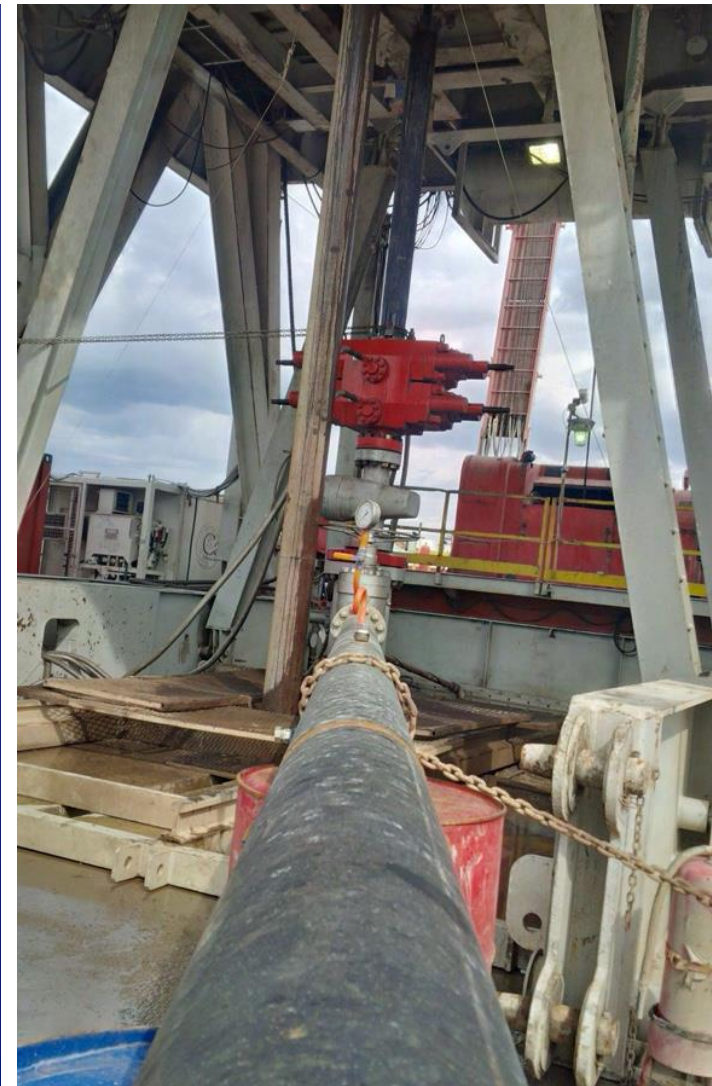


# Berücksichtigung von Unsicherheiten bei der technisch-ökonomischen Bewertung von Geothermieprojekten >

Eine probabilistische Methode zur  
Berücksichtigung von Risikofaktoren am  
Beispiel von „soft stimulation“

Sören Reith, Hanna Mergner, Thomas Kölbel

Der Geothermiekongress  
München, 14. September 2017



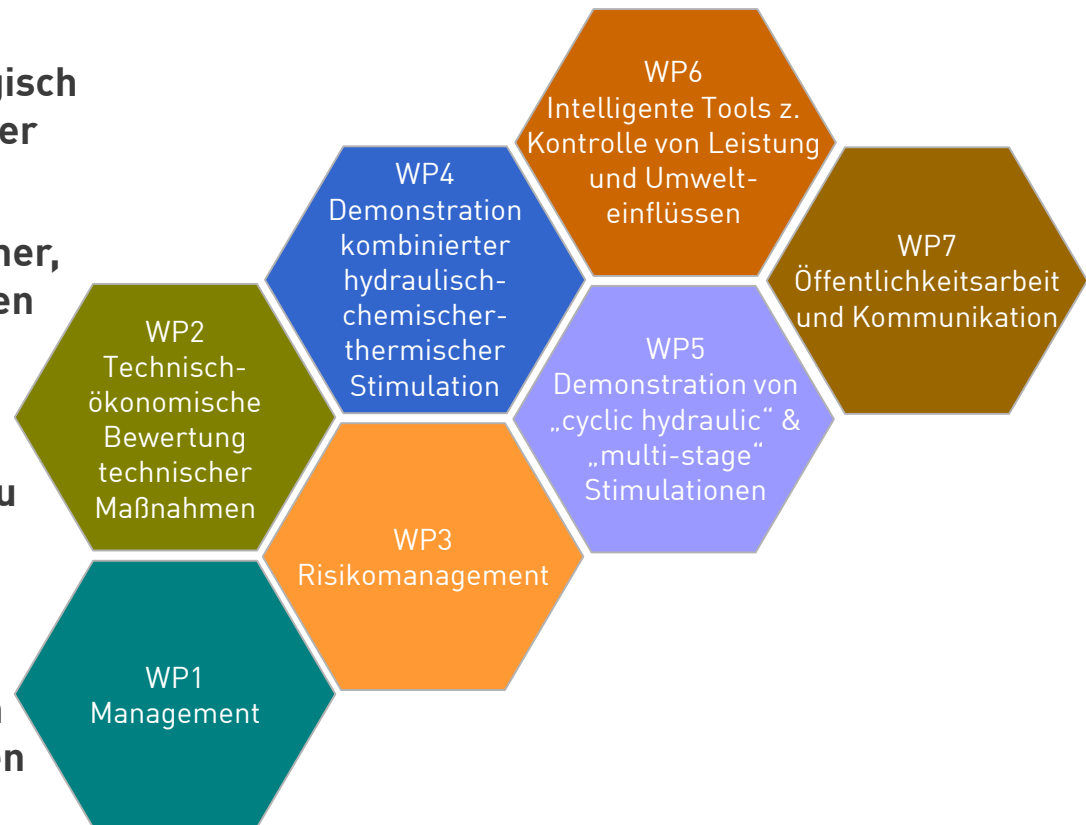
# Das europäische Forschungsprojekt DESTRESS

