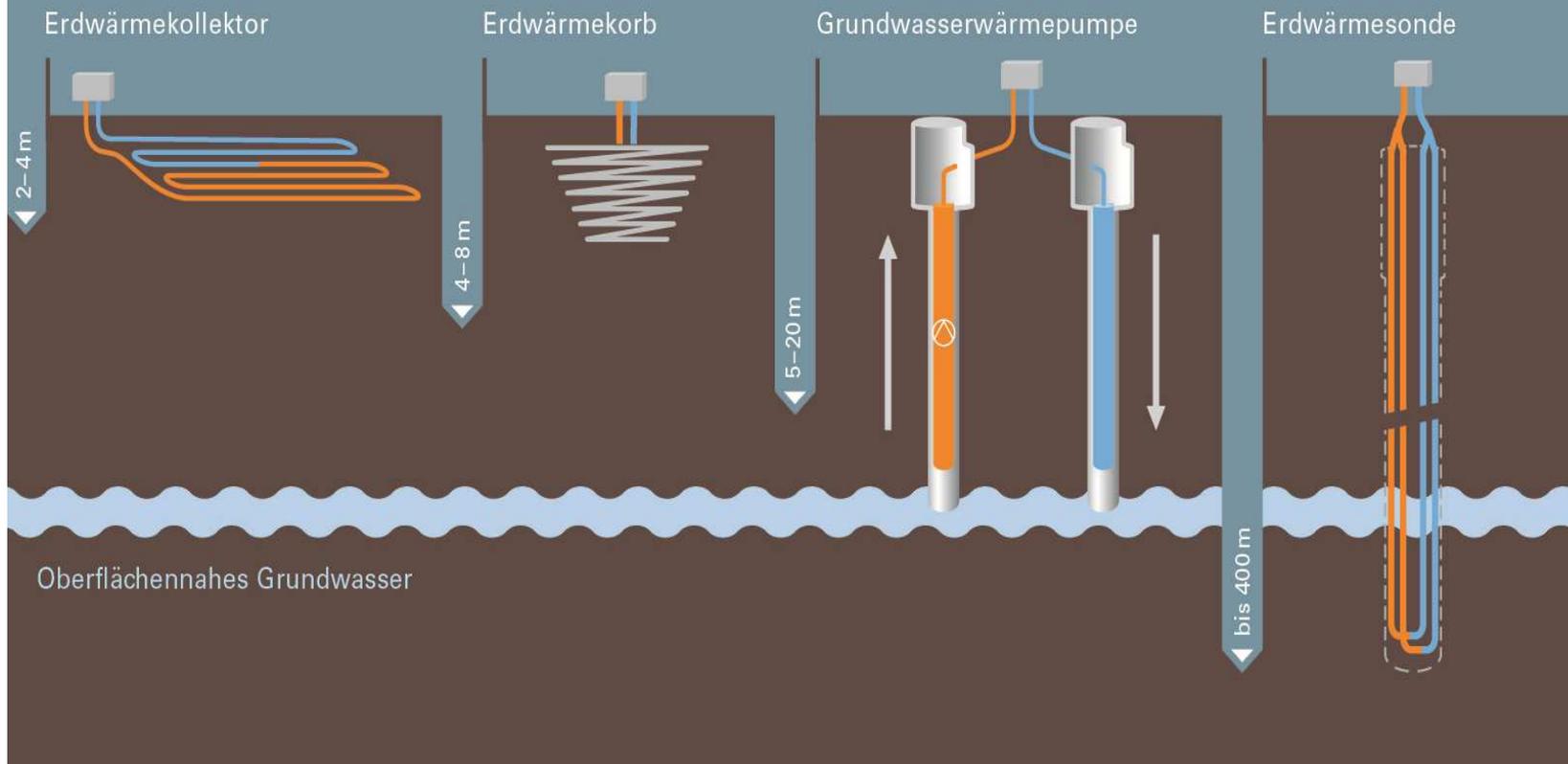


Erdwärme – die dezentrale Energieversorgung von morgen?

Marcellus Schulze, Ref. 104, LfU

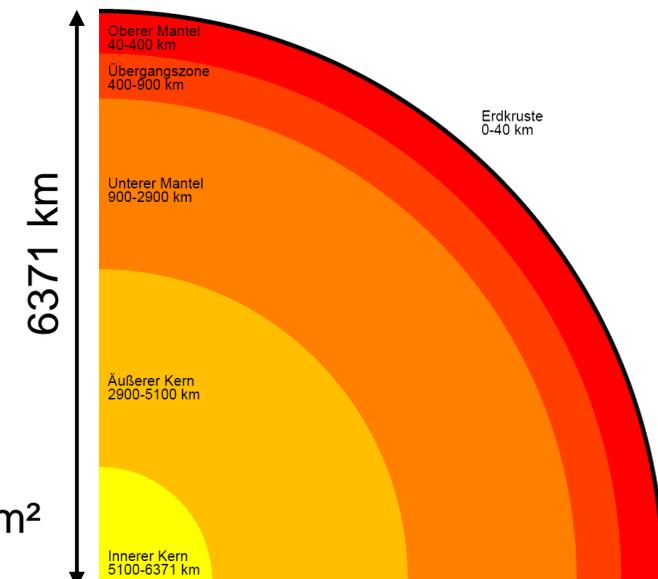
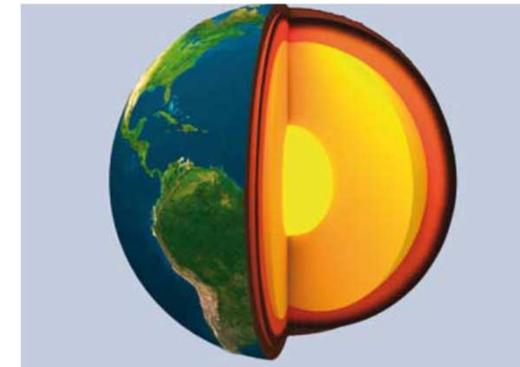


Inhalt

- Einleitung
- Geothermische Nutzung des Untergrundes
- Oberflächennahe Geothermie
- Funktionsprinzip der Wärmepumpe
- Wärmetauscher im Untergrund
- Dimensionierung von Erdwärmesonden
- Referenzanlagen
- Zusammenfassung

Was ist Geothermie?

- Geothermische Energie ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste in Form von **Wärme gespeicherte Energie**.
- Wärmeverteilung in der Erde:
 - Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur (geothermischer Gradient: **3° C pro 100 m**)
 - Erdkern: 4500° - 6500° C; 1 km Tiefe: 35° - 40° C; nahe der **Erdoberfläche in Bayern: 7° bis 12° C**
- Wärmequelle der geothermischen Energie:
 - **Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente (50-70 %)**
 - **Restwärme aus der Entstehung der Erde (30-50 %)**
 - **Sonneneinstrahlung/ Sickerwasser an Erdoberfläche**
- Wärmetransport:
 - **konduktiver Wärmefluss** aus dem Erdinneren
 - terrestrischer Wärmestrom in Bayern von 60-80 mW/m²



Nutzungsarten Geothermie

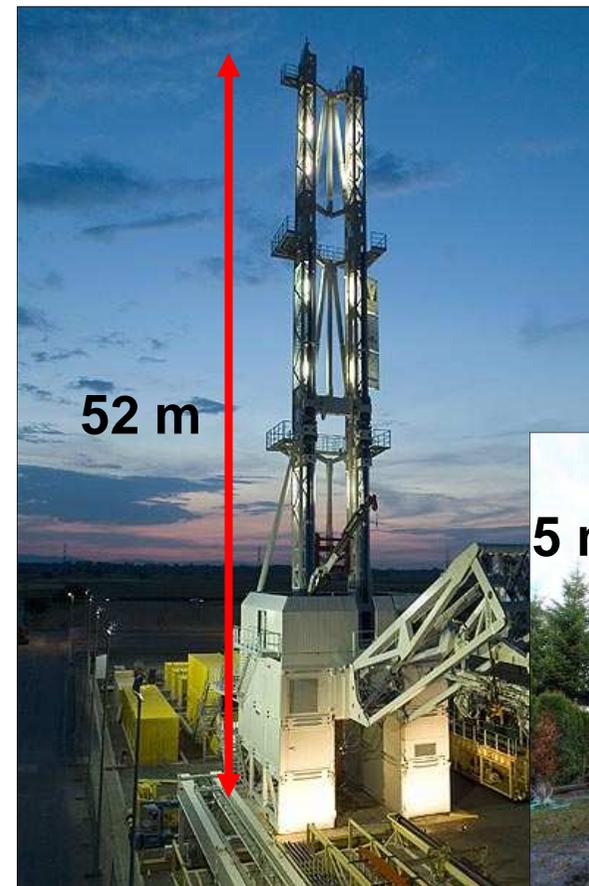
➤ Geothermie kann als Energiequelle zur Erzeugung von **Wärme** (bzw. Klimatisierung) und **Strom** genutzt werden.

• **Tiefe Geothermie: > 400 m**

- Hydrothermale Geothermie
- HDR-Verfahren
- Tiefe Erdwärmesonden (>400m)
- Bergbauregionen (Grubenwässer)

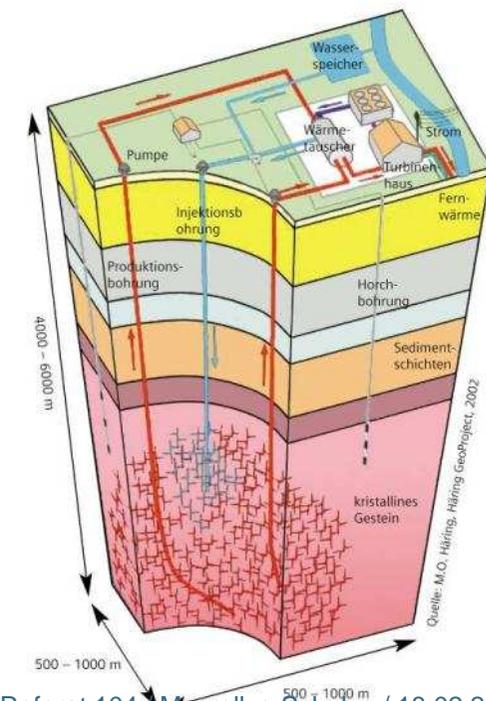
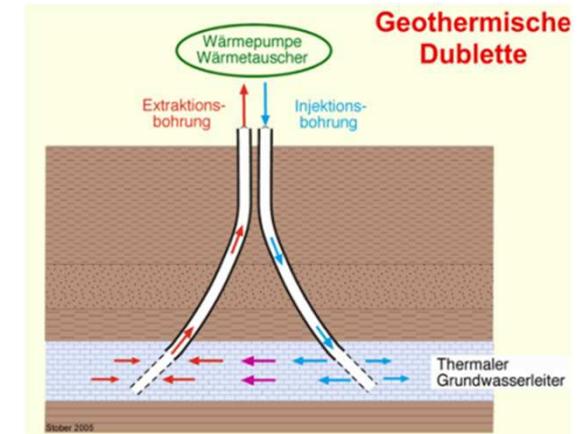
➤ **Oberflächennahe Geothermie: < 400 m**

- Erdwärmekollektoren
- Erdwärmesonden
- Grundwasser-Wärmepumpen
- Erdberührte Bauteile



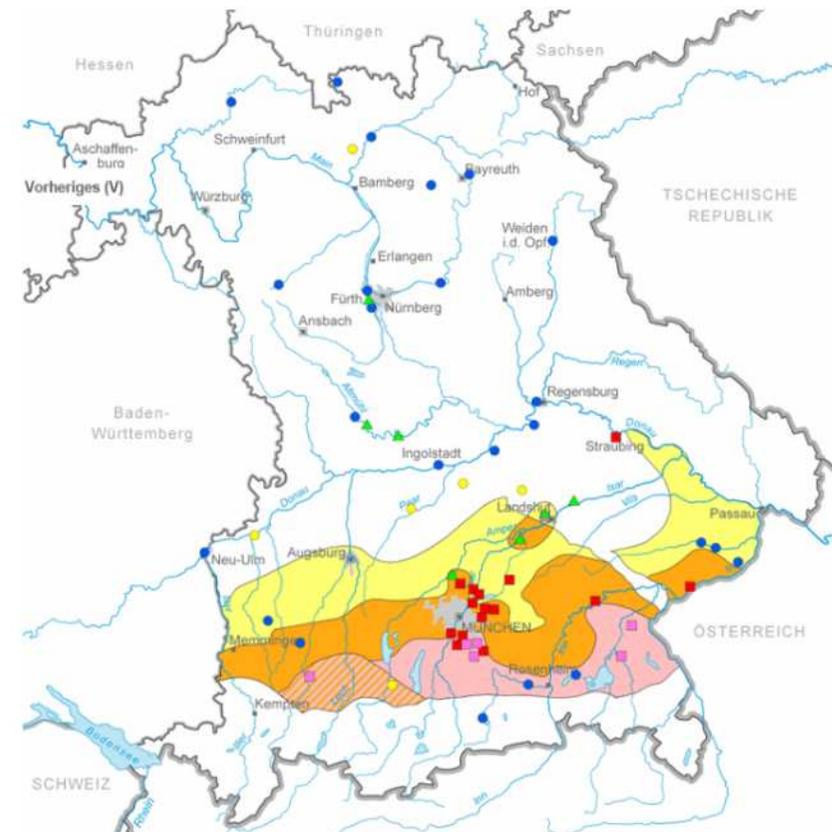
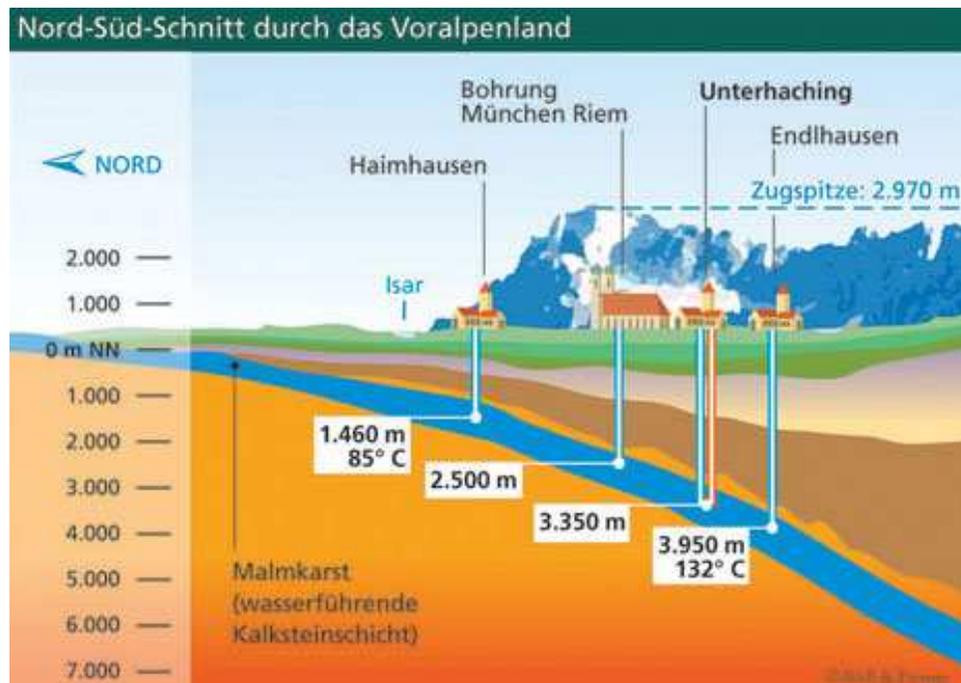
Tiefe Geothermie

