

---

# POS-Studien für Geothermieprojekte im Norddeutschen Becken

**Sandra Schumacher<sup>1</sup>**

**Roberto Pierau<sup>2</sup>**

**Wolfgang Wirth<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Leibniz Institut für Angewandte Geophysik

<sup>2</sup> Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Niedersachsen

# Motivation

---

- Projekte häufig von Stadtwerken oder privaten Investoren finanziert  
    ➔ großes finanzielles Risiko
- Lösung: Versicherung der ersten Bohrung
- Benötigt: Risikobewertung

---

# Temperatur

# Statistische Methode

---

- Berechnung der Wahrscheinlichkeit:

$$POS = \frac{\sum_i^n x_i G_i \frac{1}{r_i^2}}{\sum_i^n G_i \frac{1}{r_i^2}}$$

n: Anzahl der Bohrungen  
x: Erfolgswert  
r: Abstand zum geplanten Standort  
G: Gewichtungsfaktor

- benötigt: Temperatur
- Bohrungen im 20 km Umkreis
- Gewichtung wegen Salzstrukturen

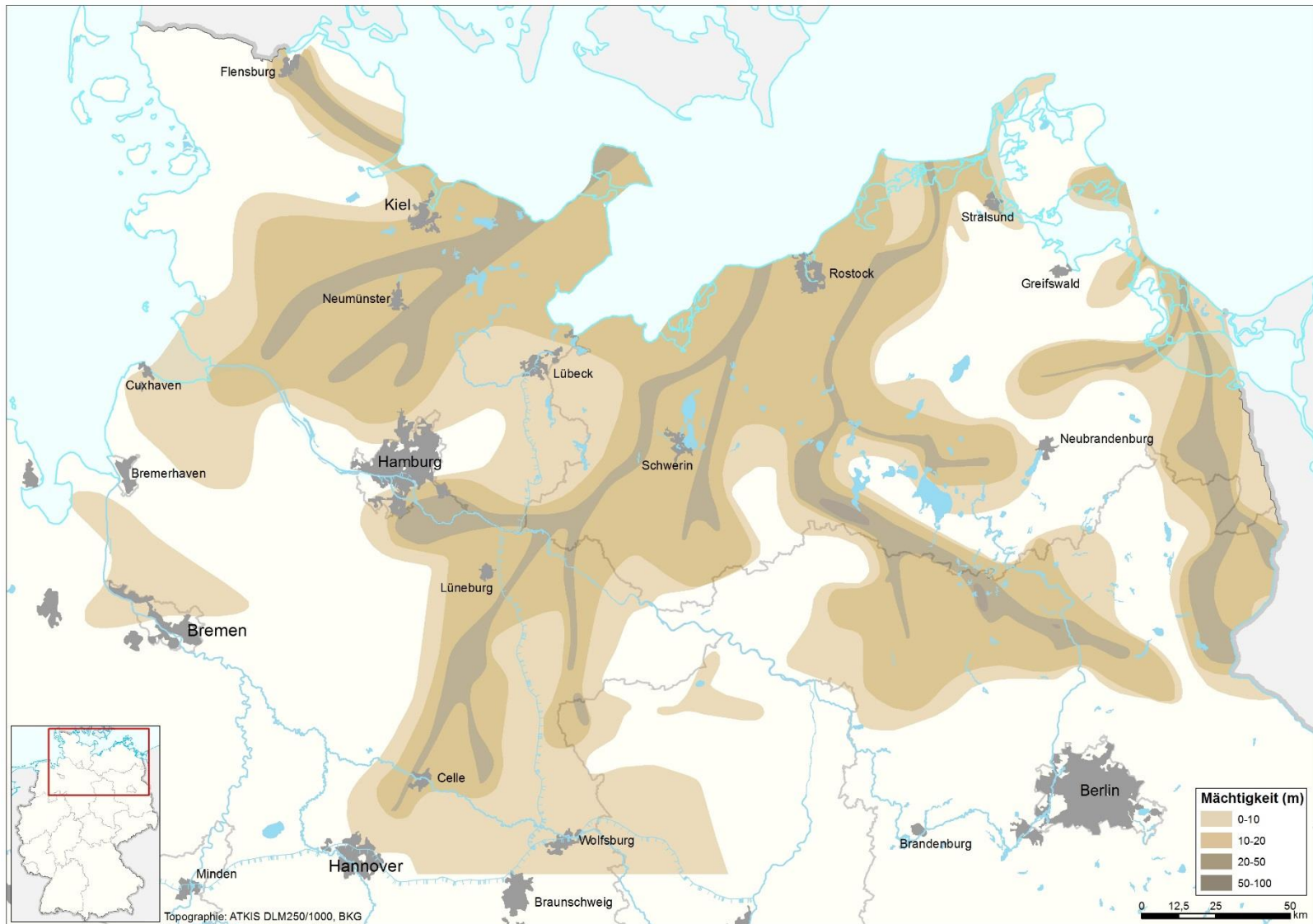
# Salzstrukturen



---

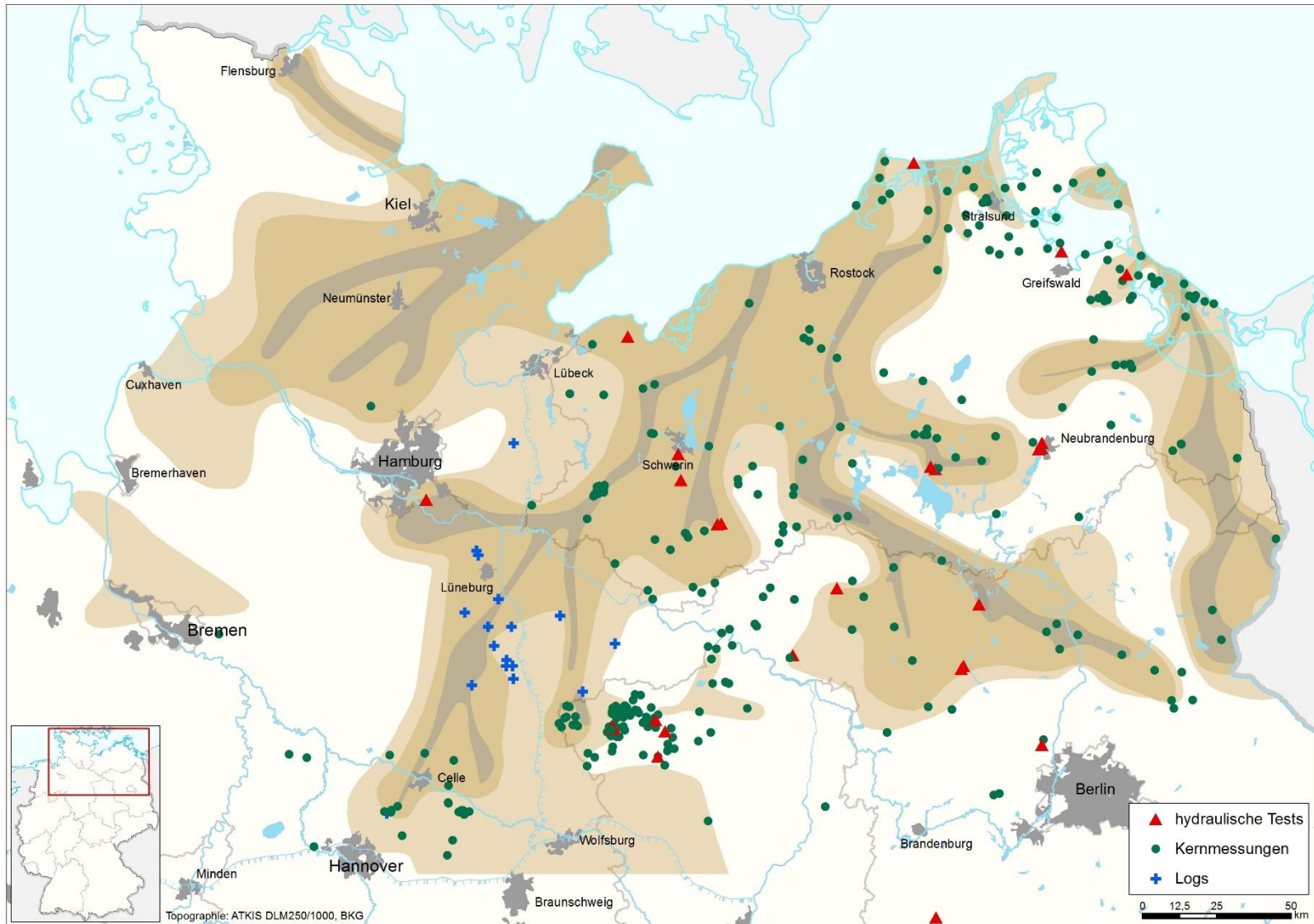
# Hydraulik

# Rhät-Sandsteine in Norddeutschland



(Franz et al., 2015)

# Verfügbare hydraulische Daten





# Statistische Methode

---

- Berechnung der Wahrscheinlichkeit:

$$POS = \frac{\sum_i^n x_i \frac{1}{r_i}}{\sum_i^n \frac{1}{r_i}}$$

n: Anzahl der Bohrungen  
x: Erfolgswert  
r: Abstand zum geplanten Standort

- benötigt:
  - Fließrate
  - Absenkung

# Aufgabe

---

- Berechnung der Fließrate  $Q_i$ ?

