




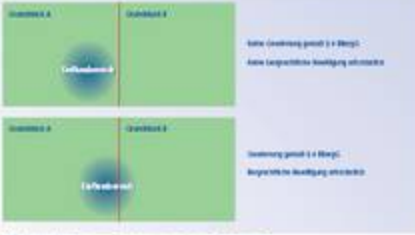




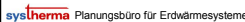





Inhalte	<h1 style="color: blue;">Erdwärmesonden und Grenzabstände</h1> <p>Markus Kübert, Simone Walker-Hertkorn</p>  <p>Planungsbüro für Erdwärmesysteme</p> <p>Peter Bayer, Philipp Blum, Stefanie Hähnlein</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN</p>  </div> <div style="text-align: center;">  <p>Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)</p> </div> </div>
Fragestellung	
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	
Betrachtung von benachbarten Anlagen	
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	
	

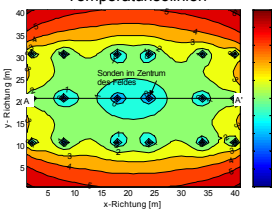
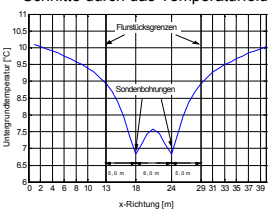
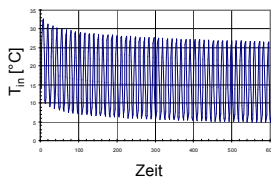


Inhalte	<h2 style="color: blue;">Fragestellungen</h2> <p>Bergrecht am Beispiel Hessen:</p> <p><i>„Keine Erdwärmegewinnung ist aber nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG die Erdwärmeentnahme in einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen (...) Nutzung“ (Leitfaden Erdwärmenutzung in Hessen, 3. Auflage)</i></p> <p><i>„Bei einer Erdwärmeentnahme im Rahmen dieser Ausnahmeregelung darf benachbarten Grundstücken keine Erdwärme entzogen werden.“ (Leitfaden Erdwärmenutzung in Hessen, 3. Auflage)</i></p> <p><i>„Zur Verwaltungsvereinfachung wird davon ausgegangen (bei Anlagen < 30 kW), dass die Wärmeentnahme auf dem Grundstück verbleibt, wenn ein Abstand von 5,0 m zwischen Erdwärmesonde und Grundstücksgrenze eingehalten wird“ (Leitfaden Erdwärmenutzung in Hessen, 3. Auflage)</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p><small>Abb. 1: Abstraktion der bergrechtlichen Grenzabstimmung von Erdwärmesonden.</small></p> <p>(Quelle: Leitfaden Erdwärmenutzung in Hessen, 3. Auflage)</p>
Fragestellung	
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	
Betrachtung von benachbarten Anlagen	
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	
	



Inhalte	Fragestellungen	
Fragestellung		 
Virtuelle Realität		
Parameter und Randbedingungen		
Betrachtung von benachbarten Anlagen		
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung		
	<p>Bergrecht am Beispiel Niedersachsen und Schleswig-Holstein:</p> <p>Wenn die Erdwärme „in einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen baulicher oder sonstiger städtebaulicher Nutzung gelöst oder freigesetzt wird“ (§ 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG), liegt jedoch keine Gewinnung im bergrechtlichen Sinne vor. <u>Dies ist unter anderem dann gegeben, wenn bei der Erdwärmegewinnung die Energie über einen Mittler, zum Beispiel eine Wärmepumpe, gewonnen werden muss, weil das natürliche Energiegefälle für die Erdwärmenutzung nicht ausreicht. Eine Bewilligung nach § 8 BBergG ist deshalb regelmäßig nicht erforderlich, wenn die Erdwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe gewonnen wird.</u></p> <p>(Zitat aus dem Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen)</p>	
	 systherma Planungsbüro für Erdwärmesysteme	 Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte	Fragestellungen	
Fragestellung		<p>Bundesländern wie Berlin, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Thüringen (...) und einzelne Landratsämter in Baden-Württemberg fordern Abstände zwischen den Erdwärmesondenbohrungen und den Flurstücksgrenzen.</p> <p>⇒ Verhinderung/Verminderung der thermischen Beeinflussung zwischen benachbarten Erdwärmesondenanlagen</p> <p>Zitat aus dem Leitfaden Erdwärmenutzung in Berlin:</p> <p><i>„Um Grundstücksanliegern eine möglichst gering beeinflusste Wärmenutzung aus dem Grundwasser (Untergrund) zu ermöglichen, dürfen die Abstände der Erdwärmesonden zu den umliegenden Grundstücksgrenzen 5 Meter nicht unterschreiten.“</i></p>
Virtuelle Realität		
Parameter und Randbedingungen		
Betrachtung von benachbarten Anlagen		
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung		
	 systherma Planungsbüro für Erdwärmesysteme	 Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

