

# Simulation von Erschließungsvarianten für Planung und Genehmigung einer geothermischen Wärmeversorgungsanlage auf Usedom

Jörn Bartels, Doreen Gehrke  
Geothermie Neubrandenburg GmbH  
[gtn@gtn-online.de](mailto:gtn@gtn-online.de)  
[www.gtn-online.de](http://www.gtn-online.de)

## *Warum numerische Simulationsmodelle ?*

### Planung:

1. *Optimale Positionierung der Bohrungen*

### Genehmigung:

2. *Langzeitprognose des Wärmeentzugs für die bergrechtliche Bewilligung*
3. *Bemessung der bergrechtlichen Erlaubnis- und Bewilligungsfelder*

## Übersicht



## Untersuchungsgebiet

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover



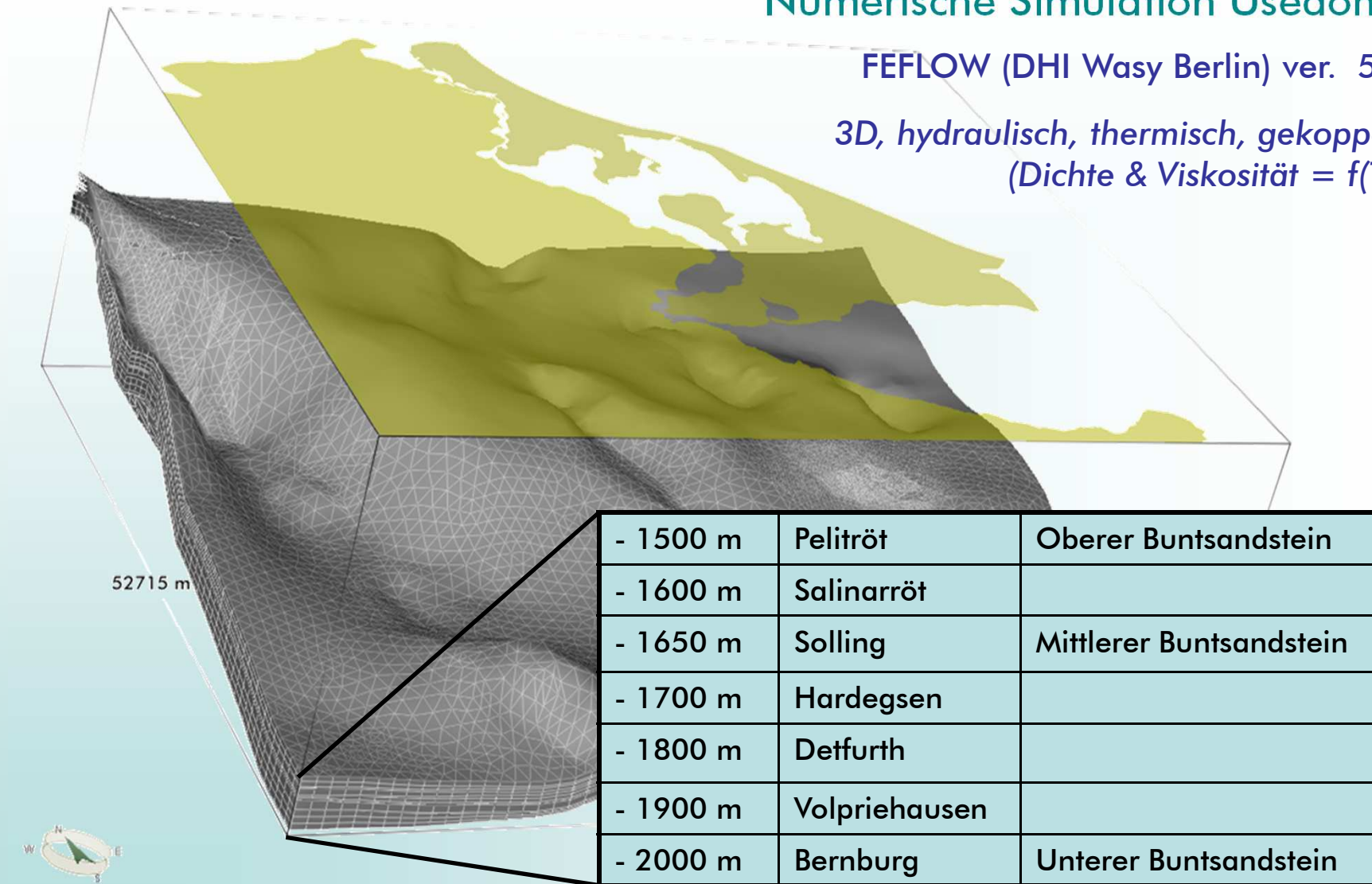
## Projektgebiet Kaiserbäder

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

## Numerische Simulation Usedom

FEFLOW (DHI Wasy Berlin) ver. 5.3

3D, hydraulisch, thermisch, gekoppelt  
(Dichte & Viskosität =  $f(T)$ )



## Simulator & Modellstruktur

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover



# Numerische Simulation Usedom

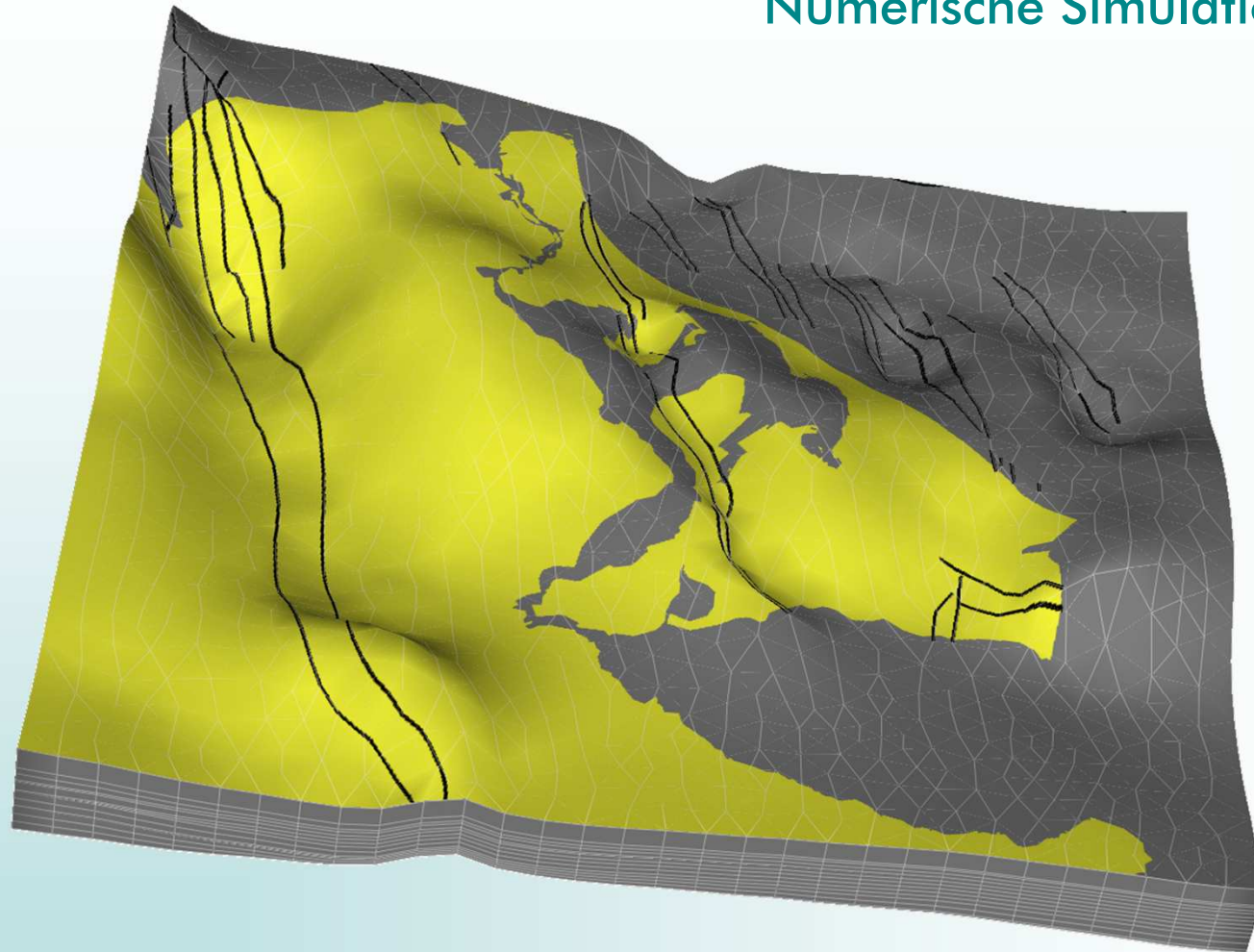
FEFLOW (DHI Wasy Berlin) ver. 5.3

3D, hydraulisch, thermisch, gekoppelt (Dichte & Viskosität =  $f(T)$ )