- **Hydrothermale Geothermie:**
 - Thermalwasser (40° - 100° C) aus tiefem Grundwasserleiter (1500 bis 5000 m)
 - Malm-Karst in Molassebecken Südbayerns
 - Erschließung über Doublette (Förder- und Reinjektionsbohrungen)
 - Direkt über Wärmetauscher oder über Wärmepumpe an Heizkreislauf
- **Hot-Dry-Rock-Verfahren:**
 - Nutzung heißer, trockener Tiefengesteine durch Erzeugen künstlicher Risse
 - Risse dienen als Wärmetauscherflächen
 - Mind. zwei Bohrungen: kühles Wasser verpreßt/ Heißwasser gefördert
- **Tiefe Erdwärmesonden**



Tiefe Geothermie in Bayern

- Geologische Verhältnisse im Süden Bayerns günstig für Tiefe Geothermie
- Überwiegend *balneologische Nutzung*
- *Wärmeerzeugung* (Erding, München-Riem, Simbach-Braunau, Straubing, Unterhaching, Unterschleißheim)
- *Stromerzeugung* (Unterhaching)

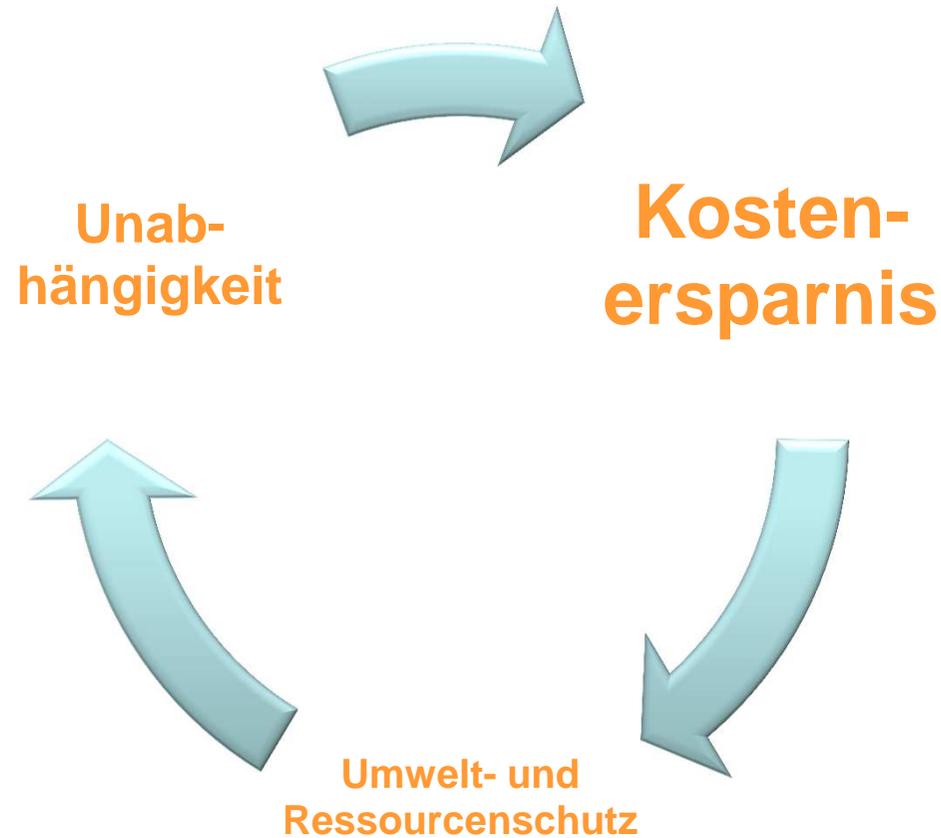


- Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeenergiegewinnung und Stromerzeugung
- Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeenergiegewinnung und möglicherweise weniger günstigen geologischen Verhältnissen (geringere Ergiebigkeiten) für eine hydrothermale Stromerzeugung
- Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeenergiegewinnung
- Gebiete mit weniger günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeenergiegewinnung (in der Regel zusätzlicher Wärmepumpeneinsatz erforderlich)

Thermalwasserbohrungen

- Überwiegend energetische Nutzung
- Überwiegend energetische Nutzung (geplant)
- Überwiegend balneologische Nutzung
- flüchtig, aber derzeit nicht genutzt
- ▲ Messstellen in Thermalwasseraquiferen

Warum oberflächennahe Geothermie?

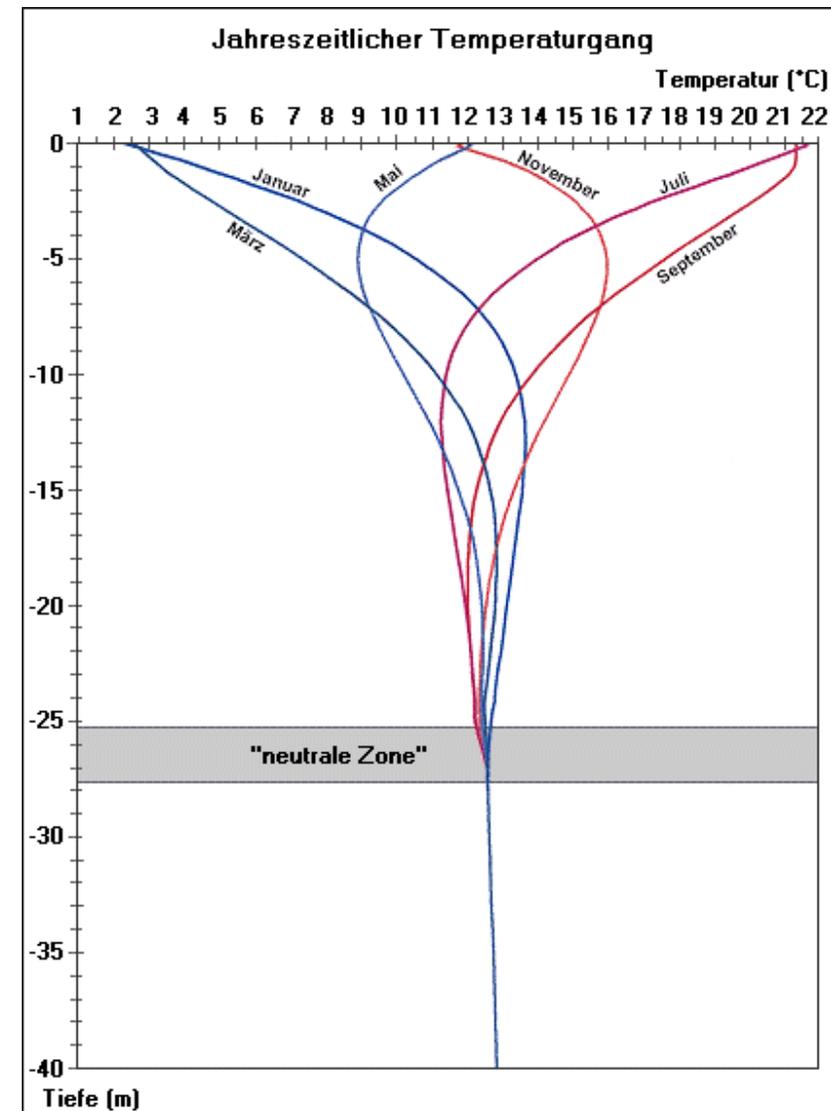


Wie warm ist es im Untergrund?

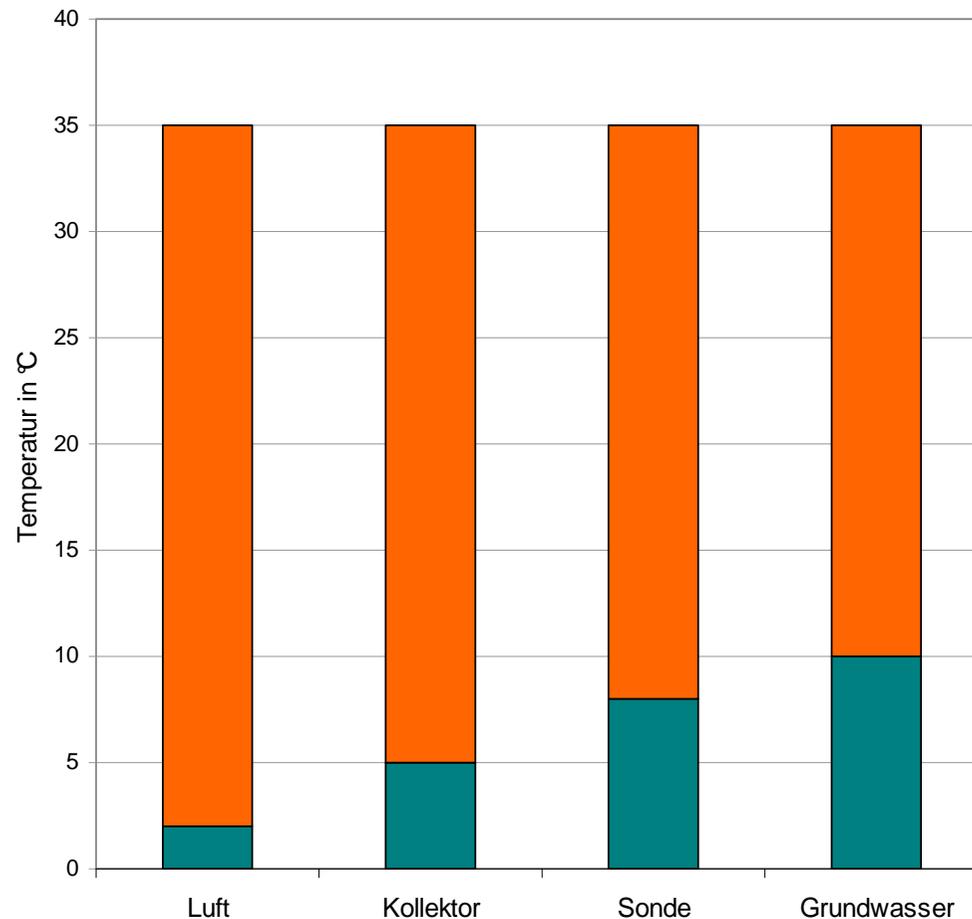


Temperaturverteilung im Untergrund

- **Beeinflussung der Untergrundtemperatur bis 25 Meter Tiefe**
- **Temperaturniveau 8° C bis 12° C**
- **Ab 30 Meter Tiefe Zunahme der Temperatur um 3° C / 100 Meter**



Wärmequellentemperaturen



- Niedrige Wärmequellentemperatur (Wasser, Boden, Luft)
- Erhöhung des Temperaturniveaus notwendig
→ Wärmepumpe
- "hohe" Wärmesenktemperatur (Fußbodenheizung $T_{VL} \approx 35^\circ \text{C}$, Radiatorheizung $T_{VL} \approx 55^\circ \text{C}$)
- Jahresarbeitszahl

Wie sieht die Wärmepumpe im Haus aus?



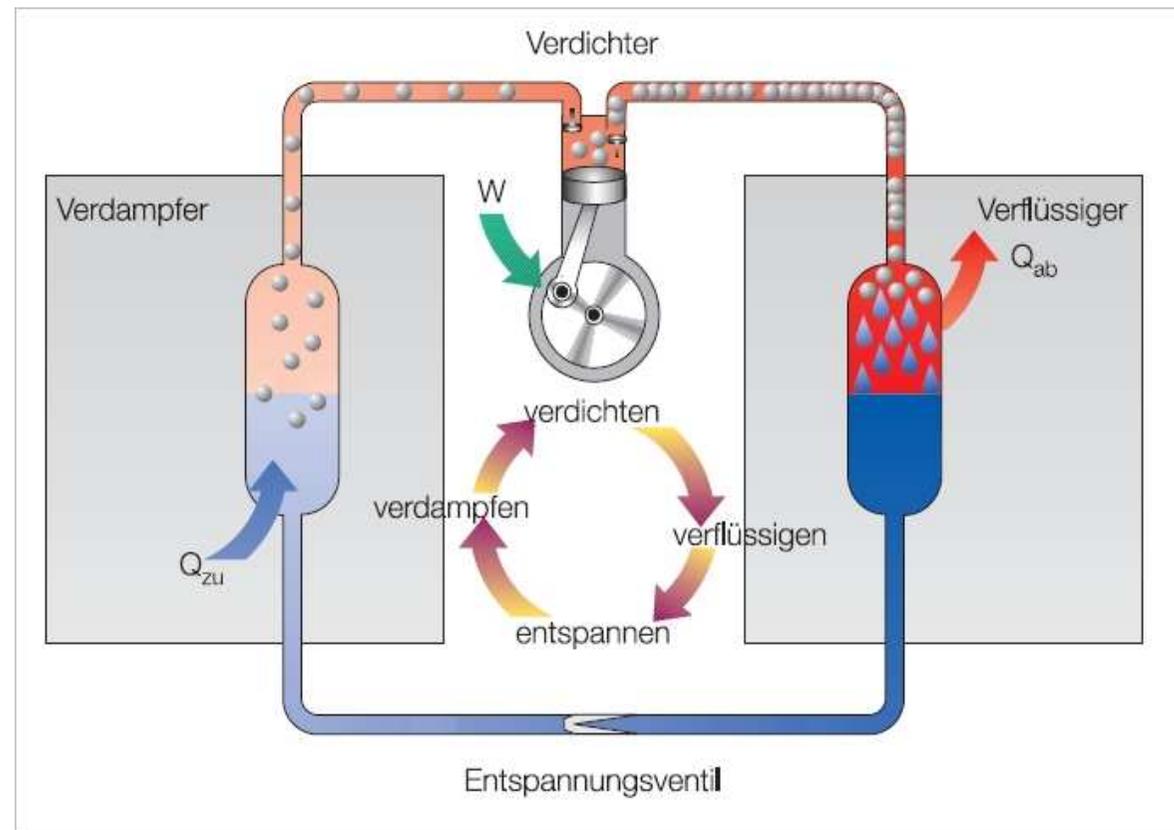
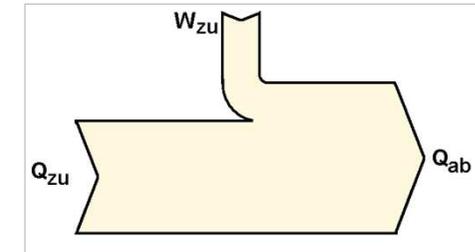
Broschüre Oberfl. Geothermie



