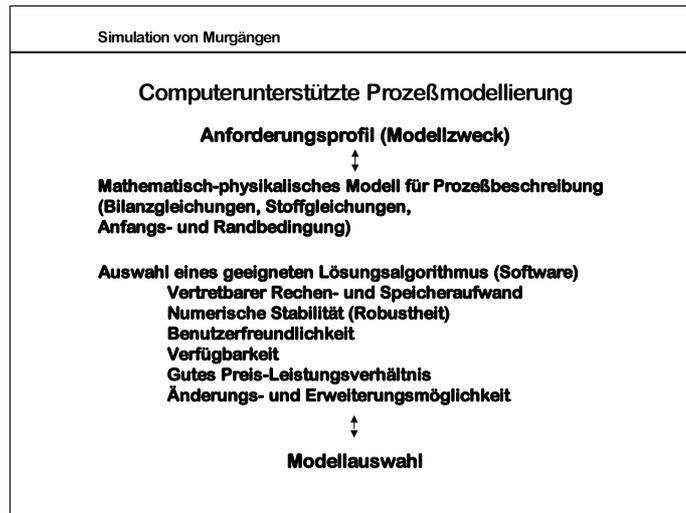
Simulation von Murgängen					
Rheologische Klassifikation von Wildbachprozessen					
Process	Sediment concentration	Density (g/cm)	Shear strength (Pa)	Fluid Type	Flow type
Water flood	1 - 40% (weight) 0,4 - 20% (volume)	1,01-1,33	0-10	Newton	turbulent
Hyperconcentrated flow	40 - 70% (weight) 20 - 47% (volume)	1,33-1,80	10-40	non-Newton	turbulent to laminar
Debris flow	70 - 90% (weight) 47 - 77% (volume)	1,80-2,60	>40	viscoplastic	laminar

Process	Major Sediment Support Mechanism	Viscosity (Pas)	Sediment Concentration Profile
Water flood	buoyancy, turbulence	0,001-2	nonuniform
Hyperconcentrated flow	buoyancy, dispersive pressure, turbulence	2-20	nonuniform to uniform
Debris flow	cohesion, buoyancy, dispersive pressure, structural support	>>20	uniform

(Coats, 1988)

Simulation von Murgängen
<p>Simulation - wozu?</p> <p>Transitstrecke</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Abfließtiefen und Geschwindigkeiten (Drücke) für die Bemessung von Schutzbauten (Gerinne, Bauwerke) ➤ Tiefenerosion, Ablagerungen <p>Ablagerungsbereich</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gefahrenanalyse im Rahmen der Risikoanalyse (Erstellung von Prozeßkarten) ➤ Räumliche Ausbreitung bei verschiedenen Szenarien ➤ Abfließtiefen und Geschwindigkeiten für die Abgrenzung von Gefährdungsbereichen und für die Bemessung von Schutzbauten

Simulation von Murgängen
<p>Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Realitätsnahe Nachbildung des Prozesses ➤ Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse ➤ Vergleichbarkeit der Ergebnisse ➤ Möglichst hohe räumliche Auflösung ➤ Übersichtliche Darstellung



Simulation von Murgängen

Lösungsansätze

- Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse** 
- Verbesserung der Datengrundlagen (Messungen)** 
- Rheologische Untersuchungen** 
- Modellversuche** 
- 1:1-Versuche** 
- Vergleich unterschiedlicher Modelle**

Simulation von Murgängen

Ereignisdokumentation (Wartschenbach, Lienz)

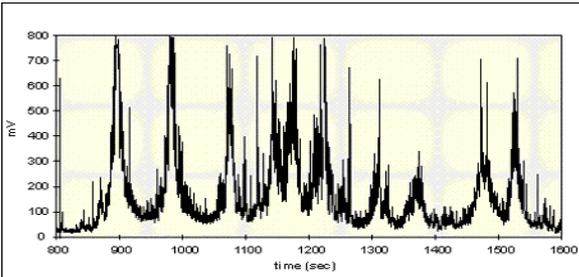


Grobblockige Murablagerungen

Feinkörnige Murablagerungen

Fluviatile Ablagerungen

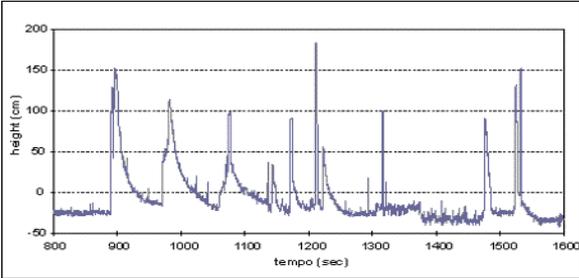
Simulation von Murgängen



time (sec)