Modell geologisch		Modell numerisch				
		Einschichtverfahren			Zweischichtverfahren	
Schicht			Schicht		Schicht	
1	Pelitröt		1	Pelitröt	1	Pelitröt
2	Salinarröt		2	Salinarröt	2	Salinarröt
3	Solling WL		3	Solling WL	3	Solling WL
4	Solling BS	Aquifer	4	Solling BS	4	Solling BS
5	Solling WL		5	Solling WL	5	Solling WL
6	Hardeggen WL		6	Hardeggen WL	6	Hardeggen WL
7	Hardeggen BS	Aquifer	7	Hardeggen BS	7	Hardeggen BS
			8	Hardeggen BS	8	Hardeggen BS
					9	Hardeggen BS
					10	Hardeggen BS
8	Detfurth WL		9	Detfurth WL	11	Detfurth WL
			10	Detfurth WL	12	Detfurth WL
9	Detfurth BS	Aquifer	11	Detfurth BS	13	Detfurth BS
			12	Detfurth BS	14	Detfurth BS
			13	Detfurth BS	15	Detfurth BS
			14	Detfurth BS	16	Detfurth BS
10	Volpriehausen WL		15	Volpriehausen WL	17	Volpriehausen WL
			16	Volpriehausen WL	18	Volpriehausen WL
			17	Volpriehausen WL	19	Volpriehausen WL
11	Volpriehausen BS	Aquifer	18	Volpriehausen BS	20	Volpriehausen BS
12	Bernburg BS	Aquifer	19	Bernburg BS	21	Bernburg BS

Modellaufbau: Zielhorizonte Hardeggen und Detfurth

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

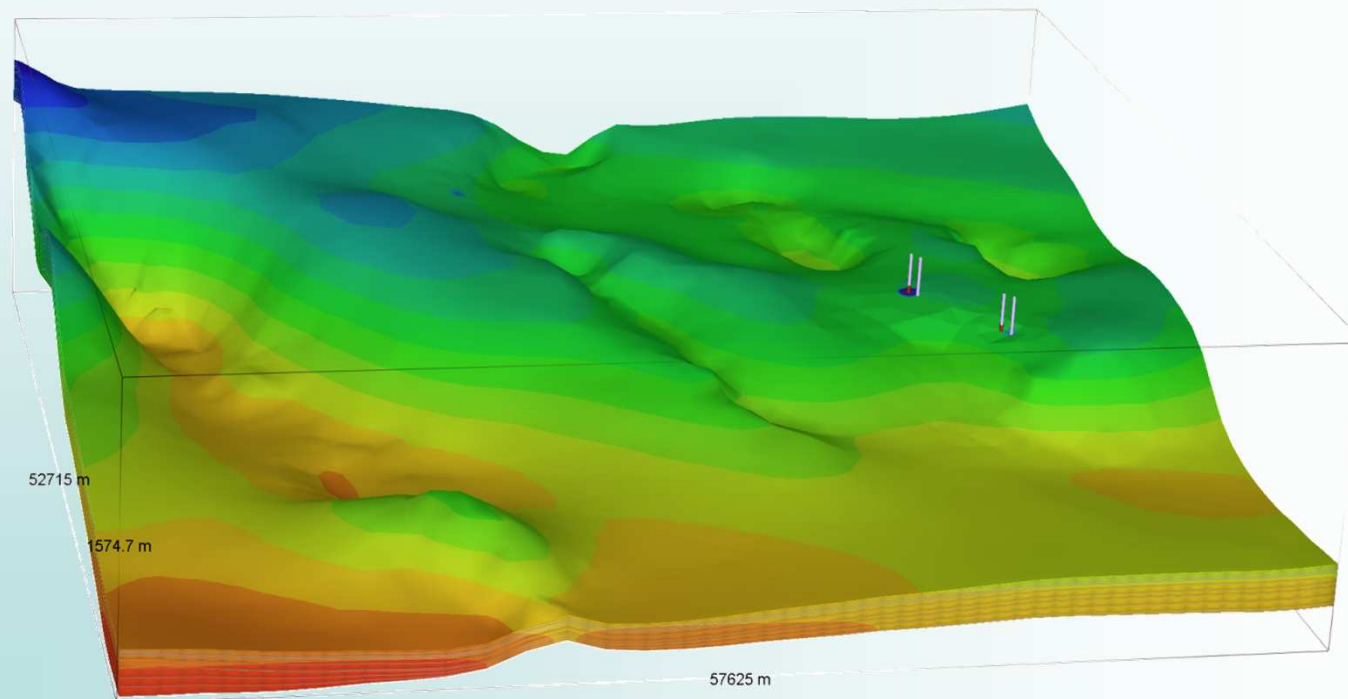


## Modellaufbau: Rolle der Störungszonen

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

Temperature [°C]  
- Fringes -

108 – 113
103 – 108
98 – 103
93 – 98
88 – 93
83 – 88
78 – 83
73 – 78
68 – 73
63 – 68
58 – 63
53 – 58
48 – 53
43 – 48
38 – 43



### Modellaufbau: Thermische Initialisierung

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover



*Warum numerische Simulationsmodelle ?*

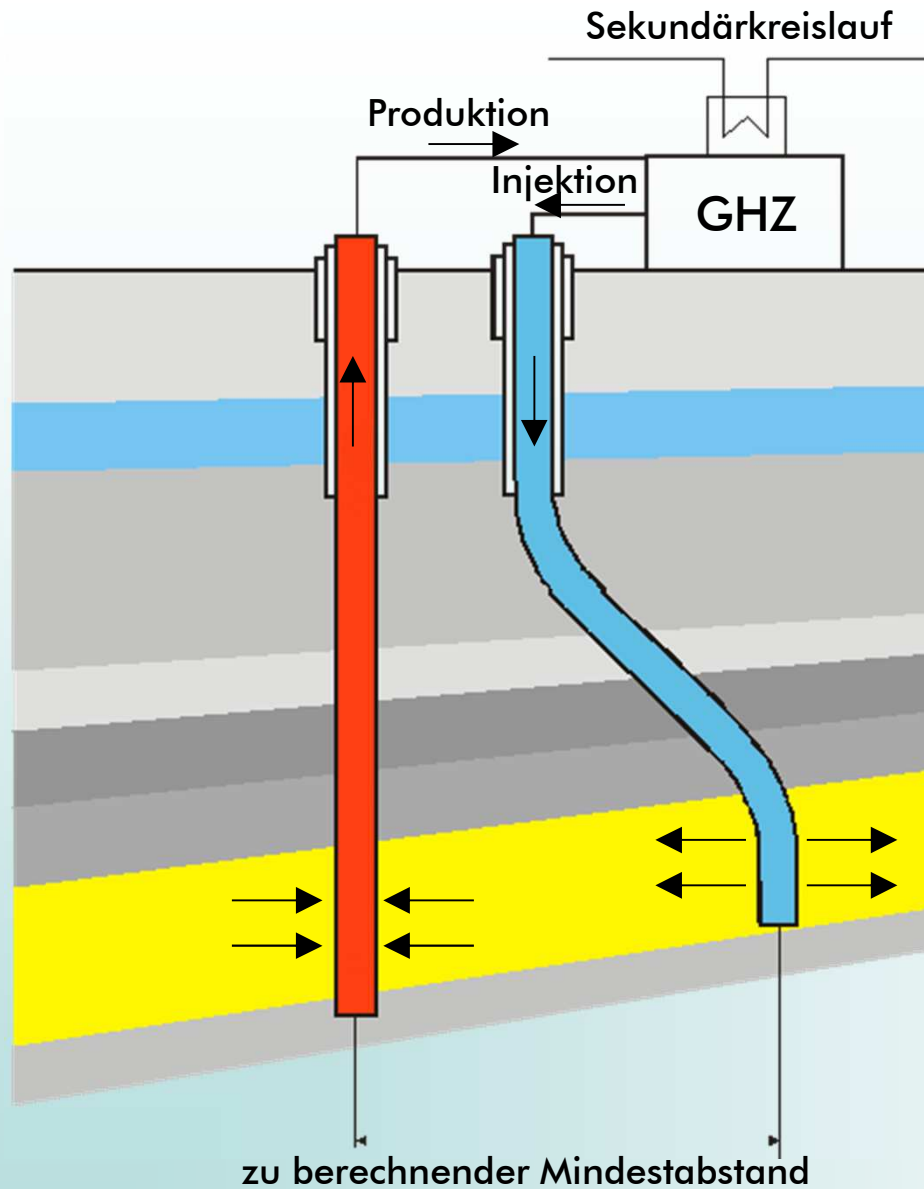
Planung:

## ***1. Optimale Positionierung der Bohrungen***

Genehmigung:

- 2. Langzeitprognose des Wärmeentzugs für die bergrechtliche Bewilligung*
- 3. Bemessung der bergrechtlichen Erlaubnis- und Bewilligungsfelder*