LfU: P. Seifert 2008

Funktionsprinzip der Wärmepumpen

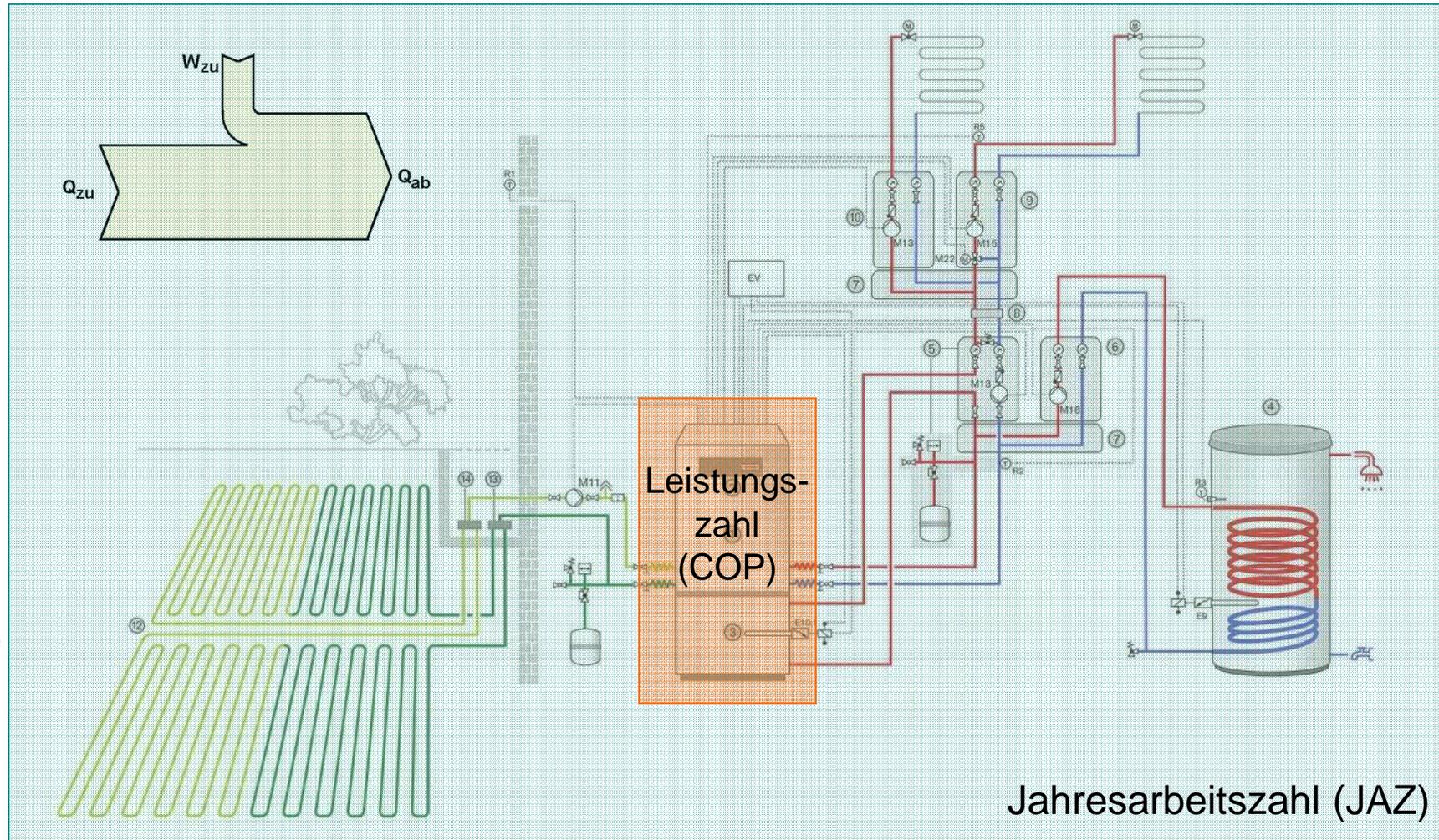
- **Verdampfer**
 $T \uparrow$
- **Verdichter** (Kompressor)
 $p \uparrow$
- **Verflüssiger** (Kondensator)
 $T \downarrow$
- **Entspannungsventil**
(Expansionsorgan)
 $p \downarrow$



Bauteile Wärmepumpe



Kennzahlen von Wärmepumpenanlagen



Wärmetauschersysteme Oberflächennahe Geothermie



Erdwärmekollektor:
Rohrregisterfeld in 1,5 m
Tiefe



Erdwärmesonde:
Kunststoffrohr in
Bohrung mit
Verpressmaterial



**Grundwasser-
Wärmepumpe:**
Förder- und
Schluckbrunnen

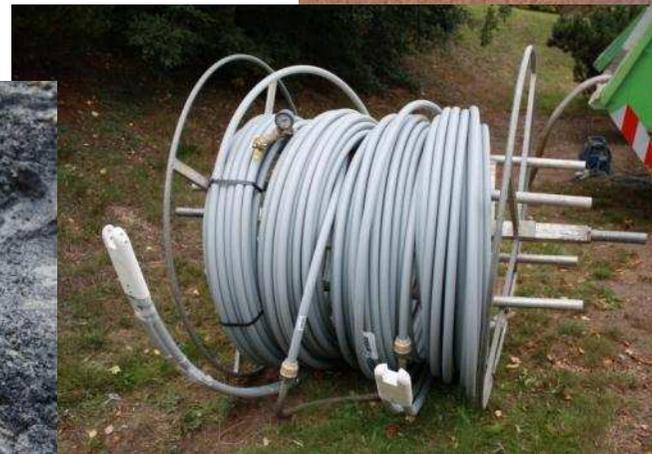
Erdwärmekollektoren

- Wärmetauscher aus Kunststoff, horizontal in einer Tiefe von rund 0,2 m unter der örtlichen Frostgrenze (*ca. 1,0 bis 1,2 m u. GOK*) verlegt
- Im Kollektor zirkuliert als *Wärmeträgerflüssigkeit* ein Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch (*Sole*)
- Energietransport zur Wärmepumpe erfolgt durch zirkulierende *Sole*
- Spezifische Entzugsleistung *10-40 W/m²*
- Kollektorfläche ca. *1,5 – 2 fache* der Wohnfläche



Erdwärmesonden

- Einbau der Wärmetauscher (Kunststoffrohre) in vertikale oder schräge **Bohrungen**
- Bohrung wird mit einem **Spezialzement verfüllt** → Wärmeübergang vom Erdreich zum Tauscher
- Energietransport zur Wärmepumpe erfolgt durch zirkulierende **Sole**
- Spezifische Entzugsleistung **20-80 W/m**



Grundwasser-Wärmepumpen

- thermische Nutzung oberflächennahen Grundwassers
- Entnahme aus *Förderbrunnen* → Einleitung in *Schluckbrunnen* oder *Sickerschacht*
- Ausreichender Abstand zwischen Förder- und Schluckbrunnen nötig → *thermischer Kurzschluss*
- Wirtschaftlichkeitsgrenze bei *20 bis 50 m*
- Wasserbedarf 0,25 m³/h pro 1 kW Verdampferleistung
→ *1 l/s* Förderrate für 15 kW (EFH)
- *Erlaubnispflichtig* gemäß WHG (BayWG)



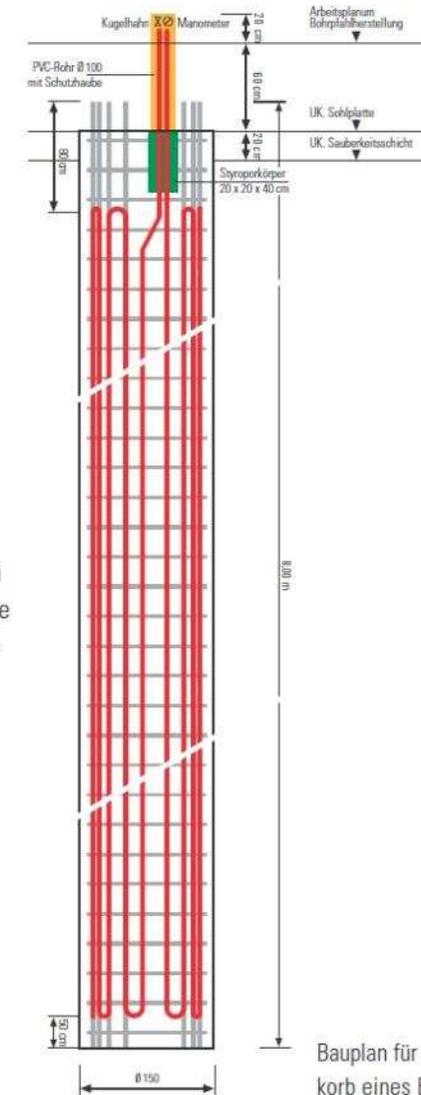
Energiepfähle/ erdberührte Bauteile

- Einbau von Wärmetauschern in *Gründungspfähle*, *Schlitzwände* oder *Bodenplatte* bei Großbauwerken.
- Zirkulierende *Sole* dient als Energieträger
- Im Umkehrbetrieb zum *Kühlen* und *Heizen*
- *Sonderformen*: Brückenbauwerke, Flughäfen



570 Energiepfähle erschließen das unter einer Industrieanlage liegende Erdreich als Wärme- bzw. Kältequelle.

- 1 Energiepfähle (570 Stück)
- 2 Pfahlanschlussleitungen
- 3 Sammelkästen Pfahlanschlüsse
- 4 Hauptleitung
- 5 Kältezentrale



Bauplan für den Armierungskorb eines Energiepfahls.



Flächenkollektor



Quelle: Befatherm

Spiralkollektor



Quelle: Betatherm

Grabenkollektor



LfU: Alle Fotos P. Seifert, 2008

Erdwärmesonden

- Einbau der Wärmetauscher (Kunststoffrohre) in vertikale oder schräge *Bohrungen*
- Bohrung wird mit einem *Spezialzement verfüllt* → Wärmeübergang vom Erdreich zum Tauscher
- Energietransport zur Wärmepumpe erfolgt durch zirkulierende *Sole*
- Spezifische Entzugsleistung *20-80 W/m*



Erdwärme - die dezentrale Energieversorgung von morgen?



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Erdwärmesonden



LfU: Alle Fotos P. Seifert, 2008

Erdwärme - die dezentrale Energieversorgung von morgen?



Erdwärmesonden



LfU: Alle Fotos P. Seifert, 2008

Erdwärme - die dezentrale
Energieversorgung von morgen?

Erdwärmesondenfelder



LfU: Foto P. Seifert, 2008

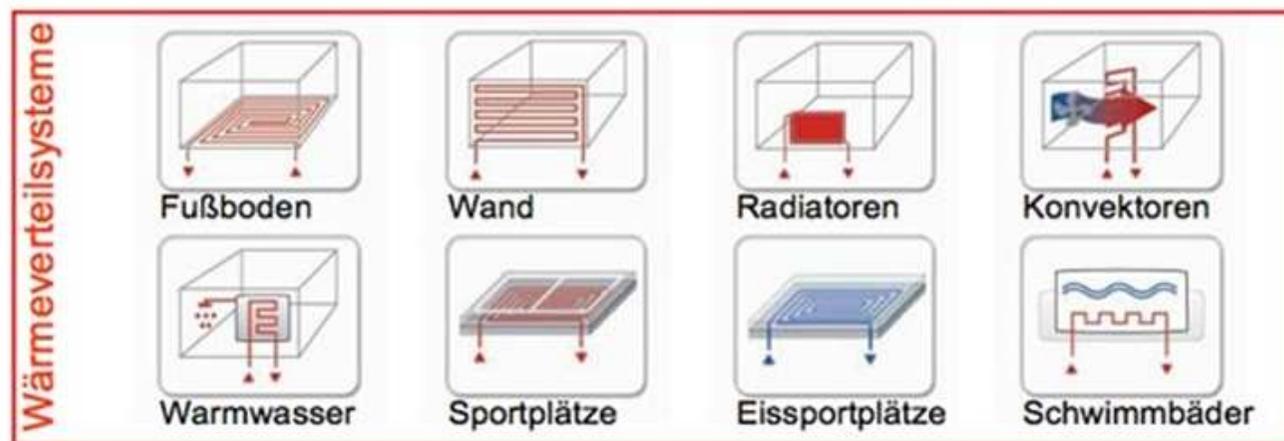


LfU: Foto P. Seifert, 2008

Heizungssystem

- Bevorzugt werden in Verbindung mit einer Wärmepumpe **Niedrigtemperaturheizsystemen** eingebaut wie z.B. **Fußboden- oder Wandheizungen**.
- **Radiatoren** sind aufgrund der hohen Vorlauftemperaturen nur **bedingt geeignet**.
- Im **Gebäudebestand** bietet sich **bivalente Heizungssysteme** an. Beispielsweise ist die Kombination von **geothermischer Anlage in der Grundlastversorgung** und der **bestehenden Öl- oder Gasbrenneranlage für die Spitzenlast** an.