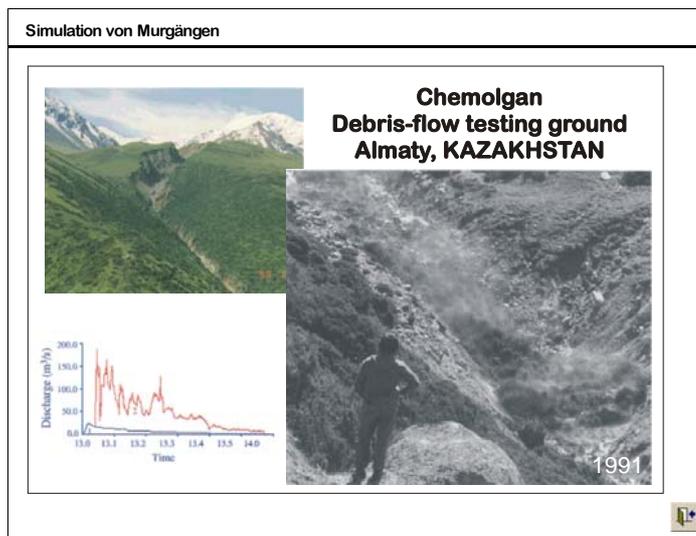
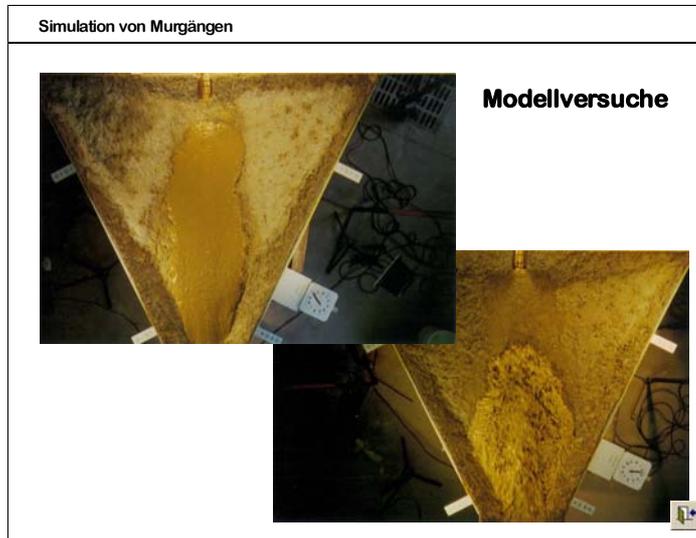
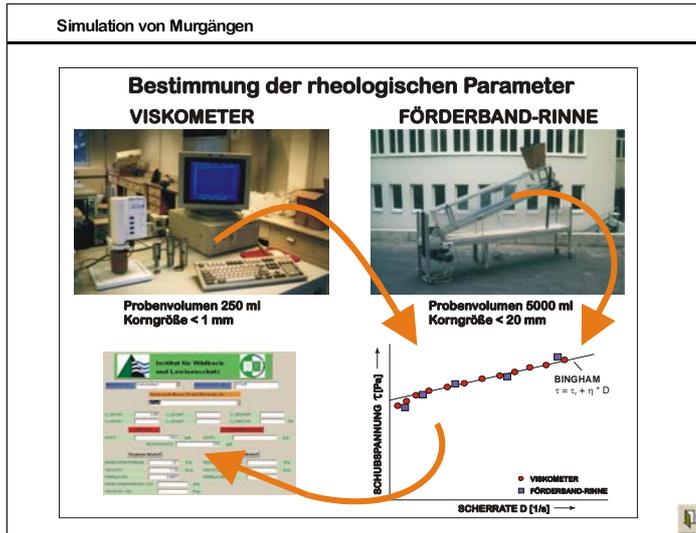
**Messungen
(Aquabona)**

Geophon



tempo (sec)