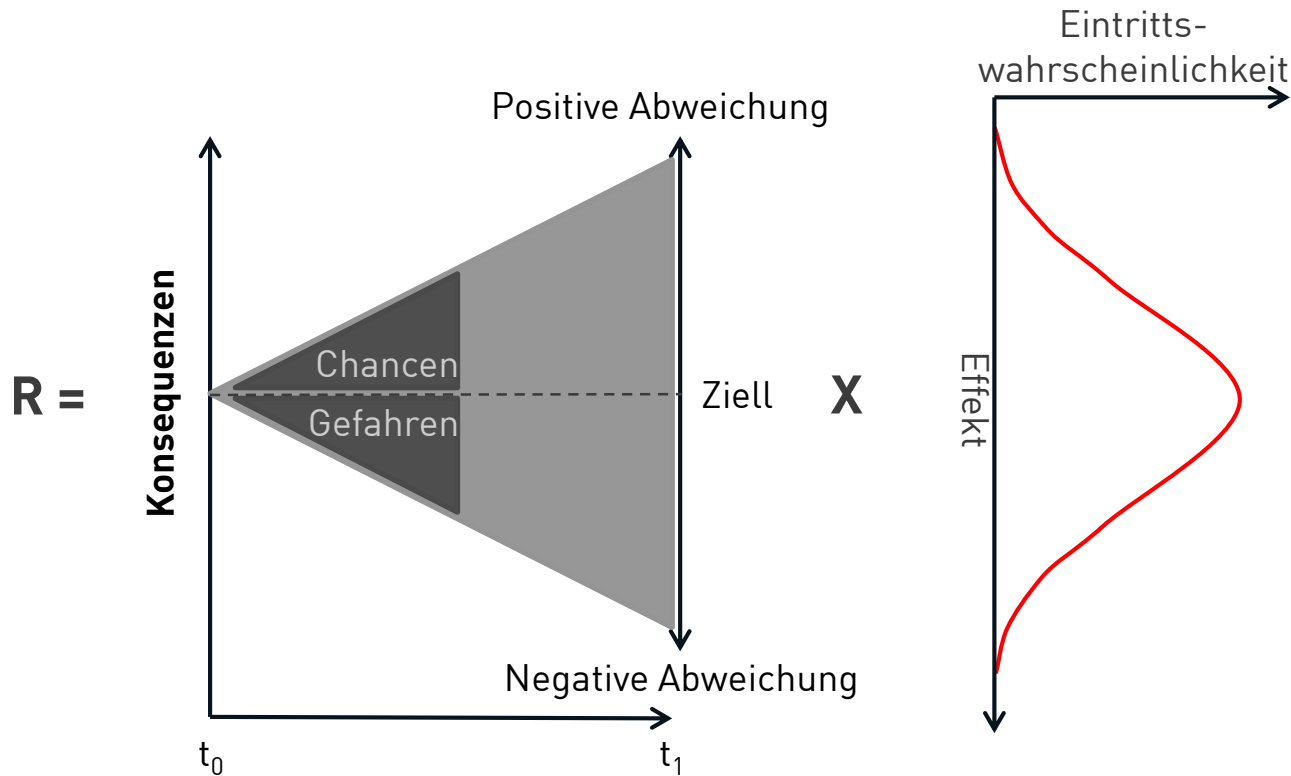


**DESTRESS demonstriert Methoden zur Entwicklung von enhanced geothermal systems (EGS). Das Ziel ist es das Wissen zu erweitern und Lösungen für eine ökonomischere, nachhaltigere und ökologisch verantwortlichere Nutzung geothermischer Energie**

**DESTRESS wird das Verständnis technischer, wirtschaftlicher und sozialer Möglichkeiten und Risiken im Zusammenhang mit geothermischer Energie verbessern. Existierende und neue Projekte wurden ausgewählt um das DESTRESS-Konzept zu demonstrieren**

**Für die Stimulation ausgewählter Demonstrationsprojekte werden „soft stimulation“ Maßnahmen angewendet um die Minimierung von Umweltauswirkungen zu demonstrieren**

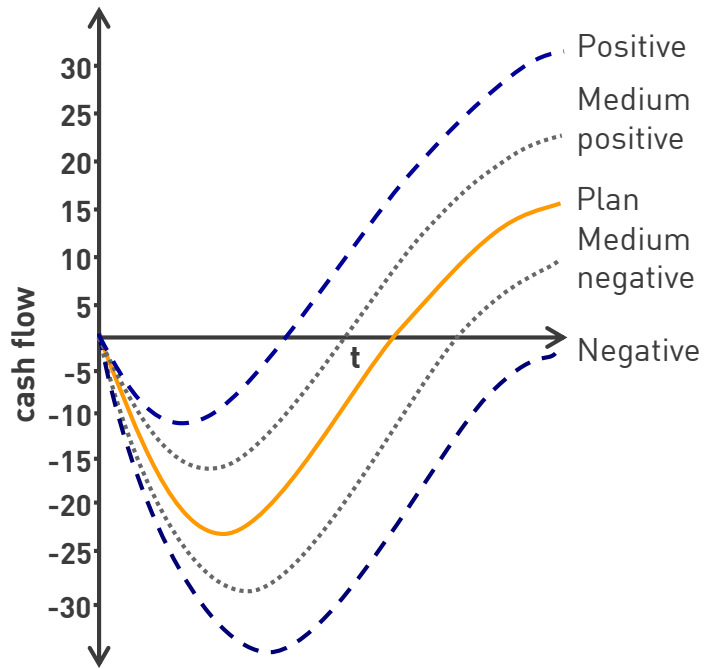




**Risikofaktoren sind ...**  
 Parameter, Ereignisse oder Prozesse, die eine Unternehmung daran hindern/es ermöglichen die Unternehmensziele zu erreichen, den Fortbestand der Firma zu sichern, die Sicherheit der Angestellten zu garantieren und die Umwelt zu schützen

$$R = E[U(a_q)] = \sum_{\text{Risikoakzeptanz}}^{n_{Oq}} p(O_i|a_q) * u(a_q, O_i)$$

# Warum ist Unsicherheit bei der Projektbewertung wichtig?



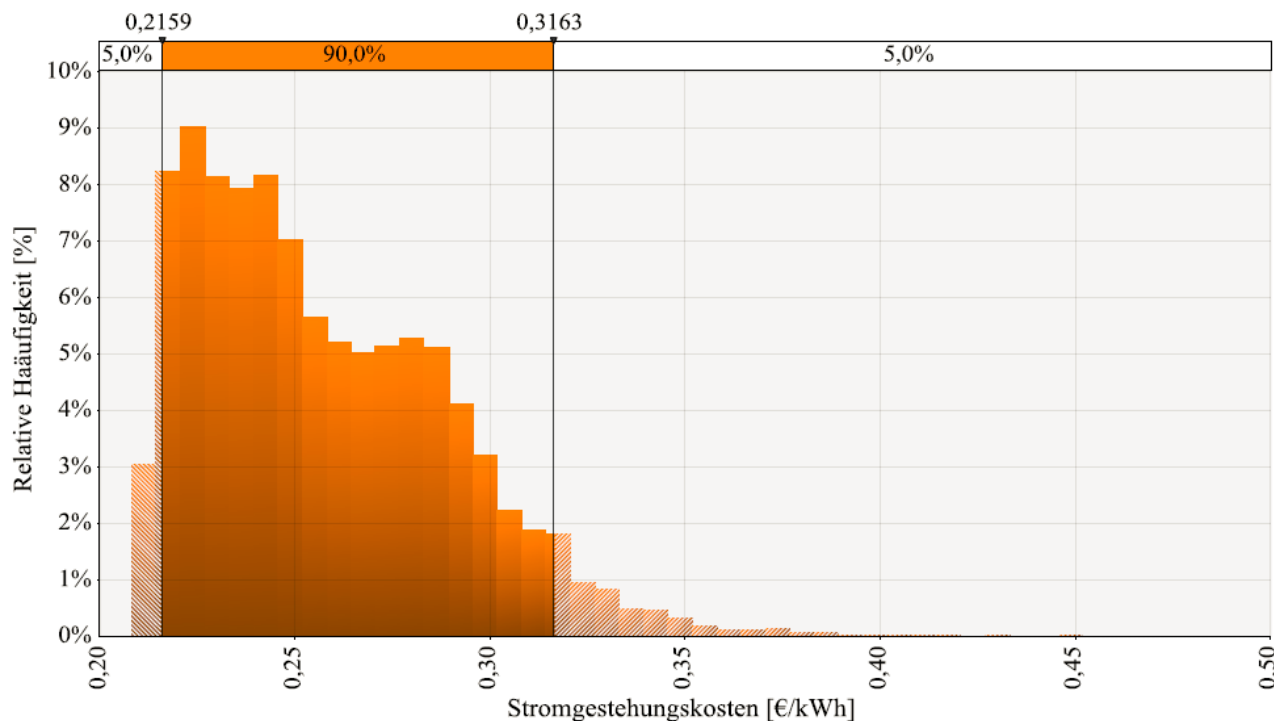
## Die Bandbreite möglicher Ergebnisse wird normalerweise mittels Szenarien abgedeckt