Wärmenutzung/Wärmeverteilung und Klimatisierung



Grenzbereiche für Wärmepumpen: Hoher Energiebedarf

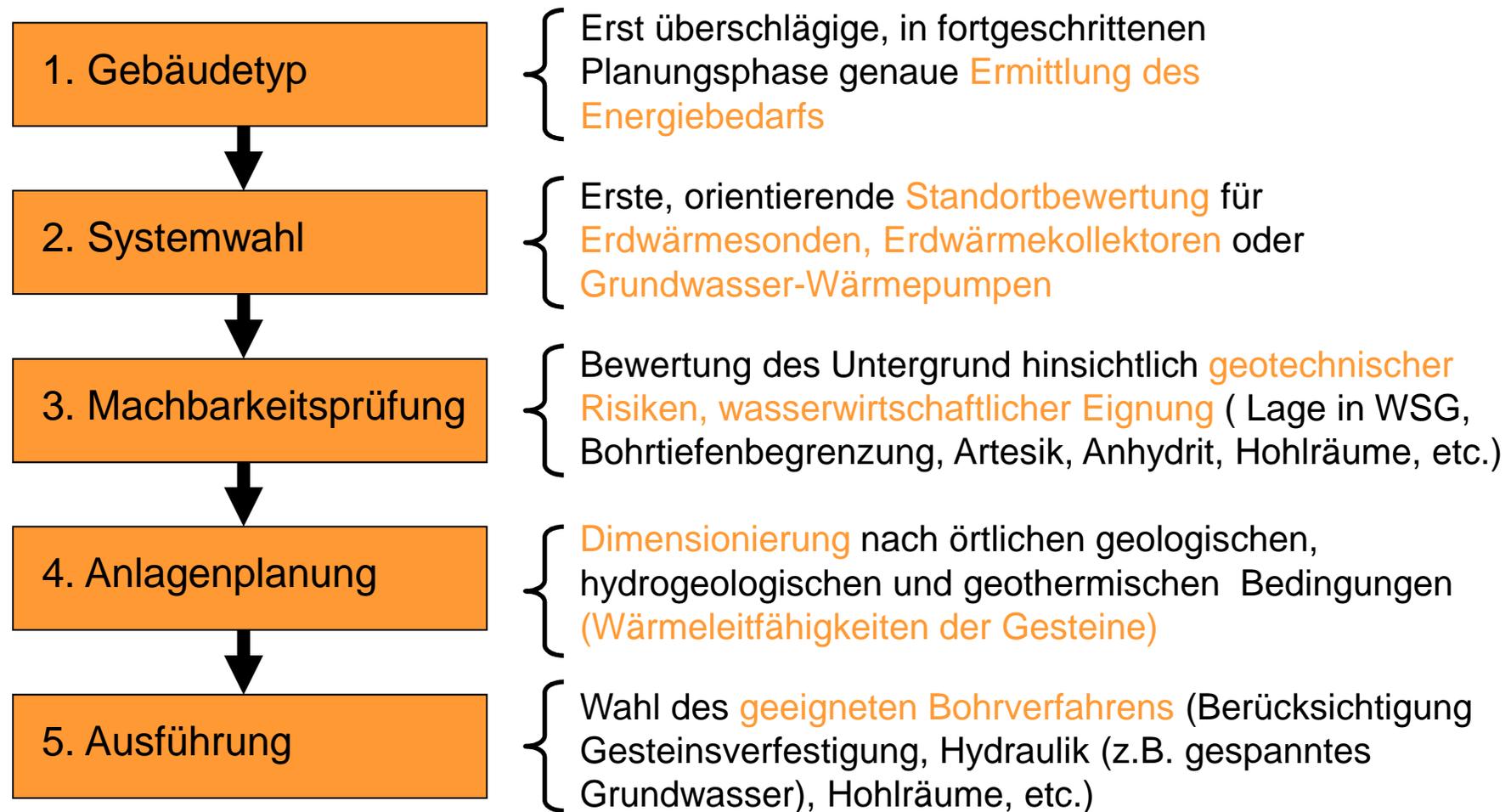
- Austausch des Heizungssystems im Gebäudebestand nicht möglich.
- **Anforderung: Vorhandenes Heizungssystem** mit Radiatoren, die 60° bis 70° C Vorlauftemperatur benötigen.
- **Lösung: Bivalentes Heizsystem** mit vorhandenem Ölbrenner und Geothermieanlage (oder Hochtemperatur-Großwärmepumpe)
- Wahl des Wärmetauschersystem:
 - Erdwärmekollektor (**bedingt geeignet**): Hoher Flächenbedarf
 - **Erdwärmesonde** (**geeignet**): Geringer baulicher Eingriff in Fläche, hohe Entzugsleistung am Standort möglich.
 - Grundwasser-Wärmepumpe (**ungeeignet**): Mangelnde Grundwasserergiebigkeit des Untergrundes

Groß-Wärmepumpen

- Industrie-Wärmepumpen mit Schraubenverdichtern
- für hohe Leistungen bis 2.000 kW
- für Großobjekte in Gewerbe, Industrie und im kommunalen Bereich
- Heizen, aktives Kühlen, Warmwasserbereitung, Wärmerückgewinnung
- OVi-Technik für höchste Effizienz
- Vorlauftemperatur einstufig bis 65° C
- Halbhermetische Kompakt-Schrauben-Verdichter
- Hochtemperatur-Ausführung bis 95° C



Planung und Ausführung von Erdwärmeanlagen



Grundlagen der Genehmigungspraxis

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Landeswassergesetze (z.B. BayWG)
- Bundesberggesetz (BBergG)
- Lagerstättengesetz (LagerG)

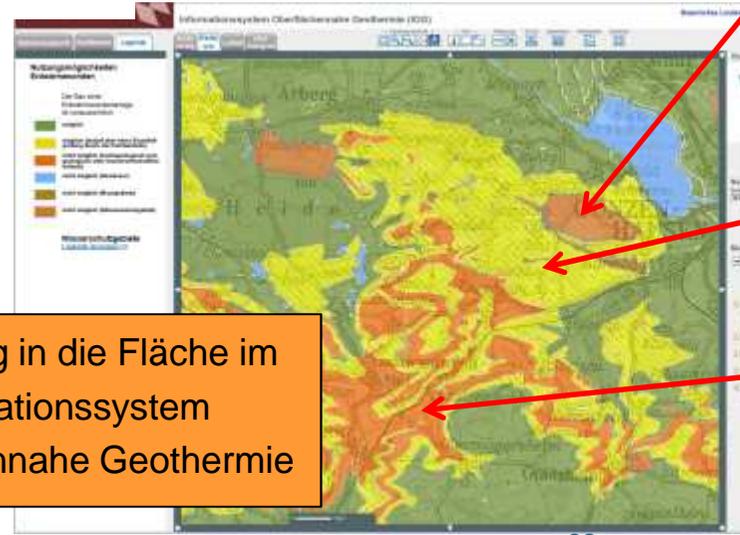
- Erdwärmesonden sind Anlagen zum **Verwenden wassergefährdender Stoffe**, wenn die Wärmeträgerflüssigkeit wassergefährdend im Sinne der **VwVwS** ist.
- **LAWA Arbeitshilfe** "Wassergefährdende Stoffe" => frostfreier Betrieb
- **Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern** und zugehöriges **Merkblatt 3.7/2**
Planung und Erstellung von Erdwärmesonden

Wasserwirtschaftliche Anforderungen

1. Anforderungen werden in Regelwerken, Leitfäden, oder Merkblättern formuliert.



3. Umsetzung in die Fläche im Informationssystem Oberflächennahe Geothermie



2. Wasserwirtschaftliche Beurteilungskriterien

4. Wasserwirtschaftliche Beurteilungskriterien

4.1 Wasserwirtschaftlich sensible Gebiete bzw. Verhältnisse
 Erdwärmesonden in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten bzw. bei sensiblen hydrogeologischen Verhältnissen sind nur in Ausnahmefällen mit zusätzlichen Inhalts- und Nebenbestimmungen zulässig. Wasserwirtschaftlich sensible Gebiete bzw. Verhältnisse liegen insbesondere in folgenden Fällen vor:

a) Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet
 Im gesamten Schutzgebiet sind Bohrungen und daher auch Erdwärmesonden i. d. R. nicht zulässig. In Einzelfällen ist die Zulässigkeit in Zone III B bzw. III/2 über eine Ausnahmegenehmigung von der Schutzgebietsverordnung zu prüfen. In Schutzzone von Heilquellenschutzgebieten gegen quantitative Beeinträchtigungen sind die zulässigen Bohrtiefen entsprechend der jeweils gültigen Schutzgebietsverordnung zu beachten.

b) Flächen mit Untergrundkontaminationen (Altlasten, Boden- und Grundwasserunreinigungen etc.)
 Durch Bohrungen im belasteten Untergrund kann es zu Verschleppungen von Kontaminationen kommen. Ob an einem derartigen Standort die Errichtung von Erdwärmesonden dennoch zulässig ist, ist im Einzelfall zu prüfen.

c) Tiefere Grundwasserstockwerke
 Der besondere Schutz des Tiefengrundwassers ist im Landtagsbeschluss vom 01.07.1994 und im Landesentwicklungsprogramm (LEP) für Bayern vom 08.08.2006 verankert. Stockwerkstrennende Schichten sind grundsätzlich nicht zu durchdringen. Dies gilt insbesondere für Stockwerkstrennungen infolge hydraulisch wirksamer, weiträumiger geologischer Trennschichten, die zu deutlich unterschiedlichen Grundwasserspiegeln oder Grundwasserbeschaffenheiten der einzelnen Stockwerke führen. Allenfalls bei Grundwasservorkommen von untergeordneter Bedeutung sind Ausnahmen möglich.

d) Gespanntes/artesisch gespanntes Grundwasser
 In gespannten Grundwässern ist besondere Vorsicht geboten, da es beim Bau und Betrieb von Erdwärmesonden infolge unzureichender Abdichtungsmaßnahmen zu nachhaltigen hydraulischen und hydrochemischen Veränderungen des Grundwassers kommen kann. Es besteht das Risiko, dass in der Folge nachteilige Auswirkungen (z. B. Vernässungen) bis an die Erdoberfläche reichen. Die Zulässigkeit der Erstellung von Erdwärmesonden ist deshalb im Einzelfall zu prüfen.

Bohrungen in artesisch gespannte Grundwässer mit anschließendem Ausbau zu einer Erdwärmesonde sind besonders kritisch zu beurteilen. Durch unzureichende Abdichtungsmaßnahmen kann es zu Vernässungen im Bereich der Sonde und langfristig zum Ausfließen von Grundwasser an der Oberfläche kommen. Da auch eine nachträgliche Wiederherstellung bzw. Verbesserung der Abdichtung von Erdwärmesonden mit wirtschaftlichen Mitteln nicht möglich ist, sind Erdwärmesonden bei Vorliegen artesischer Verhältnisse aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht vertretbar.

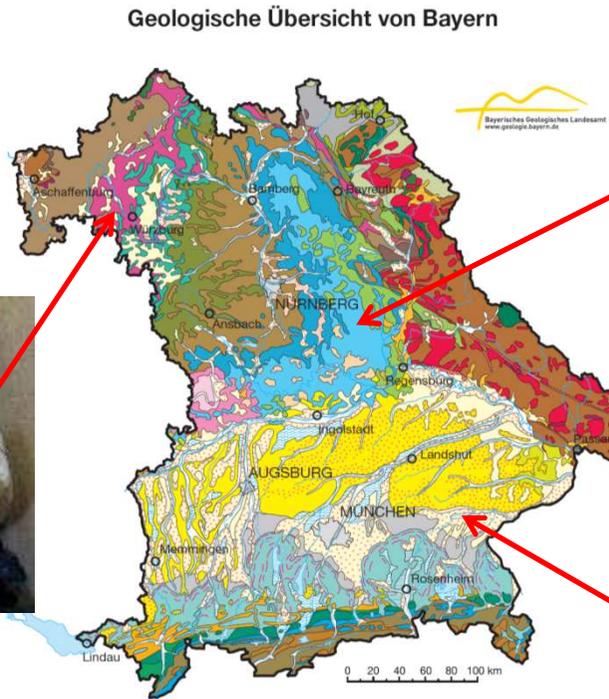
e) Einzugsgebiete von Grundwassernutzungen, für die Trinkwasserqualität erforderlich ist
 In Gebieten außerhalb von Wasserschutzgebieten, die jedoch für den Schutz von Wassergewinnungen der öffentlichen Wasserversorgung von Bedeutung sind, können im Einzelfall an die Errichtung von Erdwärmesonden besondere Anforderungen gestellt werden oder die Errichtung aus Gründen des Trinkwasserschutzes untersagt werden (vgl. § 52 Abs. 3 WHG).