$$Q_i = 2\pi k_f H_0 \frac{s}{\ln(R/r)}$$

- unbekannt:  $k_f$

$$k_f = k \frac{\rho_f}{\eta_f} g$$

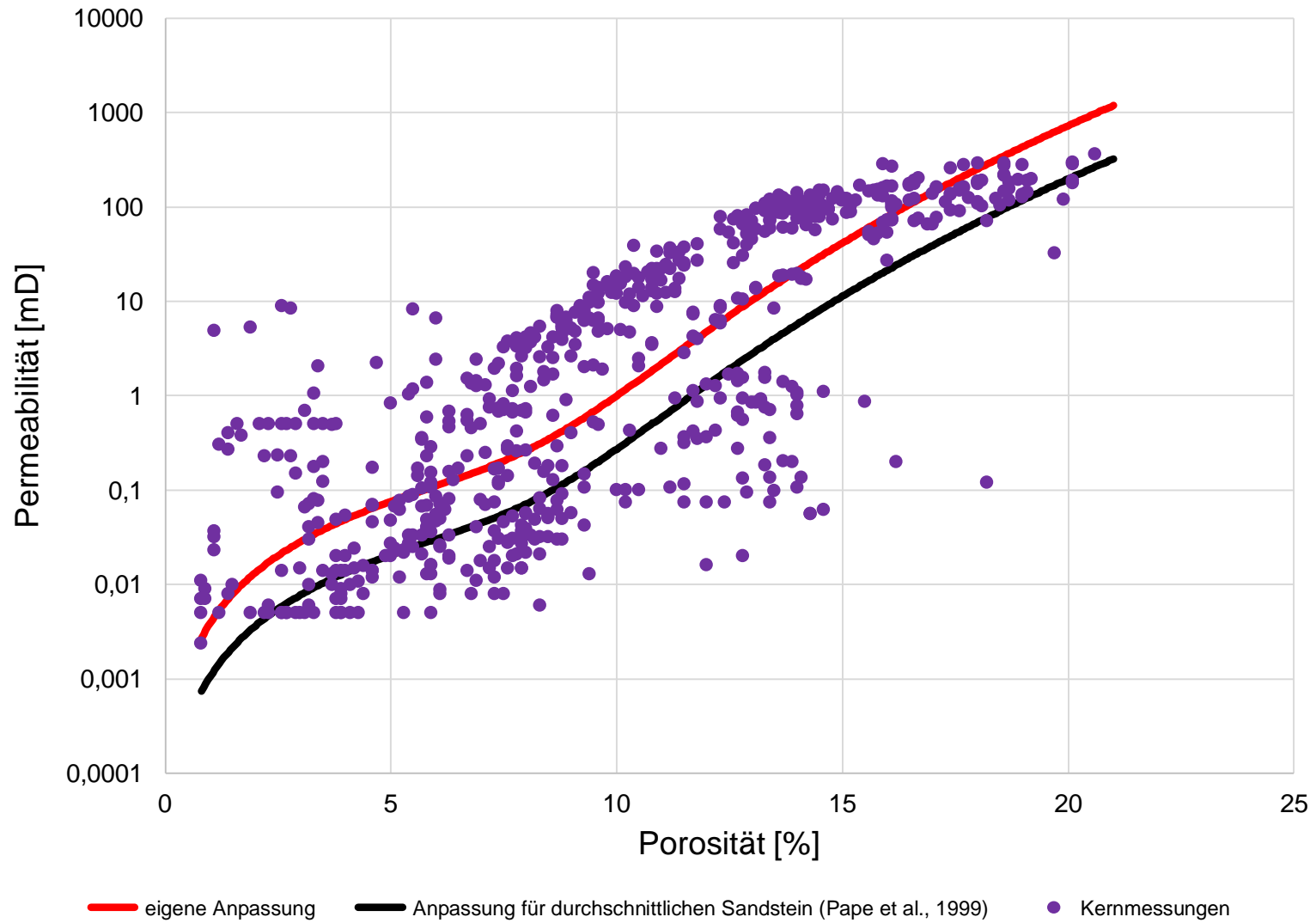
- benötigt: Permeabilität  $k$