<u>Inhalte</u>	Fragestellungen
Fragestellung	
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	
Betrachtung von benachbarten Anlagen	
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	
	<p>Schwierigkeiten und Konflikte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grenzabstände können aufgrund der Flurstücksgröße nicht eingehalten werden (Neubau) • Bebauung auf Grundstücken lässt eine Einhaltung der Grenzabstände nicht zu – Bohrpunkt im Bereich von Zufahrten (Sanierung) • erhöhte Schwierigkeiten bei Begrenzung der Bohrtiefe aufgrund hydrogeologischer Gegebenheiten
 	

<u>Inhalte</u>	Fragestellungen
Fragestellung	
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	
Betrachtung von benachbarten Anlagen	
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	
	<p>→ Inwiefern können vorgegebene Grenzabstände zu einer möglichst geringen thermischen Beeinflussung der Erdwärmesondenanlagen auf benachbarten Flurstücken beitragen?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) wenige benachbarte Anlagen 2) starke geothermische Nutzung in einem Wohngebiet <p>→ Kann bei einer Standardauslegung der Erdwärmesondenanlagen nach VDI 4640, Blatt 2 (Tabelle 1) der gegenseitigen Beeinflussung der Sonden durch einen Grenzabstand Rechnung getragen werden?</p> <p>→ Welchen Einfluss nehmen die geothermischen Eigenschaften des Untergrundes bzw. die gebäudetechnischen Parameter?</p> <p style="text-align: center;">→ Modellhafte Betrachtung dieser Fragestellungen – <u>virtuelle Realität</u></p>
 	

Inhalte	Virtuelle Realität	
Fragestellung	Thermische Simulation von benachbarten Erdwärmesondenanlagen mit dem Programm SBM (Superposition Borehole Model; Eskilson (1986); Hellström (1989))	
Virtuelle Realität	→ Visualisierung der Temperaturentbreitung um das Erdwärmesondenfeld	
Parameter und Randbedingungen	Temperaturisolinien	
Betrachtung von benachbarten Anlagen		
Praxisbeispiele	→ Zeitlicher Verlauf der Temperaturen des Wärmeträgermediums in den einzelnen Anlagen	
Zusammenfassung		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;">  Planungsbüro für Erdwärmesysteme  Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG) </div>		

Inhalte	Parameter und Randbedingungen	
Fragestellung	Anlagenspezifische Parameter:	Sondentyp: Doppel-U-Sonde, 32 mal 2,9 mm Wärmeträgermedium: Wasser-Glykol-Gemisch Verfüllmaterial: Bentonit-Zement Thermischer Bohrlochwiderstand: $R_b = 0,12 \text{ (m K)/W}$
Virtuelle Realität		
Parameter und Randbedingungen	Gebäudeparameter:	Heizleistung Wärmepumpe: 10 kW Jahresarbeitszahl: 4,0 Laufzeiten: 1.400 h/a, 1.800 h/a , 2.000 h/a
Betrachtung von benachbarten Anlagen	→ jedem Einfamilienhaus (Grundstück) liegt die gleiche Anlagendimension (Heizleistung Wärmepumpe, Anzahl/Tiefe der Bohrungen) zugrunde → Auslegung der Anlagen mit einer spezifischen Entzugsleistung von 50 W/m (VDI 4640, Blatt 2)	
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;">  Planungsbüro für Erdwärmesysteme  Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG) </div>		