Geotechnische Risiken

1. Sulfatgesteine



LfU: Gips, Anhydrit-Bohrkern



Quartäre Sedimente	Alpen	Schichtstufenland	Grundgebirge
<ul style="list-style-type: none"> Holozäne Fluvialablagerung Torf Saablagerung Flugsand Löß, Lehm Pleistozäner Flußschotter und -sand Jungmoräne mit Wallform Altmoräne Abblehm 	<ul style="list-style-type: none"> Helvetikum Kreide, Alttertiär Flysch Kreide Nördliche Kalkalpen Jura, Kreide, Alttertiär Jüngere Obertrias Perm-Obertrias Molasse Oberer Süßwassermolasse Oberer Meeresmolasse Untere Süßwassermolasse Untere Meeresmolasse 	<ul style="list-style-type: none"> Tertiär ungliedert Basalt Flies-Kraterfüllung Flies-Auswurfmassen Oberkreide Malm Lias, Dogger Sandsteinkeuper Gipskeuper Untere Keuper Muschelkalk Buntsandstein Oberkarbon-Perm 	<ul style="list-style-type: none"> Granit Granodiorit, Diorit Silur, Devon, Unterkarbon Basischer Vulkanit („Diabas“) Kambrium-Ordovizium Z.T. metamorph Metabasit, Serpentinit Gneis, Glimmerschiefer, Migmatit Myonit, Kataklit, Quarzgang (Pfla)

2. Hohlräume



Wikipedia: Muschelkalk



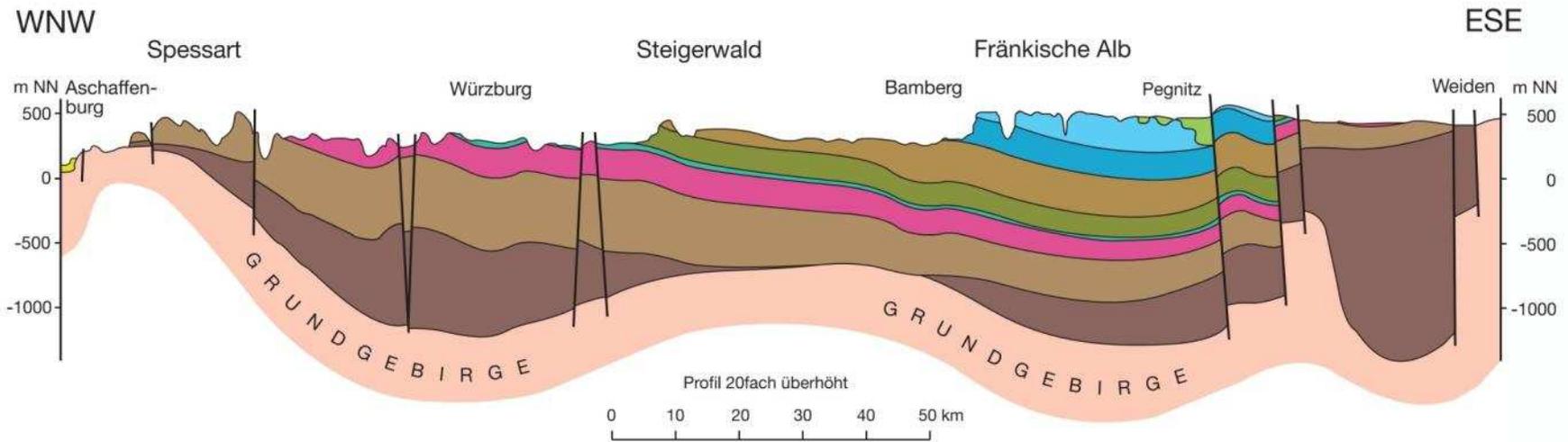
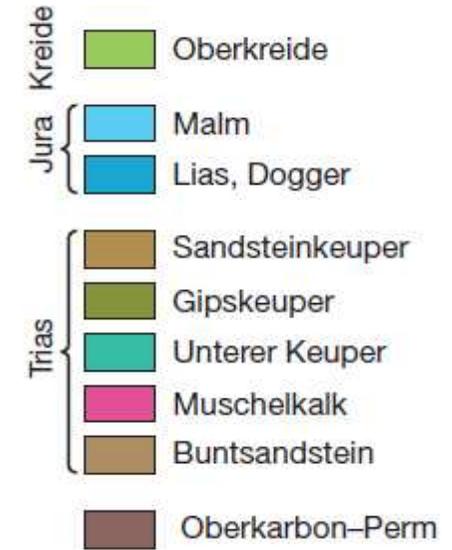
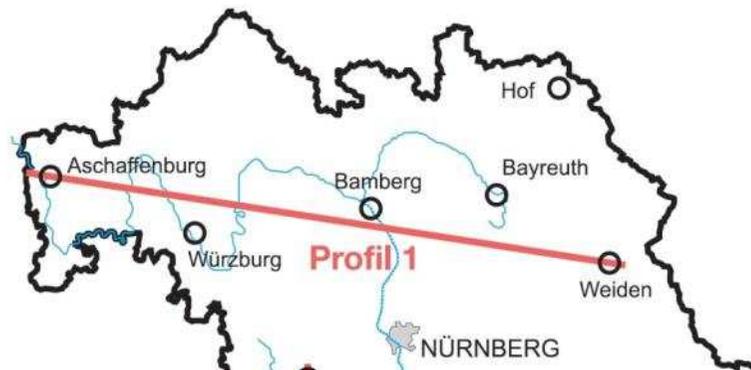
Rhein. Merkur: Kamen

3. Arteser



C. Landgraf: Arteser, Thüringen

Geologie Nordbayern



Profil 1



geologie

Übersicht Geologie

Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG)

- Erläuterungen
- Standortauskunft
- Erläuterungen Fachthemen
- Haftung
- Ansprechpartner

Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG)

Das Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG) gibt Ihnen Auskunft über die Nutzungsmöglichkeiten der oberflächennahen Geothermie in Bayern.

Die Standortauskunft in der aktuellen Version ist noch auf die Nutzung der Geothermie durch Erdwärmesonden beschränkt. In den geplanten weiteren Ausbaustufen erfolgt die Erweiterung für die Nutzungsmöglichkeiten der oberflächennahen Geothermie durch Grundwasser-Wärmepumpen und Erdwärmekollektoren.

Das Informationssystem beinhaltet

- auf dem Reiter "Standortauskunft" die Möglichkeit, für einen über die Adresssuchfunktion festgelegten Standort eine unverbindliche Erstauskunft zur oberflächennahen Geothermie in Textform zu erhalten.
- auf dem Reiter "Fachthemen" weitergehende Fachdaten wie Hinweise auf Bohrungen, geologische bzw. hydrogeologische Kartenwerke oder andere ergänzende thematische Darstellungen einzusehen (Kartendienst).

Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG)

Kartendienst starten

Gefördert mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE).

Der Europäische Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)

Weitere Informationen erhalten Sie im nachfolgenden Teil dieser Seite.

publikation



Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern

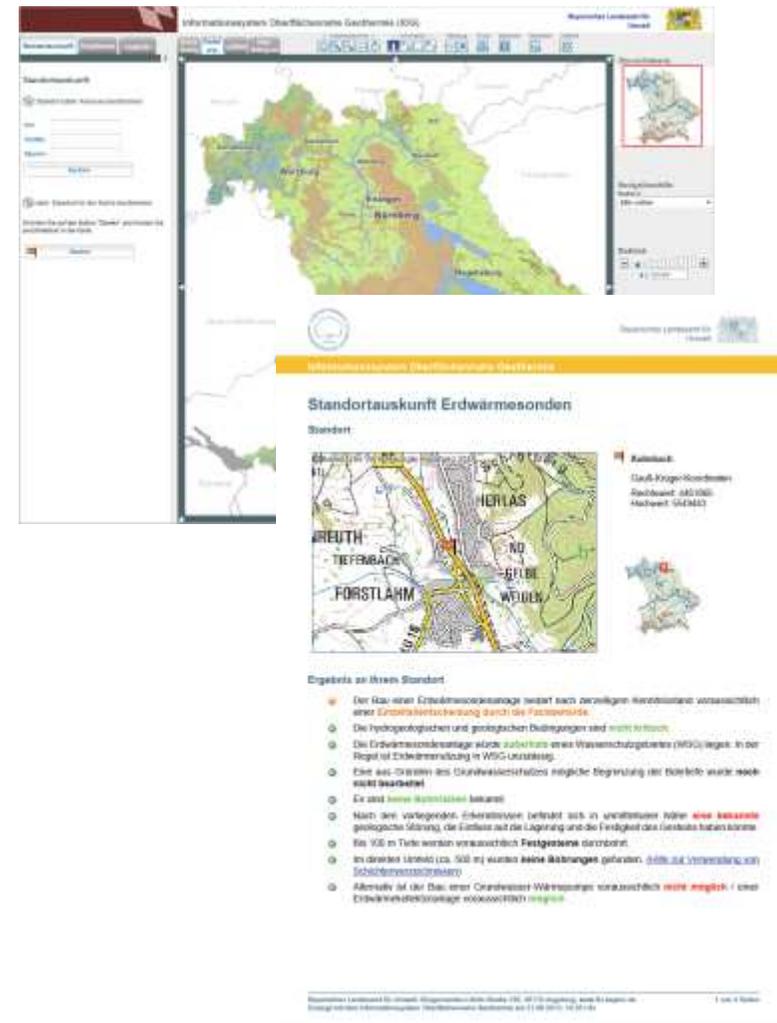


Oberflächennahe Geothermie

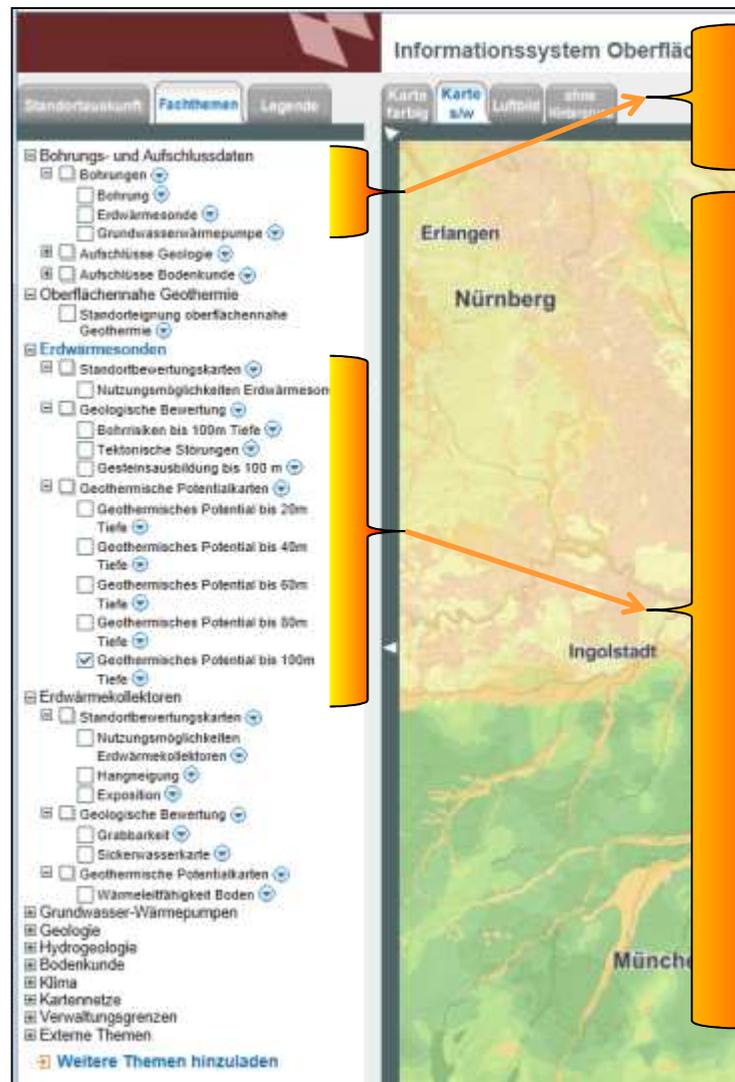
Navigation

Informationssystem Oberflächennahe Geothermie

- Das Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG) ist ein Baustein im Energieatlas Bayern (EA-B).
- Das IOG enthält relevante **Datengrundlagen** zur Erstinformation über die **Machbarkeit**, zur Planung der Erdwärmeanlagen und zur Ausführung für **Bauherren, Fachleute** und **Behörden**.
- Das IOG gliedert sich in einen **Fachthementeil** und eine **textliche Standortauskunft**.
- **Seit Veröffentlichung** im April 2011 ist das IOG eine „**Erfolgsstory**“.



Fachthemen zu Erdwärmesonden im IOG



Bohrungen

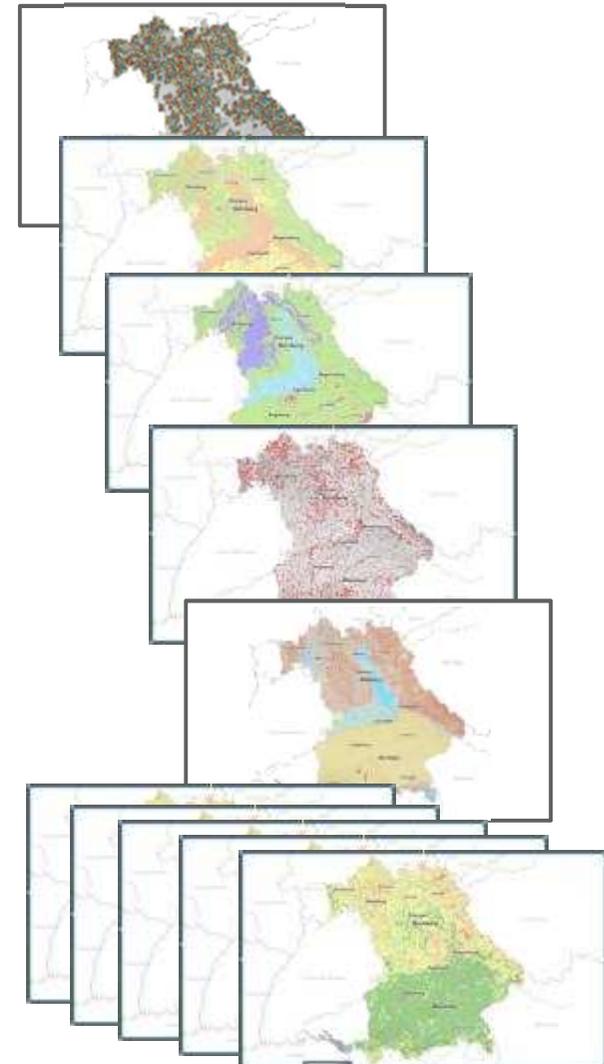
Nutzungsmöglichkeiten EWS

Bohrrisiken

Tektonische Störungen

Gesteinsausbildung

Geothermisches Potential



Standortauskunft Erdwärmesonden

Standortauskunft Erdwärmesonden

Standort

Hydrogeologisch und geologisch

In Bayern wird die Erdwärmennutzung in Grundwasserschutzgebieten sehr sensibel gehandhabt. Gebiete, in denen der Bau einer Erdwärme (unter Auflagen) möglich ist. Der Kartenausschnitt zeigt die Verhältnisse im Umkreis Ihres Standorts.

Ergebnis an Ihrem Standort

- Der Bau einer Erdwärmesondenanlage ist möglich.
- Die Erdwärmesondenanlage würde aus Gründen des Grundwasserschutzes nicht zulässig sein.
- Es besteht aus Gründen des Grundwasserschutzes keine Bohrrisiken bekannt.
- Im Umkreis von 50 m befindet sich kein Grundwasserschutzgebiet.
- Bis 100 m Tiefe werden nach derzeitiger Kenntnis keine Bohrrisiken bekannt.
- Im direkten Umfeld (ca. 500 m) wurden keine Bohrrisiken bekannt.
- Alternativen nach derzeitiger Kenntnis: Der Bau einer Erdwärmekollektoranlage ist möglich.