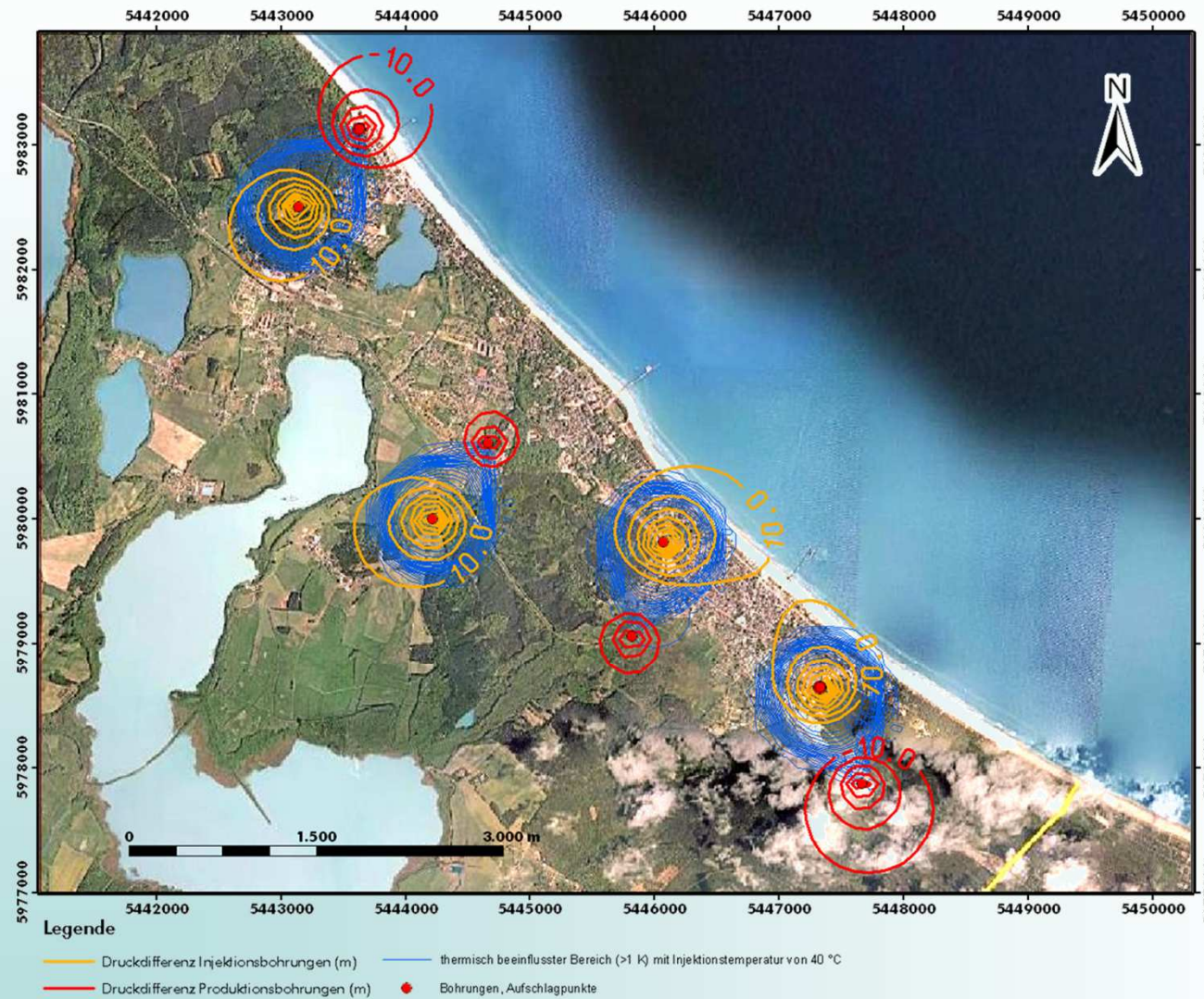
## Bohrungspositionierung



Injektion Dettfurth: 40 °C  
Zirkulationsrate: 100 m<sup>3</sup>/h

Klassisches 1-Schicht-Verfahren

## Bohrungspositionierung



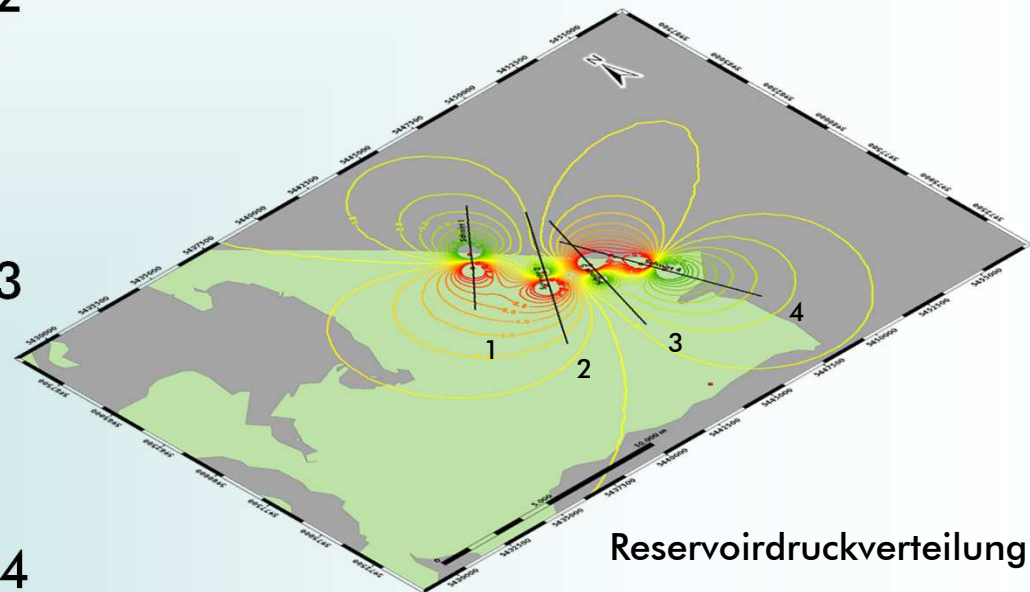
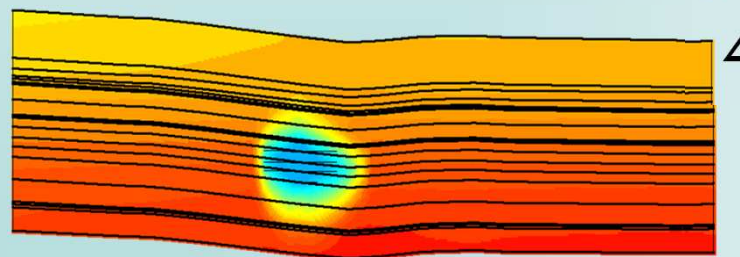
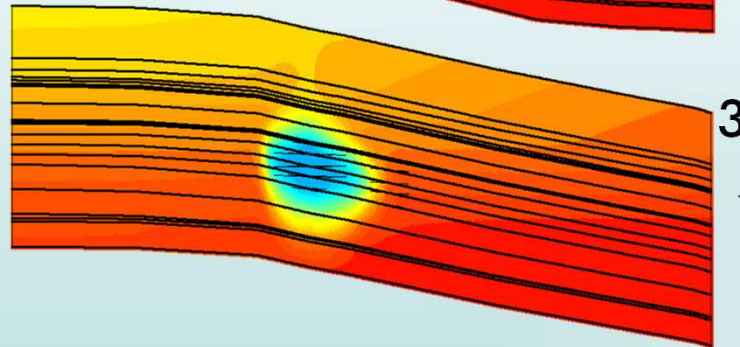
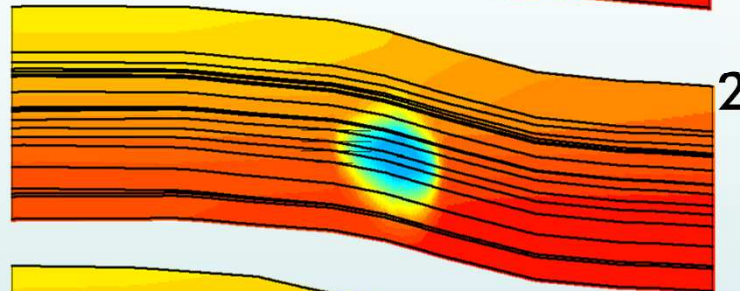
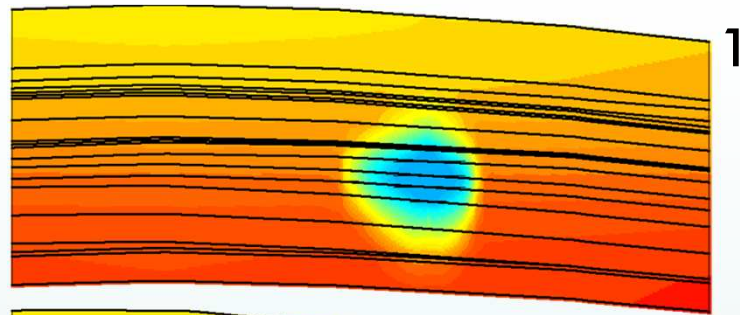
Abstand:  
725 m ... 810 m