- + Methodisch einfach; geringer Aufwand
- + Eingängliche Präsentation der Ergebnisse
- Szenariodefinition stark persönlich beeinflusst
- Limitierung auf einzelne Datenpunkte

## Integration von Unsicherheit durch Risikofaktoren

- + Verbesserung der Bankfähigkeit
- + Integration von Abhängigkeiten und Verbindungen einzelner Parameter
- + Erfüllung interner und externer Regularien
- + Unterstützung von Risikominderung und Risikomanagement durch Sensitivitätsanalyse
- + Durch die Integration von Wahrscheinlichkeitsverteilungen wird das Konfidenzniveau erhöht
- Datenverfügbarkeit
- Präsentation der Ergebnisse

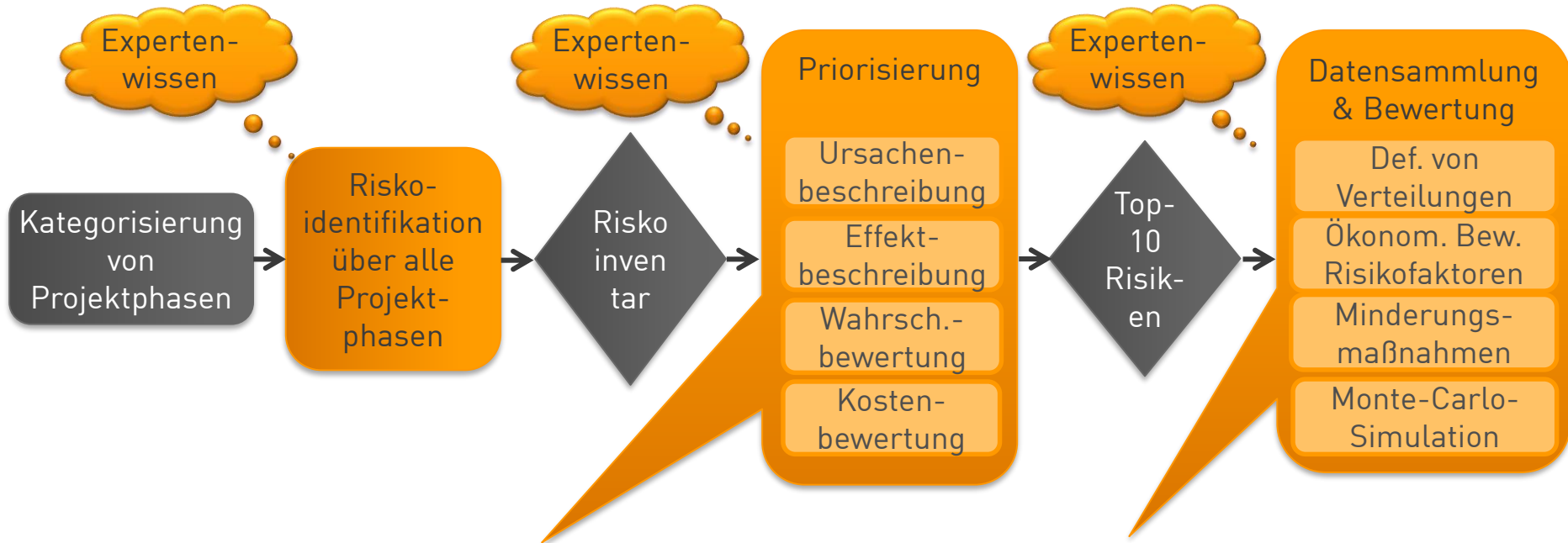
# Projektbewertung mittels Stromgestehungskosten



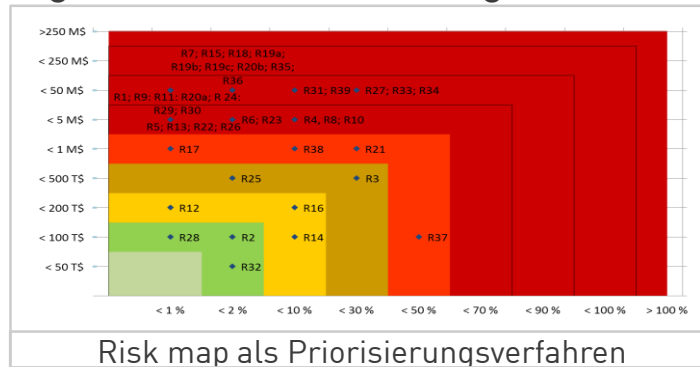
- > Oberrheingraben
- >  $\dot{V} = 85 \frac{l}{s}$
- > R236fa
- >  $T_{KW,in} = \sim 130 \text{ }^\circ\text{C}$
- > Reine Stromerzeugung

	Deterministische Bewertung	Probabilistische Bewertung			$\Delta\%$ zur det. Bewertung
		Min	E(X)	Max	
Ø Volllaststunden [h/a]	8240	0	8083	8288	-1,91%
Ø Elektr. Energie [GWh <sub>el,netto</sub> /a]	8,87	0	8,49	9,81	-4,28%
Investitionsausgaben inkl. Bauzeitzinsen (und Risikofaktoren) [M€]	23,79	25,22	28,49	49,86	19,76%
Stromgestehungskosten [€/kWh]	0,21	0,21	0,26	0,45	23,81%