Bohrrisiken bis 100 m Tiefe

Die Erdwärmennutzung ist in Bayern z. B. in Anhydritvorkommen oder aufgrund von Anhydritvorkommen oder aufgrund von Anhydritvorkommen möglich. Der Kartenausschnitt zeigt die Verhältnisse im Umkreis Ihres Standorts.

Geothermisches Potential

Die genaue Kenntnis der geologischen und geothermischen Dimensionierung von Erdwärmesonden (W / (m * K)).

Die am Standort voraussichtlich zu erhaltenden Geothermischen Potentialkarten entnommen bei geringem Potential (<= 1,0 W/m²).

Tiefenbereich (von - bis) m
0 - 20 m
0 - 40 m
0 - 60 m
0 - 80 m
0 - 100 m

Zusammenfassung für Ihren Standort

Wasserschutzgebiet	Zulässige Bohrtiefe
außerhalb	150 m

Allgemeine Hinweise zum Informationsystem

Die Standortauskunft dient einer ersten Orientierung. Sie ersetzt nicht die Beratung durch ein Fachbüro (z. B. Geo-Broschüren: [Oberflächennahe Geothermie](#)).

Lassen Sie sich gut beraten!

Eine gute Planung vermeidet viele Unannehmlichkeiten. Ein Fachbüro (z. B. Geo-Broschüren: [Oberflächennahe Geothermie](#)).

Die ersten Schritte - das Genehmigungsverfahren

Die Kreisverwaltungsbehörde prüft die eingereichte Anzeige.

Anzeige ausdrucken oder online ausfüllen

Anschrift der Genehmigungsbehörde:
Landratsamt Kitzingen
Kaiserstraße 4
97318 Kitzingen
Tel: 09321/928-0(-723)
Fax: 09321/928452
E-Mail: la@kitzingen.de
Internet: www.kitzingen.de

Wasser- und bergrechtliche Grundlagen

Für den Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen sind die Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) in Verbindung mit dem Bayerischen Wassergesetz (BayWG) und der hierzu ergangenen Verwaltungsvorschrift (VwV/BayWG) maßgebend. Die zuständige Genehmigungsbehörde für Anlagen bis 50 kW ist die Wasserbehörde in der örtlichen Kreisverwaltungsbehörde (KVB). Die Erdwärmennutzung unterliegt grundsätzlich auch den Regelungen des Bundesberggesetzes (BBergG). In Bayern werden jedoch nur Erdwärmesondenanlagen mit Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe und/oder einer thermischen Leistung von > 200 kW bergrechtlich behandelt. Unabhängig von den hier gemachten Angaben ist von der Wasserbehörde in der KVB die Zulässigkeit im Einzelfall zu prüfen. Das Ergebnis der Prüfung kann daher von der hier dargestellten Erstbewertung abweichen.

Weitergabe der Bohrergebnisse

Laut Lagerstättengesetz sind dem Bayerischen Landesamt für Umwelt - Geologischer Dienst in angemessener Zeit (vier Wochen) nach Abschluss der Bohrarbeiten die Lage, Geländehöhe, Schichtenverzeichnisse, Ausbauezeichnungen, angebotene Grundwasserverhältnisse und ggf. Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zu übersenden.

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 100
86177 Augsburg

Bearbeitung:
LfU, Ref. 104
Manuel Schulte,
Nik Landmeyer

Bildnachweis:
LfU (Fachdaten),
Bay. Vermessungsverwaltung
(Topogr. Karten, Luftbild)

Stand:
Februar 2013

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Erdwärme - die dezentrale Energieversorgung von morgen?



Standortauskunft Erdwärmekol

Standort



Ergebnis an Ihrem Standort

- Der Bau einer Erdwärmekollektoranlage ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand **nicht möglich**.
- Die Erdwärmekollektoranlage würde **außerhalb** des Wasserschutzgebietes liegen.
- Alternativen nach dem derzeitigen Kenntnisstand: **nicht möglich**. Der Bau einer Erdwärmesondenanlage ist **nicht möglich**.

Grabbarkeit

Die Karte liefert eine Aussage über die Durchführbarkeit einer Detailuntersuchung vor Ort ist grundsätzlich zu empfehlen. Die Bewertung der Grabbarkeit des Bodens: **nicht möglich**.

Bodentyp und Bodenart

Bodentyp und Bodenart geben Aufschluss über die Bodeneigenschaften. Bodentyp am Standort: Bodenkomplex der (Norm-)mittel bis stark steinig-grusigen, sandig-lehmigen Gneissubstraten mit Lehmantilen unterschiedlich.

Bodenart am Standort: Sand, Lehm

Hangneigung und Exposition

Die Hangneigung gibt eine Einschätzung über das vorliegende Relief des Standortes an. Am Standort vorliegende Hangneigung: $0^\circ - 5^\circ$. Am Standort vorliegende Exposition: **nordwestlich exponiert**.

Karte zu den wasserwirtschaftlich und bodenkundlich sensiblen Gebieten

In Bayern wird die Erdwärmenutzung in den ausgewiesenen Wasserschutzgebieten Grundwasserschutzes sehr sensibel gehandhabt. Hinzu kommen bodenkundliche sensiblen Moore. Der Kartenausschnitt zeigt die wasserwirtschaftlichen und bodenkundlichen Verhältnisse Ihres Standortes.



Nutzungsmöglichkeiten der oberflächennahen Erdwärmekollektoren

- Die Fläche ist als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen.
- Die Fläche ist als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen, aber nicht als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen.
- Die Fläche ist als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen, aber nicht als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen.
- Die Fläche ist als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen, aber nicht als Wasserschutzgebiet (WSG) ausgewiesen.

Maßstab 1:10.000

Klimadaten

Die Wärmezufuhr von der Oberfläche und damit die Nutzbarkeit oberflächennaher Erdwärmekollektoren wird im wesentlichen Maße durch klimatologische Faktoren beeinflusst.

Niederschlags- und Temperaturdaten

Darstellung der mittleren Niederschlagshöhe (in 2 m Höhe) und der mittleren Lufttemperatur (getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr von 1970 bis 2000 Jahr) Durchschnittswert.

Mittlere Lufttemperatur (Sommerhalbjahr*): > 12 bis 13°C ($\bar{\varnothing}$ 13,4)
Mittlere Lufttemperatur (Winterhalbjahr*): > 0 bis 1°C ($\bar{\varnothing}$ 2,1)

Mittlere Niederschlagshöhe (Sommerhalbjahr*): $\bar{\varnothing}$ 400 mm ($\bar{\varnothing}$ 529 mm)
Mittlere Niederschlagshöhe (Winterhalbjahr*): $\bar{\varnothing}$ 485 mm ($\bar{\varnothing}$ 403 mm)

*Sommerhalbjahr: 20. März bis 22. September / Winterhalbjahr: 23. September bis 19. März

Sickerwasserdaten

Sie ist eine wesentliche Größe für die Regeneration des Wärmehaushaltes eines Bodens. Die Sickerwasserdaten geben Aufschluss über die Regenerationsfähigkeit einer Erdwärmekollektoranlage über die Zeit.

Mittlere jährliche Sickerwasserrate des Bodens am Standort: $\bar{\varnothing}$ 345 mm ($\bar{\varnothing}$ 300 mm)

Boden-Parameter

Die genaue Kenntnis der bodenkundlichen Standortverhältnisse erlaubt eine optimierte Dimensionierung einer Erdwärmekollektoranlage. Ein bedeutender Parameter ist hierbei die Wärmeleitfähigkeit in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, die das geothermische Potential maßgeblich widerspiegelt.

Boden-Parameter in 1 m Tiefe	Ergebnis am Standort
spez. Wärmeleitfähigkeit	$> 1,4 - 1,6 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Trockenrohdichte	$1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$
Korngrößenverteilung	61/29/11 (Sand/Silt/Ton)
Feldkapazität	21,6 Vol.%

Überblick über die Boden-Parameter am Standort

Allgemeine Hinweise zum Informationssystem

Die Standortauskunft dient einer ersten Übersicht über die Bedingungen am gewählten Standort. Die Auskunft beruht auf den Kenntnissen und Erfahrungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt und gibt einen orientierenden Überblick. Sie ersetzt keine Detailuntersuchung und Planung durch ein Fachbüro.

Lassen Sie sich gut beraten!

Eine gute Planung vermeidet viele Unannehmlichkeiten und Überraschungen. Wir empfehlen daher, die Planung durch ein Fachbüro (z. B. Geologisches Ingenieurbüro) durchführen zu lassen. (Broschüre: [Oberflächennahe Geothermie](#)).

Wasserrechtliche Grundlagen

Erdwärmekollektoren sind in der Regel nicht genehmigungspflichtig. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist aber erforderlich, wenn der Erdwärmekollektor:

- nicht mindestens 1 m über dem höchsten Grundwasserstand,
- innerhalb von Überschwemmungsgebieten, in Uferbereichen von Gewässern oder
- im Wasserschutzgebiet liegt.

Auskunft erhalten Sie hier: Landratsamt Cham, Rachelstr. 6, 93413 Cham

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Bearbeitung:
LfU, Ref. 104
Marcellus Schulze,
Nils Landmeyer

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bildnachweis:
Bildnachweis:
LfU, Klimakarten sind ein Gemeinschaftsprodukt des Deutschen Wetterdienstes (Abteilung Agrameterologie), Bayerischen Landesamtes für Wald und Forstwirtschaft und des LfU

Stand:
November 2013



Dieses Projekt ist gefördert mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)

Erdwärme - die dezentrale Energieversorgung von morgen

The image displays a web-based information system for geothermal energy. It consists of several overlapping windows:

- Main Window (Informationssystem Oberflächennahe Geothermie):** Shows a map with numerous borehole icons. A sidebar on the left contains a navigation menu with categories like 'Bohrungs- und Aufschlussdaten', 'Oberflächennahe Geothermie', and 'Wasserwirtschaftliche Bedingungen'. The map is titled 'Ziegelacker'.
- Summary Window (Kurzzinformationen):** Displays 'Wasserwirtschaftliche Bedingungen (Nutzungsmöglichkeiten Erdwärmesonden)'. It includes a table of boreholes with columns for 'Zu Merkzettel hinzufügen', 'Detailinfos anzeigen', 'Bild (er)', 'Objekt-Id', 'Hauptbohrverfahren', 'Endteufe max. [m]', 'Ende der Bohrarbeiten', 'Schichtdaten vorhanden', 'Angaben zum Grundwasser', 'Ausbaudaten', 'Gesteinsprobe vorhanden', 'Wasserprobe vorhanden', and 'Bohrung im Bohrkernlager (BRAZ) vorhanden'.
- Detail Window (Detailinformationen Bohrung):** Provides detailed data for a specific borehole (Objekt-ID: 5637BG000006). It includes 'Stammdaten' (Location, Date, etc.), 'Spezielle Stammdaten' (Depth, etc.), and 'Wasserwirtschaftliche Daten' (Basin, etc.).
- Layer Detail Window (Schichten):** Shows a stratigraphic table with columns for 'Obergrenze [m]', 'Untergrenze [m]', 'Gesteinsansprache', 'Petrogr. Bezeichnung', 'Farbe', and 'Stratigraphie'.

Red arrows indicate the flow of information from the map to the summary table, and from a specific entry in the table to its detailed information window.

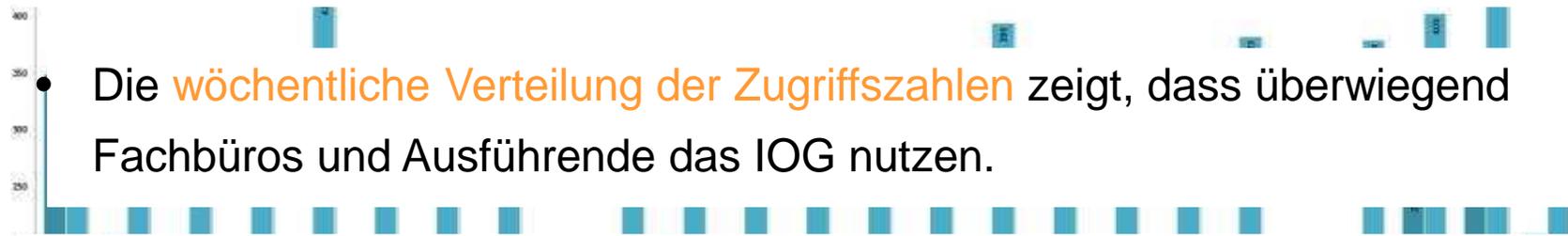
Zugriffszahlen (IOG) Fachthemen und Standortauskunft

Anzahl der PDF-Standortabfragen und Kartenabrufe zur Eignung einer Erdwärmesondenanlage über den Energieatlas Bayern und IOG

- 400 bis 500 textliche Standortauskünfte werden im IOG monatlich abgerufen.

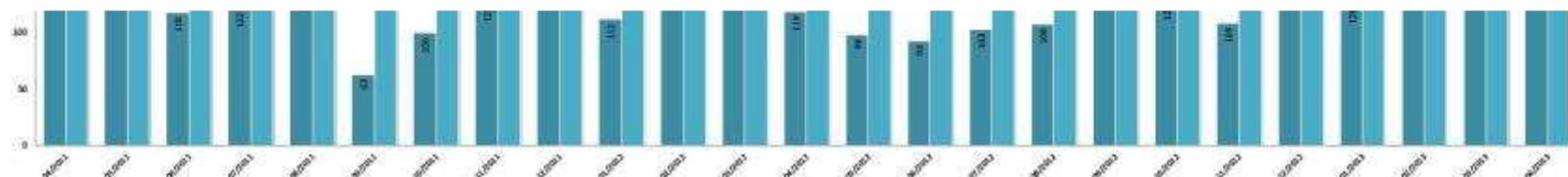


- Um die 10.000 Kartenzugriffe erfolgen monatlich.



- Die wöchentliche Verteilung der Zugriffszahlen zeigt, dass überwiegend Fachbüros und Ausführende das IOG nutzen.

=> Das IOG wird sehr gut angenommen!



Fachgerechte Dimensionierung

- **Zwei Kostenfaktoren** in Zusammenhang mit der Erstellung und dem Betrieb von Erdwärmeanlagen:
 - **Investitionskosten** Wärmetauscher im Untergrund (**Bohrmeter**)
 - **Verbrauchskosten** für Betrieb der Anlage (**Strom**)
- Welche **Zusammenhänge** treten in der Praxis auf?