Inhalte **Parameter und Randbedingungen**

Fragestellung **Geothermische Parameter**
(typische Ergebnisse aus Thermal Response Test bzw. Erfahrungswerte)

Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

Geologische Einheit	typische thermische/hydrogeologische Parameter
Quartär/Tertiär (Ton/Schluff)	$\lambda = 1,6 \text{ W/(m K)}$
Schichtstufenland (Keuper, Muschelkalk, Buntsandstein)	$\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$
Grundgebirge (Granit, Gneis)	$\lambda = 3,2 \text{ W/(m K)}$

ungestörte Untergrundtemperatur: $T_0 = 11,0 \text{ }^\circ\text{C}$

sysTherma Planungsbüro für Erdwärmesysteme Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte **Exkurs: Dimensionierung der Erdwärmesonden**

Fragestellung **VDI 4640, Blatt 2, Tabelle 2 → bei Anlagen < 30 kW**

Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

Tabelle 2: Mögliche spezifische Entzugleistungen für Erdwärmesonden

- nur Wärmeentzug (Heizung) erreicht, Warmwasser!
- Länge der einzelnen Erdwärmesonden zwischen 40 und 100 m
- kleinster Abstand zwischen zwei Erdwärmesonden mindestens 5 m bei Erdwärmesondenlängen 40 bis 50 m, mindestens 8 m bei Erdwärmesondenlängen >50 bis 100 m
- als Erdwärmesonden kommen Doppel-U-Sonden mit DN 20, DN 25 oder DN 32 mm oder Koaxialsonden mit mindestens 60 mm Durchmesser zum Einsatz
- nicht anwendbar bei einer größeren Anzahl kleiner Anlagen auf einem begrenzten Areal!

Untergrund	spezifische Entzugleistung	
	für 1000 h	für 2400 h
Allgemeine Richtwerte:		
Schlechter Untergrund (trockenes Sediment) ($\lambda = 1,5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	25 W/m	20 W/m
Normaler Festgestein-Untergrund und wasser gesättigtes Sediment ($\lambda = 1,5\text{--}3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	60 W/m	50 W/m
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	84 W/m	70 W/m
Einzelne Gesteine		
Kies, Sand, trocken	~ 25 W/m	~ 20 W/m
Kies, Sand, wasserführend	65–80 W/m	55–65 W/m
Bei starkem Grundwasserfluss in Kies und Sand, für Einzelanlagen	80–100 W/m	80–100 W/m
Ton, Lehm, Schluff	35–50 W/m	30–40 W/m
Kalkstein (massiv)	55–70 W/m	45–60 W/m
Sandstein	65–80 W/m	55–65 W/m
saure Magmatite (z. B. Granit)	65–85 W/m	55–70 W/m
basische Magmatite (z. B. Basalt)	40–65 W/m	35–55 W/m
Gneis	70–85 W/m	60–70 W/m

Die Werte können durch die Gesteinsausbildung wie Kühlung, Schieferung, Verwitterung erheblich absinken.

sysTherma Planungsbüro für Erdwärmesysteme Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte

Exkurs: Einflussparameter bei der Dimensionierung

Fragestellung

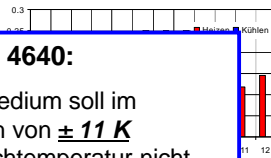
Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

Heiz-/Kühlleistungen, 

Temperaturvorgaben der VDI 4640:

Die Temperatur im Wärmeträgermedium soll im Grundlastbetrieb den Grenzbereich von $\pm 11\text{ K}$ gegenüber der ungestörten Erdreichtemperatur nicht überschreiten (Spitzenlastbetrieb: $\pm 17\text{ K}$).