GTN  
INGENIEURE  
& GEOLOGEN

1- Schicht-Verfahren: Abstandsbestimmung bei 4 Dubletten  
4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

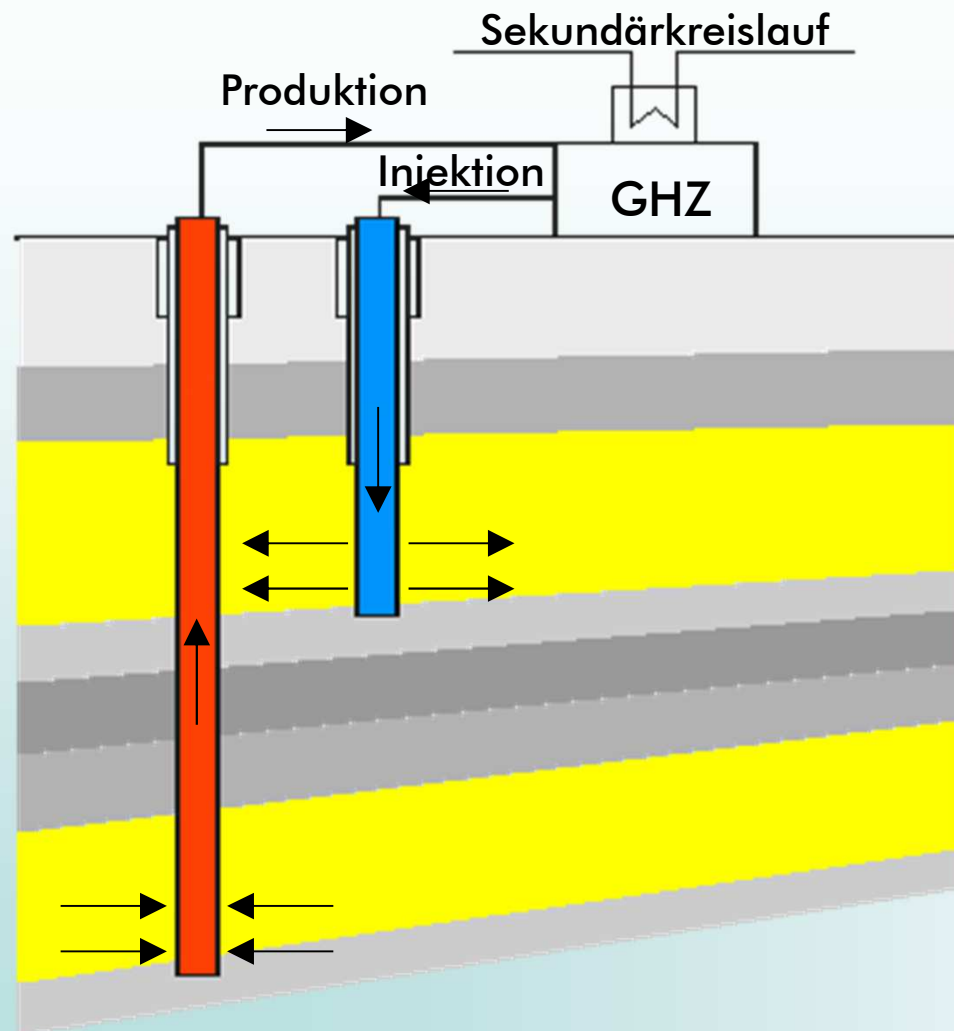
GTN  
INGENIEURE  
& GEOLOGEN

## Bohrungspositionierung



Vier Dubletten im 1-Schicht-Verfahren

## Bohrungspositionierung



Hardeggen

Injektion: 40 °C, -100 m<sup>3</sup>/h

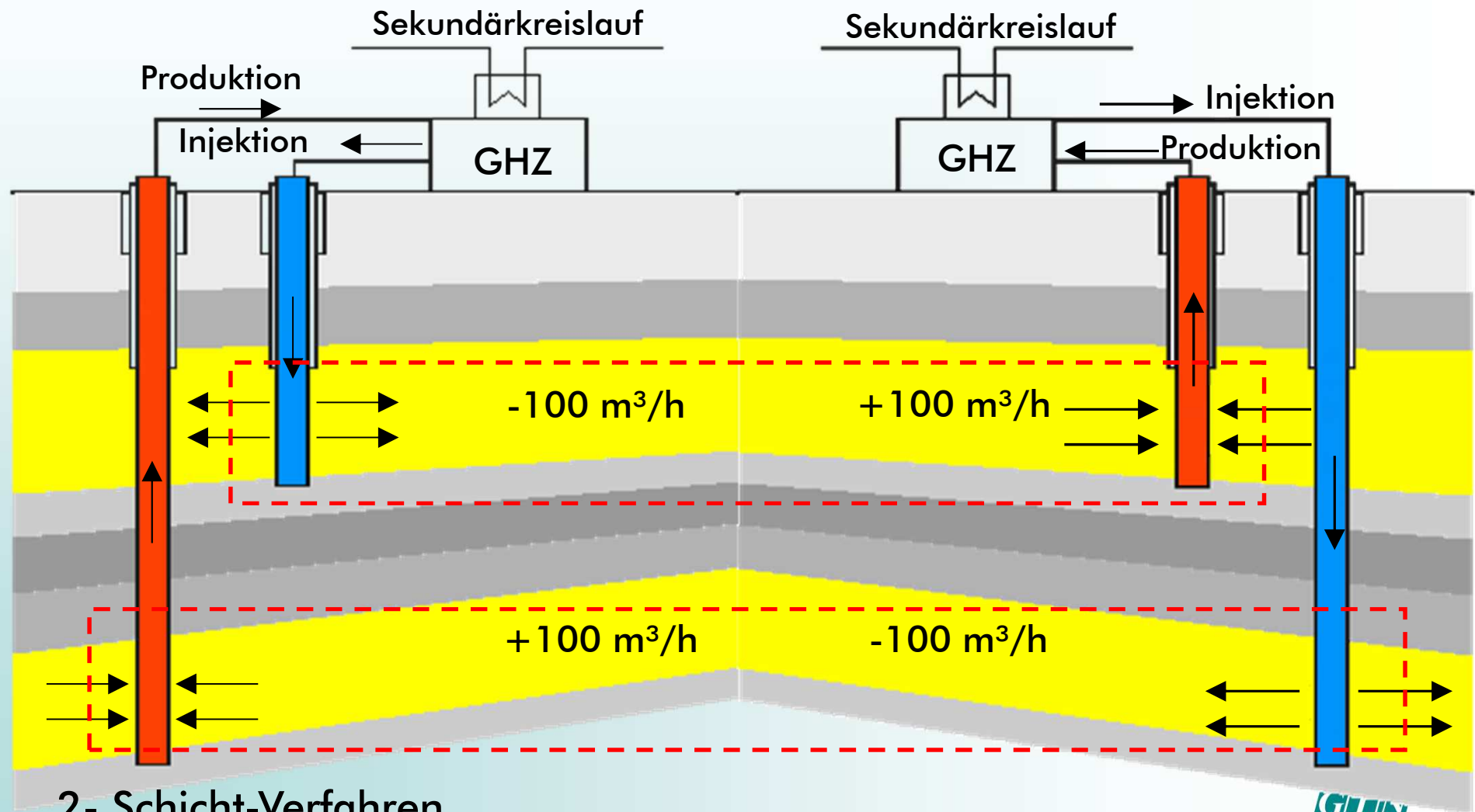
Detfurth

+100 m<sup>3</sup>/h

2-Schicht-Verfahren



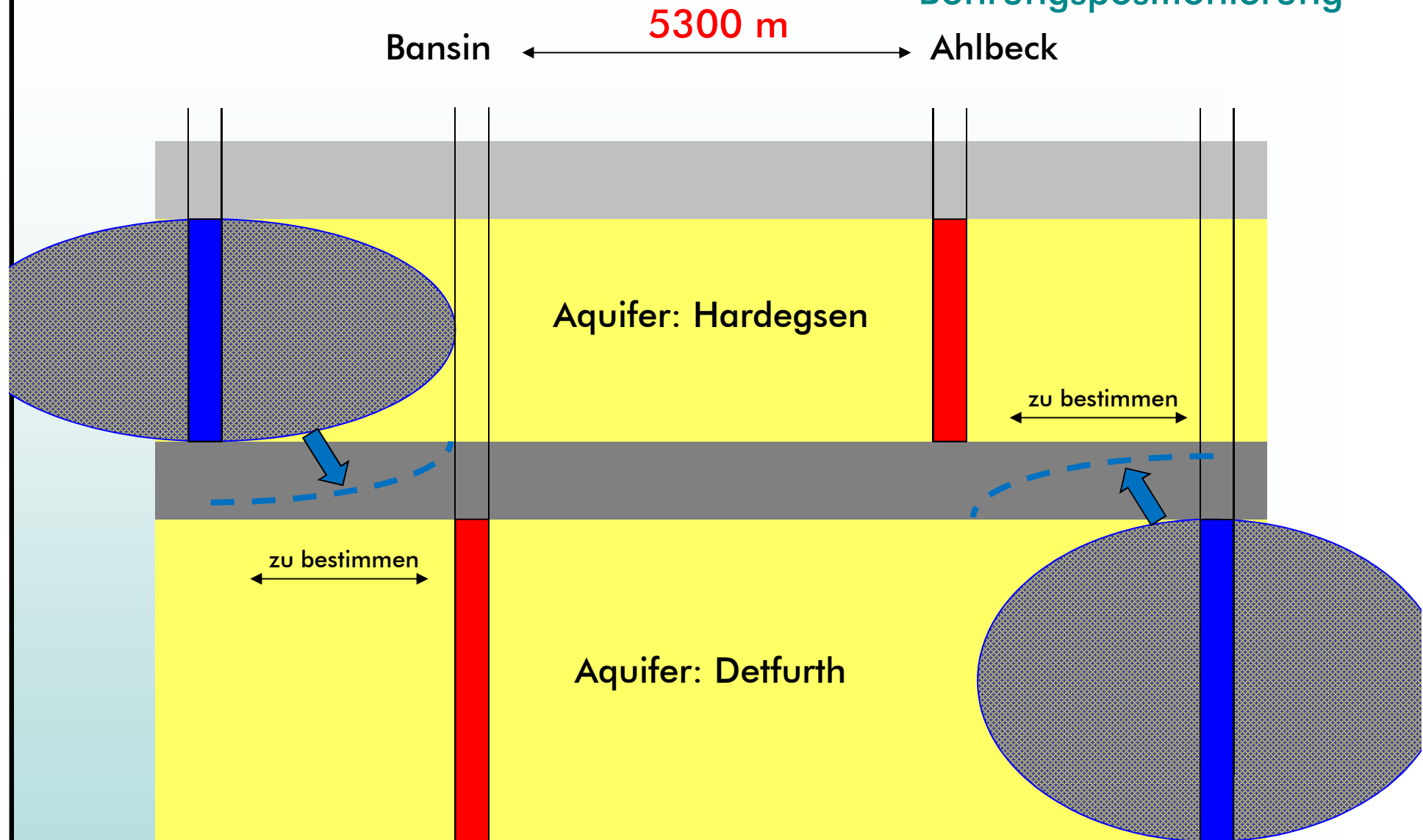
## Bohrungspositionierung



2- Schicht-Verfahren

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

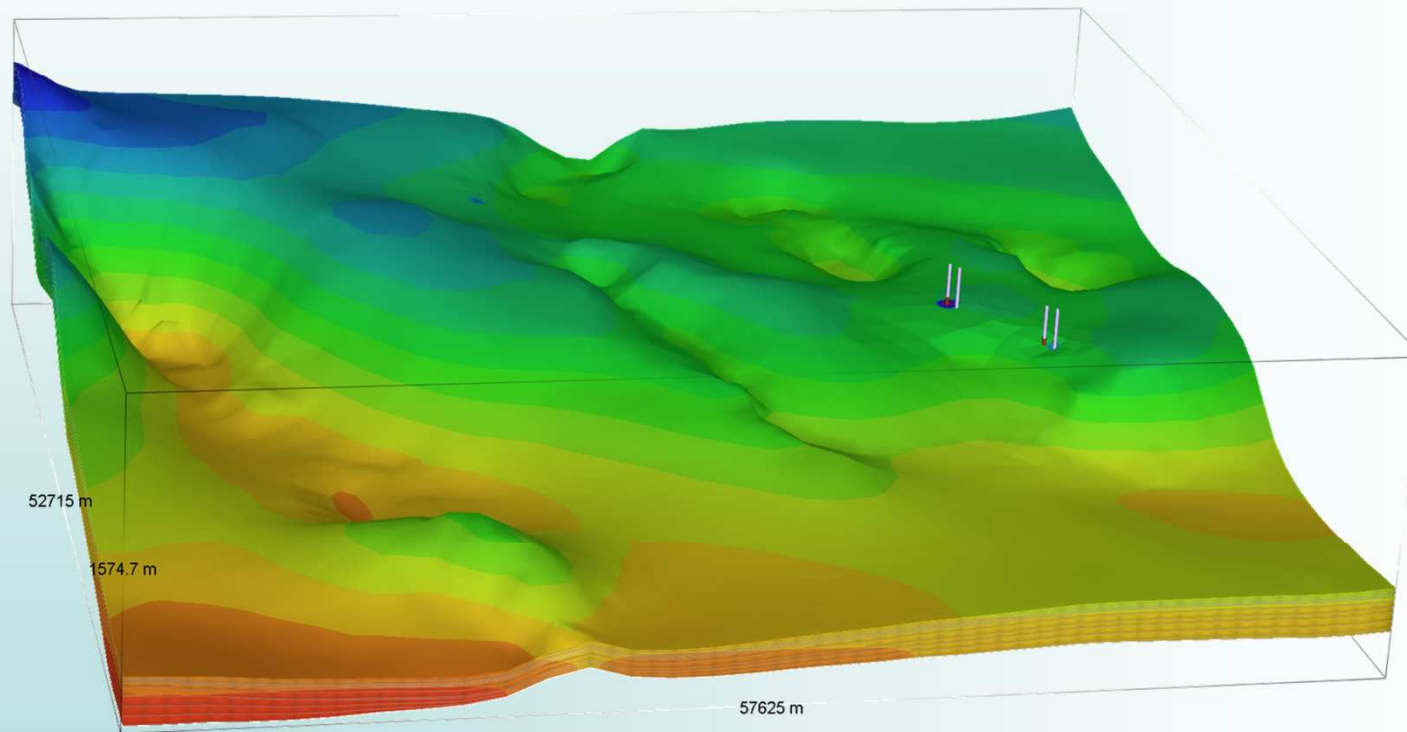
## Bohrungspositionierung



## 2- Schicht-Verfahren

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

# Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen

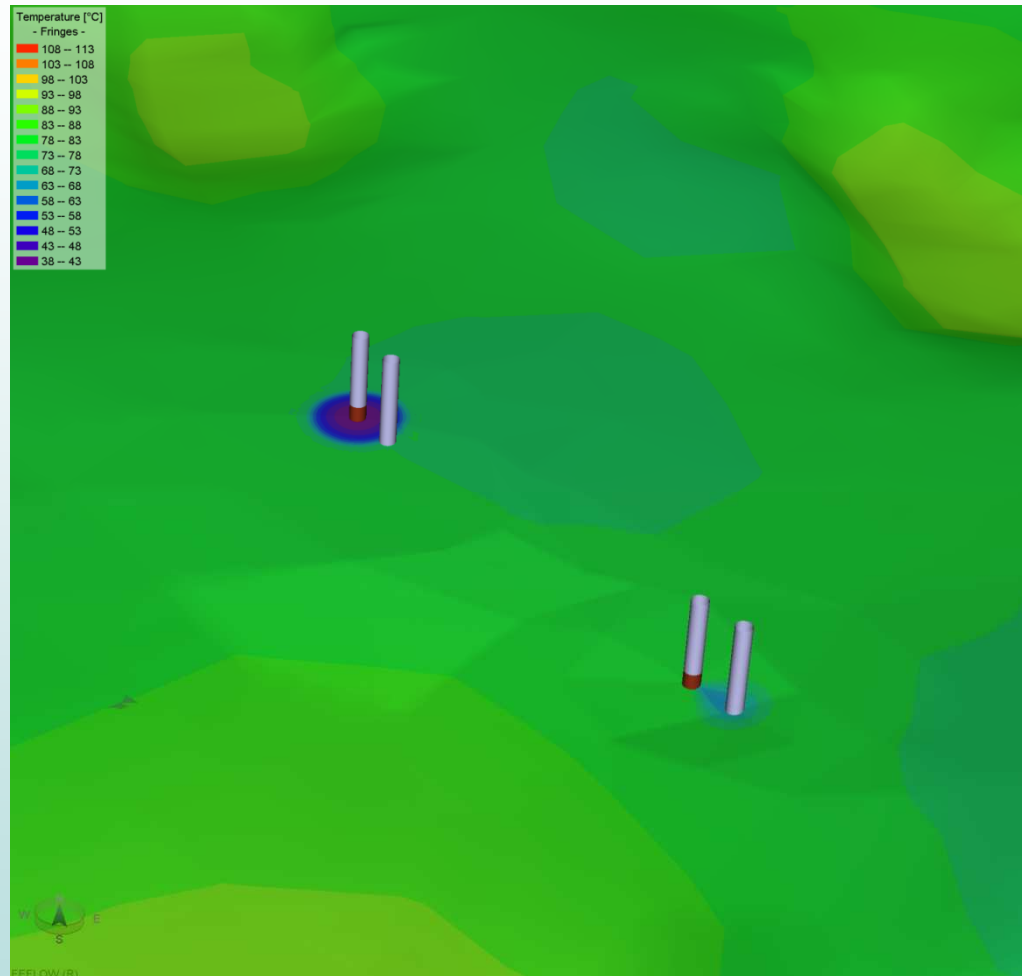


Temperatur nach 30 Jahren



4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

# Bohrungspositionierung



## Temperaturverteilung Hardeggen-Aquifer

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

## Bohrungspositionierung



## Temperaturverteilung Detfurth-Aquifer

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10. 2011 Hannover



## *Warum numerische Simulationsmodelle ?*

### Planung:

1. *Optimale Positionierung der Bohrungen*

### Genehmigung:

2. *Langzeitprognose des Wärmeentzugs für die bergrechtliche Bewilligung*
3. *Bemessung der bergrechtlichen Erlaubnis- und Bewilligungsfelder*