Anlage	Geringe Stromkosten/ hohe Erstellungskosten	Optimum	Hohe Stromkosten/ geringe Erstellungskosten
Unterdimen- sionierung			x
Optimum		x	
Überdimen- sionierung	x		

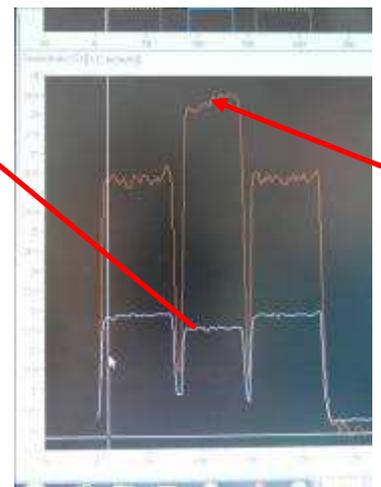
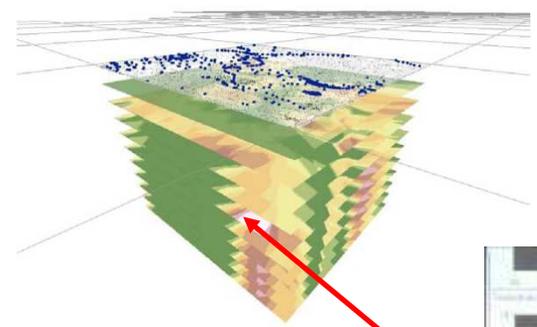
Auslegung von Erdwärmesonden (Wärmeleitfähigkeit)



	Hof (Grundgebirge)	Würzburg (Muschelkalk)	München (Molassebecken)
Wärmebedarf	2,9 MWh	2,9 MWh	2,9 MWh
Wärmeleitfähigkeit	3,4 $[\frac{W}{m \cdot K}]$	2,8 $[\frac{W}{m \cdot K}]$	1,8 $[\frac{W}{m \cdot K}]$
Sondenlänge	162 m	180 m	222 m
Bohrkosten	8.910 €	9.900 €	12.210 €

Wärmeleitfähigkeitswertemessungen durch LfU

- Wärmeleitfähigkeitsmessungen an Gesteinen aus regionalen geologischen Einheiten.

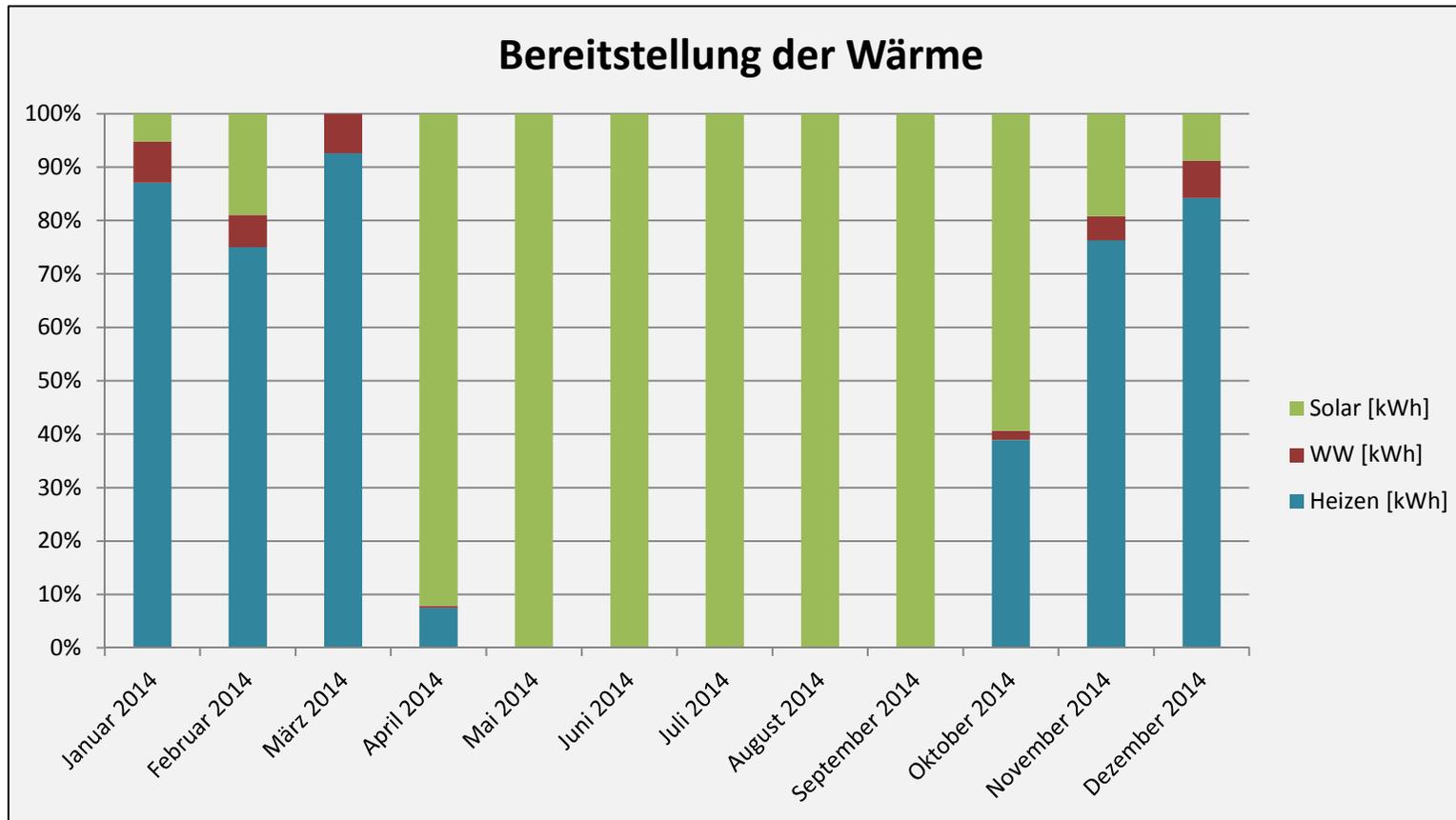


Referenzanlagen Erdwärmekollektor

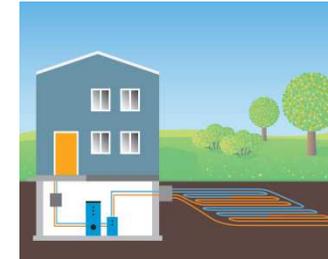
- 184 m² Wohnfläche
- KfW 60 Haus
- Wärmepumpe mit Heißgaserwärmung 11,3 KW und 2,2 KW Leistungsaufnahme (1,2 KW) Verdichter in Kombination mit Solaranlage
- Realer Energiebedarf 12,249 MWh
- Fußbodenheizung und Warmwasserbereitung
- Erdwärmekollektor (~ 350 m²)
- Strom- und Wärmemengenzähler
- Temperaturfühler im Bereich des Erdwärmekollektors



Referenzanlage Erdwärmekollektor – Ergebnisse



Referenzanlage Erdwärmekollektor - Umbauten



Problemstellung:

- Auskopplung Heißgas für WW nicht zufriedenstellend
- Wärmepumpe taktet zu oft

Was wurde verändert?



Kosten des Umbaus

1.500 € (Material)

Positiver Effekt



Energiekosten

ca. 450 €/ Jahr

Referenzanlagen Erdwärmesonde

Daten zum Objekt

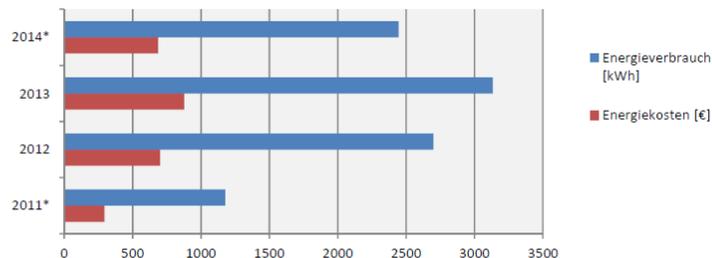
Lage: Hegnabrunn, Oberfranken
 Baujahr: 2009
 Haustyp/ Standard (KfW oder EnEV): Einfamilienhaus, kein Standard nach EnEV
 Wohnfläche: 150 m²
 Heizung (Flächenheizung/ Radiatoren): Fußbodenheizung, Gebläsekonvektor
 Anzahl der Personen im Haushalt: 4

Technische Daten zur Anlage

Erdwärmesystem: Erdwärmesonde, 2 Sonden je 70 m
 Bauzeit der Sonden: ca. 2 Tage
 Ausgangsgestein: Tonstein, Sandstein
 Benötigte Grundstücksfläche: ca. 80 m²
 Anschaffungskosten der Wärmequelle: ca. 9.800 €
 Heizleistung der Wärmepumpe: 8 kW
 Kühlung: Ja, passive Kühlung
 Pufferspeicher: Kein Pufferspeicher vorhanden
 Speicher für Warmwasser: 200 L

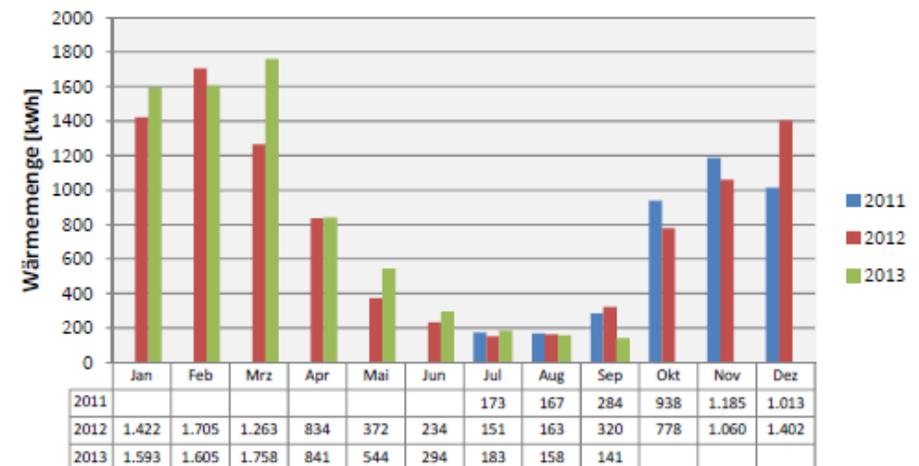


Jährlicher Energieverbrauch und Kosten

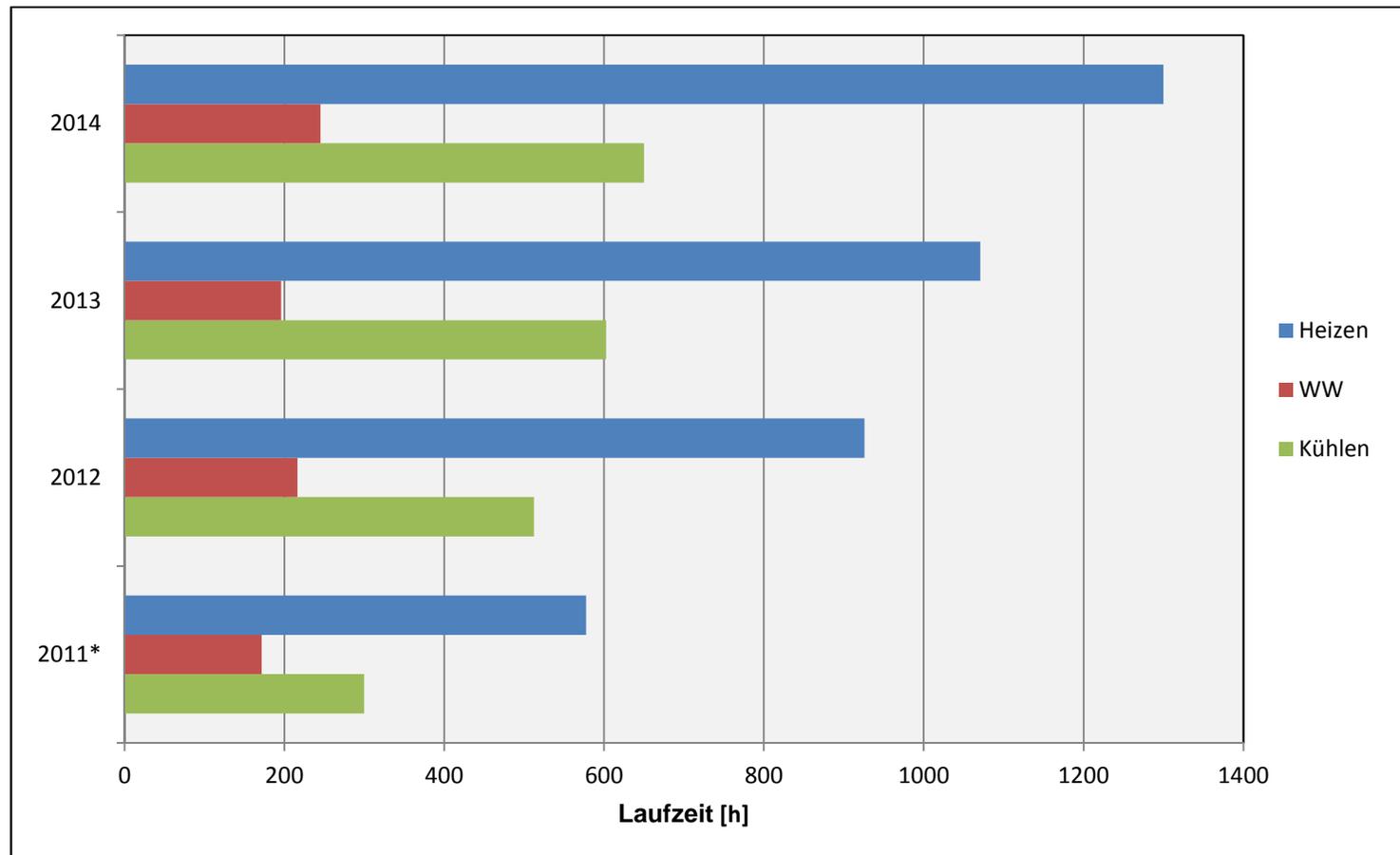


	2011*	2012	2013	2014*
Energieverbrauch [kWh]	1.177	2.698	3.133	2.445
Energiekosten [€]	295	700	877	685