# Permeabilität

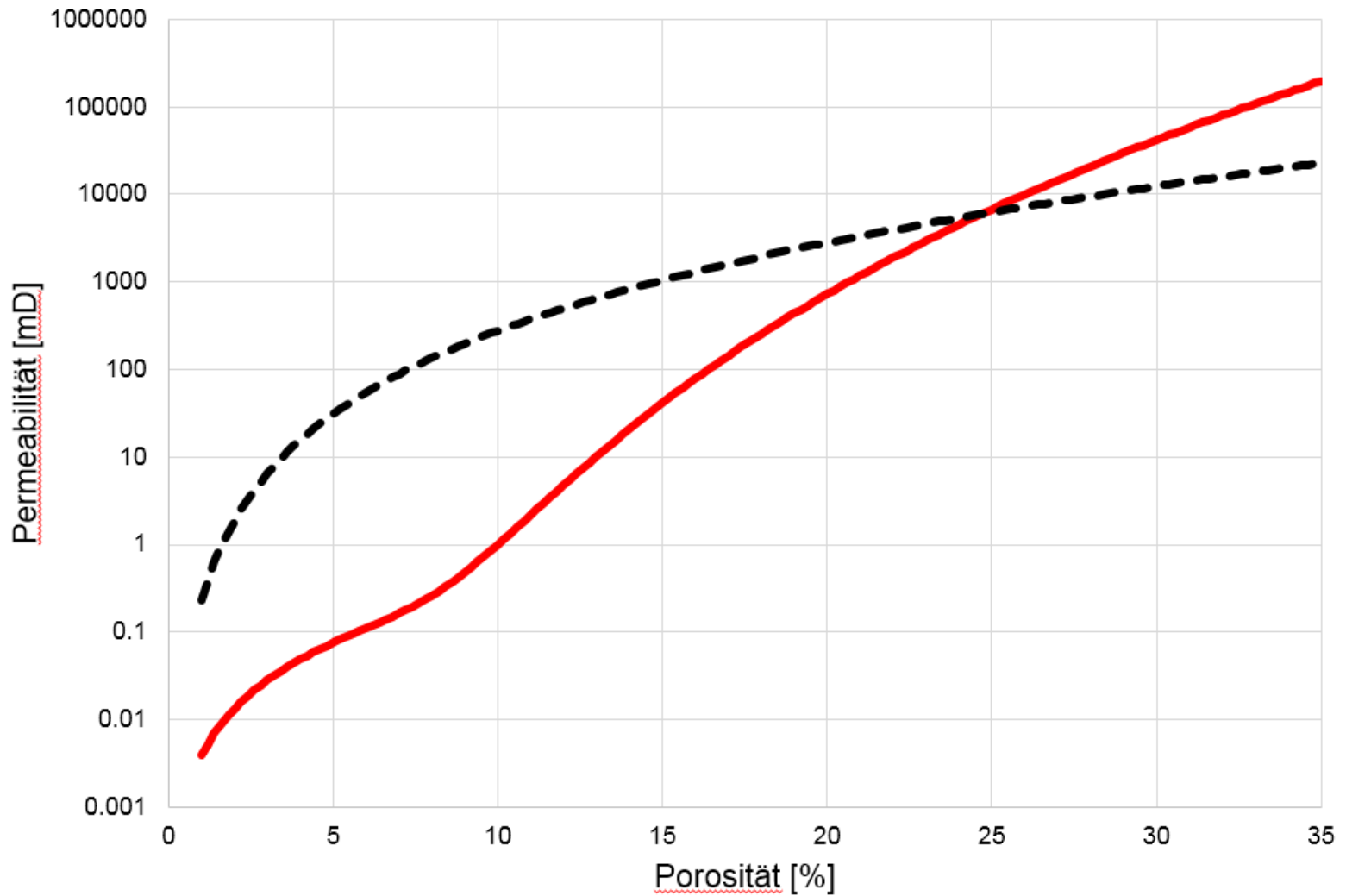
---

- Daten von:
  - Hydraulischen Tests
  - Kernmessungen
  - Logs (meistens Sonic-Log)
- Logs: Permeabilität aus Porosität herleiten