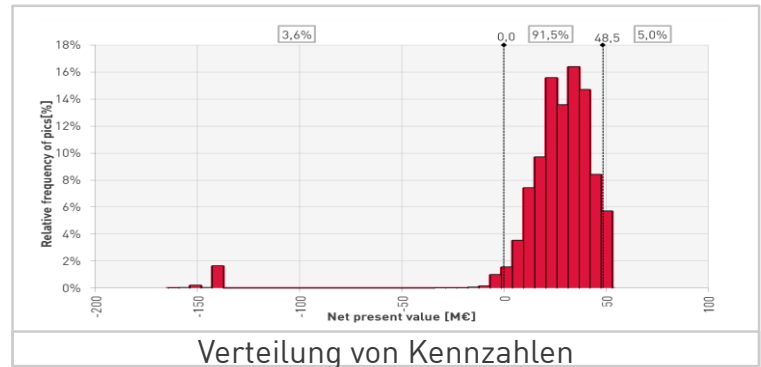
# Risk assessment & Bewertungsprozess



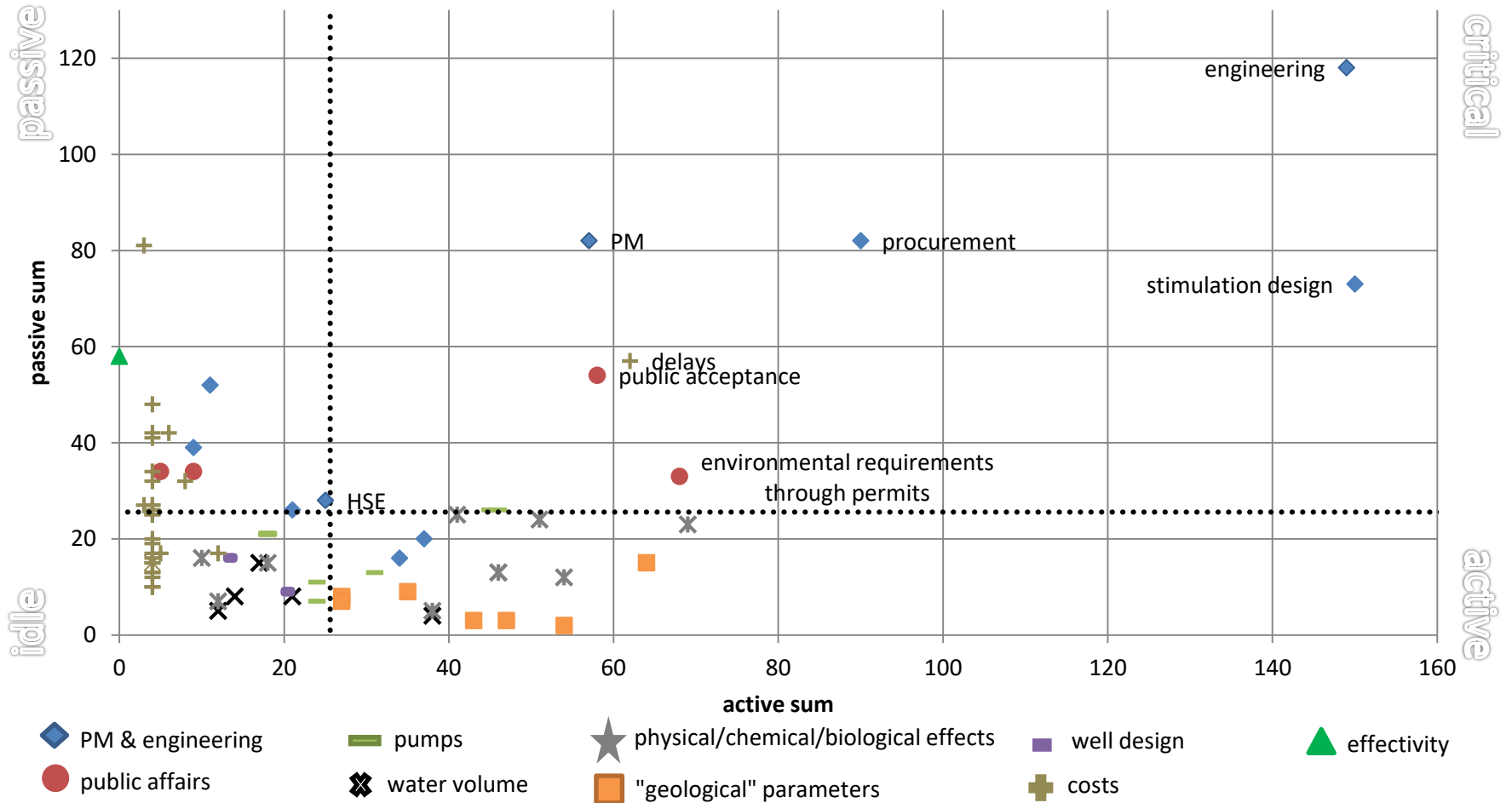
Ergebnisse der Priorisierung



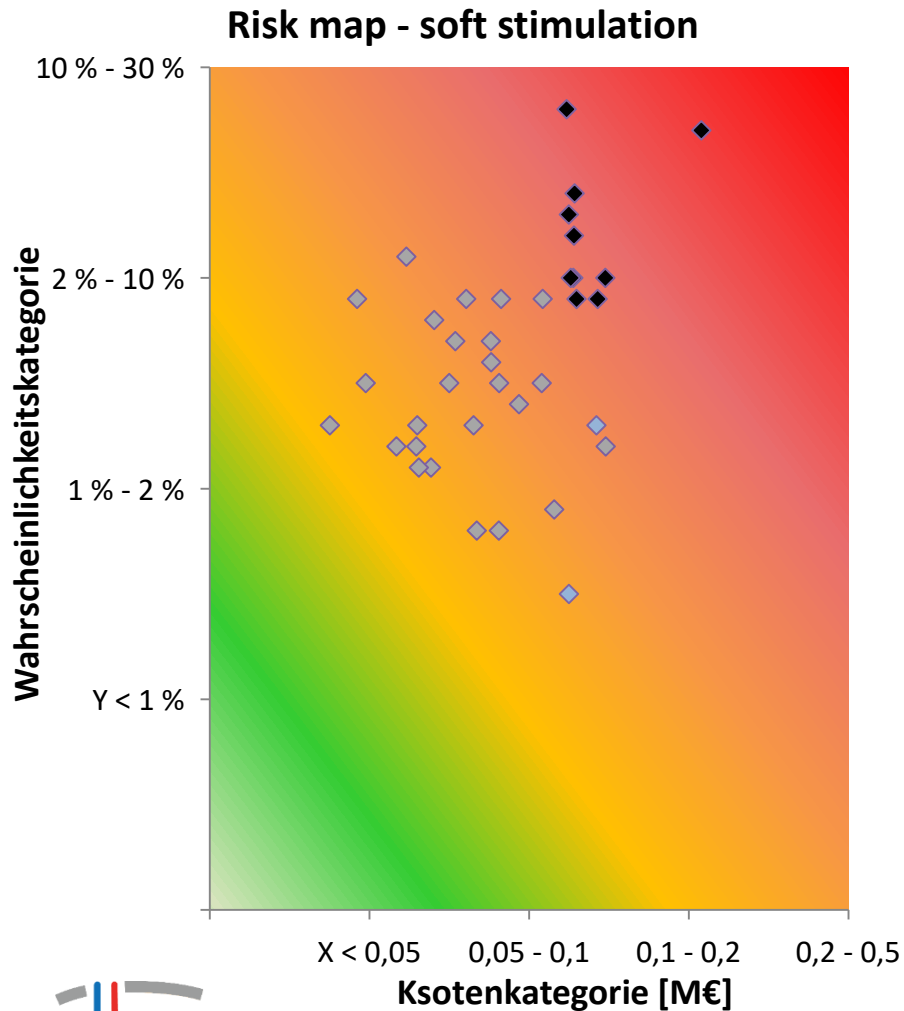
Ergebnisse der Bewertung



# Interdependenzanalyse



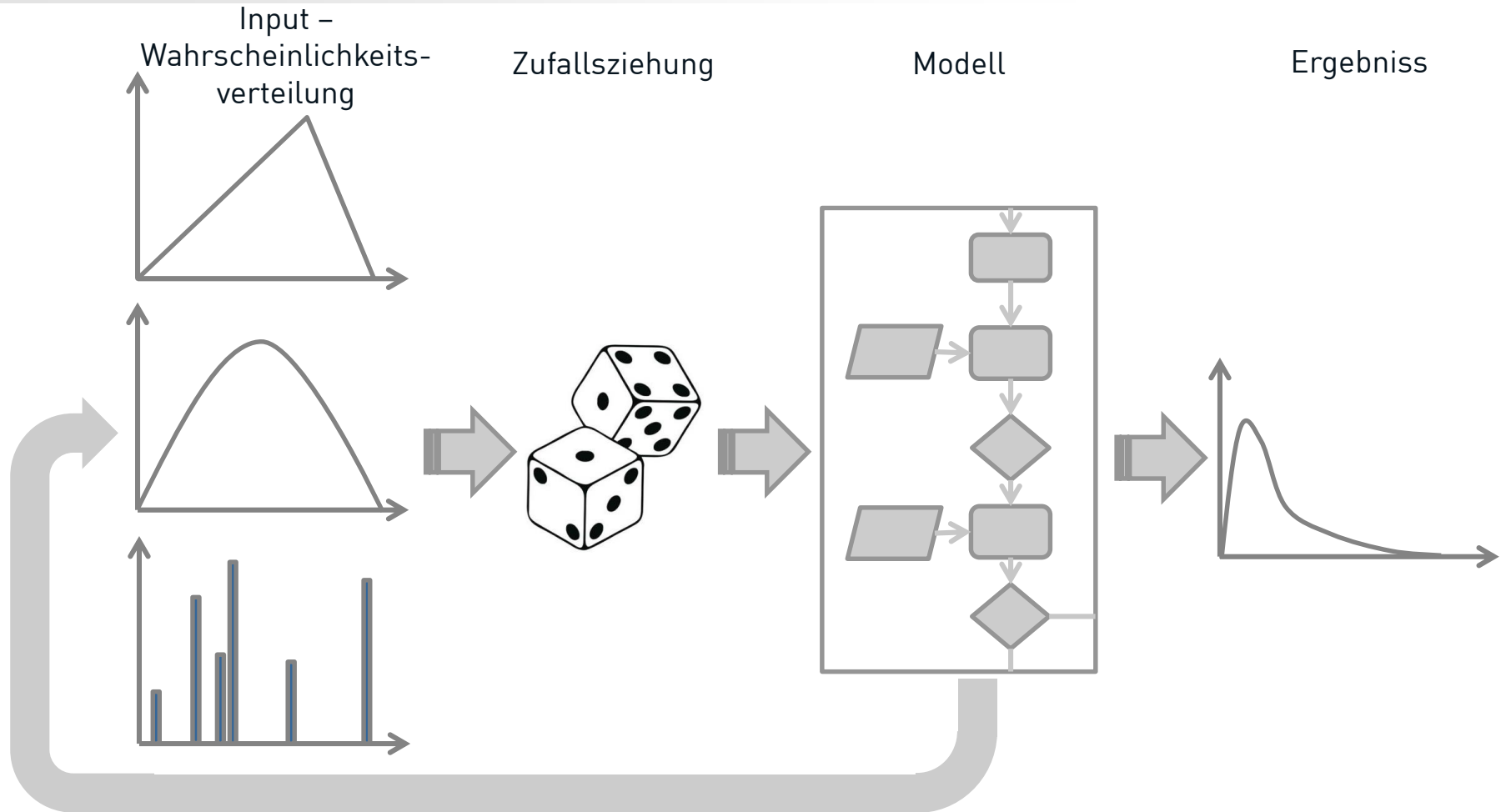
# Risk map als Verfahren zur Priorisierung von Risikofaktoren



#	Risk
1	Public Acceptance
2	Lack of information
3	Induced seismicity (with time delay after injection)
4	Change in legislations
5	Induced seismicity exceeding threshold
6	Loss of effectivity
7	Fluid-rock interactions
8	Fluid-fluid interactions (thermal brine and chemicals)
9	Political Instability
10	Lost in hole (measuring tool)



# Monte-Carlo-Simulation – Probabilistische Projektbewertung



## **Acknowledgement:**

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 691728

## **Liability claim**

The European Union and its Innovation and Networks Executive Agency (INEA) are not responsible for any use that may be made of the information any communication activity contains.

The content of this publication does not reflect the official opinion of the European Union. Responsibility for the information and views expressed in the therein lies entirely with the author(s).

## **DESTRESS is co-funded by**

National Research Foundation of Korea (NRF)

Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT)

Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI)





## EnBW T-FG

Sören Reith  
Durlacher Allee 93  
76131 Karlsruhe  
s.reith@enbw.com  
+49 721 63-17890

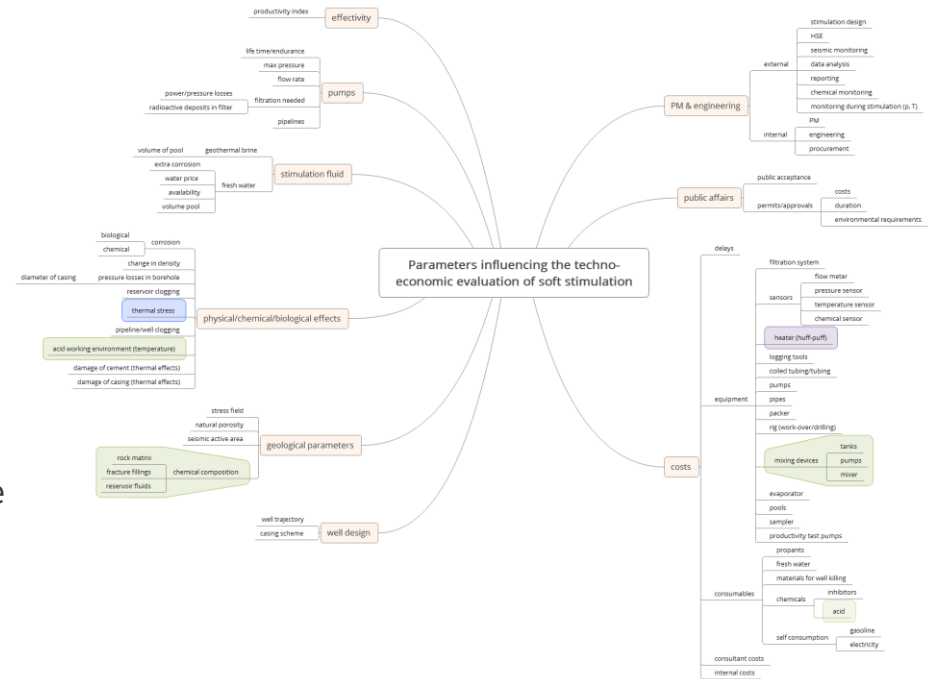
## Identifikation sensibler Parameter

### Qualitativ

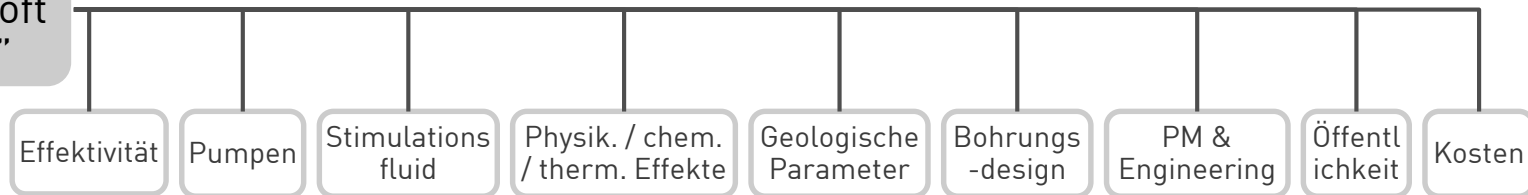
- Datenquelle: z.B. „educated guess „ – Expertenwissen als einfach erreichbare Datenquelle
- Methodik: z.B. min-map: Einfaches und weit verbreitetes Werkzeug für Gruppenarbeit

### Quantitativ

- Datenquelle: z.B., real Daten; Simulation
- Methodik: z.B. Regressionsanalyse – Statistische Methodik zur Analyse von Abhängigkeiten zwischen Parametern

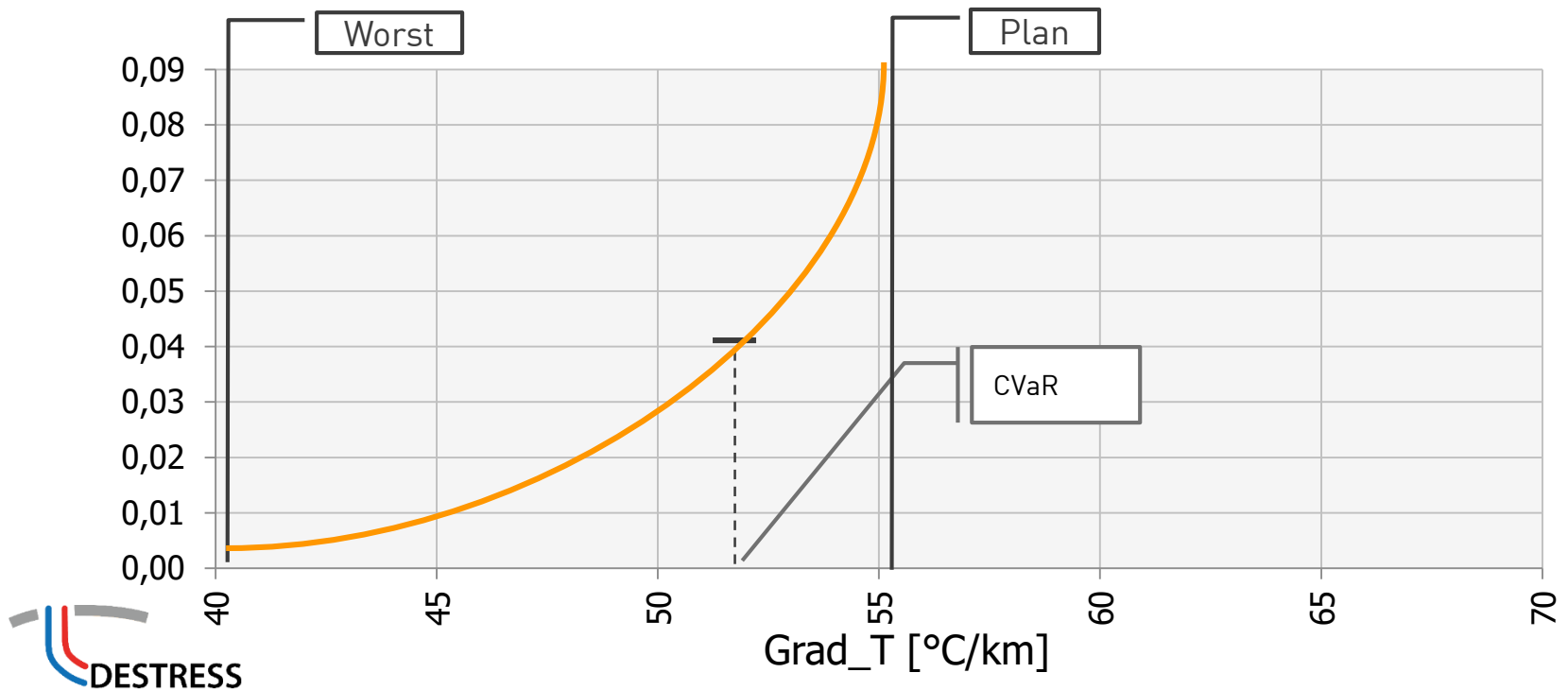


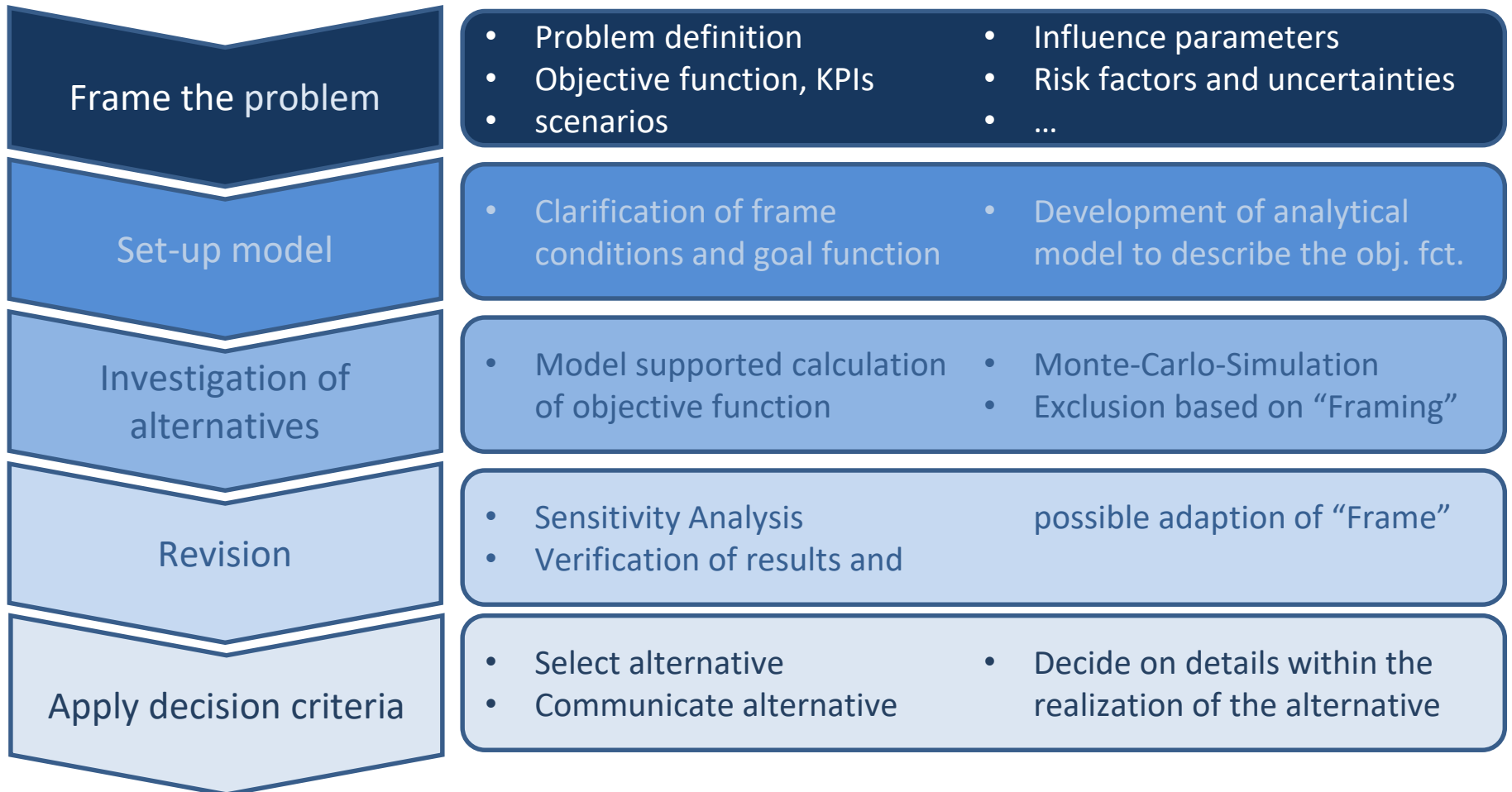
Sensitive Parameter "soft stimulation"