Wärmemengen Primärkreislauf



Referenzanlage Erdwärmesonden – Betriebsstunden



* 2011, März bis Dezember

Energiekosten und Laufzeiten der WP

	Referenzanlage 1 GW-WP	Referenzanlage 2 Flächenkollektor	Referenzanlage 3 Erdwärmesonde
Energiekosten			
2012	1.497 €	429 €	755 €
2013	1.658 €	466 €	877 €
2014	1.490 €	369 €	980 €
Ø 2012 – 2014	ca. 1.550 €	ca. 450 €	ca. 870 €
Ø Laufzeiten WP	ca. 1.800 h/ a	ca. 1.000 h/a	ca. 1.350 h/a

Reale Betriebsstunden < 2.400 h (VDI 4640)

Leitfaden Energienutzungsplan

Energienutzungsplan

- Informelles Planungsinstrument für Gemeinden zum Thema Energie
- oberfl. Geothermie als Teilbaustein eines Energiekonzeptes

Aufgabe

- Ermittlung des Wärmebedarfs von Gebäuden und des Energiepotentials des Untergrundes für EWS, EK, GWWP

Ziel

- Ermittlung benötigter Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektorfläche für z.B. Wohngebäude

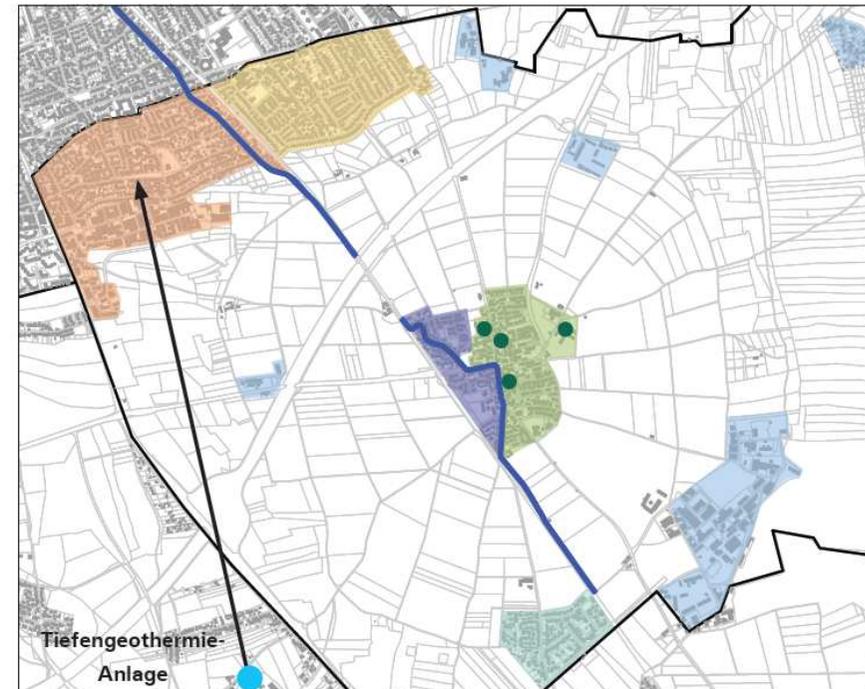
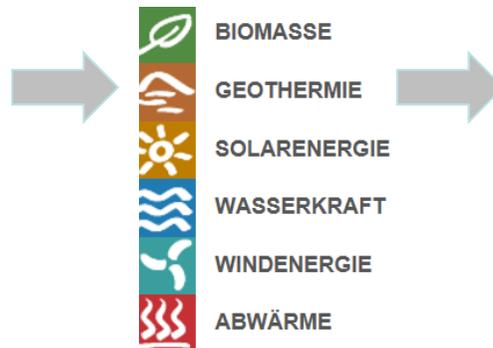


Abb. 4.21: Mögliches Wärmeversorgungskonzept für die Gemeinde Hohenbrunn

Legende

- Priorisierungsgebiet für den Aufbau eines Wärmenetzes (Tiefengeothermie)
- Geeignetes Gebiet für die Erweiterung des Wärmenetzes; alternativ Grundwasserwärmepumpe + Solarthermie
- Geeignetes Gebiet zum Aufbau eines Biomasse-Nahwärmenetzes auf Basis der vorhandenen Hackschnitzel-Heizwerke (Keimzellen, Umstellung auf Grund- und Mittellastdeckung, Spitzenlast auf fossiler Basis)
- Gebiet zum Aufbau eines Nahwärmenetzes auf Basis eines Gas-BHKW
- Gebiet für dezentrale (individuelle) Wärmeversorgungskonzepte; Sanierung (soweit möglich auf Niedertemperatur-Heizsystem); wenn bereits geschehen, oberflächennahe Geothermie in Kombination mit Solarthermie
- Gebiet zur Nutzung von Abwasserwärme; alternativ oberflächennahe Geothermie in Kombination mit Solarthermie
- Grundsätzlich denkbare Strecken zur Abwasserwärmenutzung (weitere Untersuchungen sind in den umliegenden Gebieten möglich)
- Existierende Anlage, die als Keimzelle für den Aufbau bzw. Ausbau eines Wärmenetzes genutzt werden kann.

Erdwärmekollektoren - Energienutzungsplan



Ermittlungsmethode:

- Ermittlung des nutzbaren Flächenanteils
- Ausschlussgebiete: Wasserschutzgebiete, stark geneigte Hänge, Grabbarkeit
- Bodenart/ Bodentyp

Ergebnis

- Nutzbarer Flächenanteil für Einbau einer Erdwärmekollektoranlage
- Einbautiefe [m]
- spez. Entzugsleistung [W/m²]
- Berechnung für 1800 h/a und 2400 h/a
- Deckungsgrad des Wärmebedarfs der Gebäude/ Siedlungen

Förderung



Förderübersicht Wärmepumpe (Basis-, Innovations- und Zusatzförderung)

Maßnahme	Basisförderung ⁷	Innovationsförderung ^{1,7}		Lastmanagement-bonus ³	Zusatzförderung ²			Gebäudeeffizienz-bonus ⁵	Optimierungs-maßnahme ⁶
		Gebäudebestand	Gebäudebestand		Neubau	Solarkollektoranlage, Biomasseanlage	PVT-Kollektoren ⁴		
Wärmepumpen (WP) bis 100 kW Nennwärmeleistung									
Gasbetriebene Wärmepumpen (gasmotorische WP, SorptionsWP)	→ 100 €/kW Mindestförderbetrag 4.500 € (bis 45,0 kW)	150 €/kW (bis 45,0 kW)	100 €/kW (bis 45,0 kW)	500 €	500 €	500 €	500 €	zusätzlich 0,5 × Basis- oder Innovationsförderung	mit Errichtung: 10 % der Nettoinvestitionskosten ^{6.1}
Elektrisch betriebene Luft/Wasser-WP	→ 40 €/kW Mindestförderbetrag bei leistungsgeregelten und/oder monovalenten WP 1.500 € (bis 37,5 kW) Mindestförderbetrag bei anderen WP 1.300 € (bis 32,5 kW)	60 €/kW (bis 37,5 kW)	40 €/kW (bis 32,5 kW)						nachträglich (nach 3-7 Jahren): 100 bis max. 200 € ^{6.2}
Elektrisch betriebene Wasser/Wasser-WP oder Sole/Wasser-WP	→ 100 €/kW Mindestförderbetrag bei elektr. Sole-WP mit Erdsondenbohrungen 4.500 € (bis 45,0 kW) Mindestförderbetrag bei anderen WP 4.000 € (bis 40,0 kW)	150 €/kW (bis 45,0 kW)	100 €/kW (bis 40,0 kW)						nachträglich (nach 1 Jahr): bis 250 € ^{6.3}

* Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 11. März 2015
 - Gebäudebestand: Ein Gebäude, in dem zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der beantragten Anlage seit mehr als zwei Jahren ein anderes Heizungs- oder Kühlsystem installiert ist.
 - Die hier beschriebenen Voraussetzungen sind nicht abschließend. Die vollständigen Fördervoraussetzungen finden Sie auf der BAFA-Homepage unter der Rubrik „Heizen mit Erneuerbaren Energien“.
 1 Innovationsförderung: Voraussetzung ist eine verbesserte Systemeffizienz oder eine höhere Jahresarbeitszahl (JAZ) der beantragten Wärmepumpe.
 2 Die verschiedenen Zusatzförderungen können zusätzlich zur Basis- und Innovationsförderung gewährt werden und sind miteinander kumulierbar. Ausnahme: Gebäudeeffizienzbonus und Optimierungsmaßnahme nur im Gebäudebestand.
 3 Die Wärmepumpenanlage ist lastmanagementfähig.
 Voraussetzung: Errichtung eines Pufferspeichers mit mind. 30 Ltr./kW und das Zertifikat „Smart Grid Ready“.
 4 PVT-Kollektoren und andere nicht forderfähige Solarkollektoranlagen (gilt nicht für reine Photovoltaikanlagen) müssen einen Beitrag als Wärmequelle für die Wärmepumpe leisten. Bruttokollektorfläche mind. 7,0 m².

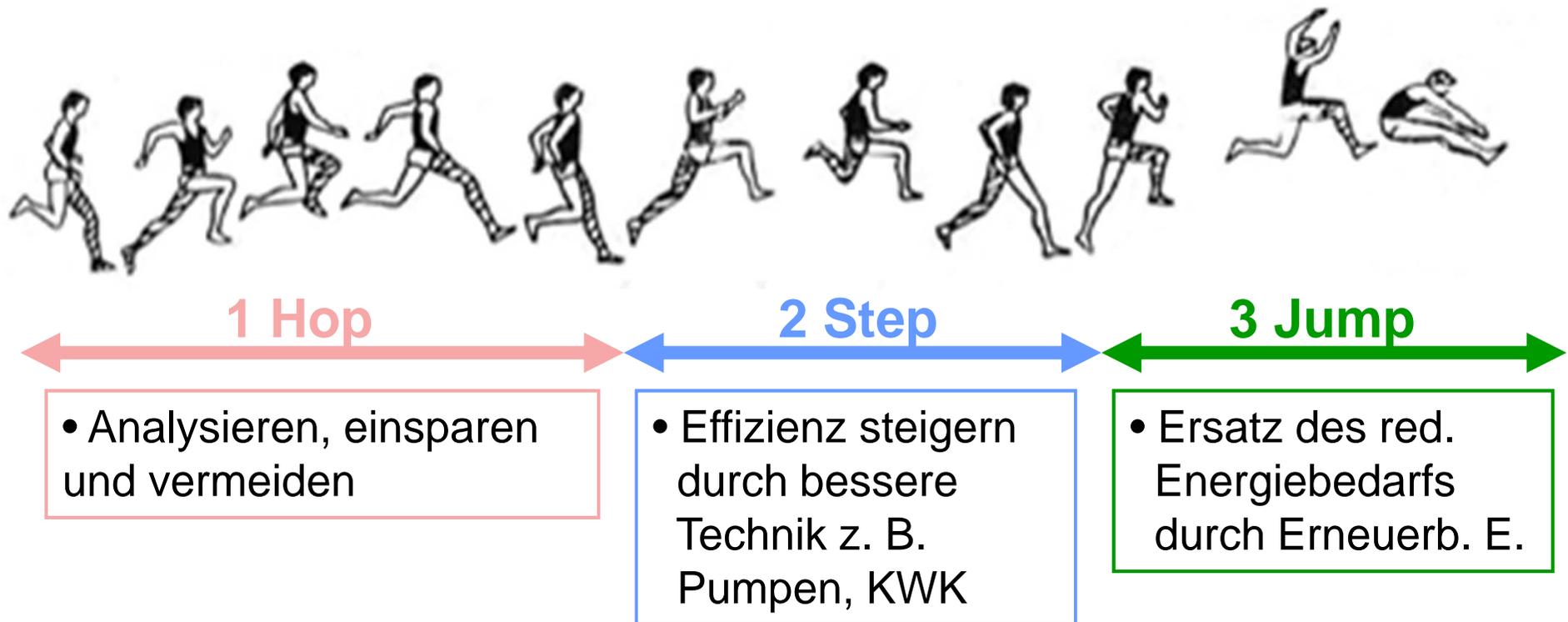
5 Bonus für effiziente Wohngebäude im Gebäudebestand. Voraussetzungen: Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 55 (d. h. der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissions-wärmeverlust beträgt maximal das 0,7-fache des entsprechenden Wertes des jeweiligen Referenzgebäudes; es gelten die Höchstwerte der EnEV 2013 Anlage 1 Tabelle 2), hydraulischer Abgleich, Anpassung der Heizkurve, Online-Bestätigung eines zugelassenen Sachverständigen.
 6 Einzelmaßnahmen zur energetischen Optimierung der Heizungsanlage und der Warmwasserbereitung in Bestandsgebäuden.
 6.1 Zusammen mit der Errichtung einer Wärmepumpe. Begrenzung auf höchstens 50 % der Basis- oder Innovationsförderung.
 6.2 Nachträglich nach 3 bis 7 Jahre nach Inbetriebnahme. Begrenzung auf die Höhe der förderfähigen Kosten.
 6.3 Nachträglich nach mind. einem Jahr (Wärmepumpencheck). Begrenzung auf die Höhe der förderfähigen Kosten.
 7 Anforderungen an die JAZ:

Jahresarbeitszahl	Basisförderung		Innovationsförderung
	Wohngebäude	Nichtwohngebäude	
gasbetriebene WP	1,25	1,3	1,5
elektrische Luft-WP	3,5	3,5	4,5
andere elektrische WP	3,8	4	

Stand: 28.09.2015

Klimaschutz braucht langfristiges Denken

- "Energiedreisprung":



Zusammenfassung

- Erdwärme ist eine sehr gute Option für eine nachhaltige, grundlastfähige und Ressourcen schonende Energieversorgung.
- Erdwärme steht fast überall zur Verfügung.
- Die Nutzung von oberflächennahe Erdwärme eignet sich zur dezentralen Energieversorgung.
- Die Nutzung der oberflächennahe Erdwärme gilt als Markt eingeführt, technisch ausgereift und wirtschaftlich.
- Erdwärme ist die dezentrale Energieform der Zukunft!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Eine CO₂-reduzierte Zukunft mit Geothermie!



Europäische Union
„Investition in Ihre Zukunft“
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung