



# Geothermischer Anlagen auf kleinen Grundstücken: Zusammenhänge und Praxishinweise am Beispiel

Tag der Geothermie – Freitag, 15. September 2023

Prof. Dr.-Ing. Erik Bertram (HAWK)

# HAWK in Holzminden



**STANDORT HOLZMINDEN**

# HAWK in Holzminden



## Studiengänge am Standort Holzminden in der Fakultät Management, Soziale Arbeit, Bauen

### Bachelor

- Baumanagement
- Green Building**
- Immobilienwirtschaft und Management
- Betriebswirtschaftslehre berufsbegleitend
- Soziale Arbeit (vollzeit + berufsbegleitend)

### Master

- Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen
- Immobilienmanagement
- Soziale Arbeit

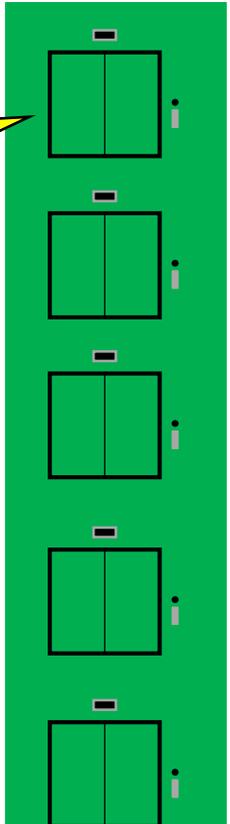
<https://www.hawk.de/de/hochschule/fakultaeten-und-standorte/fakultaet-management-soziale-arbeit-bauen/studium>

- **Wärmepumpe + Erdwärmequellen**
- **Geothermische Anlage auf kleinem Grundstück**
- ~~**Probleme, Herausforderungen**~~  
**Challenges aus der Praxis**

# Was macht eine Wärmepumpe ?

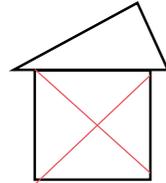
Fahrstuhl =  
Wärmepumpe

Antriebsstrom



↑  
Temperatur

Warme  
Wärme



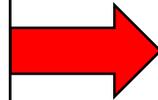
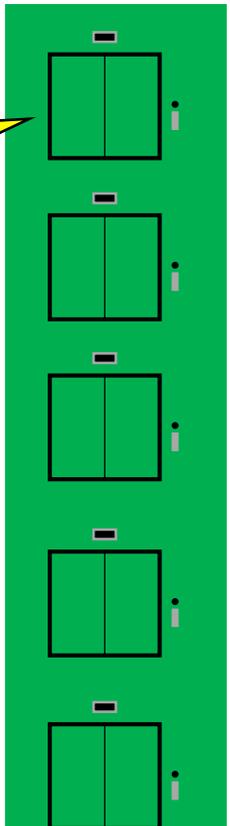
Kalte  
Wärme



# Was macht eine Wärmepumpe ?

Fahrstuhl =  
Wärmepumpe

Antriebsstrom



Warme  
Wärme



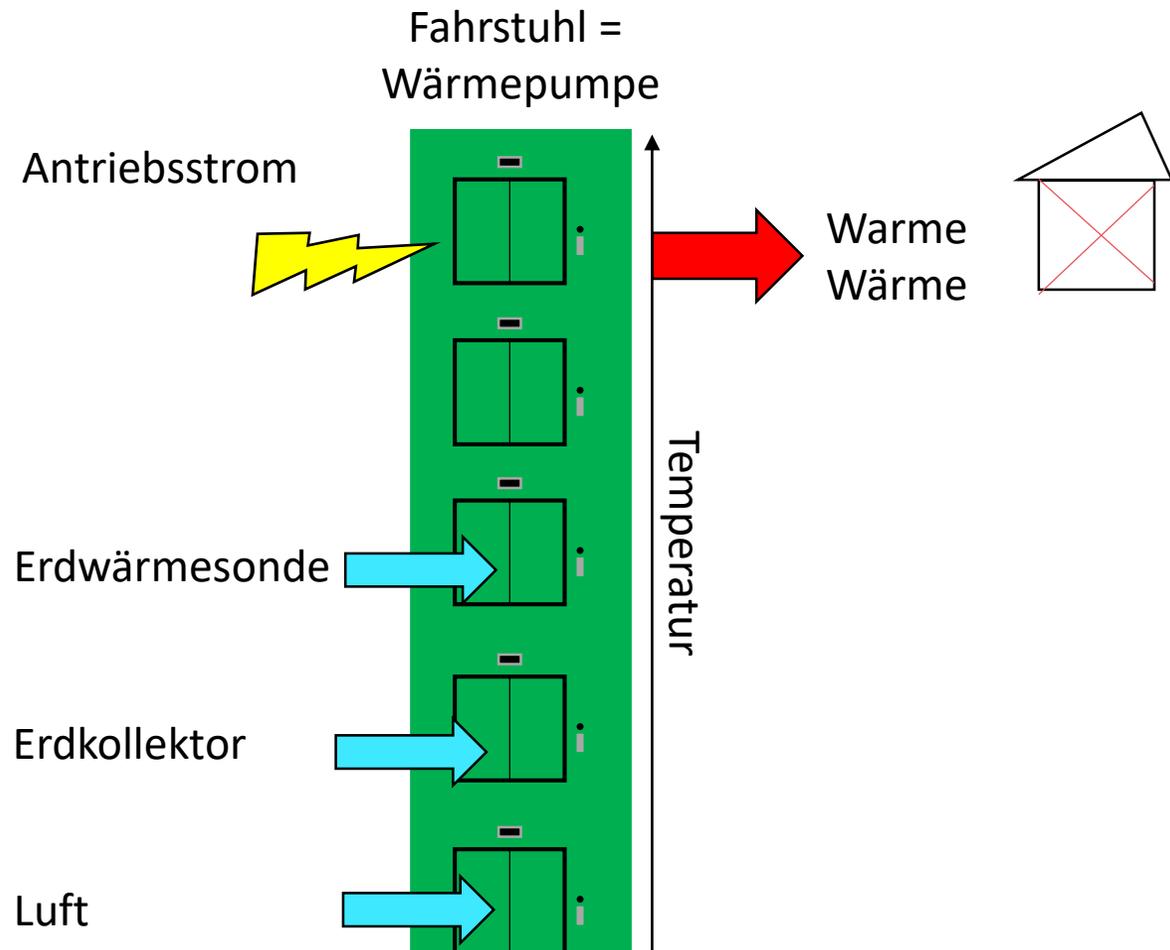
Kalte  
Wärme



Eine Wärmepumpe...

1. Stellt Wärme bereit und
2. braucht dafür Strom und eine Wärmequelle
3. braucht weniger Strom, je dichter die Temperatur der Wärmequelle und Wärmenutzung beieinanderliegen

# Wärmepumpeneffizienz



Die Wärmepumpeneffizienz für verschiedene Wärmequellen unterscheidet sich. Im Jahresmittel ergibt sich für Einfamilienhäuser die folgende typische Reihenfolge

1. Erdwärmesonde
2. Erdwärmekollektor
3. Luft

# Temperaturen in der Praxis

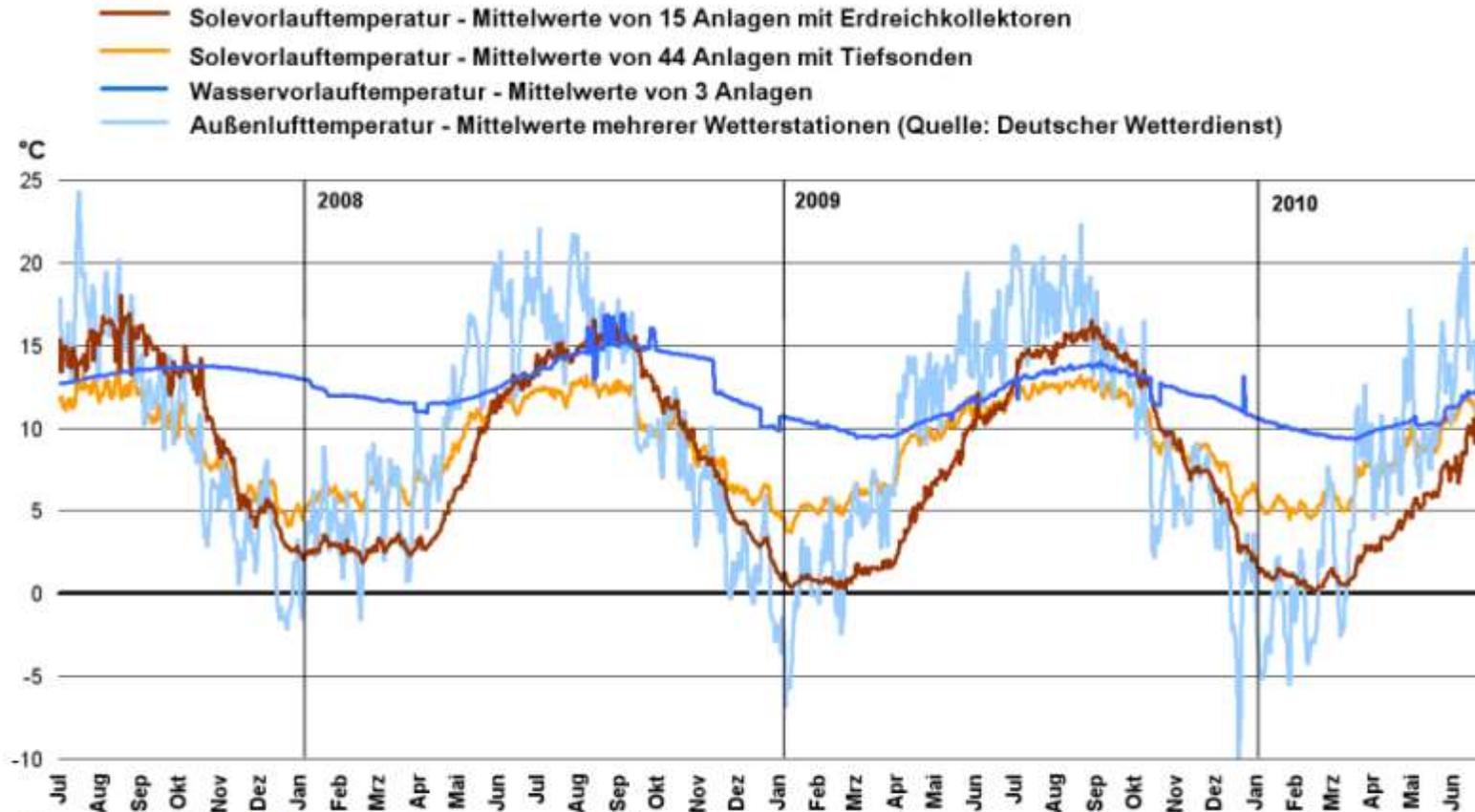
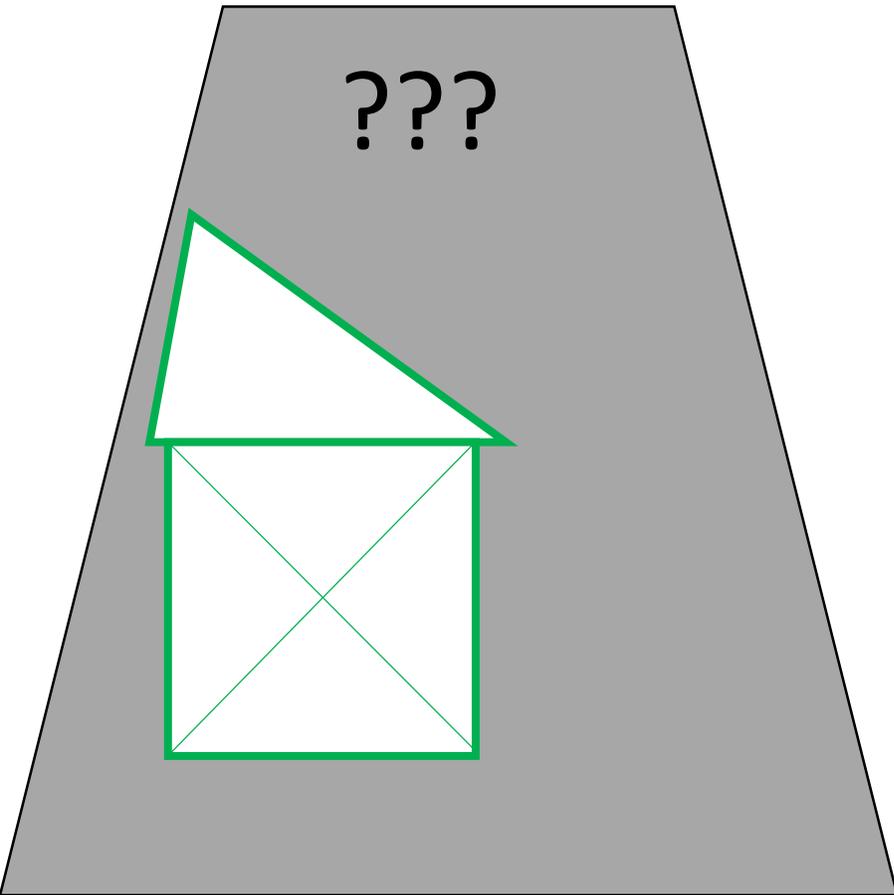


Bild 68: Vergleich der mittleren gemessenen Wärmequellentemperaturen von Luft-Wärmepumpen (DWD-Wetterdaten), Wasser-Wärmepumpen sowie Erdreich-Wärmepumpen getrennt nach Sonden- und Kollektoranlagen.

Quelle  
Miara, M., Günther, D., Kramer, T., Oltersdorf, T. and Wapler, J.  
2010. *Wärmepumpen Effizienz Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb.* Fraunhofer Institut für Solar Energiesysteme. S. 97

# Wieviel Platz braucht eine Erdwärmequelle ?



Antwort: Es kommt drauf an !

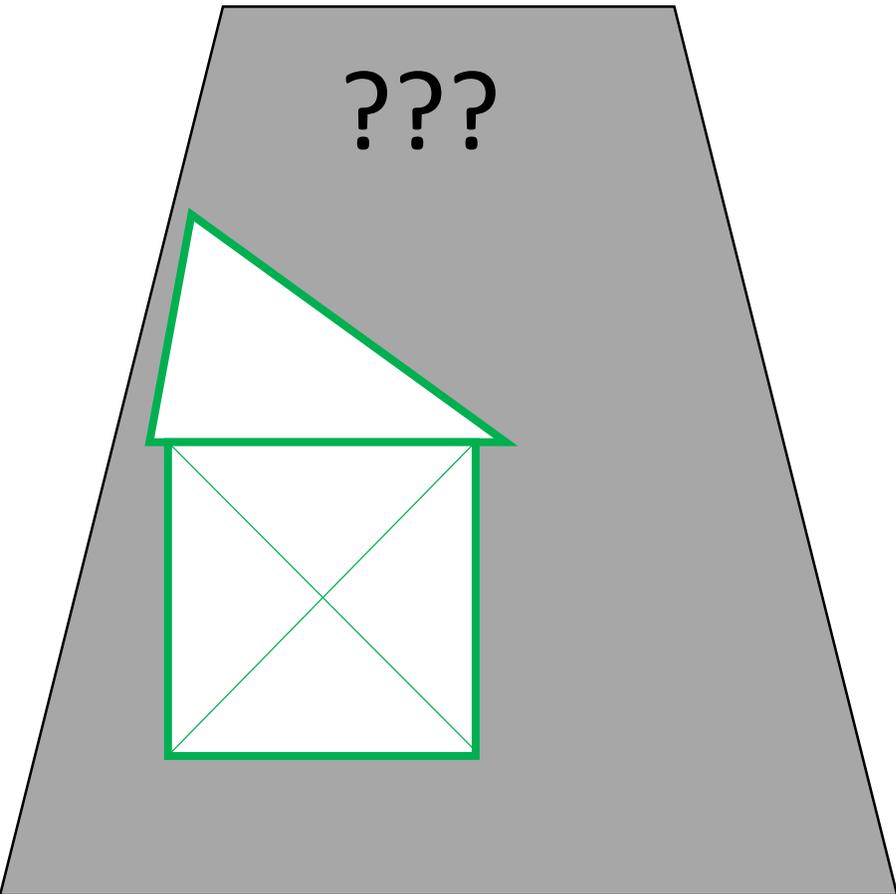
Wichtig sind:

- Beheizte Fläche
- Dämmstandard
- Grundstückssituation vor Ort

Nicht unwichtig:

- Effizienz des Wärmepumpensystems
- Untergrundeigenschaften

# Wieviel Platz braucht eine Erdwärmequelle ?



Antwort: Es kommt drauf an !

Wichtig sind:

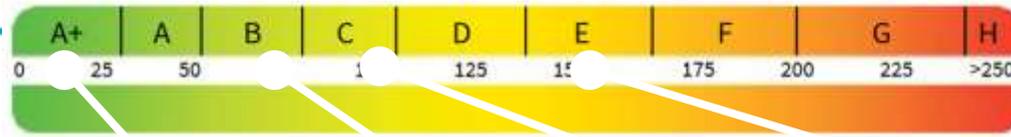
- Beheizte Fläche
- Dämmstandard
- Grundstückssituation vor Ort

Nicht unwichtig:

- Effizienz des Wärmepumpensystems
- Untergrundeigenschaften

→ **Bestimmen die Leistung und damit die Größe der Erdreichwärmequelle**

# Wieviel Platz braucht eine Erdwärmequelle ?

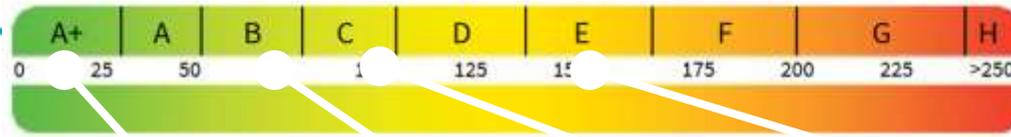


Gebäudequalität

Dies ist eine Abschätzung !  
Jedes Gebäude muss individuell berechnet werden.

	Passivhausstandard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdurchschnitt	Benötigte Quellenleistung (Entzugsleistung) der Erdreichwärmequelle; angenommene Leistungszahl 4
	Abgeschätzte <b>Heizleistung</b> spezifisch in W/m <sup>2</sup> und gesamt in kW				
200 m <sup>2</sup> 	15 W/m <sup>2</sup> x 200 m <sup>2</sup> = <b>3 kW</b>		40 W/m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup> = <b>8 kW</b>	150 W/m <sup>2</sup> x 200 m <sup>2</sup> = <b>30 kW</b>	
150 m <sup>2</sup> 		30 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = <b>4,5 kW</b>	40 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = <b>6 kW</b>		
100 m <sup>2</sup> 	15 W/m <sup>2</sup> x 100 m <sup>2</sup> = <b>1,5 kW</b>			150 W/m <sup>2</sup> x 100 m <sup>2</sup> = <b>15 kW</b>	

# Wieviel Platz braucht eine Erdwärmequelle ?

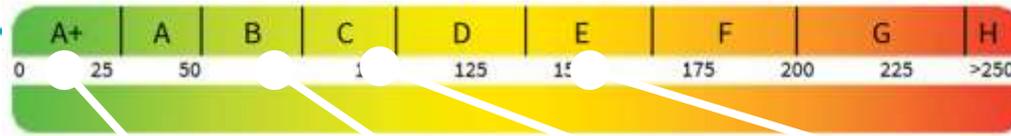


Gebäudequalität

Dies ist eine Abschätzung !  
Jedes Gebäude muss individuell berechnet werden.

	Passivhausstandard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdurchschnitt	Benötigte Quellenleistung (Entzugsleistung) der Erdreichwärmequelle; angenommene Leistungszahl 3,5
	Abgeschätzte <b>Heizleistung</b> spezifisch in W/m <sup>2</sup> und gesamt in kW				
200 m <sup>2</sup> 	15 W/m <sup>2</sup> x 200 m <sup>2</sup> = <b>3 kW</b>		40 W/m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup> = <b>8 kW</b>	150 W/m <sup>2</sup> x 200 m <sup>2</sup> = <b>30 kW</b>	$\cdot (1 - \frac{1}{3,5}) \rightarrow$ 21,4 kW
150 m <sup>2</sup> 		30 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = <b>4,5 kW</b>	40 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = <b>6 kW</b>		$\rightarrow$ 4,3 kW
100 m <sup>2</sup> 	15 W/m <sup>2</sup> x 100 m <sup>2</sup> = <b>1,5 kW</b>			150 W/m <sup>2</sup> x 100 m <sup>2</sup> = <b>15 kW</b>	$\rightarrow$ 10,7 kW

# Wieviel Platz braucht eine Erdwärmequelle ?



Gebäudequalität

	Passivhausstandard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdurchschnitt
	Abgeschätzte Heizleistung HL gesamt in kW und benötigte Quellenleistung in kW			
200 m <sup>2</sup> 	HL = 3 kW Quelle = <b>2,14 kW</b>		HL = 8 kW Quelle = <b>5,71 kW</b>	HL = 30 kW Quelle = <b>21,4 kW</b>
150 m <sup>2</sup> 		HL = 4,5 kW Quelle = <b>3,21 kW</b>	HL = 6 kW Quelle = <b>4,3 kW</b>	
100 m <sup>2</sup> 	HL = 1,5 kW Quelle = <b>1,07 kW</b>			HL = 15 kW Quelle = <b>10,7 kW</b>

Benötigte Leistung der Erdreichwärmequelle; mit angenommener Leistungszahl 3,5

# Wärmequelle Erdwärmekollektor



Terra-Solar-Quelle, Workshop 07.12.2016, BWP Forum, Berlin

**Erdwärmekollektoren und Sonnenkollektoren als optimierte bivalente Quelle für hocheffiziente Wärmepumpensysteme**

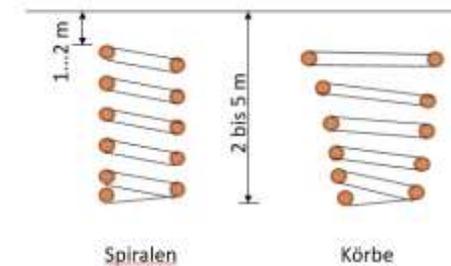
Verbundvorhaben „Terra-Solar-Quelle“  
gefördert durch das  
**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie**  
Förderkennzeichen 03ET1275B  
Laufzeit 01.02.2015 – 31.01.2018

**Projektvorstellung**

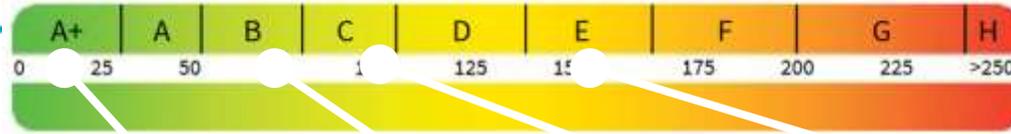
  

Erdwärmekollektoren sind sehr oberflächennahe Wärmequellen und deshalb auch beeinflusst von der Oberflächentemperatur. Es gibt zahlreiche Sonderbauformen, z.b. Körbe, Spiralen, Grabenkollektoren,...

Keine Überbauung und keine Bäume !  
Mindestens 1-2 m Abstand zum Gebäude.



# Abschätzung Flächenbedarf ERDWÄRMEKOLLEKTOR



Gebäudequalität

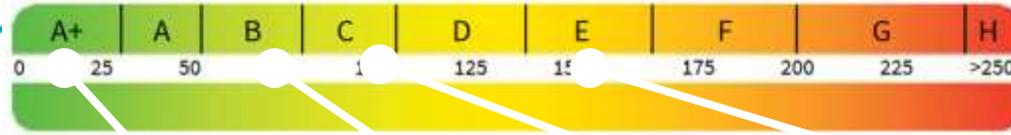
	Passivhaus- standard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdur- chschnitt
	Benötigte abgeschätzte <b>Quellenleistung</b> in kW und <b>benötigte Fläche für Erdreichkollektoren</b>			
200 m <sup>2</sup> 	= 2,14 kW → 67 m <sup>2</sup>		= 5,71 kW → 180 m <sup>2</sup>	= 21,4 kW → 670 m <sup>2</sup>
150 m <sup>2</sup> 		3,21 kW → 100 m <sup>2</sup>	= 4,3 kW → 134 m <sup>2</sup>	
100 m <sup>2</sup> 	= 1,07 kW → 33,5 m <sup>2</sup>			= 10,7 kW → 335 m <sup>2</sup>

Benötigte Leistung der Erdreichwärmequelle; mit angenommener Leistungszahl 3,5

Abschätzung in nach VDI 4640 für Erdwärmekollektoren in Niedersachsen (Klimazone 3) und Lehmboden  
→ 32 W/m<sup>2</sup>

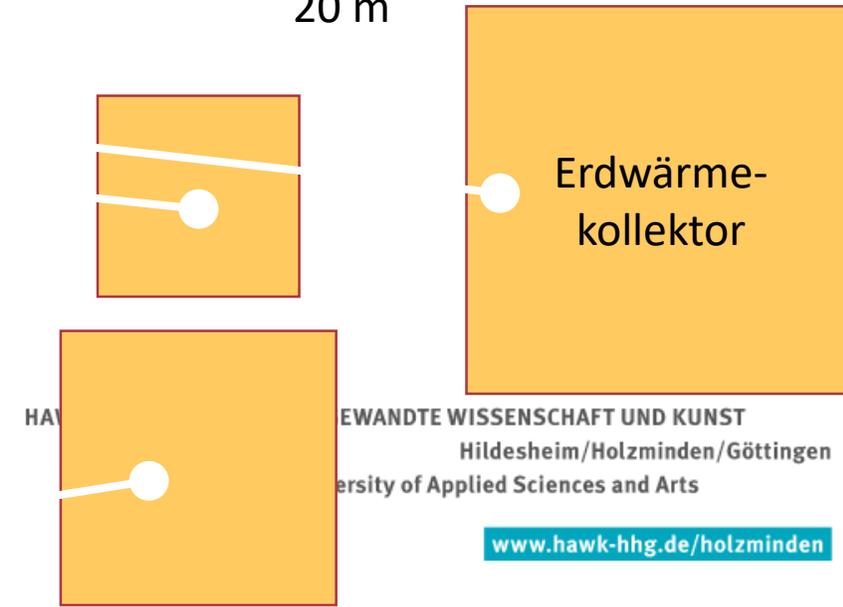
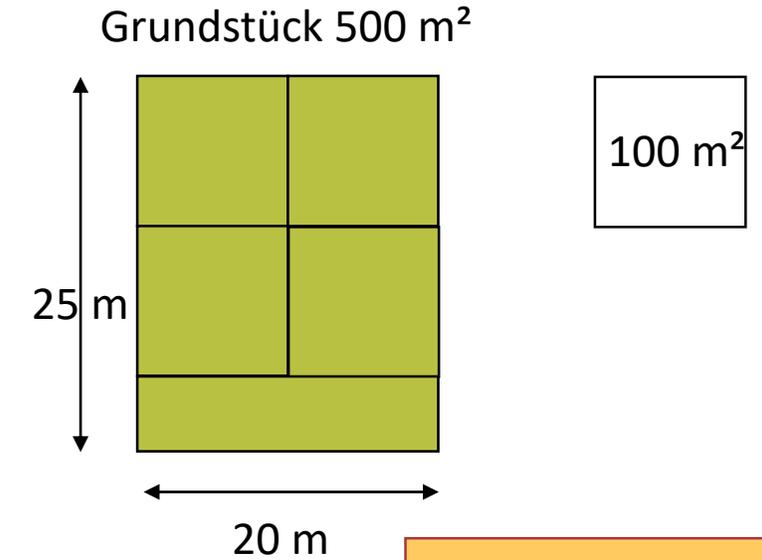
**Achtung nur Heizung !  
Leistung für Warmwasserbereitung muss isbs. bei kleinen Leistungen berücksichtigt werden.**

# Abschätzung Flächenbedarf ERDWÄRMEKOLLEKTOR



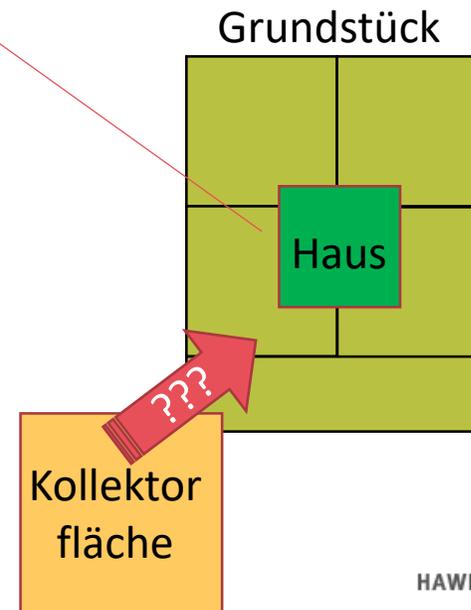
Gebäudequalität

Abgeschätzte Grundfläche in m <sup>2</sup>	Passivhausstandard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdurchschnitt
Benötigte abgeschätzte Quellenleistung in kW und benötigte Fläche für Erdreichkollektoren				
 200 m <sup>2</sup>	 80 m <sup>2</sup>	→ 67 m <sup>2</sup> 	→ 180 m <sup>2</sup> Quelle = 5,71 kW	→ 670 m <sup>2</sup>
 150 m <sup>2</sup>	 65 m <sup>2</sup>	→ 100 m <sup>2</sup> 	→ 134 m <sup>2</sup> 	
 100 m <sup>2</sup>	 60 m <sup>2</sup>	→ 33,5 m <sup>2</sup> 		→ 335 m <sup>2</sup>



# Challenges aus der Praxis Erdwärmekollektoren

1. Erhaltung  
Bestandsgarten / Gartenkonzept / Baumbestand
2. Ungünstige Gebäudanordnung im Grundstück
3. Leitungen und Zisternen
4. Bereits bestehende Versickerungsprobleme
5. Vorhandene Überbauung z.B. Gewächshäuser  
oder Garagen
6. Zugangsmöglichkeit Bagger und  
Bodenzwischenlagerung



# Wärmequelle Erdwärmesonde

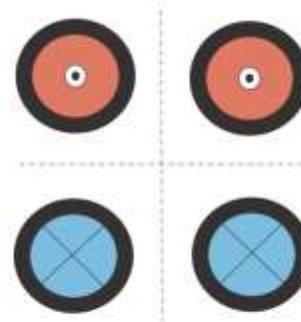


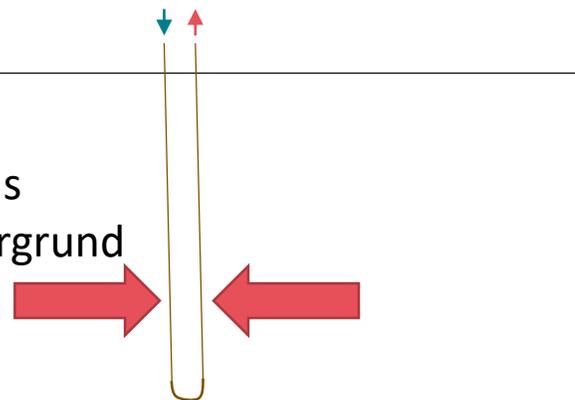
Figure 2-7: Left: Sample of a double U-tube ground heat exchanger with spacer. Right: A schematic cross cut through a double U-tube, red is upwards flow, blue is downwards flow

Typisch: Erdwärmesonde 100 m Tiefe  
Doppel U-Rohr Sonde 32  
Material: PE-RC

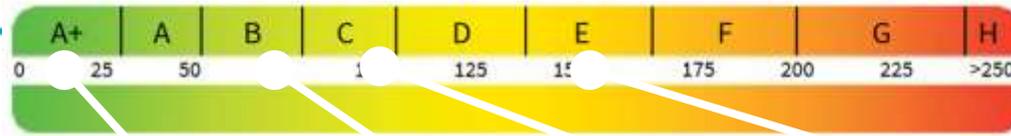
Grundvorstellung Wärme kommt „von der Seite“ ähnlich wie Wasser bei einem Brunnen.



Wärme aus dem Untergrund



# Abschätzung Längenbedarf Erdwärmesonde



Gebäudequalität

	Passivhaus- standard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdur- chschnitt
	Benötigte abgeschätzte <b>Quellenleistung</b> in kW und <b>benötigte Länge der Erdwärmesonden (100 m max. Teufe)</b>			
200 m <sup>2</sup> 	= 2,14 kW → 56 m		= 5,71 kW → 2 x 83 m	= 21,4 kW → 5 x 150 m
150 m <sup>2</sup> 		3,21 kW → 85 m	= 4,3 kW → 2 x 63 m	
100 m <sup>2</sup> 	= 1,07 kW → 28,2 m			= 10,7 kW → 4 x 88 m

Benötigte Leistung der Erdreichwärmequelle; mit angenommener Leistungszahl 3,5

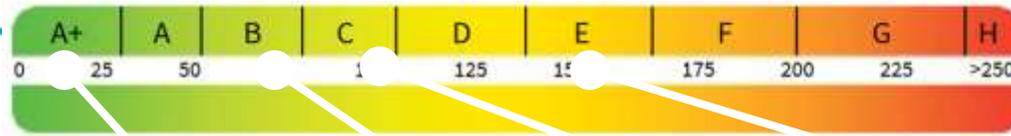
Abschätzung nach VDI 4640 für Erdwärmekollektoren in Niedersachsen max. 100 m Länge der Erdwärmesonde und 1800 h Vollaststunden, Wärmeleitfähigkeit des Bodens von 2 W/mK, mit Warmwasser

- 1 Erdwärmesonde → 38 W/m
- 2 Erdwärmesonden → 34 W/m
- 3 Erdwärmesonden → 32 W/m
- 4 Erdwärmesonden → 30 W/m
- 5 Erdwärmesonden → 29 W/m

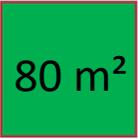
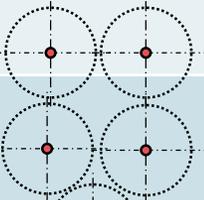
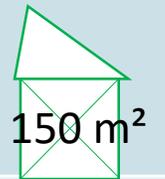
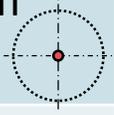
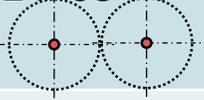
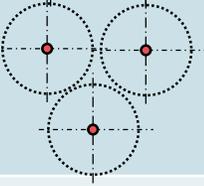
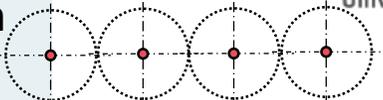
**Achtung nur Heizung für die Bezugsleistung angesetzt!**

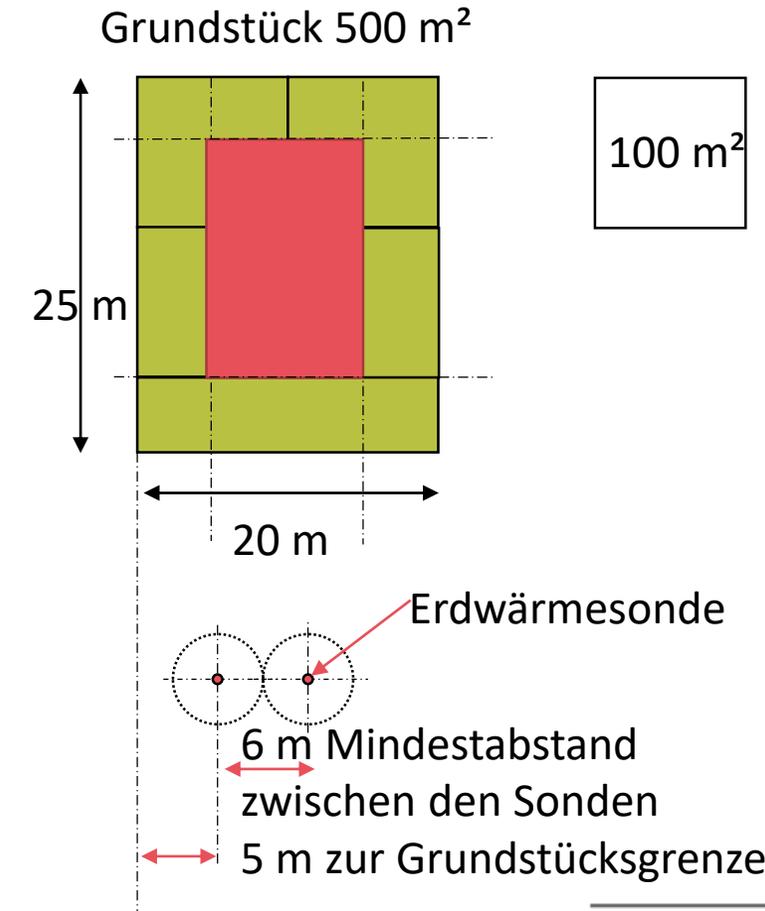
**Leistung für Warmwasserbereitung muss isbs. bei kleinen Leistungen berücksichtigt werden.**

# Abschätzung Längenbedarf Erdwärmesonde



Gebäudequalität

	Passivhaus- standard	Neubau KfW 55	Gut Saniert	Bestandsdur- chschnitt
	Benötigte abgeschätzte <b>Quellenleistung</b> in kW und <b>benötigte Länge der Erdwärmesonden (100 m max. Teufe)</b>			
 200 m <sup>2</sup>	 80 m <sup>2</sup> = 2,14 kW → 56 m 		= 5,71 kW → 2 x 83 m 	= 21,4 kW → 5 x 150 m 
 150 m <sup>2</sup>	 65 m <sup>2</sup>	3,21 kW → 85 m 	= 4,3 kW → 2 x 63 m 	
 100 m <sup>2</sup>	 60 m <sup>2</sup> = 1,07 kW → 28,2 m 			= 10,7 kW → 4 x 88 m 



# Challenges aus der Praxis

## Erdwärmesonden

---

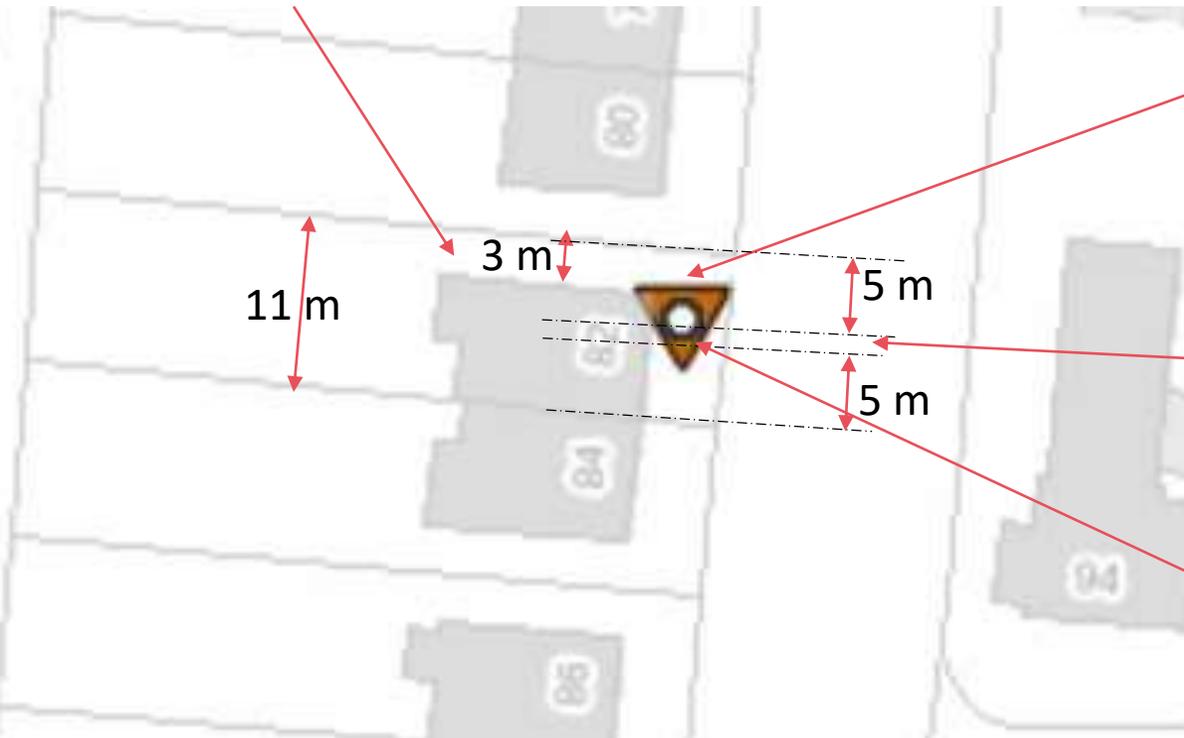
1. Einhaltung von Abständen
2. Zuwegung des Bohrgeräts
3. Versorgungsleitungen

# Challenges aus der Praxis

## Erdwärmesonden Beispiel

Ausgangslage: Sanierte Doppelhaushälfte

Zuwegung zum hinteren Grundstücksteil schwierig  
Bestandsbeflanzung



Vorgabe: Bohrtiefenbegrenzung auf 60 m  
→ Lösung über bivalente Anlage  
mit ca. 3 kW Heizleistung

Möglicher Bauraum  
Abstand zur Straße < 5 m möglich  
Kein „richtiger“ Nachbar

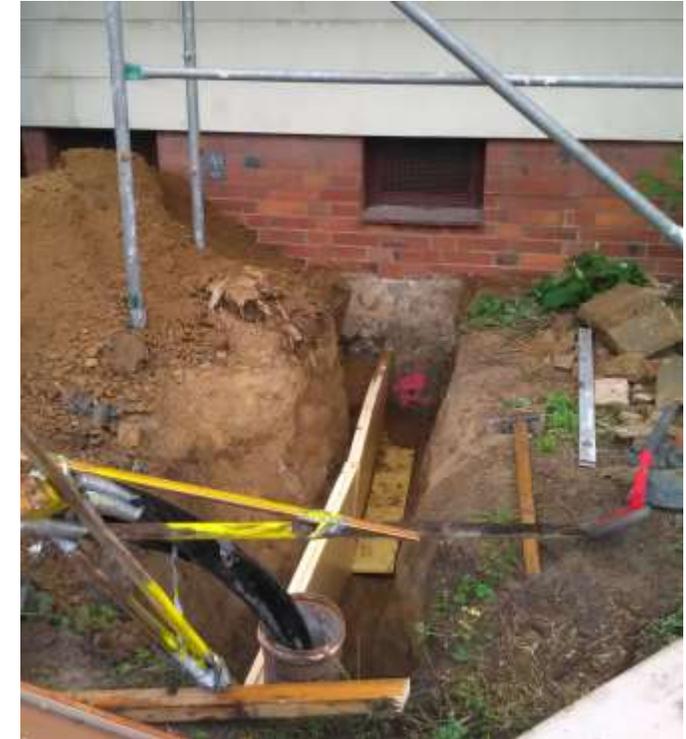
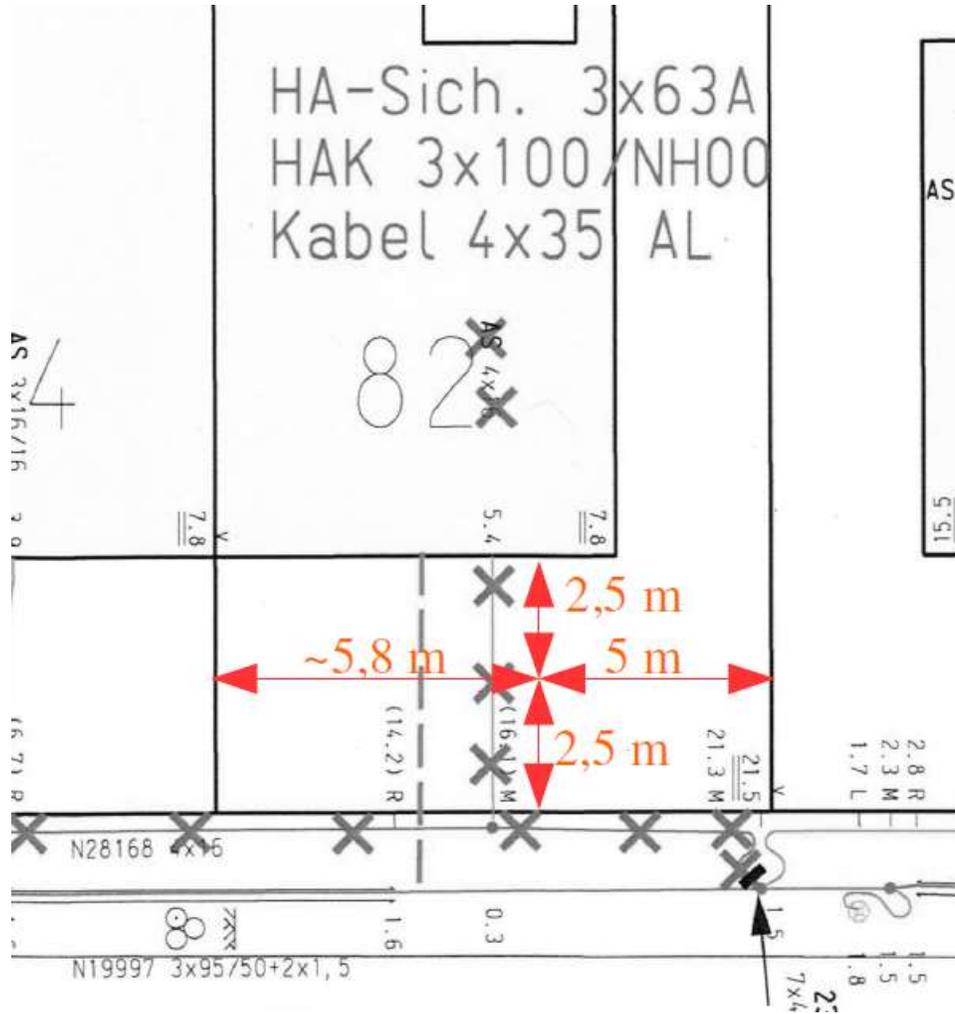
Herausforderung: unsichere Lage  
von Versorgungsleitungen von der Straße  
Wasserleitung mit Dämmplatten entkoppeln  
Handschachtung

# Baustelleneinblicke



# Challenges aus der Praxis

## Erdwärmesonden Beispiel



# Lösungsoptionen bei Platzproblemen

- Genaue Heizlastberechnung
- **Sanierung: Gebäudehülle, Lüftungsanlage**
- Solare Regeneration
- Kombination mit Kühlung
- Warmwasserwärmepumpe
- Bivalente Anlagen mit einem zweiten Wärmeerzeuger für Spitzenlasten, dh. besonders kalte Wintertage (Energimix mit Elektrischem Heizstab, Kaminofen, Fernwärme oder Brenner mit fossilen Brennstoffen/Wasserst.)
- Prüfen mögliche Verringerung der Erdwärmesonde an die Grundstücksgrenze, z.b. bei Straßen
- Tiefere Bohrung prüfen
- Neubau: Erdwärmesonde oder Kollektor unter der Bodenplatte

- 1. Geothermie kann auch auf kleinen Grundstücken funktionieren -  
Voraussetzung: Neubau oder sanierter Bestand**
- 2. Erdwärmekollektor kritischer als Erdwärmesonde  
Beides ist immer Standort- und Projektabhängig**
- 3. Individuelle Lösungen und Berechnungen notwendig**

## Achtung:

Die dargestellten Zusammenhänge und Auslegungsbeispiele sollen repräsentative Fälle von kleinen Grundstücken auf Basis von typischen Werten abbilden.

Die dargestellten Zusammenhänge ersetzen nicht die spezifische Auslegung und Planung einer Erdwärmequelle für ein konkretes Gebäude!

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Erik Bertram  
Technische Gebäudeausrüstung im Kontext der digitalen Gebäudeplanung

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminden/Göttingen  
Fakultät [m] Management, Soziale Arbeit, Bauen

Billerbeck 2  
37603 Holzminden

Tel: 05531/126-267  
E-Mail: [erik.bertram@hawk.de](mailto:erik.bertram@hawk.de)  
Web: [www.hawk.de](http://www.hawk.de)