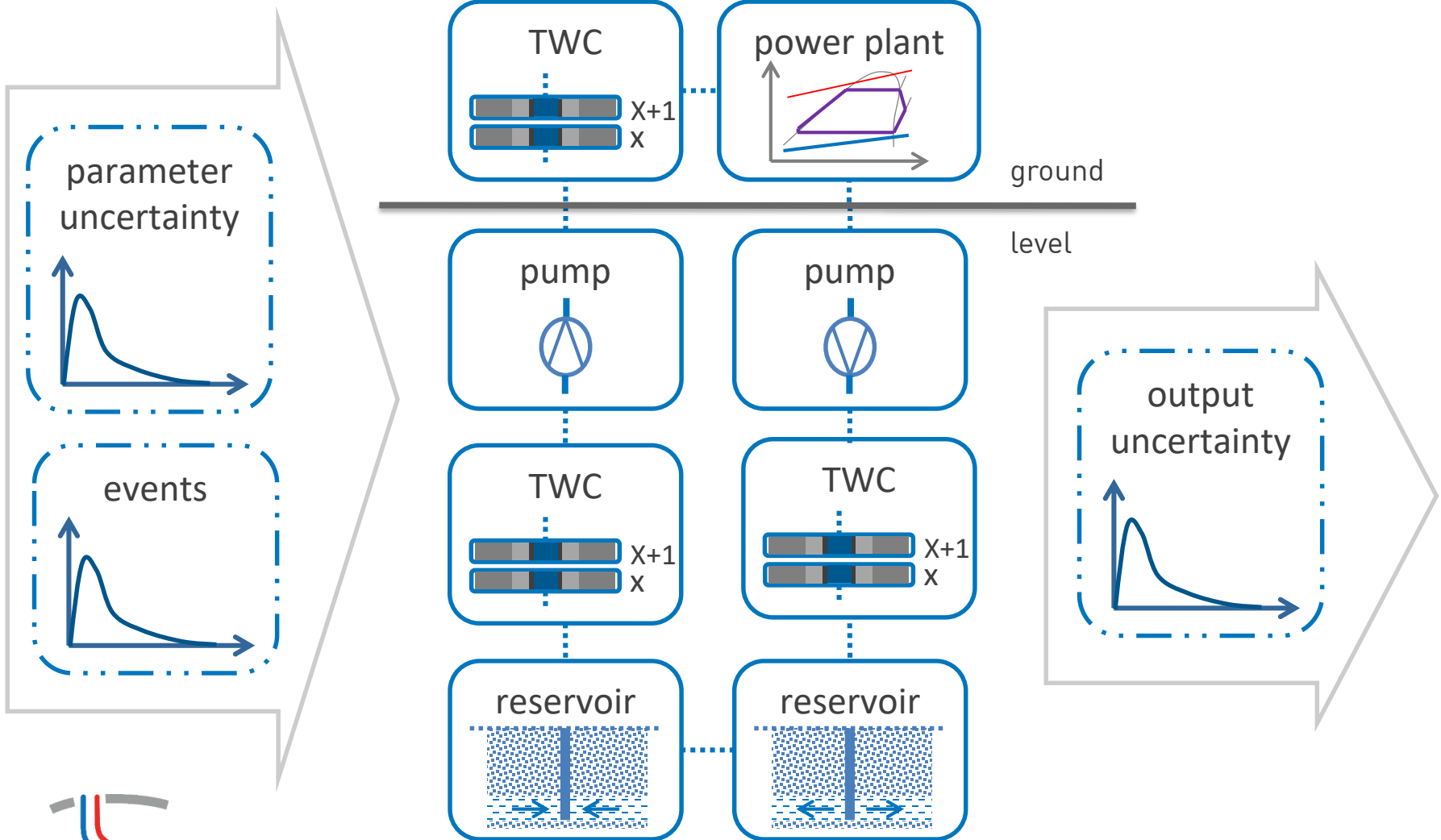


# Methodischer Hintergrund der Priorisierung mittels Risk map

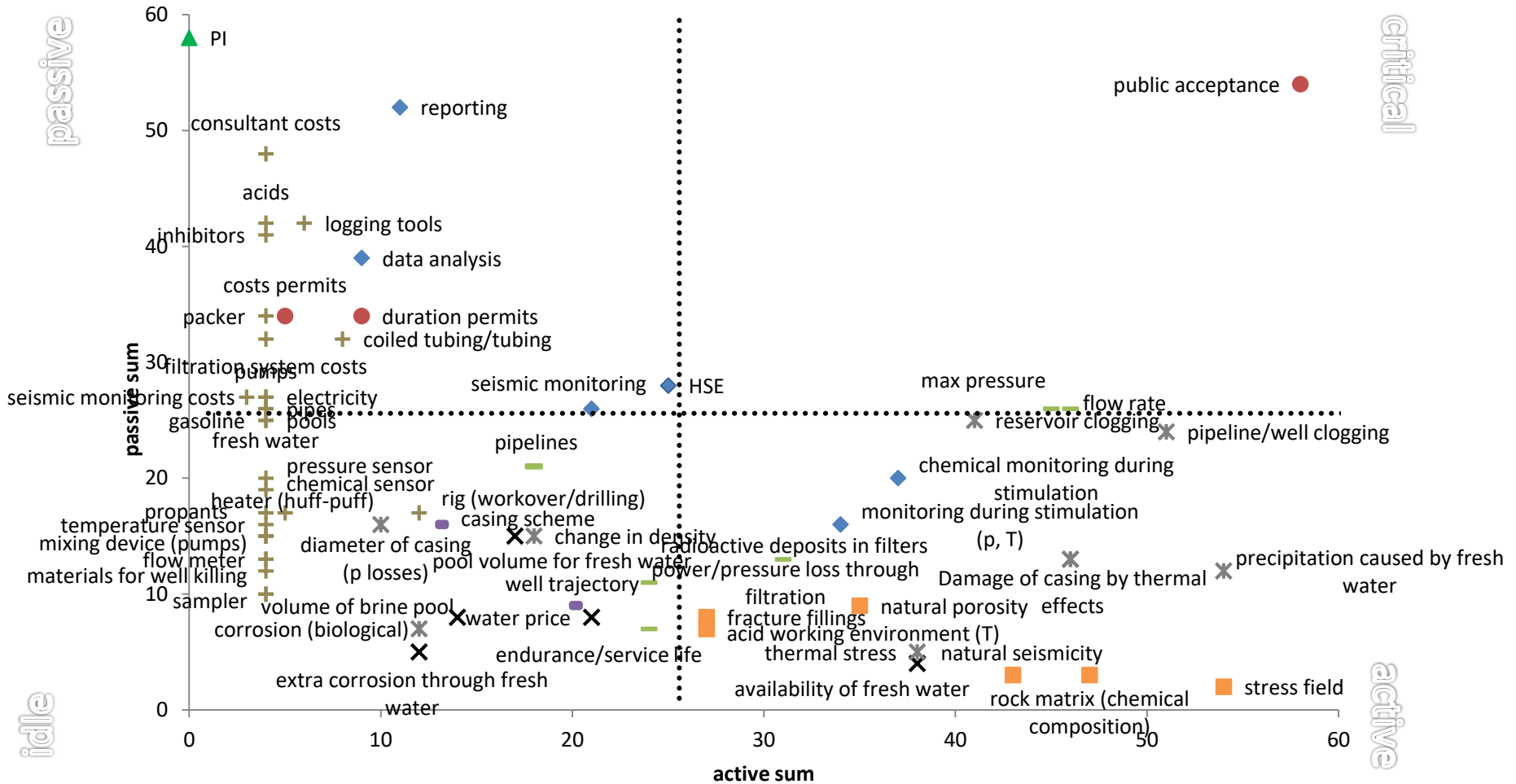
- > **Entwicklung einer binominalen Verteilung für kontinuierlich verteilte Parameter**
  - > Conditional value @Risk  $\alpha \in (0,1)$ ;  $CVaR_\alpha = E(X|x > VaR_\alpha(X))$
  - > Der Effekt eines Plan- und eines Worst-Szenarios müssen mittels Expertenwissen definiert werden
  - > Unter der Annahme einer beliebigen Verteilung kann der CVaR bestimmt werden







# Dependency structure analysis



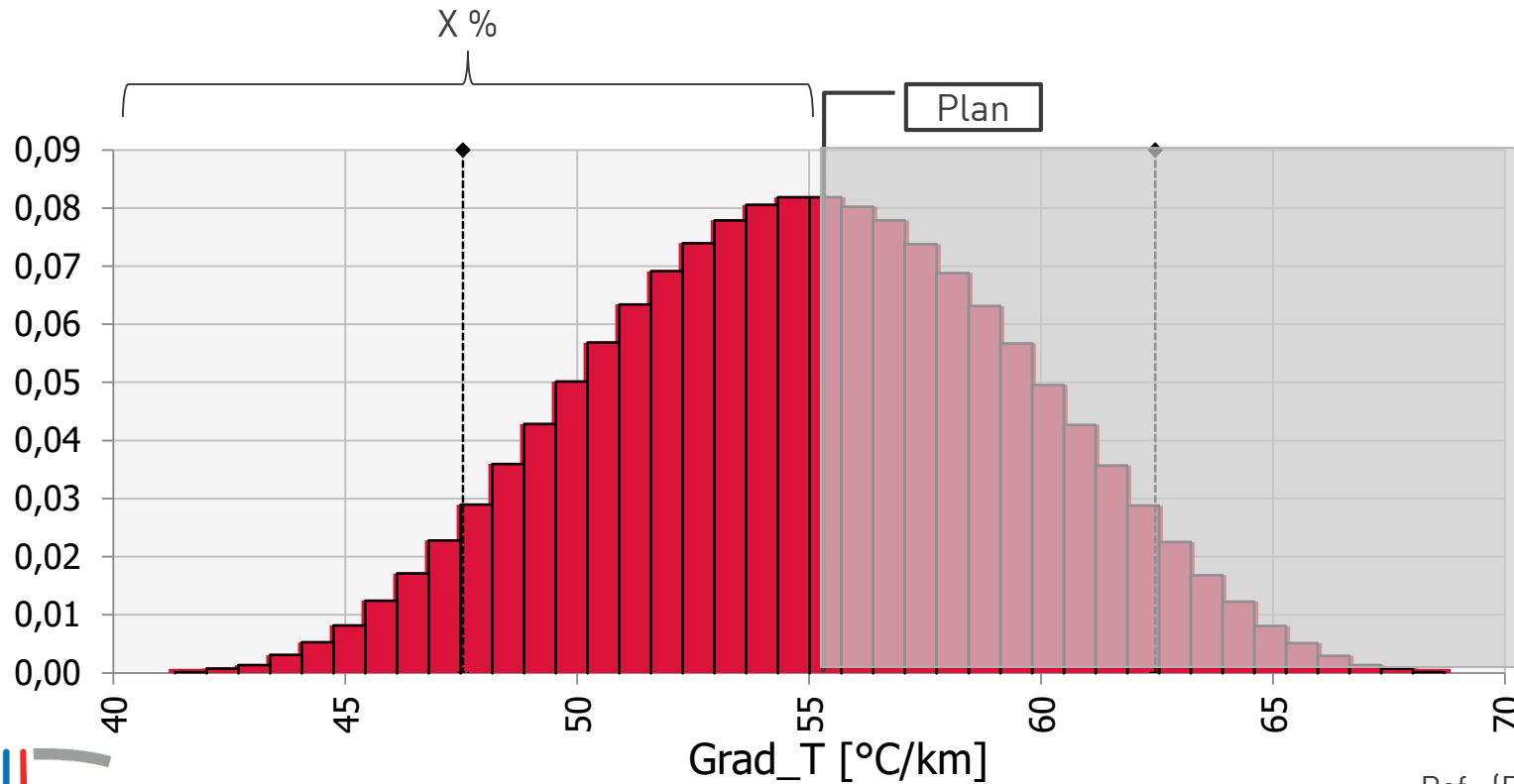


# Methodological background of risk prioritization with risk map

## > How to transform a continuous PDF to a binominal one?

> By defining a plan case one can concentrate on the negative side of the PDF

➔ How high is the probability that the value becomes lower than my plan scenario?



## Akademische Partner

## Industrie Partner