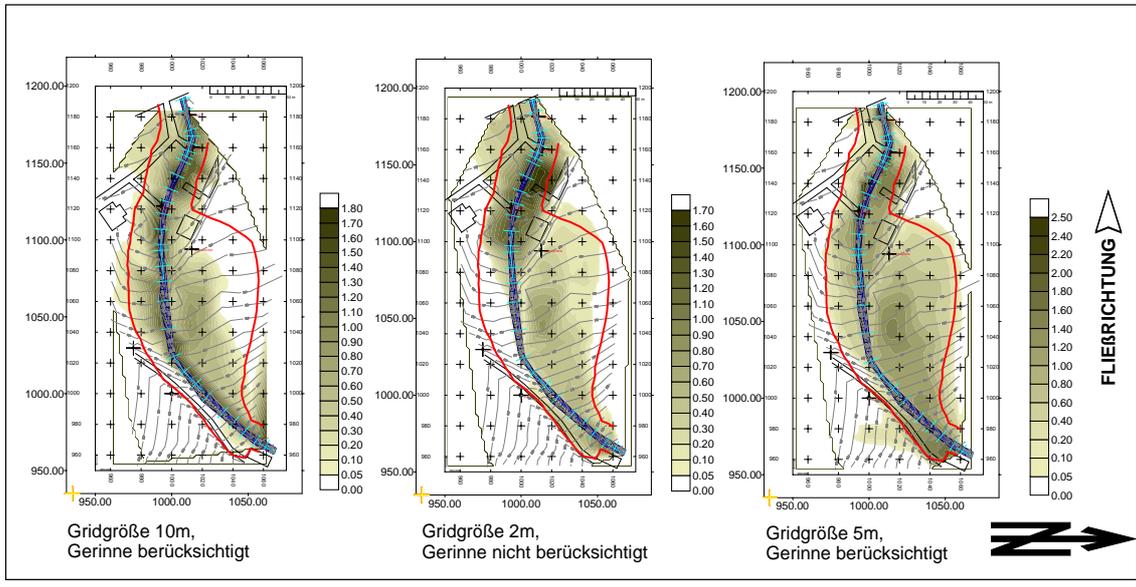
Ultraschall



Simulation von Murgängen

Beispiel

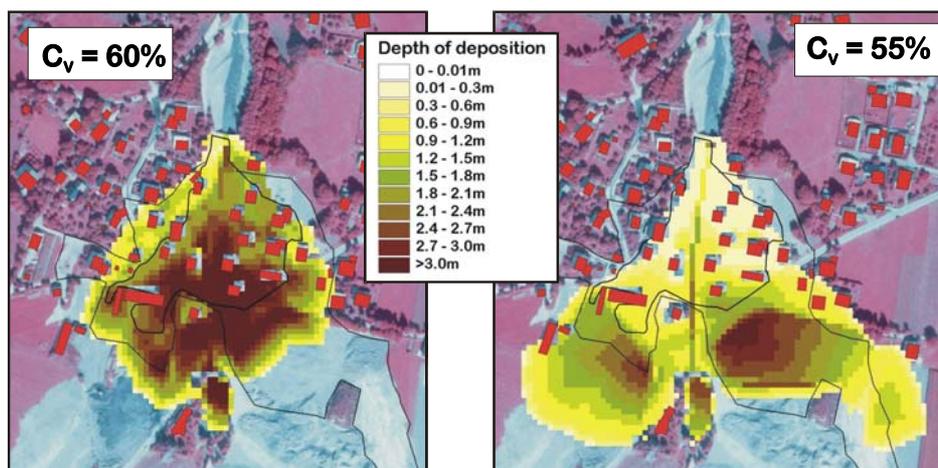
Vergleich der Ablagerungsflächen bei unterschiedlichen Rasterweiten



Simulation von Murgängen

Beispiel

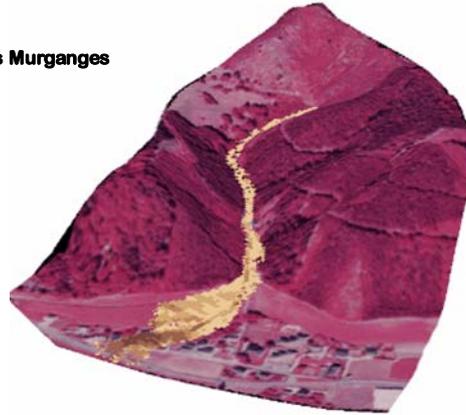
Vergleich der Ablagerungshöhen bei unterschiedlichen Feststoffkonzentrationen



Simulation von Murgängen

Beispiel

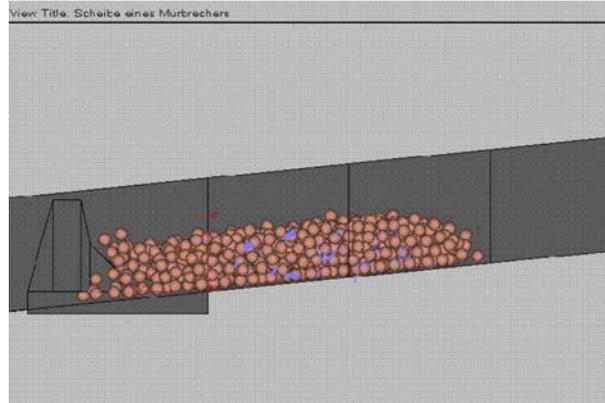
Moschergaben
Abflußtiefen eines Murganges



Simulation von Murgängen

Beispiel

Granularer Murgang auf Bauwerkskörper



Simulation von Murgängen

Schlußfolgerungen

Simulation von Murgängen bietet eine Hilfestellung für die Bemessung von Schutzbauten sowie in der Abschätzung des Ausmaßes der Gefährdung durch Murgänge.

ABER

- **Physikalische Modellansätze beruhen auf stark vereinfachten Annahmen**
- **Eingangsparameter für Bemessungsfälle derzeit kaum bestimmbar**
- **Nur eine geringe Anzahl an gut dokumentierten Ereignissen für Kalibrierungszwecke verfügbar**
- **Streubreite der Eingangsparameter verursacht hohe Streubreite der Ergebnisse**
- **Physikalisch-deterministischer Ansatz stellt hohe Ansprüche an die Datenqualität**
- **Erfahrung im Umgang mit Simulationswerkzeugen fehlt noch**

DESHALB

Kombination aller verfügbaren methodischen Ansätze ist anzustreben.