Beispiel:

ungestörte Erdreichtemperatur: 11 °C

→ Temperatur im Wärmeträgermedium soll nicht unter 0 °C fallen

→ nach dieser Vorgabe ist die Erdwärmesondenanlage zu dimensionieren

des diums

nd

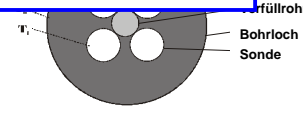
ressmaterial

füllrohr

Bohrloch

Sonde

Geothermische und hydrogeologische Parameter



sys^{therma} Planungsbüro für Erdwärmesysteme

Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte

Betrachtung von 3 benachbarten Anlagen

Fragestellung

Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

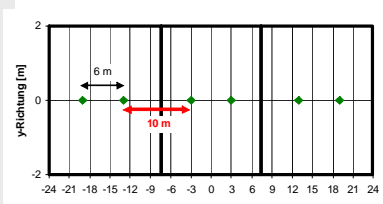
- Vergleich **Einhaltung** vs. **Nichteinhaltung** des Grenzabstandes bei Betrachtung von **3** benachbarten Anlagen (3 Flurstücke)
- Auslegung der Anlagen mittels einer spezifischen Entzugsleistung von $50\text{ W/m} \Rightarrow 6$ Bohrungen á 75.0 m
- Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 2.3\text{ W/(m K)}$; Laufzeit der Wärmepumpe: 1.800 h/a

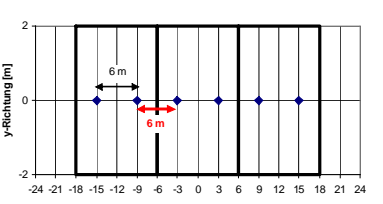
Einhaltung des Grenzabstandes

- 6 m auf dem Flurstück
- 10 m zur benachbarten Anlage

Nichteinhaltung des Grenzabstandes

- Generell 6 m Abstand





sys^{therma} Planungsbüro für Erdwärmesysteme

Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte

Betrachtung von 3 benachbarten Anlagen

→ zeitlicher Verlauf der mittleren Temperatur im Wärmeträgermedium (für das *zentrale Flurstück*)

Fragestellung

Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

Mittlere Mediumtemperatur [°C]

Zeit [Monate]

Januar 25. Betriebsjahr

Betrachtung der mittleren Temperaturen im Wärmeträgermedium für den **Monat Januar des 25. Betriebsjahres**

Einhaltung des Grenzabstandes: $\bar{T}_{med} = 0,5^{\circ}C$

Nichteinhaltung des Grenzabstandes: $\bar{T}_{med} = 0,0^{\circ}C$

$\Delta T = 0,5K$

sys^{therma} Planungsbüro für Erdwärmesysteme

Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)

Inhalte

Betrachtung von 3 benachbarten Anlagen

→ Auswirkung auf die Effektivität der Anlage

Fragestellung

Virtuelle Realität

Parameter und Randbedingungen

Betrachtung von benachbarten Anlagen

Praxisbeispiele

Zusammenfassung

Leistungsdiagramm einer Wärmepumpe:

Verringerung der Wärmequellentemperatur um 0,5 K:

Leistung in kW

Seittemperatur in °C

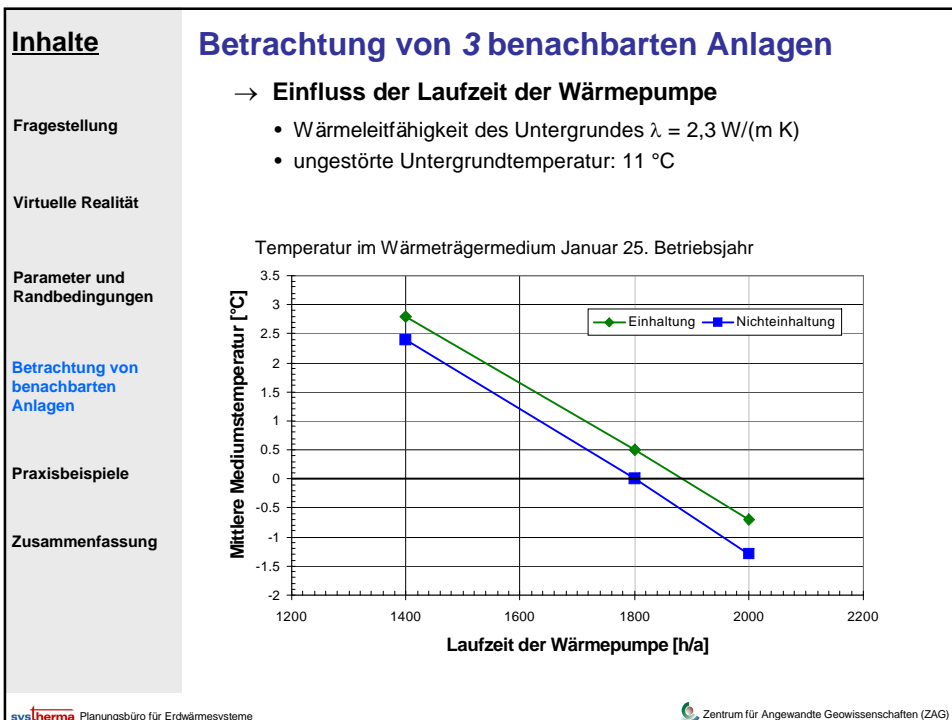
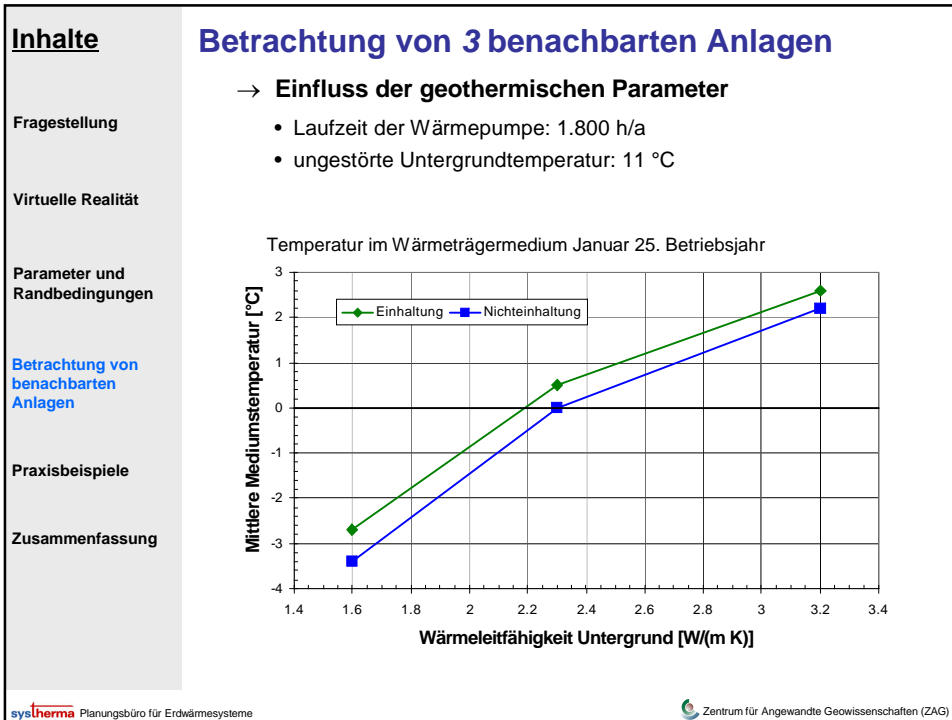
→ Verringerung der Heizleistung um ca. 0,1 kW

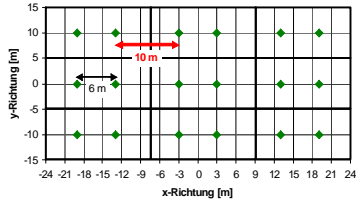
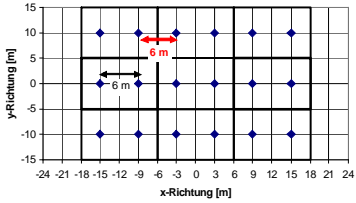


→ Erhöhung der Stromkosten um ca. 1 % (oder 5 € im Jahr)

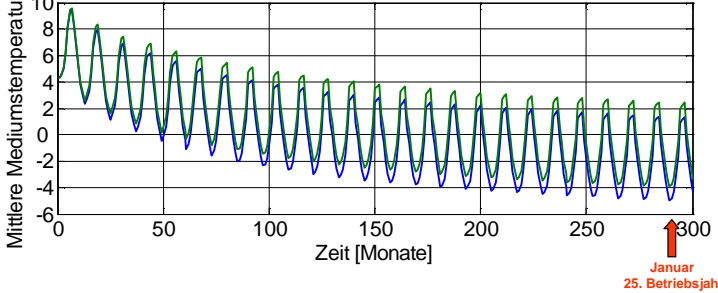


Fazit:
Bei wenigen benachbarten Anlagen (Gesamtheizleistung = 30 kW) hat eine Nichteinhaltung des Grenzabstandes von 5 m keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die geothermische Leistungsfähigkeit.

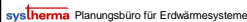

sys^{therma} Planungsbüro für Erdwärmesysteme


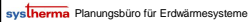

Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)


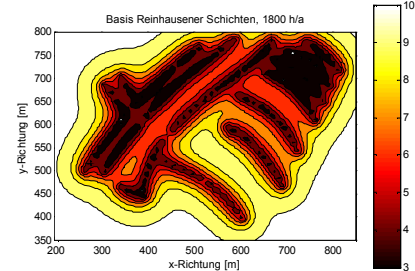
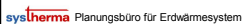





Inhalte	Betrachtung von 9 benachbarten Anlagen	
Fragestellung	<ul style="list-style-type: none"> Vergleich <u>Einhaltung</u> vs. <u>Nichteinhaltung</u> des Grenzabstandes bei Betrachtung von 9 benachbarten Anlagen (3 Flurstücke) Auslegung der Anlagen mittels einer spezifischen Entzugsleistung von 50 W/m (<i>gängige Praxis !!!</i>) ⇒ 18 Bohrungen à 75,0 m Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$; Laufzeit der Wärmepumpe: 1.800 h/a 	
Virtuelle Realität		
Parameter und Randbedingungen	Einhaltung des Grenzabstandes <ul style="list-style-type: none"> 6 m auf dem Flurstück 10 m zur benachbarten Anlage 	Nichteinhaltung des Grenzabstandes <ul style="list-style-type: none"> Generell 6 m Abstand
Betrachtung von benachbarten Anlagen		
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung		
 Planungsbüro für Erdwärmesysteme	 Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)	

Inhalte	Betrachtung von 9 benachbarten Anlagen	
Fragestellung	→ zeitlicher Verlauf der mittleren Temperatur im Wärmeträgermedium (für das <u>zentrale Flurstück</u>)	
Virtuelle Realität		
Parameter und Randbedingungen		
Betrachtung von benachbarten Anlagen		
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung	Betrachtung der mittleren Temperaturen im Wärmeträgermedium für den <u>Monat Januar des 25. Betriebsjahres</u>	
	Einhaltung des Grenzabstandes:	$\bar{T}_{med} = -3,9^{\circ}\text{C}$
	Nichteinhaltung des Grenzabstandes:	$\bar{T}_{med} = -4,9^{\circ}\text{C}$
 Planungsbüro für Erdwärmesysteme	 Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)	

Inhalte	<h2>Betrachtung von 9 benachbarten Anlagen</h2>
Fragestellung	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtheizleistung der 9 Anlagen: 90 kW • Auslegung der Anlagen mittels einer spezifischen Entzugsleistung von 50 W/m \Rightarrow <u>18 Bohrungen á 75.0 m</u>
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	<p>Betrachtung der mittleren Temperaturen im Wärmeträgermedium für den Monat Januar des 25. Betriebsjahres</p> <p>Einhaltung des Grenzabstandes: $\bar{T}_{med} = -3,9^{\circ}C$</p> <p>Nichteinhaltung des Grenzabstandes: $\bar{T}_{med} = -4,9^{\circ}C$</p>
Betrachtung von benachbarten Anlagen	<p>\rightarrow kein VDI 4640 konformer Betrieb der Anlagen gegeben</p> <p>\rightarrow der Unterschied ob Einhaltung oder Nichteinhaltung von Grenzab. beträgt 1 K und ist daher vernachlässigbar</p>
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	<p>\Rightarrow durch Festlegung eines Grenzabstandes kann der gegenseitigen thermischen Beeinflussung nicht Rechnung getragen werden</p> <p>\Rightarrow Planung / Konzeption der Gesamtanlagen erforderlich</p>
 	

Inhalte	<h2>Praxisbeispiele – Wohngebiet Munzingen</h2>
Fragestellung	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • 9 bis 15 Einfamilienhäuser • 5,2 kW Verdampferleistung • 1.800 h/a Laufzeit der Wärmepumpe </div>
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	
Betrachtung von benachbarten Anlagen	
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	<p>VDI 4640, Blatt 2 konforme Auslegung (Temperaturvorgaben):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Bohrung á 130,0 m bzw. 2 Bohrungen á 73,0 m • 6,0 m Mindestabstand zwischen den einzelnen Sonden
	
 	

Inhalte	Praxisbeispiele - Ganghofer Siedlung Regensburg	
Fragestellung	<ul style="list-style-type: none"> • 142 Einfamilienhäuser • ca. 1,4 MW Gesamtheizleistung • passive Kühlung 	
Virtuelle Realität	→ Erdwärmesondenfeld mit ca. 500 Bohrungen zwischen 60 und 90 m Tiefe	
Parameter und Randbedingungen		
Betrachtung von benachbarten Anlagen	Temperaturverteilung im Untergrund für den Monat Januar im 25. Betriebsjahr:	
Praxisbeispiele		
Zusammenfassung		
		

Inhalte	Zusammenfassung
Fragestellung	Bei wenigen benachbarten Anlagen (Gesamtheizleistung ≤ 30 kW) hat eine Nichteinhaltung des Grenzabstandes von 5 m keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die geothermische Leistungsfähigkeit.
Virtuelle Realität	
Parameter und Randbedingungen	Bei einer Auslegung einer Vielzahl von benachbarten Erdwärmesondenanlagen (Gesamtheizleistung $\gg 30$ kW) mit Hilfe der spezifischen Entzugsleistungen der VDI 4640, Blatt 2 können Grenzabstände nicht zu einer Verminderung der thermischen Beeinflussung beitragen.
Betrachtung von benachbarten Anlagen	→ benachbarte Erdwärmesondenanlagen in Wohngebieten sind als Erdwärmesondenfelder (Gesamtheizleistung $\gg 30$ kW) ZU betrachten und entsprechend zu dimensionieren
Praxisbeispiele	
Zusammenfassung	Geothermische Eigenschaften und gebäutechnische Anforderungen (Heizleistung und Laufzeit der Wärmepumpe) spielen eine nicht unerhebliche Rolle.
	
	

Vielen Dank!

systherma

Planungsbüro für Erdwärmesysteme



**Zentrum für Angewandte
Geowissenschaften
(ZAG)**