# Bemessung von Bewilligungsfeldern

## Besonderheit von Erdwärme:

Der **Abbau** des Bodenschatzes erfolgt um die **Förderbohrung** herum, die **thermische Beeinflussung** der Lagerstätte aber um die **Injektionsbohrung** herum (1 km und mehr entfernt)

Die Erdwärmegewinnung im Bewilligungsfeld ist aufgrund der Bindung an den Träger Grundwasser mit (hydraulischen) Auswirkungen außerhalb des Feldes verbunden, die eine Erdwärmegewinnung dort (positiv oder negativ) beeinflussen können

## Vorbemerkungen

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

## Bemessung von Bewilligungsfeldern

... daraus folgen:

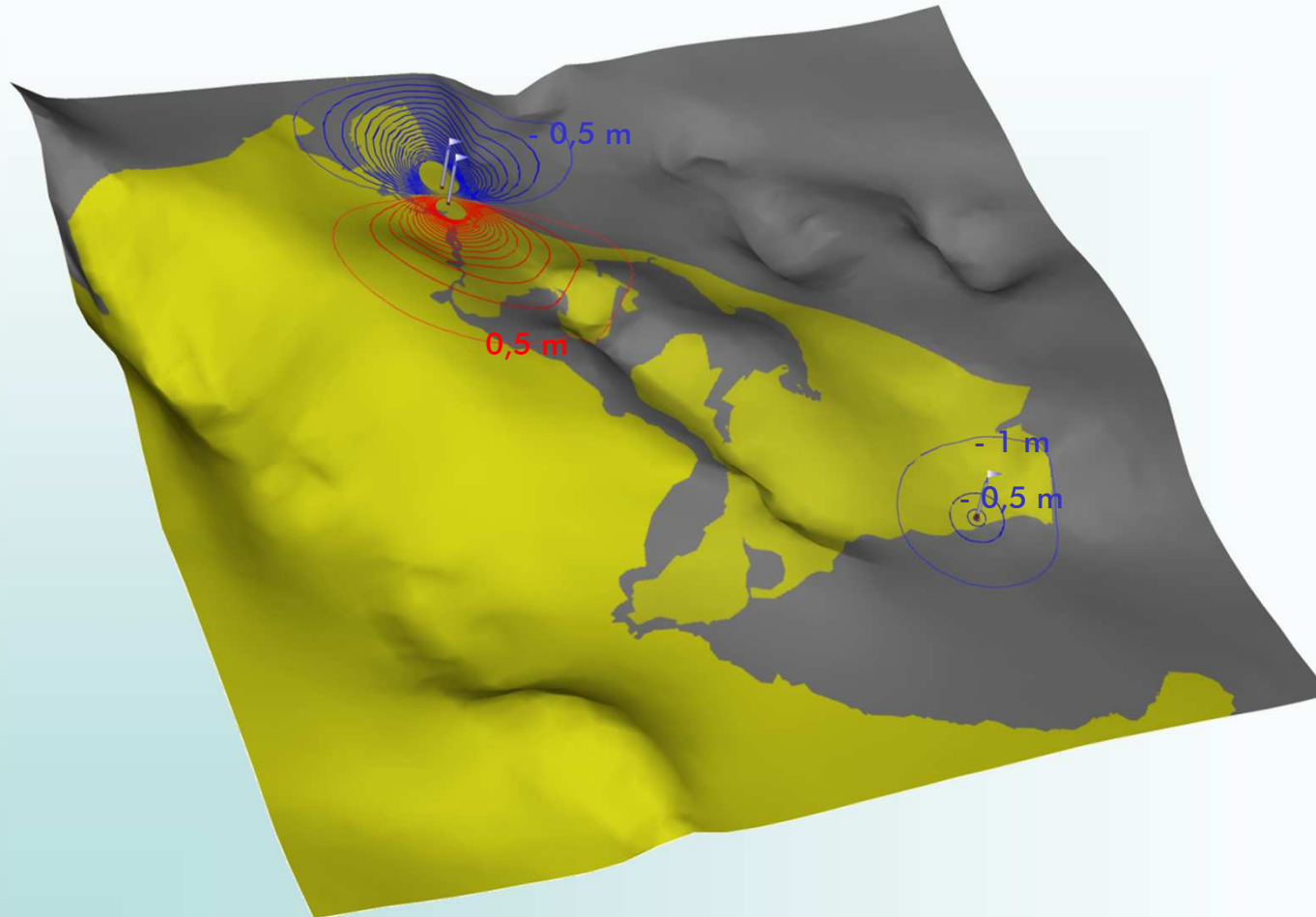
### *Aufgaben des Bergrechts bei der Bewilligung von hydrothermalen Erdwärmennutzungen:*

1. Sicherung des Wärmeinhalts der Lagerstätte um die Förderbohrung herum für den Feldesinhaber
2. Schutz des Rechtes, ausgekühltes Thermalwasser im beantragten Umfang in der Injektionsbohrung zurückzuführen
3. Schutz des Feldesinhabers vor erheblichem (hydraulischem) Einfluss von außen, der den Abbau technisch oder ökonomisch unangemessen behindert
4. Sicherung der Möglichkeit für Dritte, außerhalb des Erlaubnisfeldes ohne erhebliche (hydraulische) Behinderung weitere Erdwärme zu gewinnen
5. Feldeszuschnitte finden die - dem Potenzial der Lagerstätte entsprechend - eine möglichst umfangreiche Nutzung der Erdwärme sichern

### Vorbemerkungen

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

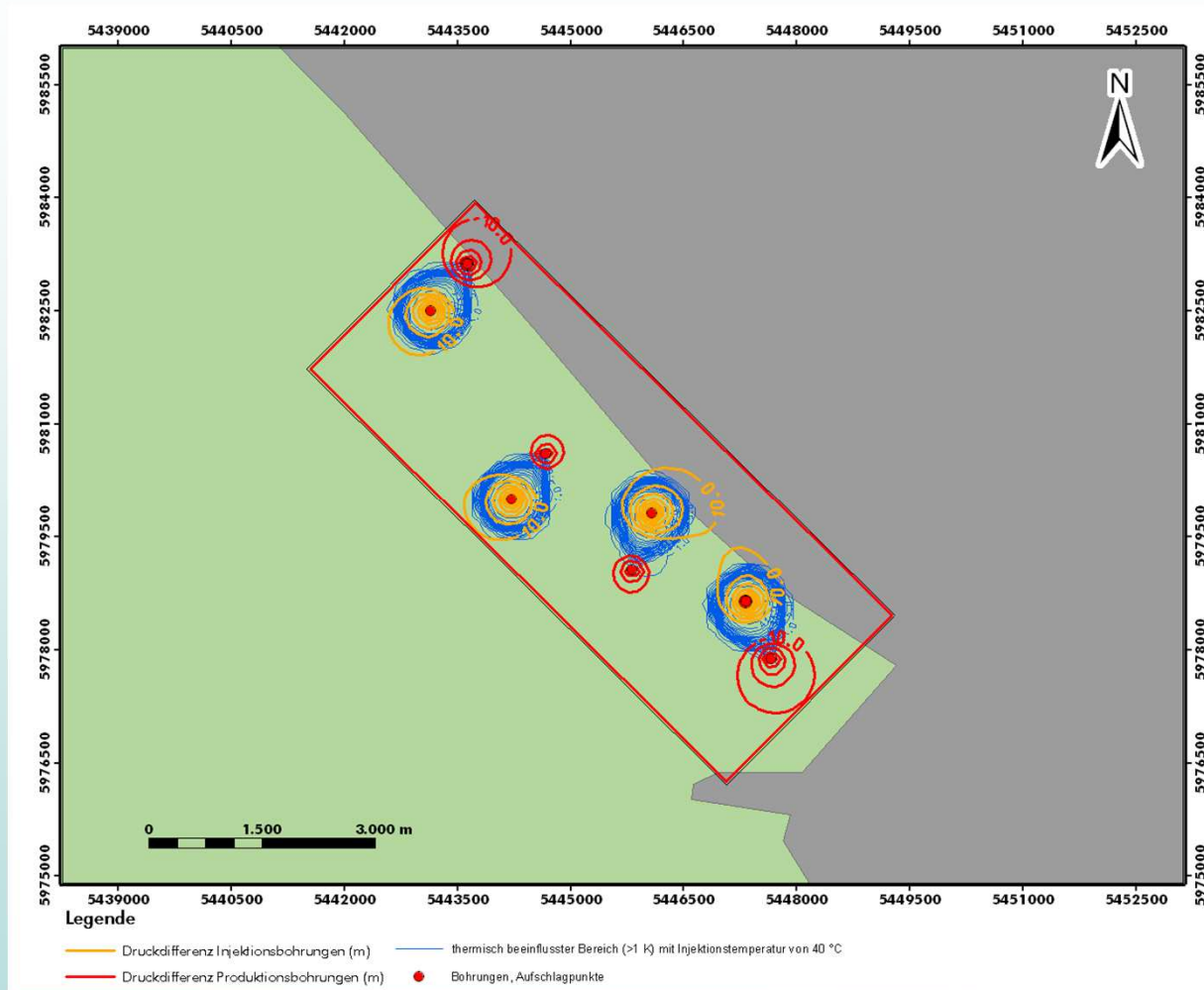
## Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen



Hydraulische Ausgangssituation Usedom Kaiserbäder

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

# Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen

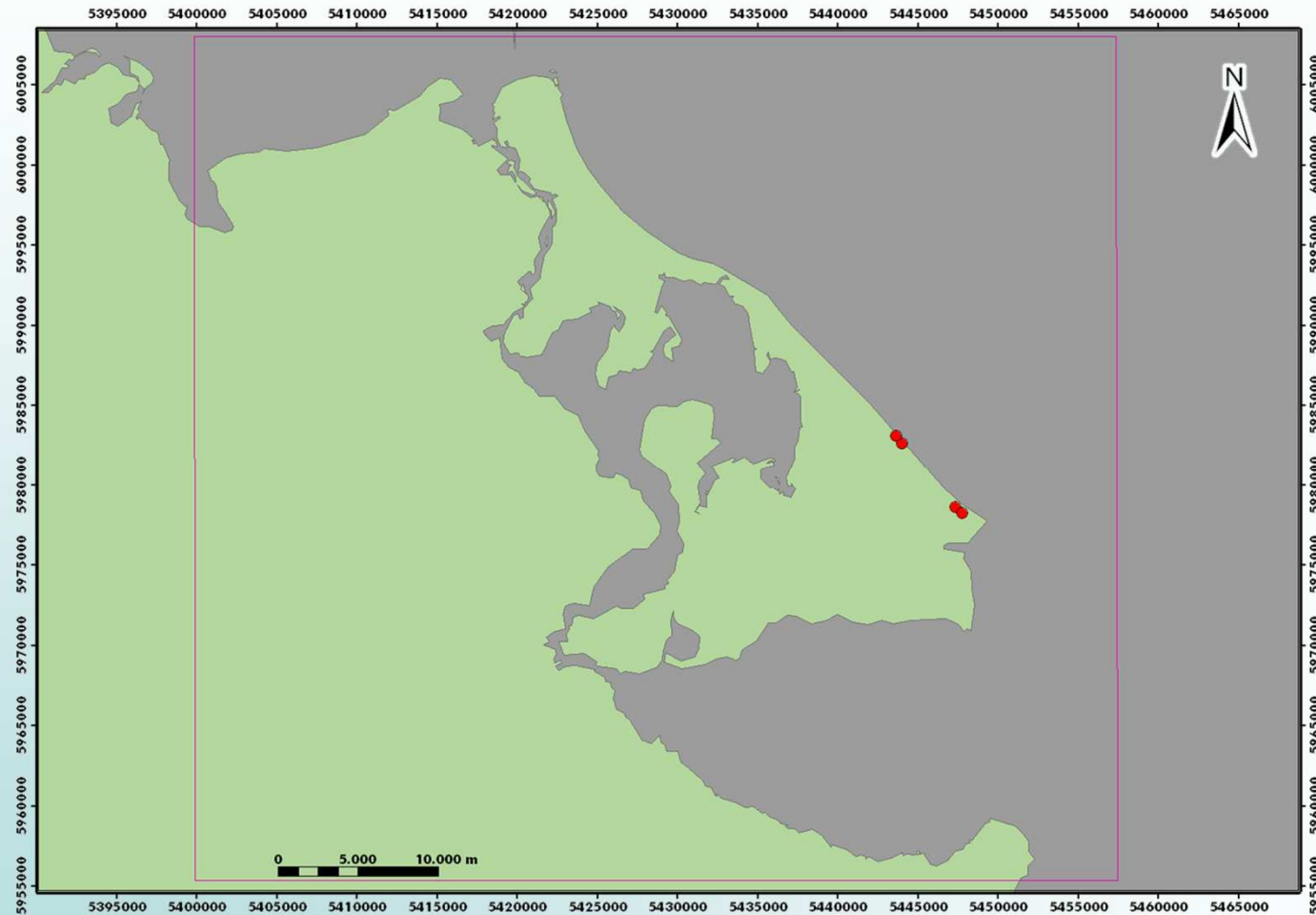


1-Schicht-Verfahren: Druck und Temperaturänderung nach 30 Jahren

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover



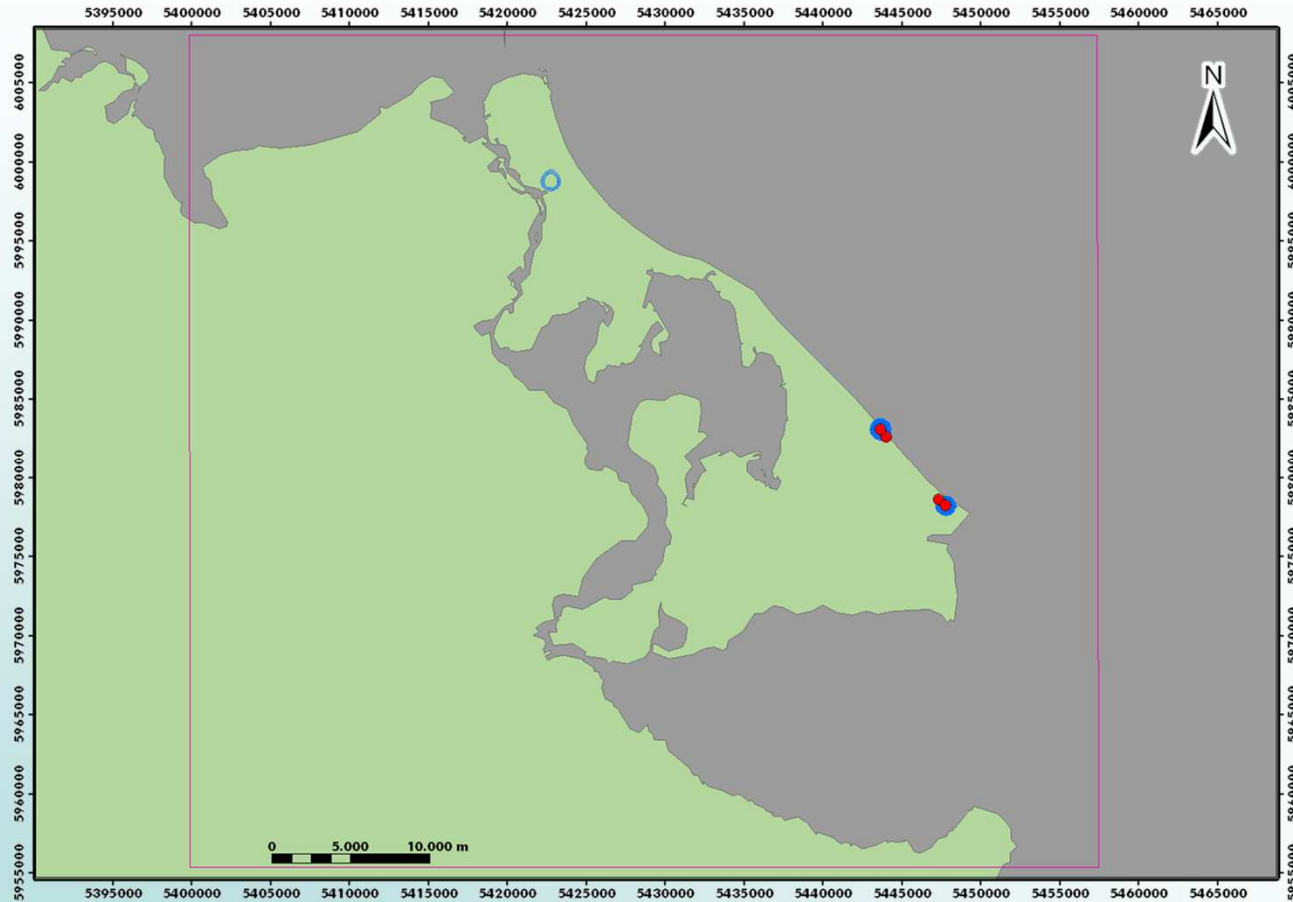
# Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen



## 2-Schicht-Verfahren: Bohrungsstandorte

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

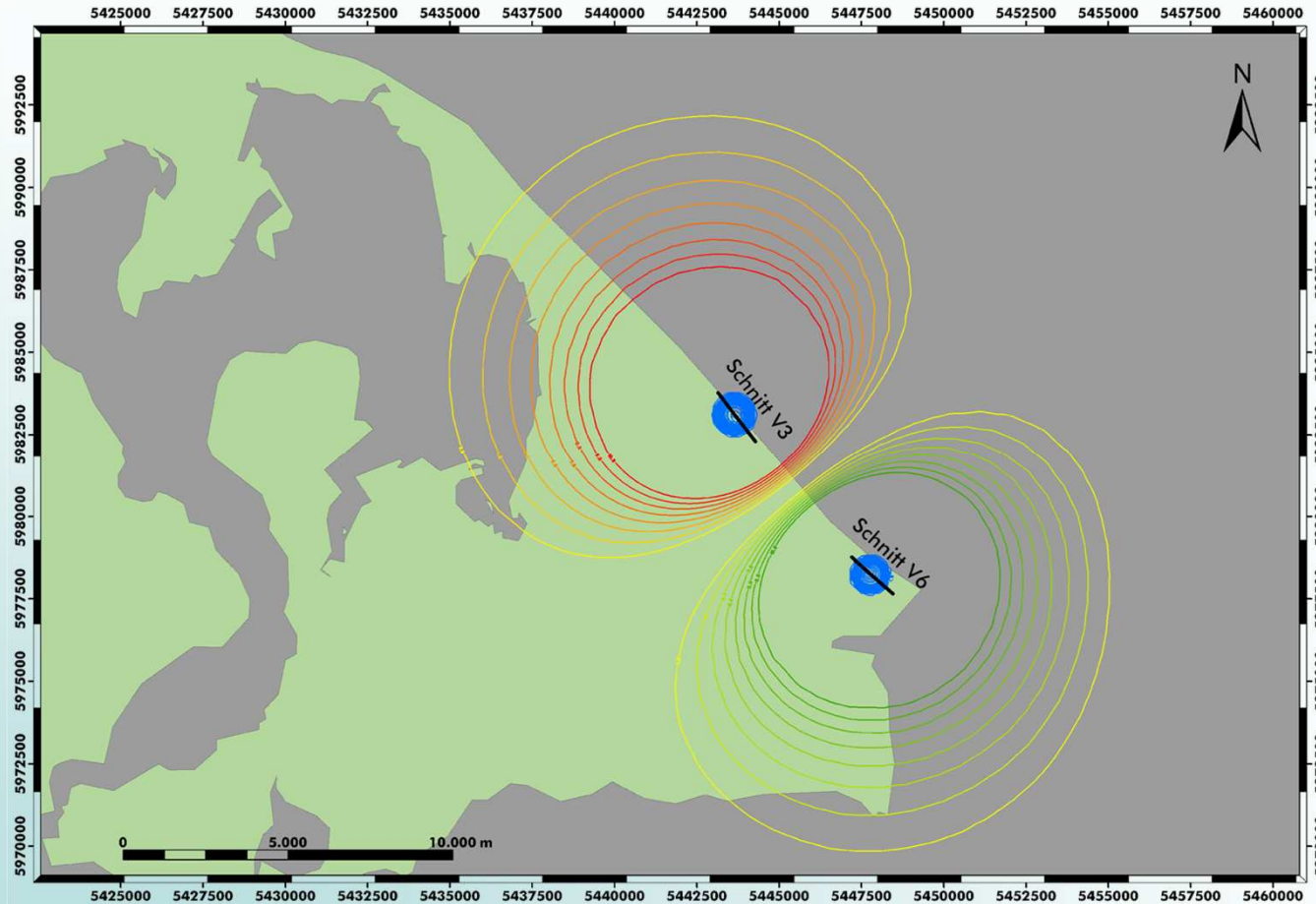
# Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen



## 2-Schicht-Verfahren

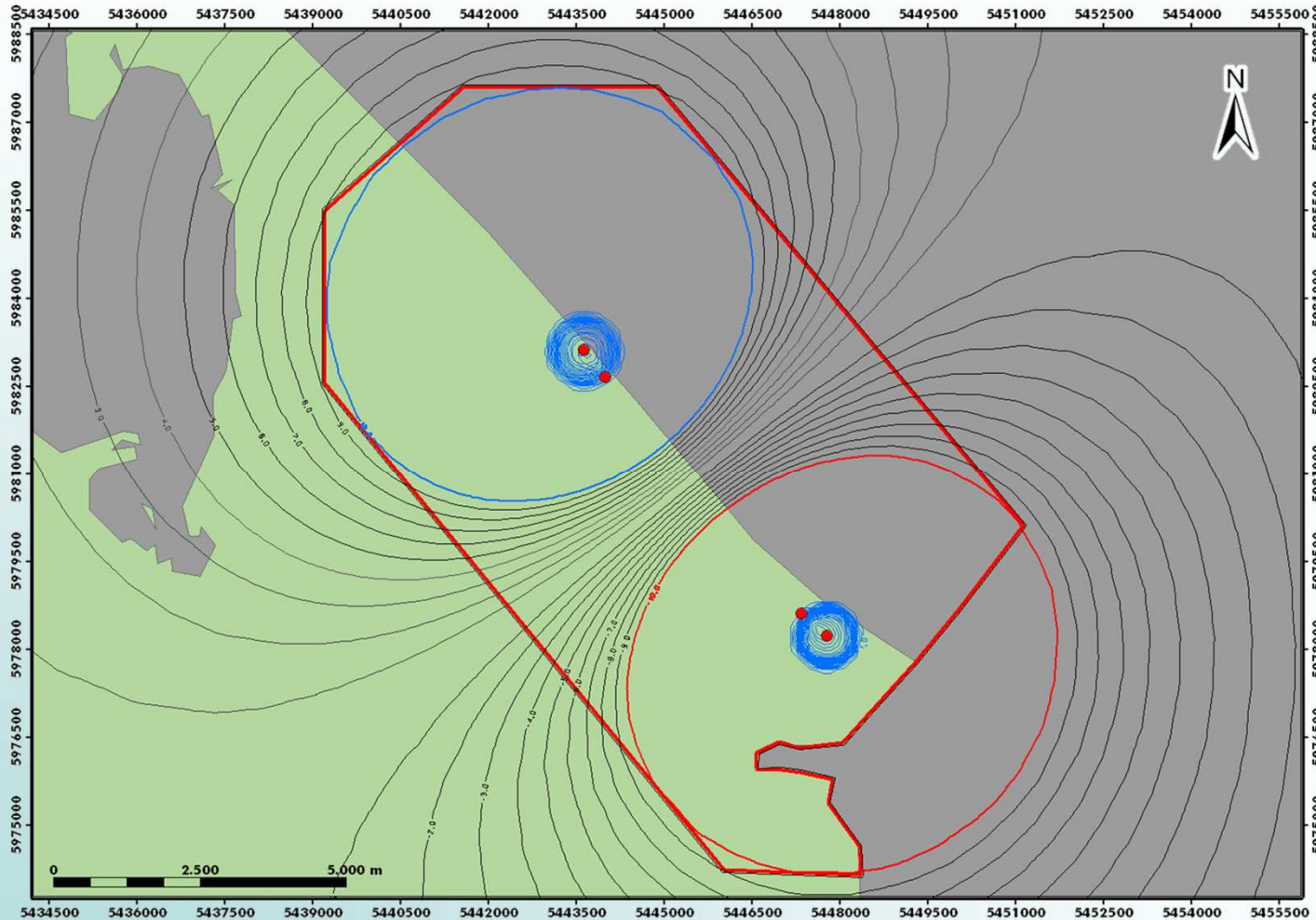
4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

## Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen



2-Schicht-Verfahren: Flächenhafte Verteilung der Druckänderung im Hardeggen-Aquifer von -10 m (grün, Absenkung um Produktionsbohrung) bis 10 m im Detfurth-Aquifer (rot, Aufhöhung um Injektionsbohrung)

# Langzeitsimulation des Wärmeabbaus & Bemessung der bergrechtlichen Feldesgrenzen



## 2-Schicht-Verfahren

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover

## Numerische Simulation Usedom

Bei komplexeren Fragestellungen ist ein numerisches Simulationsmodell für Bohrungsplanung und Langzeitprognose erforderlich und auch Stand der Technik

Das numerische Modell kann nicht besser sein als der geologische Input (Erkundungsstand) >> Fortschreibung mit Fortschreiten des Projektes erforderlich.

Fragestellung	Wirksames Kriterium
Abstand Dublettenbohrungen	Thermische Beeinflussung
Anordnung mehrerer Dubletten	Hydraulische Beeinflussung
Bewilligungsfeld	Hydraulische Beeinflussung

## Schlußbemerkungen

4. Norddeutsche Geothermietagung 26./27.10.2011 Hannover