# Korrelation Porosität-Permeabilität



# Kozeny-Carman-Gleichung



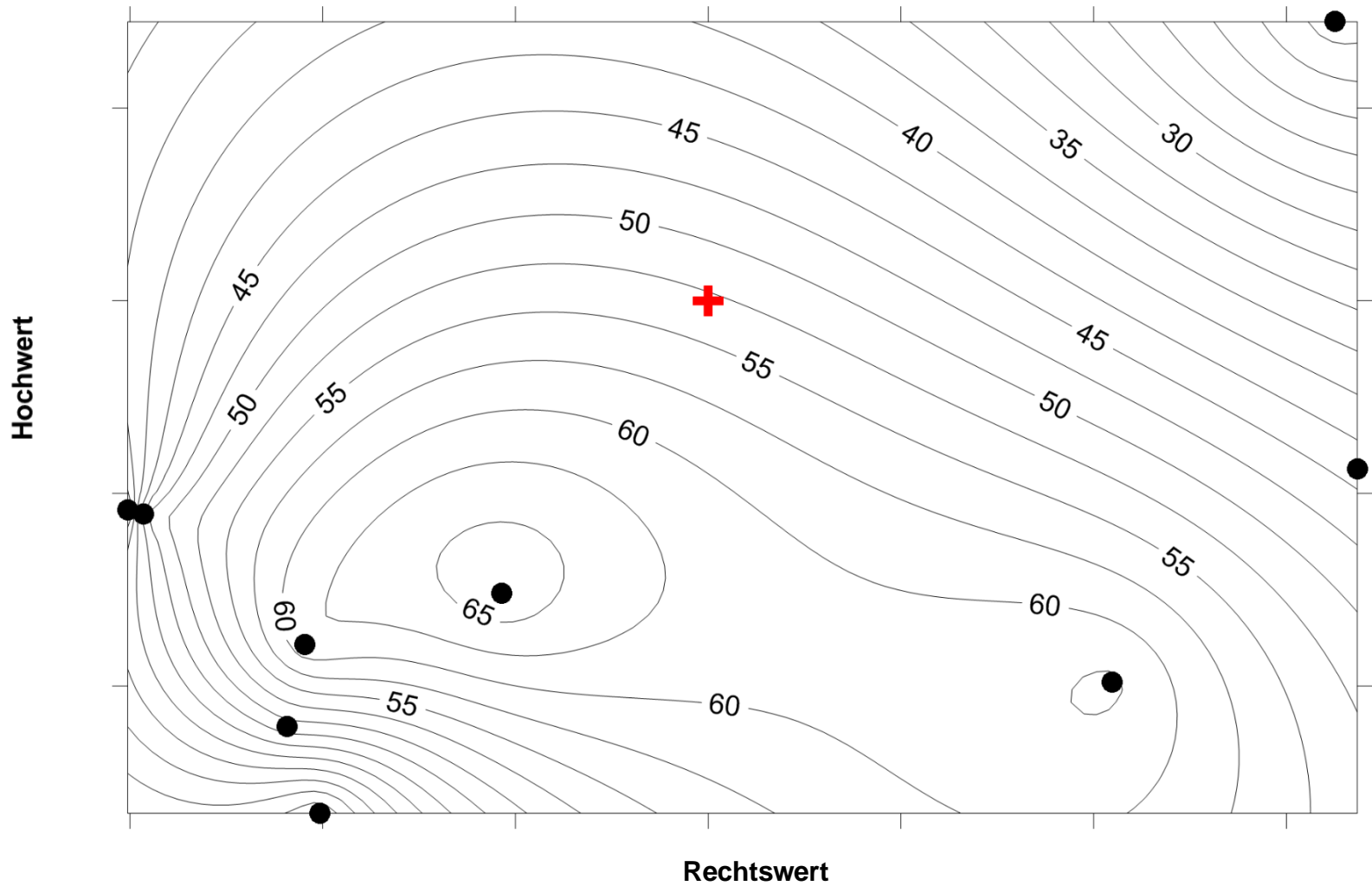
# Workflow

---

## Bestimmung der Porosität

- ➔ Berechnung der Permeabilität
- ➔ Berechnung Fließrate - Absenkung
- ➔ Bestimmung des Erfolgswertes und Erstellung von Karten über die räumliche Verteilung erfolgreicher Bohrungen
- ➔ Berechnung der Erfolgswahrscheinlichkeit des Projekts

# Bestimmung der Aquifermächtigkeit



# Erfolgswahrscheinlichkeit Hydraulik

Fließrate (l/s)	Absenkung (m)	Mächtigkeit (m)	POS (%)
20	100	40	<b>50.1</b>
20	200	40	<b>73.7</b>
20	300	40	<b>83.4</b>
30	300	40	<b>73.7</b>
20	200	30	<b>65.5</b>
20	200	50	<b>75.0</b>



# Gesamterfolgswahrscheinlichkeit

$$\text{POS}_{\text{gesamt}} = \text{POS}_{\text{Temperatur}} * \text{POS}_{\text{Hydraulik}}$$

Temperatur (°C)	POS <sub>T</sub> (%)	Fließrate (l/s)	Absenkung (m)	POS <sub>H</sub> (%)	POS <sub>gesamt</sub> (%)
75	95	20	200	73.7	70.0
75	95	20	300	83.4	79.2
80	85	20	200	73.7	62.6
80	85	20	300	83.4	70.9

# Zusammenfassung

---

- Salzstrukturen müssen beachtet werden
- Auch ohne hydraulische Tests kann die Erfolgswahrscheinlichkeit quantifiziert werden
- Notwendig: Kernmessungen und Logs
- Methode, die weltweit für permeable Aquifere angewendet werden kann