



# Dörfer werden ärmer

Ein durchschnittliches Dorf mit ca. 500 Einwohnern

...hat Kosten pro Jahr für:

540 T€ - Heizung

270 T€ - Strom

810 T€ - die ohne Mehrwert

abfließen und nur „Verbraucht“ werden.

## Die nachwachsenden Rohstoffe:

- Gärreste aus Biogasanlagen, Grünschnitt,
- Biomüll, stofflichen Verwertung von Biomasse
- niedertemperaturige Abwärme aus Trocknungs- u. Kühlprozessen

## und nichtversiegenden Energiequellen:

- Erdwärme (Grundlastfähig), Sonne

...werden in den meisten Ortschaften  
nicht oder kaum genutzt.



*„Das Geld  
des Dorfes,  
dem Dorfe“*

Friedrich Wilhelm Raiffeisen

# *Technische Beratung für Systemtechnik*

*„Energetische Transformation der  
Wärmeversorgung“*

*Untertitel: „...Wärme und Kälte Optimierungen“*

**Bernd Felgentreff  
Mittelstr. 13 a**

**04205 Leipzig-Militz**

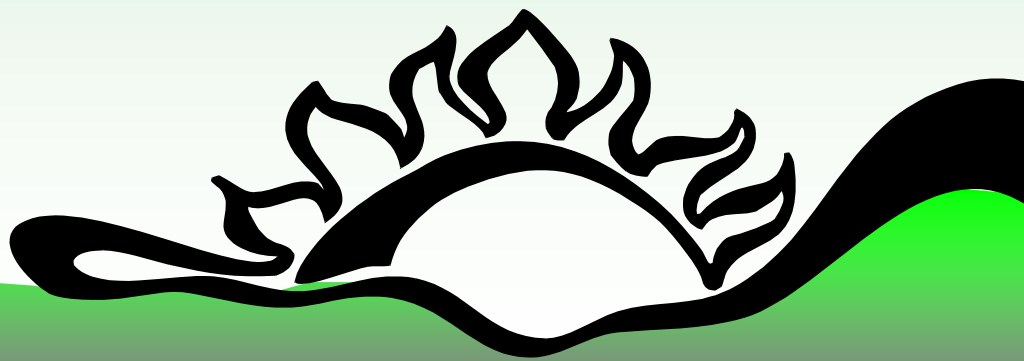
**Tel.: 0341 / 94 11 484**

**Fax : 0341 / 94 10 524**

**Funktel.: 0178 / 533 76 88**

**E-Mail: [tbs@bernd-felgentreff.de](mailto:tbs@bernd-felgentreff.de)**

**web: [www.bernd-felgentreff.de](http://www.bernd-felgentreff.de)**





Der grundsätzliche Unterschied:

## ***Wertschöpfung oder Zugewinn...***

	Wertschöpfung
Der Verbrauch von Öl, Gas oder Kohle kostet...	<b>0%</b>
Die Nutzung der im Grundstück vorhandenen Energieträger wie Sonne, Erd- oder Abwärme, Holz oder Wind ist kostenfrei	<b>100%</b>

*Deutschland  
ist ein  
rohstoffarmes  
Land.*

***...der jetzt noch ungenutzten Energiequellen  
der Region, der Gemeinde oder des eigenen  
Grundstückes beträgt 100%!***



# Zukunft Wärme-Energieversorgung

**Was wir Zukünftig nicht mehr nutzen wollen / können:**

- Atom-Kraftwerk 37% / gefährlicher Abfall
  - Kohle-Kraftwerk 45-40%
  - Ölheizungen 70%
  - Gas-Einzelheizungen 80%
- } CO<sub>2</sub>-Emmision

**Was wir bisher kaum oder noch gar nicht nutzen:**

- See-, Talsperren u. Flusswasser
- Aquifere und Grubenwasser
- Abwärme aus Kühlung u. Industrieprozessen
- Grünschnittpellets, Gärreste, u.s.w.
- Ressourceneffizienz
- Wasserstofftechnologie





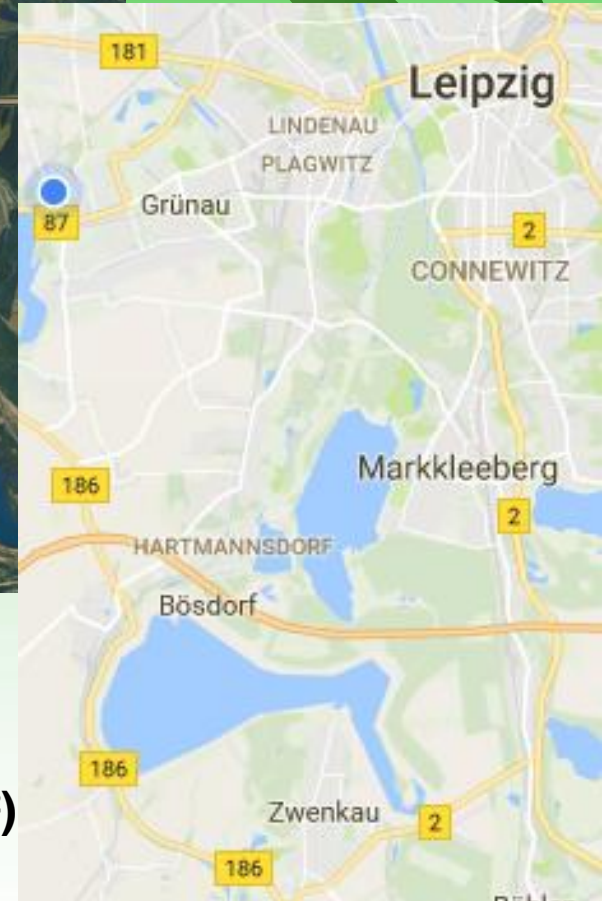
# Seewasser - Wärmeentzug am Beispiel Zwenkauer See

**Fläche:** 9,63 km<sup>2</sup>  
**Umfang:** 22,6 km  
(Uferlänge)

**Tiefe:** 17,7 m  
**Gesamtvolumen:**  
176.026.500 m<sup>3</sup>  
0,176 km<sup>3</sup>

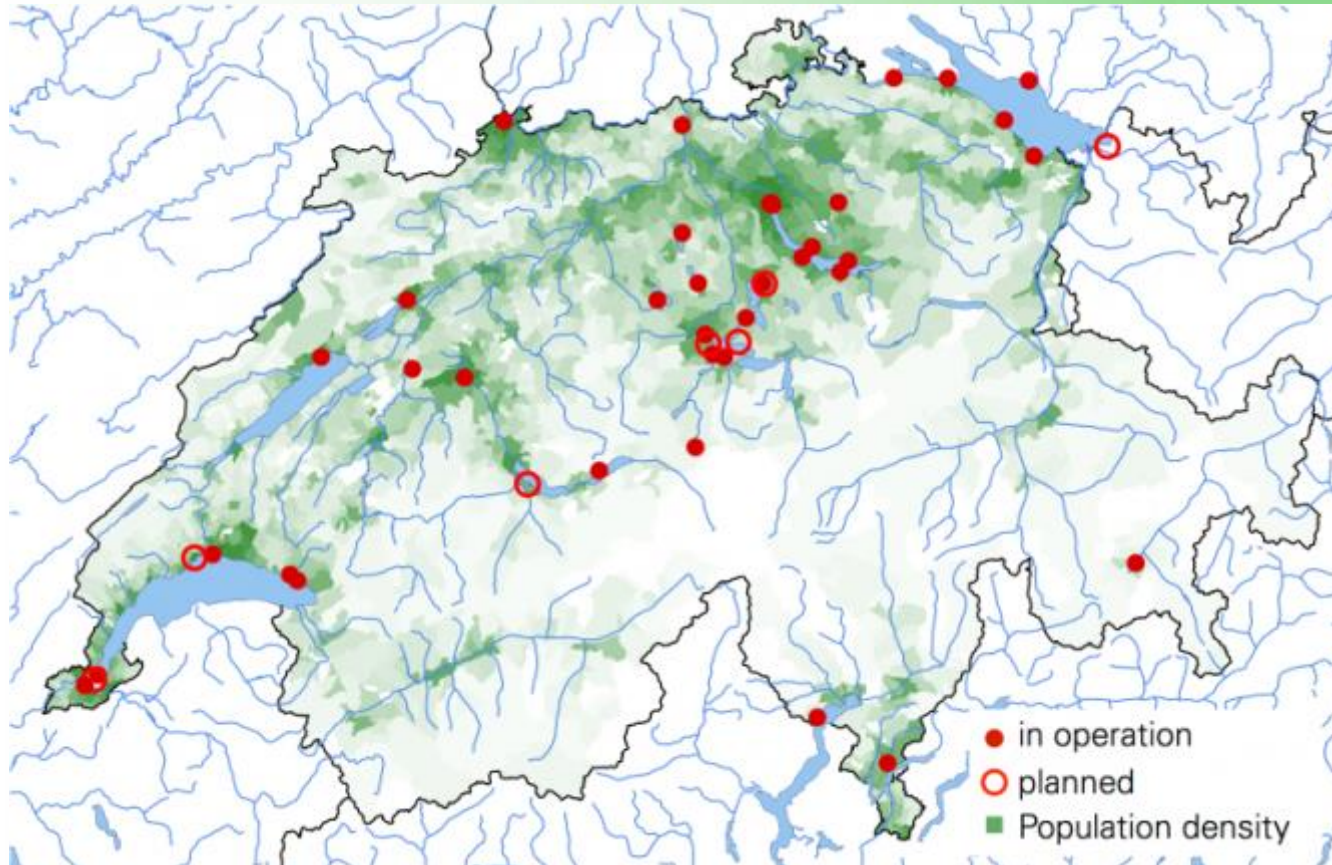
**Entzugsleistung:**  
204.190.740 kWh pro Kelvin  
204,2 GWh pro Kelvin  
**Wärmenachfluß aus der Erde:**  
55,9 GWh pro Stunde/Kelvin (bei 5W/m<sup>2</sup>/9,63 km<sup>2</sup>)

**Vergleich Einfamilienhaus:** 0,015 - 0,035 GWh pro Jahr





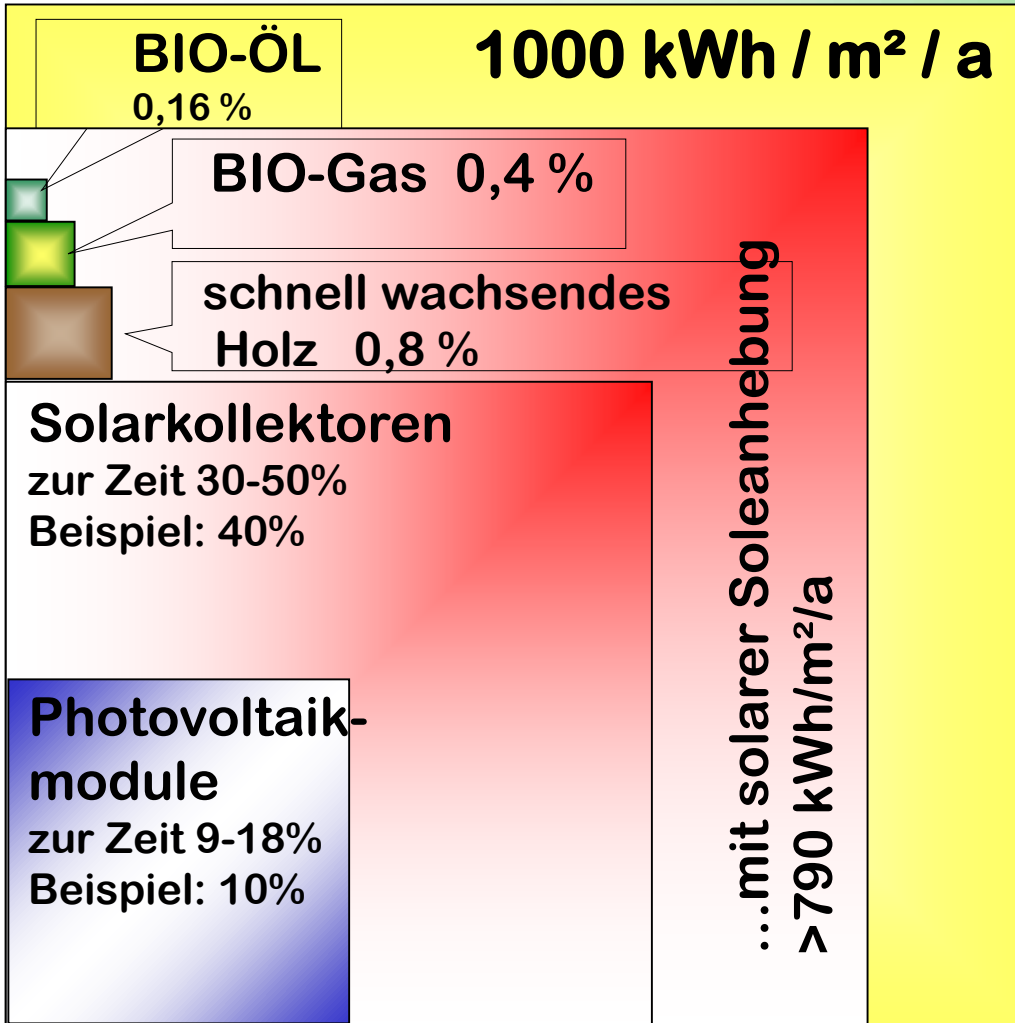
# Thermische Seewassernutzung in der Schweiz



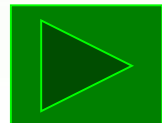
- Erfahrung seit 70 Jahren
- mit Strom aus Fließwasser
- Keinen Wettbewerb zur Kohle



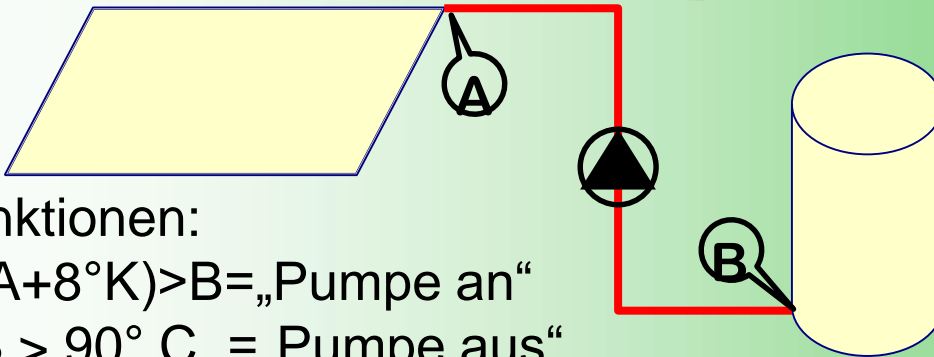
# Umwandlung / Flächenerträge von Solarstrahlung in Deutschland



**Fazit:**  
Direkte, einstufige  
Umwandlung  
der Solarstrahlung  
in Wärme und  
Strom ist am  
effektivsten!



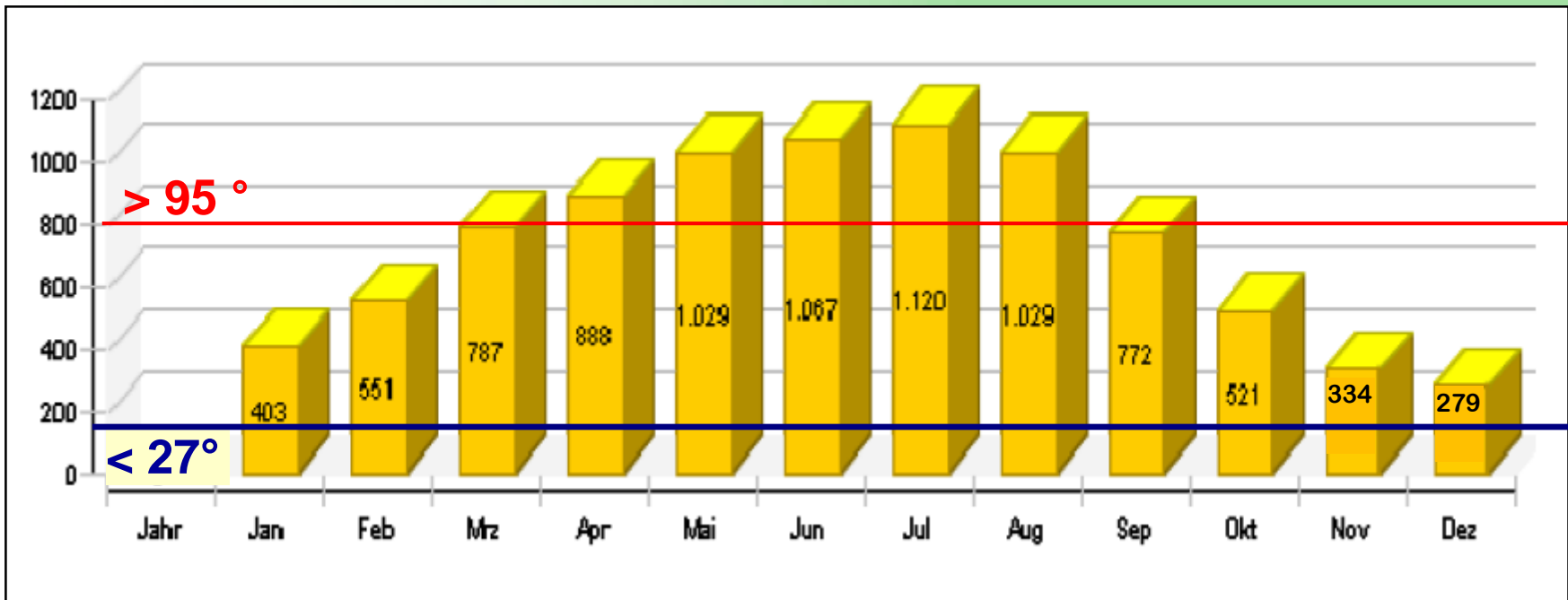
# Über- und Unterschüssiger Solarertrag



Regelfunktionen:

Wenn:  $(A+8^{\circ}\text{K}) > B$  = „Pumpe an“

Wenn:  $B > 90^{\circ}\text{C}$  = „Pumpe aus“





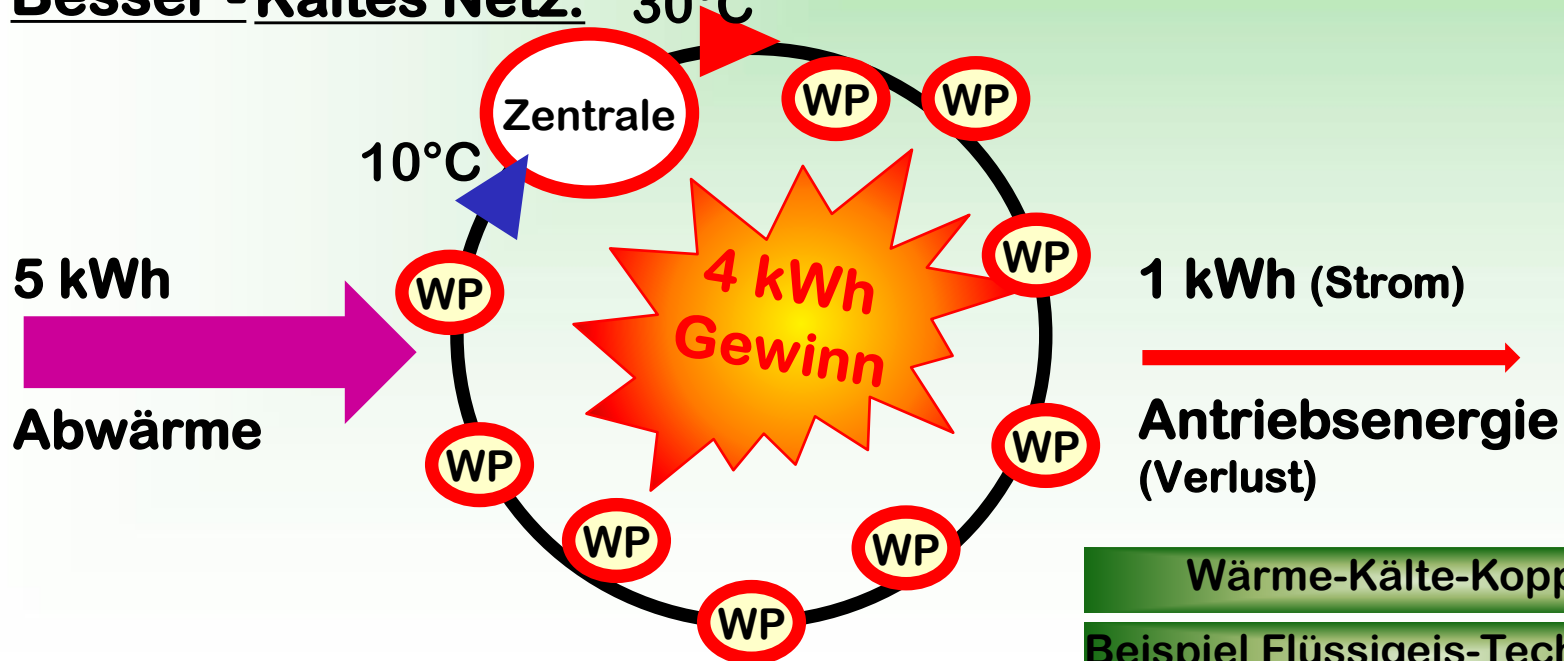


# Warum Wärmerückgewinnung aus Kälteanlagen (16% des Stromverbrauches in D)

Bisher (Kompressoren):



Besser - Kaltes Netz: 30°C

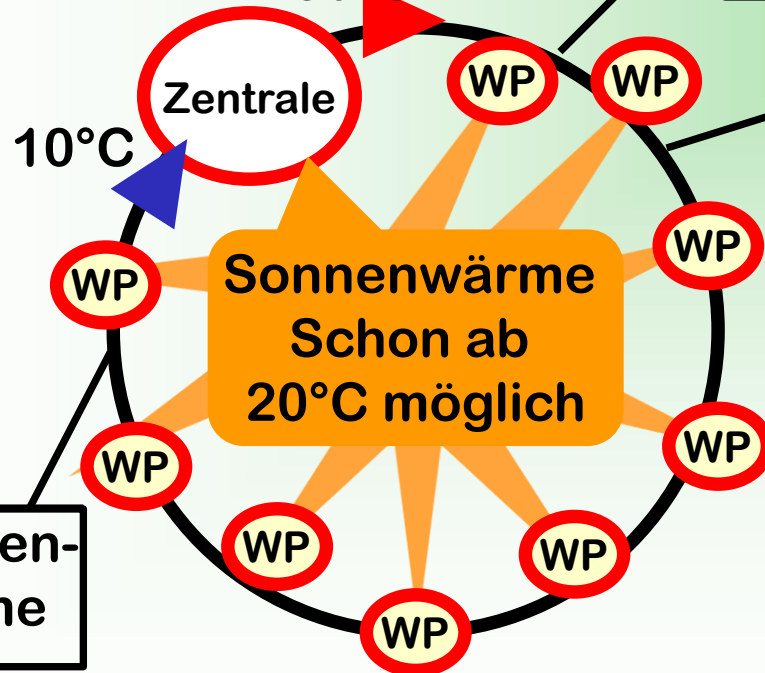




# Kalte, intelligente Wärmenetze

- Wärmeverluste drastisch reduziert
- Jegliche Art von Abwärme ist nutzbar
- Die Zentrale ist nur noch der Manager

Kaltes Netz: 30°C



Abwärme aus Kühlung,  
BHKW oder sonstigem

Brennwerteffekt  
aus Öl, Gas oder Pellets

die Wärmepumpen benötigen:

- keine separate Quelle
- sind wesentlich effizienter (SjAZ bis 6,5)
- heben die Temperatur nur auf den Bedarf

ca. 790 kWh / m<sup>2</sup> / a

# Übersicht Wärmenetze

Wärmenetz		typische Temperaturen		Betriebsweise	Medium	Rohrsystem
Typ	Untergruppe	Vorlauf	Rücklauf			
Kühlung	Eisnetz	-1°C - 0°C	12°C	Ganzjährig, bedarfsgerecht	Flüssigeis	konventionell, isoliert
	Kältenetz	6°C	12°C	Ganzjährig, bedarfsgerecht	Wasser	konventionell, isoliert
kalte, intelligente Wärmenetze	Quellnetz	6°C - 25°C	3°C - 6°C	Ganzjährig, abhängig vom Temperatur-niveau der Quelle	See-, Fluss oder Gruben- wasser	Kunststoff, ohne Isolation
	Wärmenetz für niedertemperaturige Abwärme	25°C - 45°C	10°C - 20°C	Ganzjährig, Temperatur- führung abhängig von der Abwärmequelle	aufbereitetes Wasser	Kunststoff möglich, isoliert
	wechselwarmes Wärmenetz	Sommer: 25°C; Winter: 45°C	Sommer: 10°C; Winter: 25°C	gleitende Fahrweise, bedarfsgerecht u. ziel- temperatur gesteuert	aufbereitetes Wasser	Kunststoff möglich, isoliert
	umschaltbares Wärmenetz	Sommer: 30°C; Winter: 70°C	Sommer: 10 - 15°C; Winter: 30 - 40°C	Sommer-Winter Umschaltung	aufbereitetes Wasser	konventionell, isoliert
konventionelle Wärmenetze	niedertemperaturige Wärmenetze	Sommer: 70°C; Winter: 90°C	Sommer: 50°C; Winter: 70°C	Ganzjährig, nicht abschaltbar	aufbereitetes Wasser	konventionell, isoliert
	hochtemperturige Wärmenetze	Sommer: 90°C; Winter: 130°C	Sommer: 70°C; Winter: 90°C	Ganzjährig, nicht abschaltbar	aufbereitetes Wasser	konventionell, isoliert, hochdruck- beständig (15bar)



# Referenzprojekt – Nahwärmenetz Dollnstein (Anstalt öffentlichen Rechts)



## **Ausgangssituation:**

- **Zentrale Wärmeversorgung des inneren Marktes**

## **Aufgaben:**

- **Konzept Nahwärmeversorgung**
- **Ausführungsempfehlung Hydraulik und Komponenten**
- **Planung und Auslegung Hydraulik und Komponenten**
- **Planung Steuerungstechnik**
- **Projektbegleitung (-steuerung)**
- **Begleitendes Energiemanagement (Optimierungspotenziale identifizieren)**

## **Ergebnis:**

- **Akzeptanz : 47 von 52 Anwohnern**



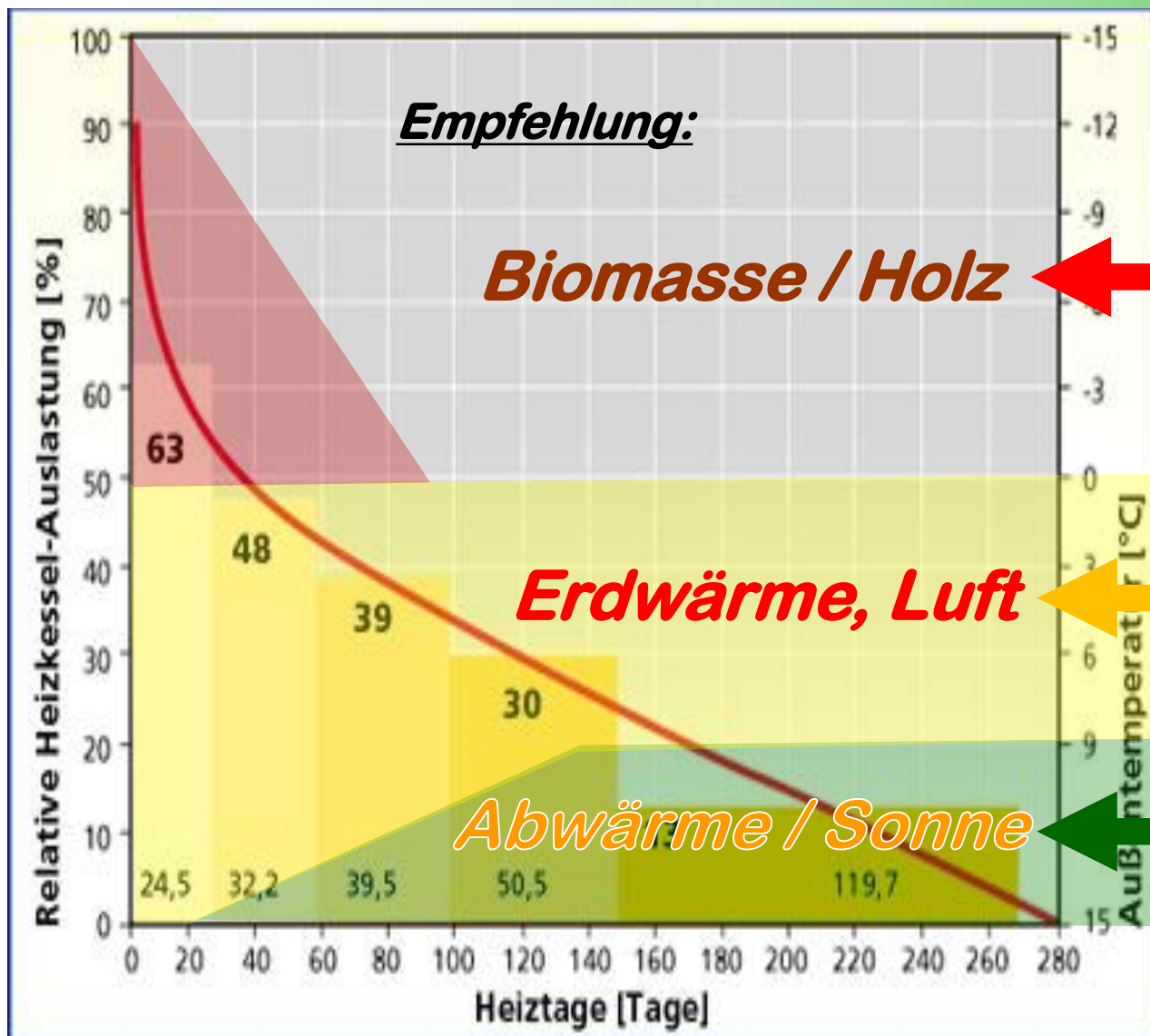


# Kriterium: Belegungsdichte

Belegungsdichte		Eignung (2020-Standard)		Beispiele
2000	kWh / lfd.m. / a	gut geeignet		Großstadtzentrum
1900	kWh / lfd.m. / a			Kleinstadt, kompakt
1800	kWh / lfd.m. / a	geeignet		Kleinstadt, wenig Mehrgeschossbau
1700	kWh / lfd.m. / a			Ort mit industrieller HT-Abwärme
1600	kWh / lfd.m. / a	bedingt geeignet	sehr gut geeignet	Ort mit Abwärme aus Biogasanlage
1500	kWh / lfd.m. / a			Kleinstadt, weitläufig
1400	kWh / lfd.m. / a	ungeeignet		Ort mit industrieller NT-Abwärme
1300	kWh / lfd.m. / a			Ort mit kleinem Zentrum
1200	kWh / lfd.m. / a			kompakter Ort
1100	kWh / lfd.m. / a			Ort ohne Mehrgeschossbau
1000	kWh / lfd.m. / a			30-er Jahre Siedlung
900	kWh / lfd.m. / a			Siedlung
800	kWh / lfd.m. / a			weitläufige Siedlung
700	kWh / lfd.m. / a			sehr weitläufiges Dorf
600	kWh / lfd.m. / a			
500	kWh / lfd.m. / a			
400	kWh / lfd.m. / a			
300	kWh / lfd.m. / a			
200	kWh / lfd.m. / a			
100	kWh / lfd.m. / a			
		konventionelles Wärmenetz	Kaltes, intelligentes Wärmenetz	

# Heizungskombinationen

→ Auslegung nach Häufigkeit



## Spitzenlast:

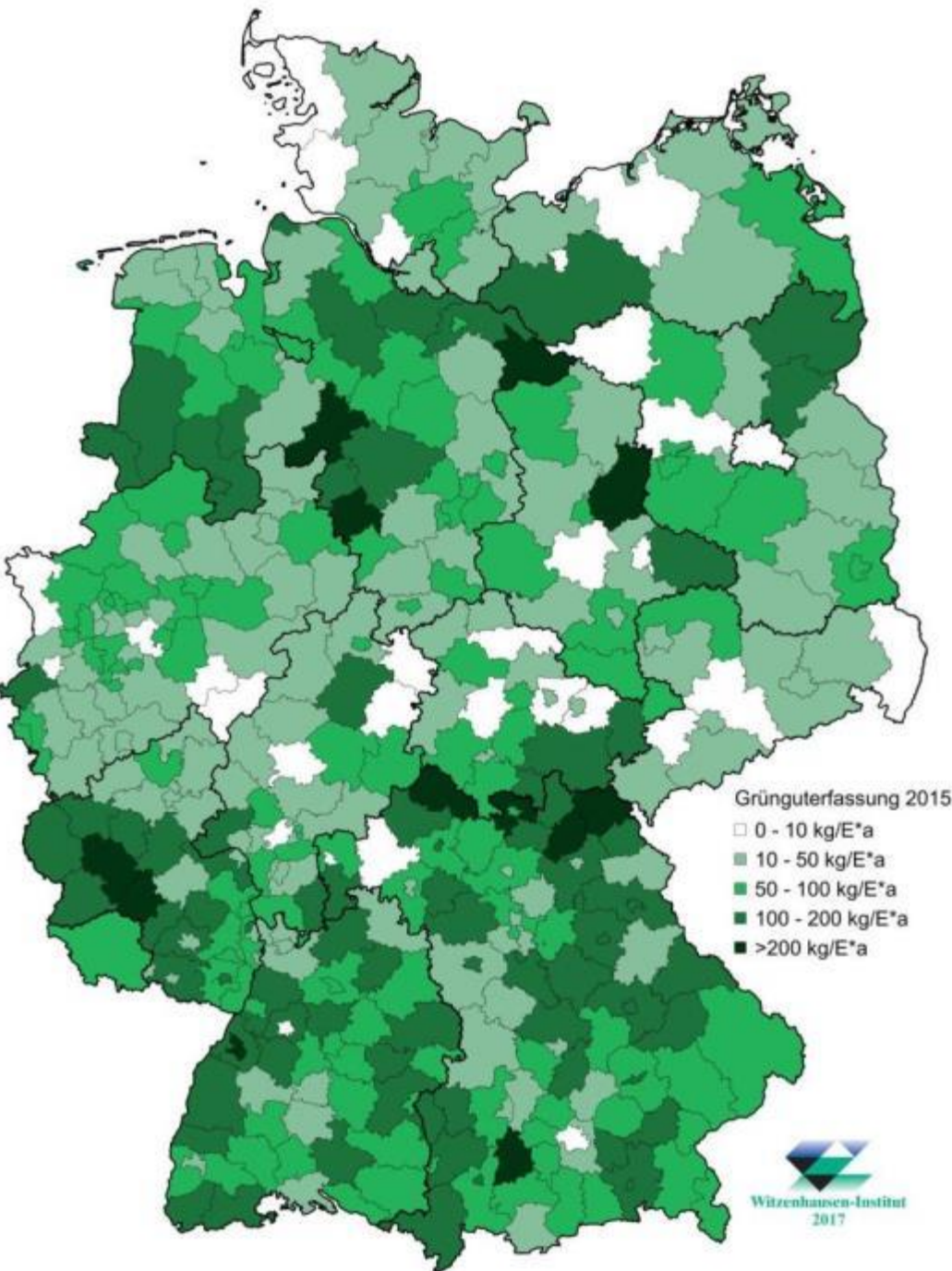
- selten
- wenig kostenrelevant
- manueller Betrieb möglich ohne nennenswertem Komfortverlust

## Mittellast:

- häufig
- kostenrelevant
- Automatikbetrieb nützlich

## Grundlast:

- sehr häufig
- sehr kostenrelevant
- Automatikbetrieb sinnvoll

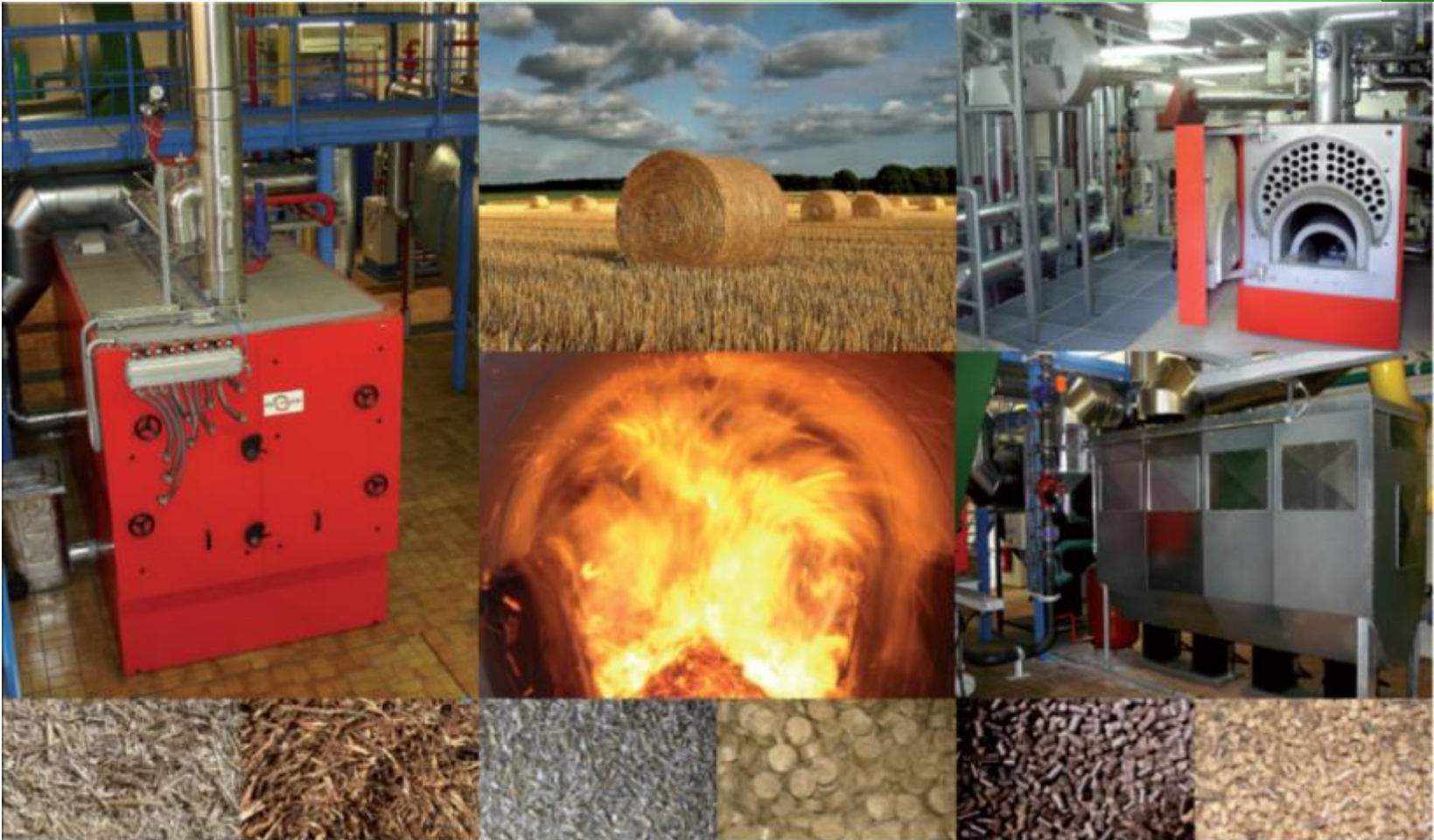


# Grünschnitt- sammlung



# Ein Kessel für alle Fälle

Energieerzeugung aus  
halmgutartiger Biomasse, Körner und Spelzen







# Nie mehr abhängig von einem Brennstoff



## Vorteile

- ▶ Für vollautomatischen 24-Std. Betrieb ausgelegt
- ▶ Direkte Einbindung in bestehende Produktionsanlagen möglich
- ▶ Kompakter Aufbau
- ▶ Kein Fundament nötig
- ▶ Minimaler Montageaufwand
- ▶ Individuelle Maschinenausführungen je nach Kundenanforderungen



# Nie mehr abhängig von einem Brennstoff



Resthölzer



Schilfgräser

Alle  
Biomassen aus der  
Landschaftspflege



Landschaftspflege-Heu

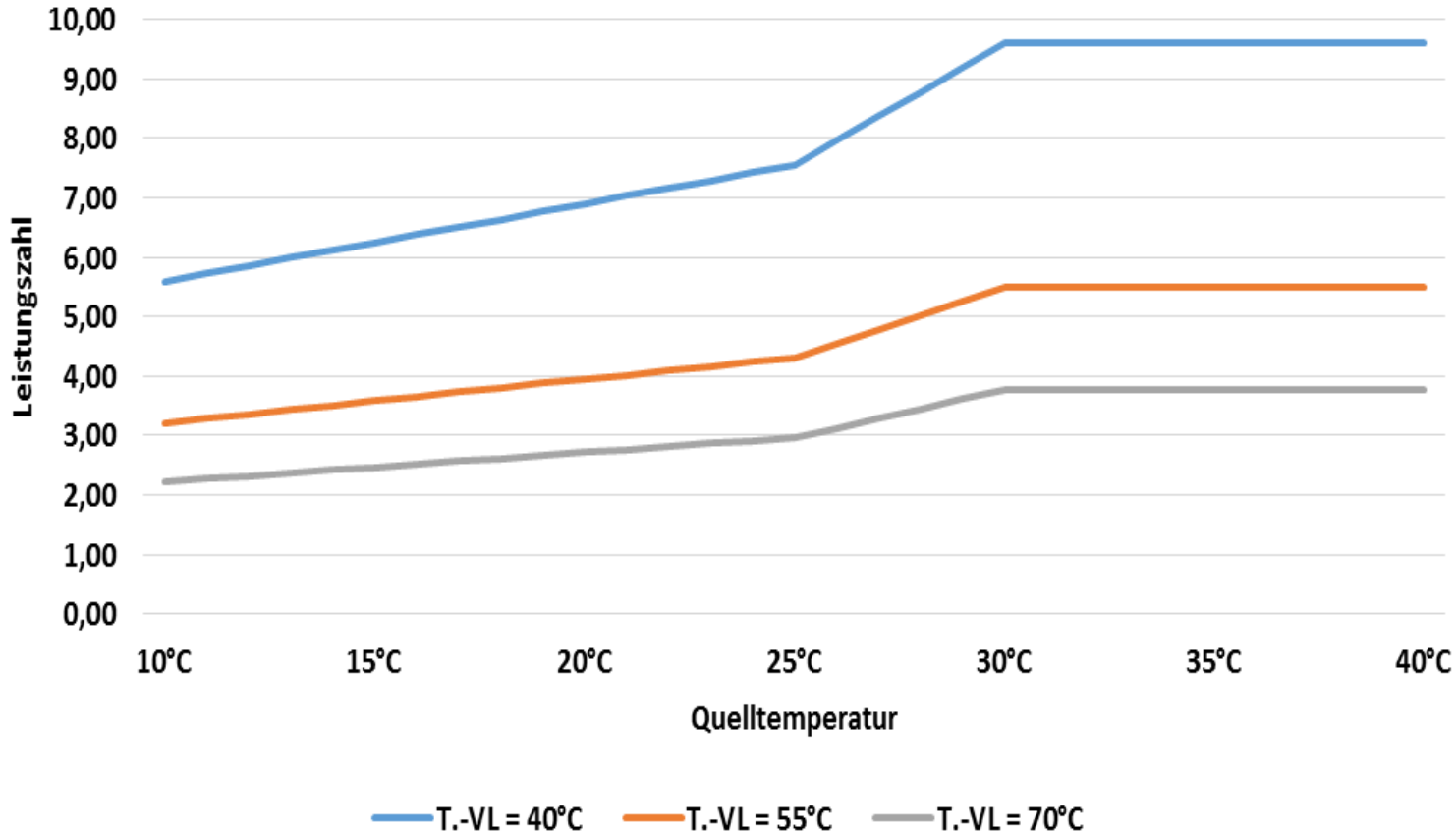


Strauch- und Baumschnitt



# Wärmepumpe WP Max-HiQ

## Leistungszahl in Abhängigkeit der Quelltemperatur





# ungenutztes Potential: Gärrestelager

- Zentrale Herstellung von H<sub>2</sub> lässt die damit verbundene Abwärmenutzung in kleinen Orten nicht zu.
- Biogasanlagen gehören in diesem Zusammenhang zur „letzten Meile“.
- Über Strom aus Biogas, Sonne oder (und) Wind in Verbindung mit dem ungenutzten Potentialen des Gärrestelagers (aller) Biogasanlagen, erzeugt die zur Nutzung benötigte Wärmepumpe eine 12-Fach höhere Nutzwärme.

**Bisher ungenutztes Potential:**  
Niedertemperaturige Abwärme aus dem Gärrestelager:  
Bsp.: 40°C zur Außentemp. 10°C entspricht  $30\text{K} * 5000\text{m}^3$   
= 174 MWh

Wärmepumpe  
1,7 kWh bei SJAZ 6

Nutzwärme als Heizenergie  
Bsp.: 10 kWh

Strom aus Sonne + Wind  
Bsp.: 20 kWh

Thermische Nutzung von Wasserstoff  
Herstellung + Transport + Lagerung  
(Faktor 0,5)

# Beispiel aus der Praxis:



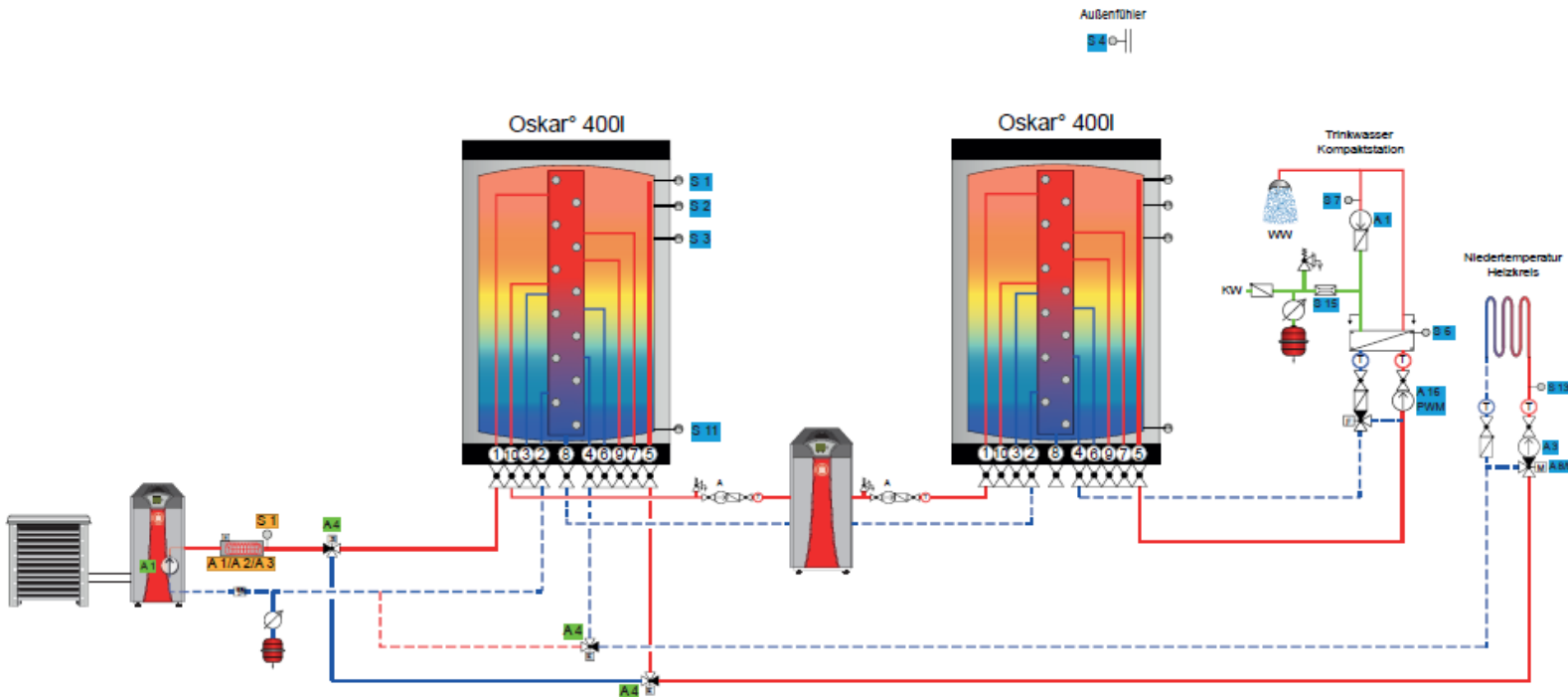
Mehrfamilienhaus, Flächenheizung,  
zentrale WW-Erwärmung

Lösung:

2-stufige-Wärmepumpenanordnung:

1. Stufe: Luft-WP mit Kühlfunktion f. Flächenheizung
2. Stufe: Wasser-Wasser-WP nur für Trinkwassererwärmung

rZR 16x2  
Knoten 1



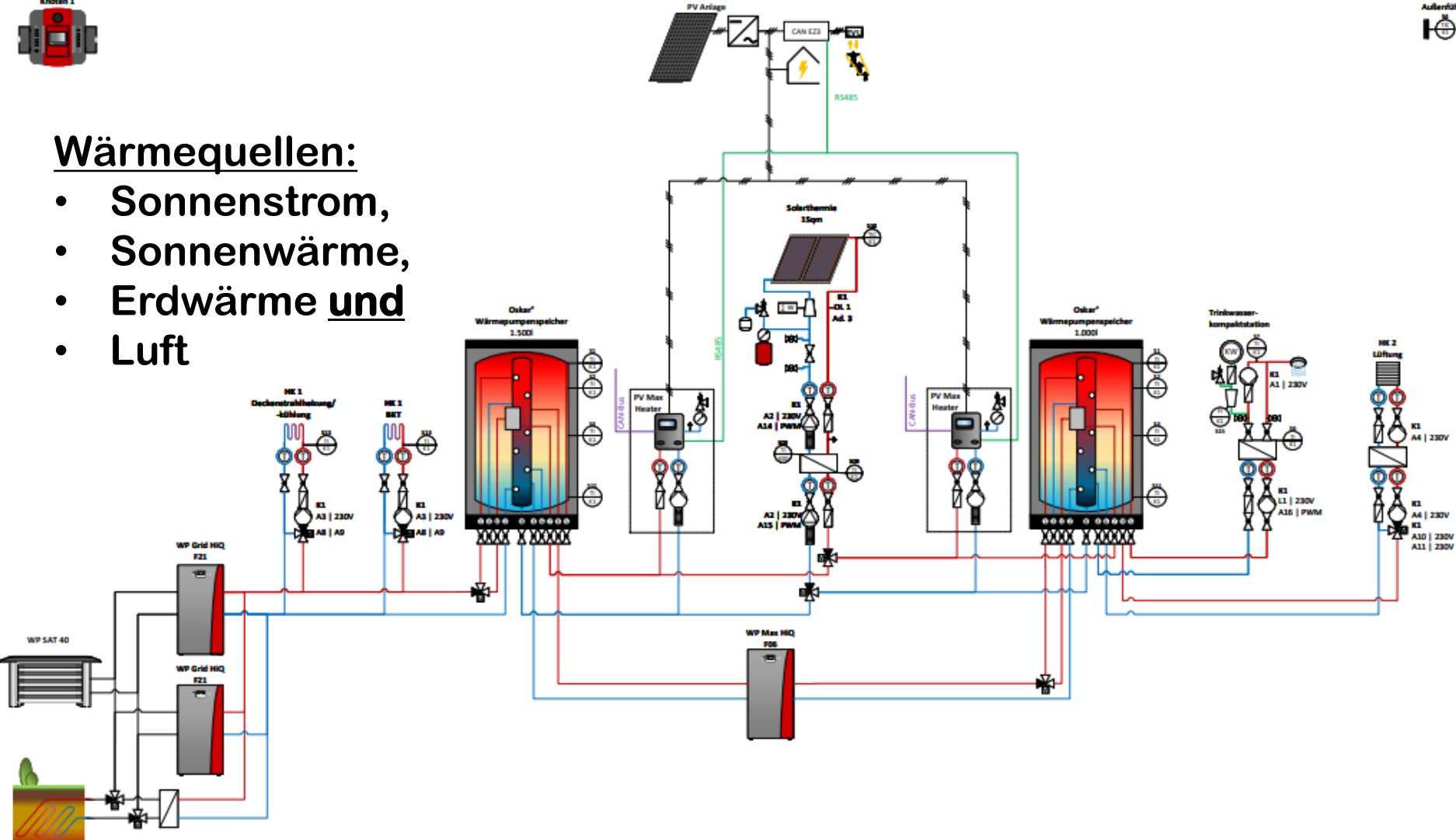


# Die Vielquellen-Heizung



## Wärmequellen:

- Sonnenstrom,
- Sonnenwärme,
- Erdwärme und
- Luft



# Soll & Haben



hoher Wärmeverlust  
durch Absenkung  
nach Wärmetransport  
(20-25%)  
(nur bei Abwärmenutzung  
konv. Stromerzeugung  
Sinnvoll)

Warmwasser mit thermischer  
Desinfektion  
(i.d.R.: Warmwasserspeicher)

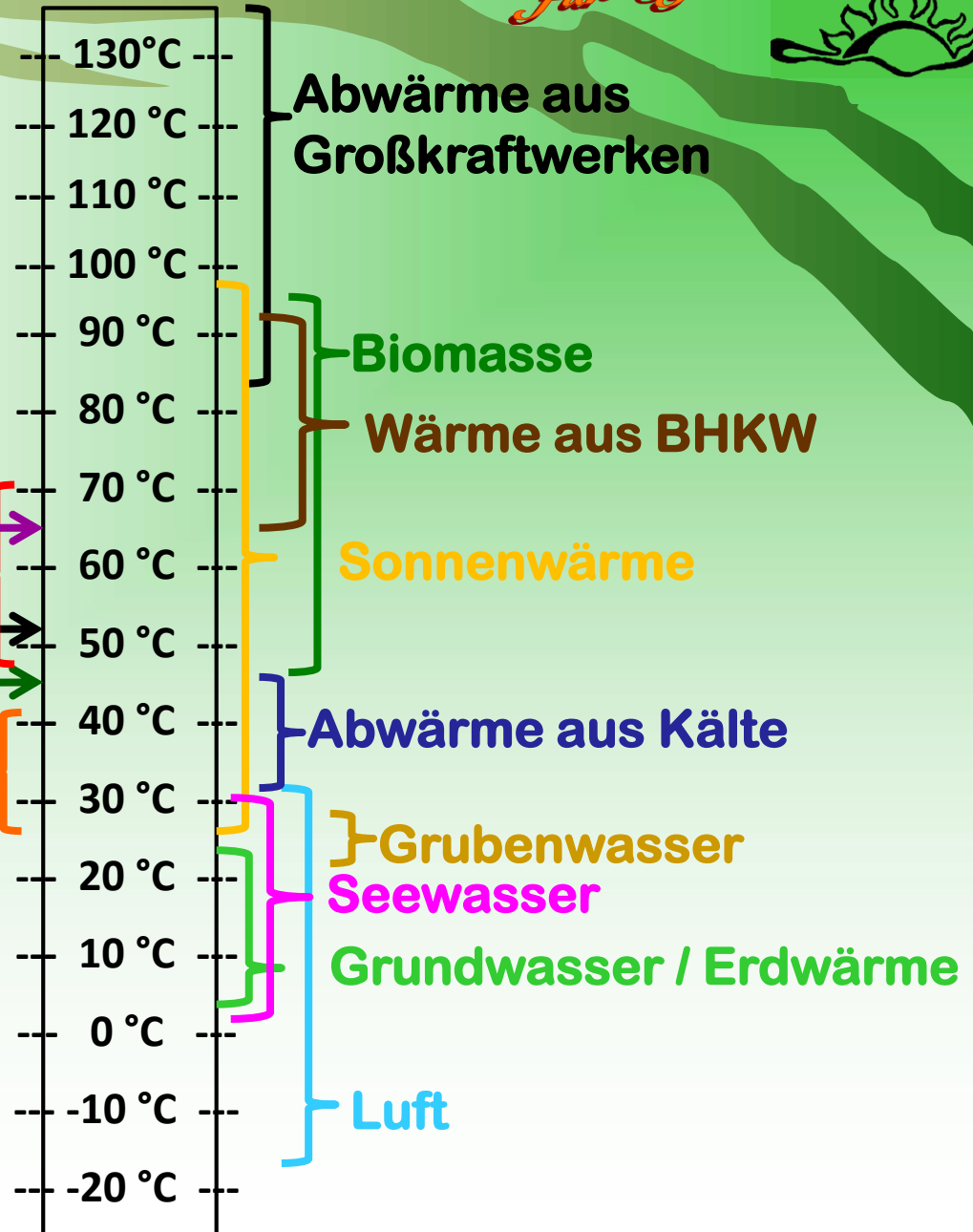
Vorlauf Heizkörperheizung  
WW ohne therm. Desinfektion  
(i.d.R.: Frischwasserstation)

Brennwerteffekt

Vorlauf Flächenheizung  
Temperaturerhöhung  
von nieder-  
temperaturigen  
Wärmequellen  
über Wärmepumpen-  
Technologie  
erforderlich

**Hinweis / Faustformel:**

**+ 1°K Temp.-diff. = (entspricht)  
+ 2 % höheren Stromverbrauch**





# ratiotherm

## Wärme-Energietransformer

### Wärme- quellen:

- Abwärme
- Biogene
- Wärme aus Kälte
- Erde / Aquifere
- Grubenwasser
- Seewasser
- Flusswasser
- Sonne
- BHKW
- ...

Wärme-  
lieferung  
(5 – 55 ° C)

Strom  
aus X  
>25 %  
- 100%

Wärmeabgabe  
(aus eigenem  
Aufkommen)

Zeitliche  
Entkopplung

Wärme-  
und  
Kälte-  
Trans-  
former

Warmwasser  
(bis max. 72°C)

Heizen

Kühlen

**Wesentliches Merkmal:**

**Die Quelle kann diskontinuierlich in Zeit und Temperatur zur Verfügung stehen**

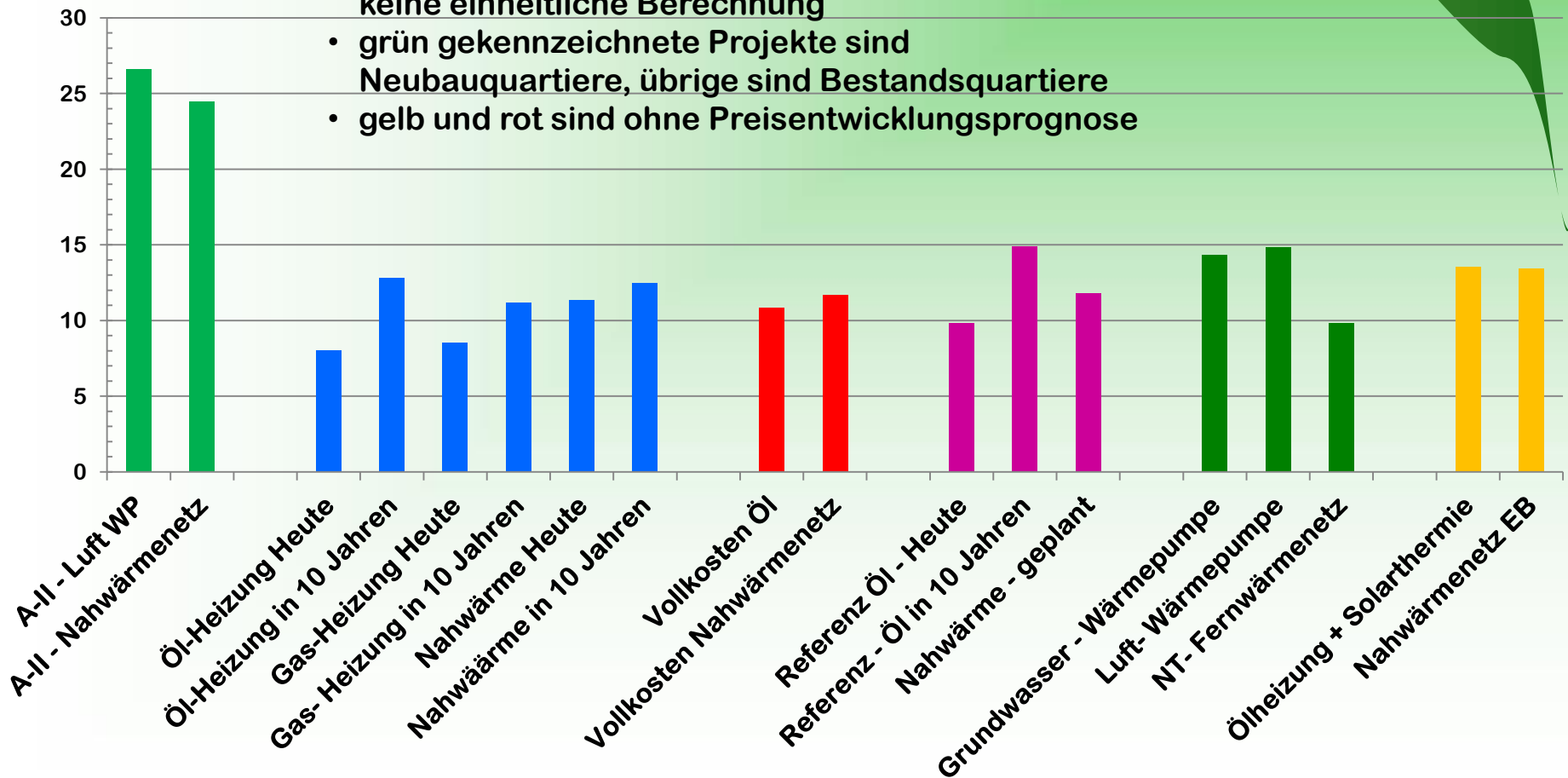




# Vollkostenvergleiche in ct / kWh

== 6 völlig verschiedene Projekte ==

- Nur Trends, untereinander kein Vergleich möglich, keine einheitliche Berechnung
- grün gekennzeichnete Projekte sind Neubauquartiere, übrige sind Bestandsquartiere
- gelb und rot sind ohne Preisentwicklungsprognose





# Aquifere

## (Definitionen)

### Aquifer, geogen (natürlichen Ursprungs):

Gesteinskörper, der geeignet ist, Grundwasser weiterzuleiten und abzugeben. Aquifere werden auch als Grundwasserleiter bezeichnet. Bei der Abgrenzung der Begriffe Aquiclude, Aquifuge, Aquitarde und Aquifer wird oftmals die Wirtschaftlichkeit des Gesteinskörpers hinsichtlich der Wasserergiebigkeit mit einbezogen. Aquifere sind dann solche Gesteinskörper, die Grundwasser in wirtschaftlich bedeutsamen Mengen liefern.

### Aquifer, anthropogen (vom Menschen gemacht):

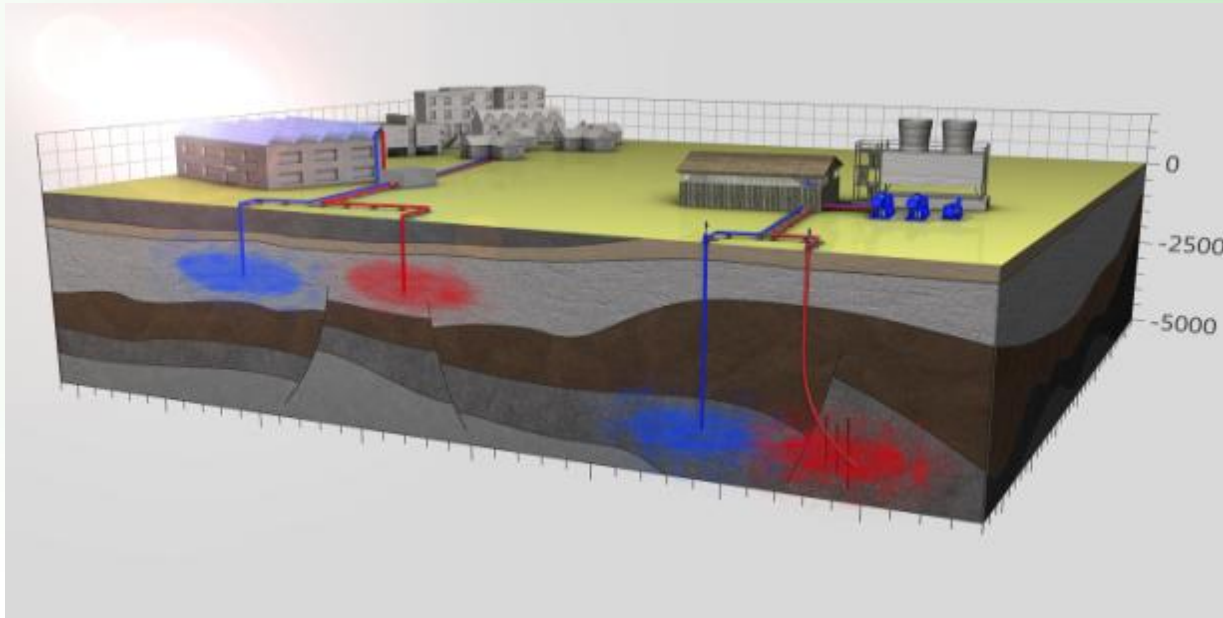
Hohlraum, hauptsächlich durch Untertage-Bergbau entstanden durch stillgelegte Untertagebergwerke. Altbergbau, im Osten Deutschlands sehr oft ohne Rechtsnachfolger (Besitzerlos), von den Bergämtern polizeilich verwaltet (Anzeigepflicht für Nachnutzung). Unter verschiedenen Umständen (Langzeitbeständigkeit, Umweltverträglichkeit) als saisonaler Wärme- und oder Kältespeicher gut geeignet.



# Aquifer-Wärmespeicher (Geogen)

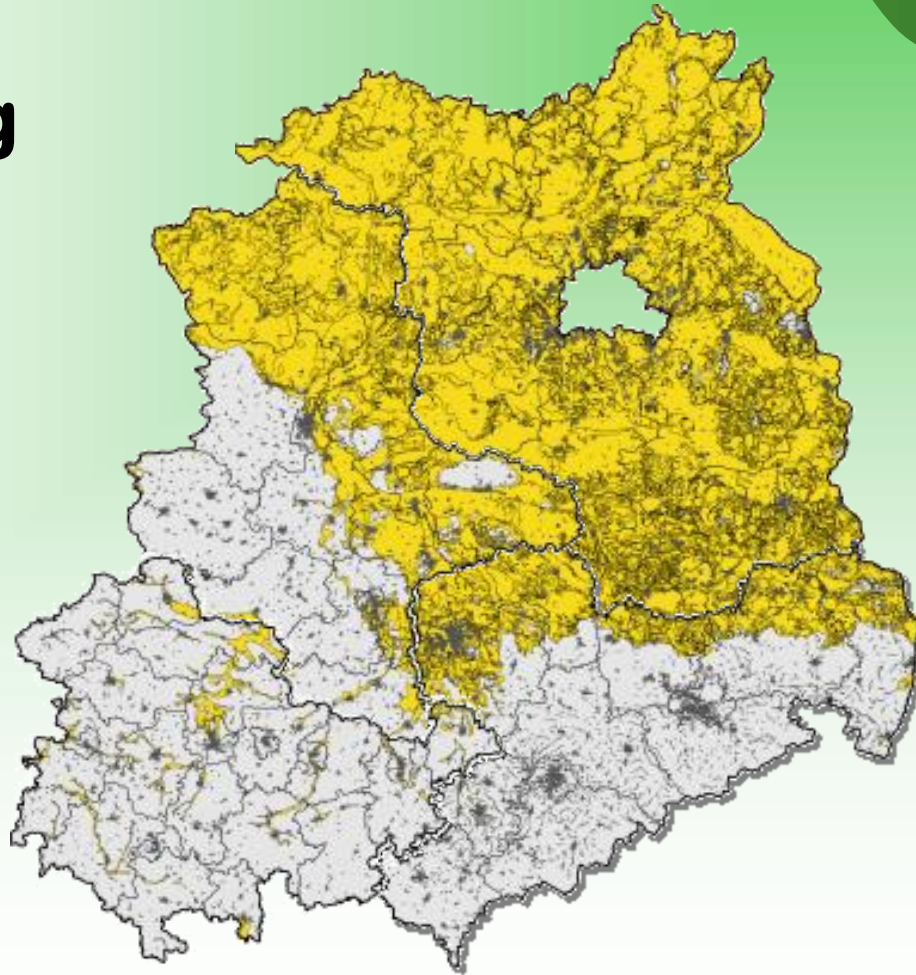
Ein Aquifer-Wärmespeicher nutzt im Gegensatz zu einem Erdsonden-Wärmespeicher die Wärmekapazität von Wasser und Gestein eines natürlichen, nach oben und unten hydraulisch weitgehend dichten Grundwasserleiters.

Der Aquifer-Wärmespeicher wird wie eine geothermische Dublette über eine Förder- und eine Schluckbohrung erschlossen. Zur Beladung wird Wasser über eine der Bohrungen entnommen, in einem Wärmetauscher erwärmt und über die zweite Bohrung dem Aquifer wieder zugeführt. Dieser Vorgang wird im Entladebetrieb umgekehrt.



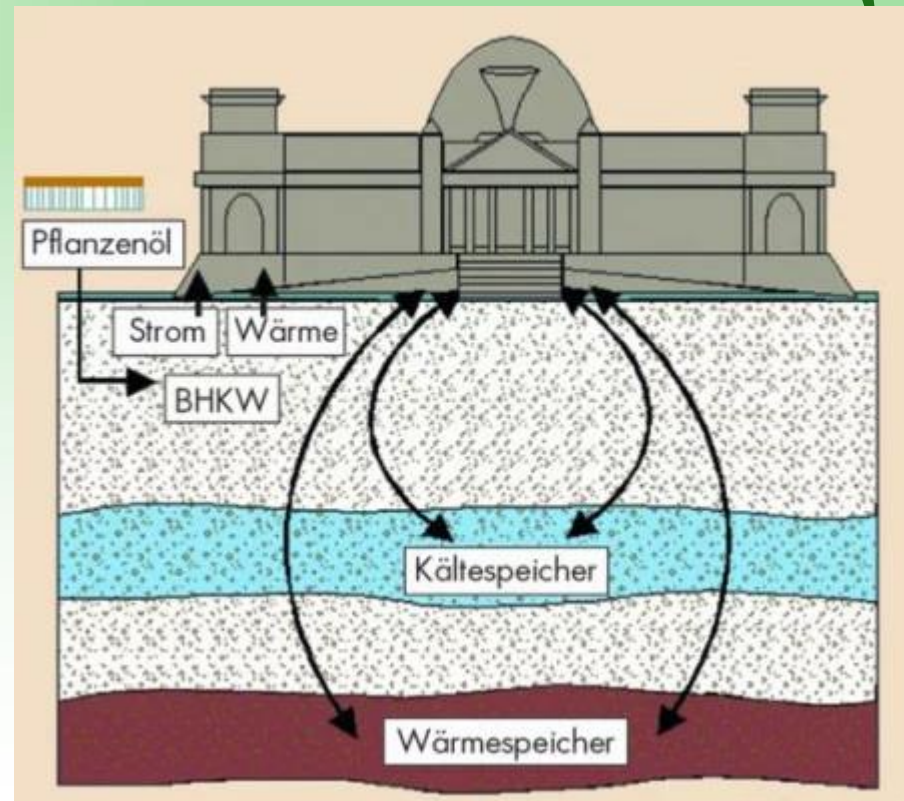


# Oberflächennahe Aquifere in Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg



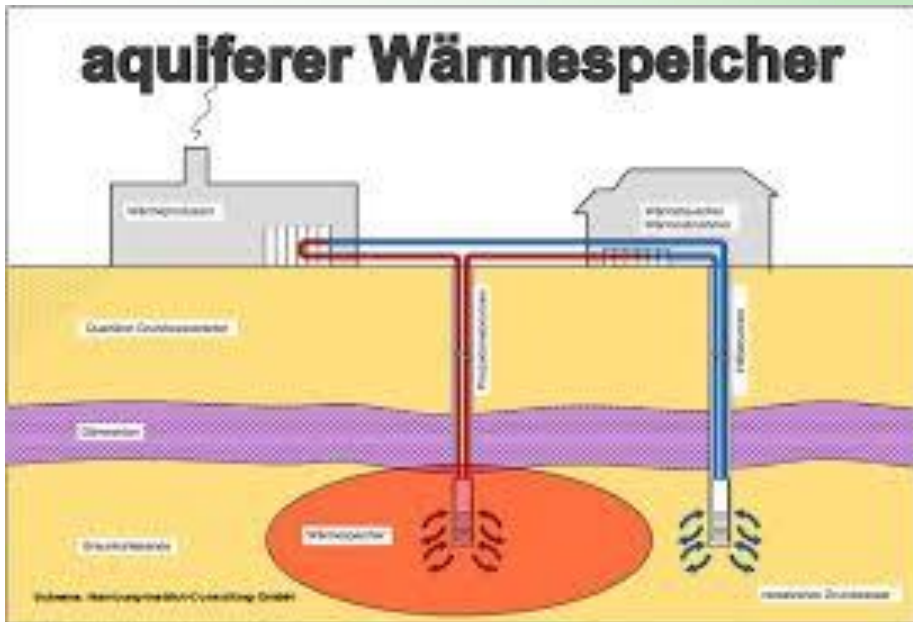


# Referenz: Berlin - Deutscher Bundestag





# Referenz: Hamburg



# Altbergbau



Altbergbau sind still gelegte Gruben.  
Selbst die Kleinen haben selten Volumen unter 80.000 m<sup>3</sup>.

Mitteldeutschland (Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt)



sind weltweit der Raum mit dem dichtesten durch Menschen gemachten Hohlräumen (durch 800 Jahre Untertage-Bergbau).

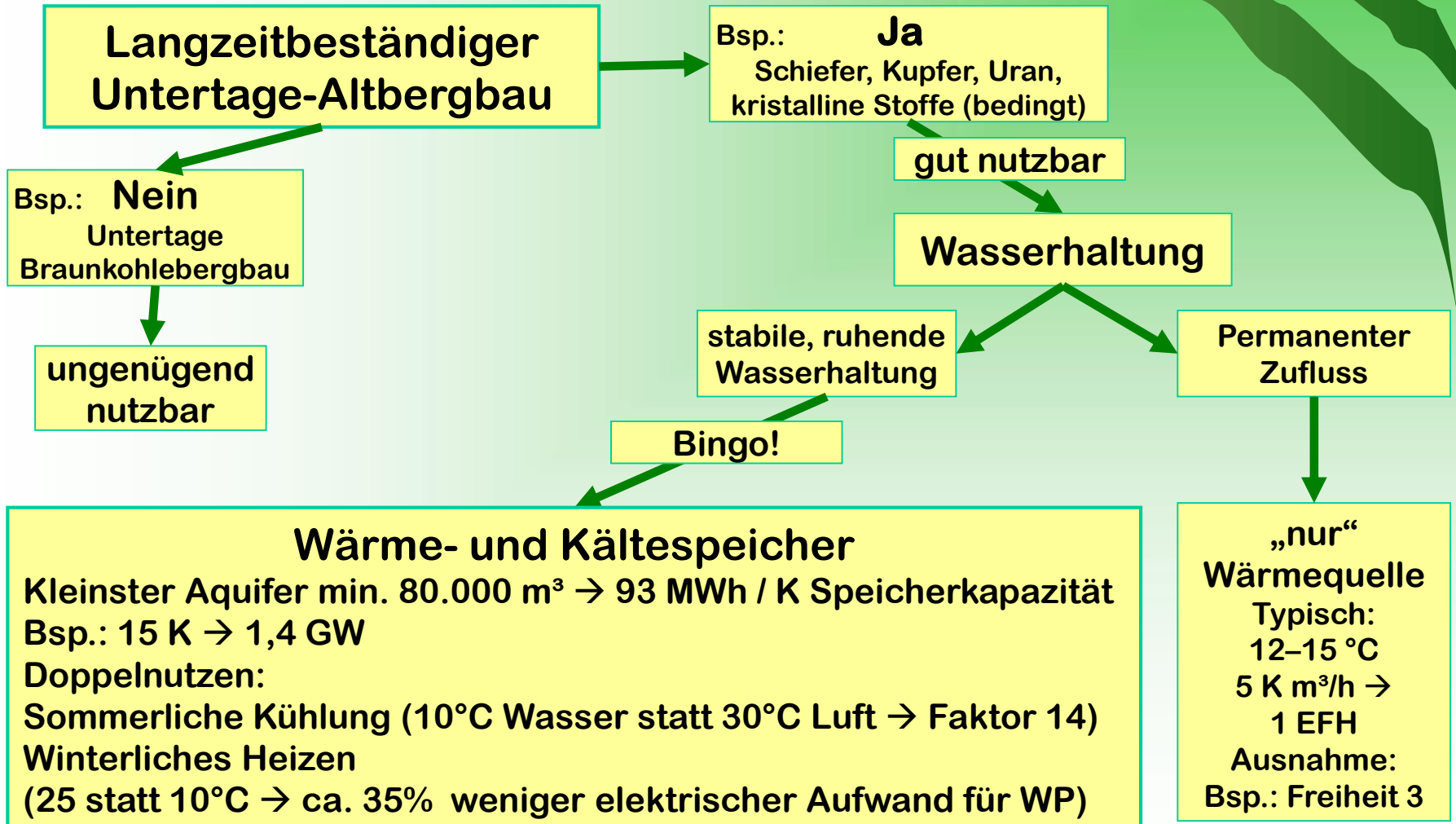
Durch die Brüche vom 3.Reich zur DDR und zur Bundesrepublik gehören sie meistens niemandem.

Die Oberbergämter haben „Polizeirecht“ und müssen jegliche Nachnutzung angezeigt bekommen.





# Standortprüfung anthropogener Aquifere (geflutete Untertage-Altbergbaue)





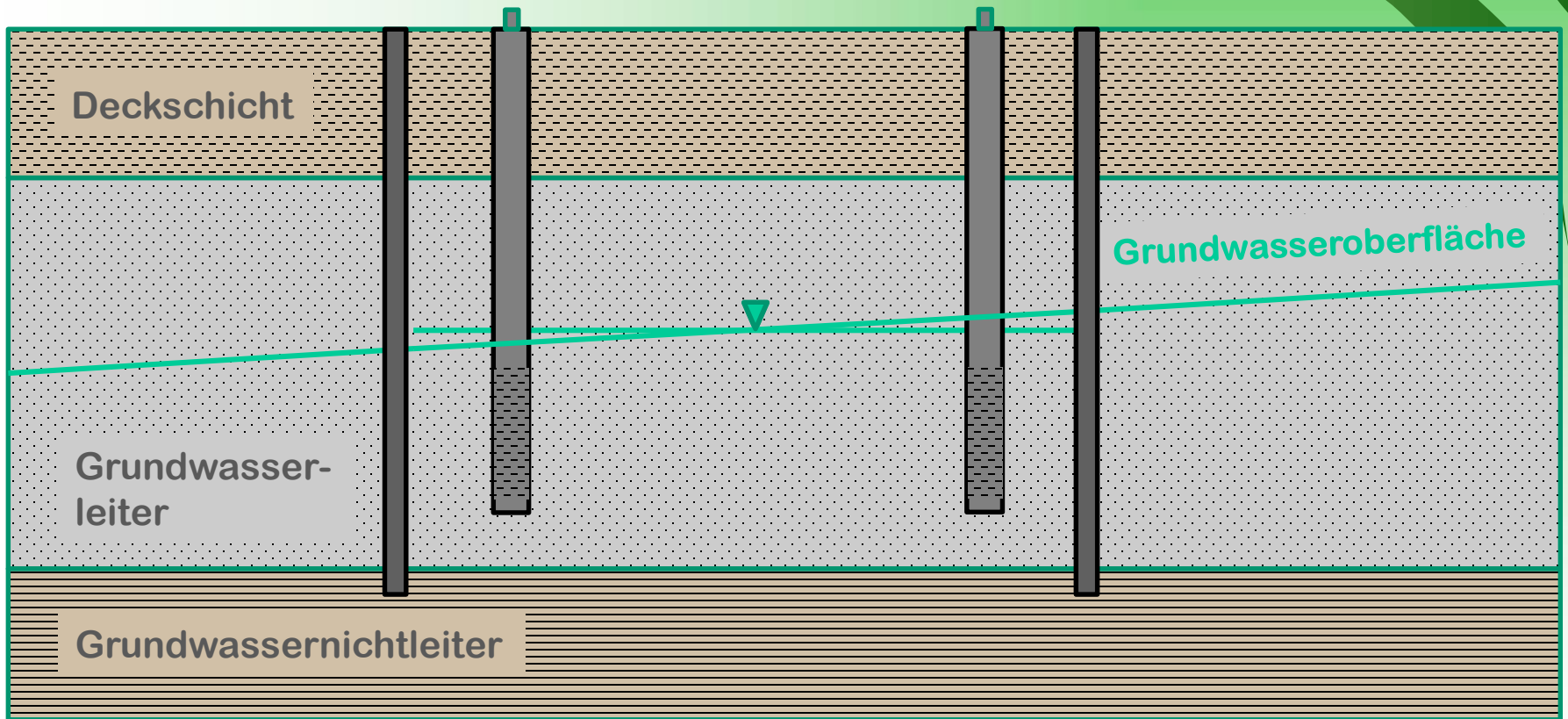


# Gründe für Aquiferspeicher

- Existiert seit ca. 40.000.000 Jahren
- 50.000 m<sup>3</sup> ist eher ein kleiner Aquifer
- Nur die Doublettenbohrung zur Nutzung nötig
- Dadurch bis zu 100x günstiger als künstlich hergestellte Pufferspeicher (Günstiger Preis besonders wichtig, weil nur ein Zyklus im Jahr)
- Speziell im Weißelsterbecken (Leipziger Tieflandsbucht):
  - In den oberen 300m der Erdkruste bis zu 5 Aquifere übereinander (z.Bsp.: 30m Kohle, 70m Kies, 300m Kalkstein)
- Unter vernünftiger Benutzung **absolut unbegrenzte** Nutzungsdauer



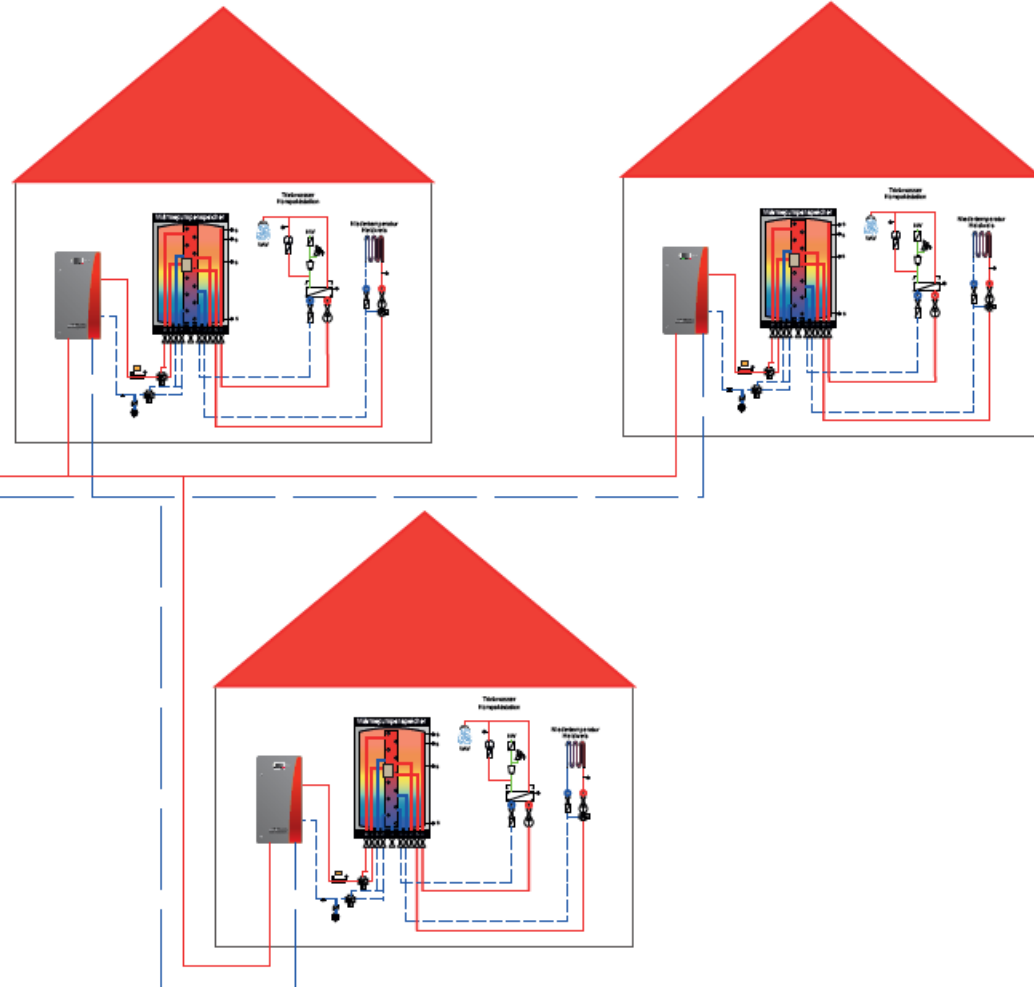
# GeoHeatStorage





# **Abwärme Rechenzentrum:** *Direkte Nutzung des Kühlkreislaufs*

Weitere Einsatzgebiete: Getreide- oder Holz Trocknung; Milch Kühlung, ...

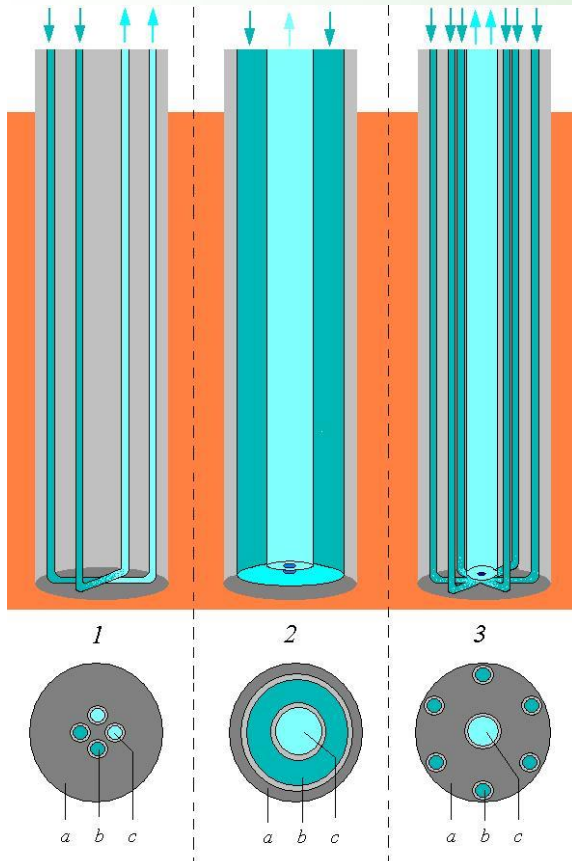


*Verteilung via Nahwärme auf  
dezentrale Wärmepumpen*

Herausforderung:

- Kühl-Backup nötig
- Sensitiver Bereich der IT Infrastruktur

# Neuer Erdsondentyp: Ringrohrsonde

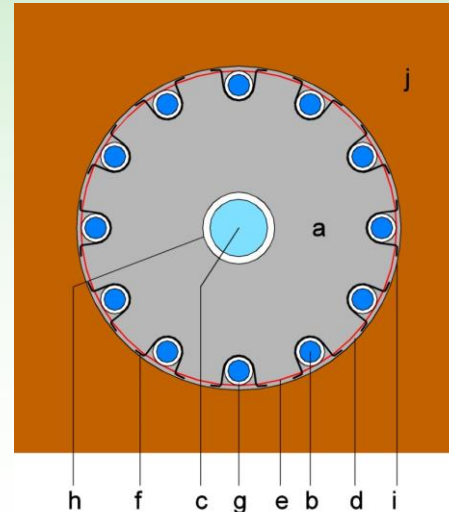


1. Doppel-U-Rohrsonde
2. Koaxialrohrsonde
3. Ringrohrsonde

(Direktverdampfersonden ohne Abbildung)

## Besonderheiten:

- Bis zu 30% höhere Entzugsleistung durch:
  - beste Ausnutzung der Wärmeübertragung durch Ringrohre unmittelbar an der Bohrlochwand
  - maximale Dämmung zwischen Vor- und Rücklauf
  - Isolation zwischen Vor u. Rücklauf
- Optimale Abdichtung gegenüber den jeweils anderen Schichten
- Besonders geeignet für das Be- und Entladen von Erdwärmespeichern oder solarer Soleanhebung



- a. innere Verfüllung
- b. Abwärtsströmung
- c. Aufwärtsströmung
- d. äußere Ringverfüllung
- e. Gewebeschauch
- f. Rohrklammer
- g. Ringrohre außen
- h. Zentralrohr
- i. Bohrlochwand
- j. Erdreich

# Heizen mit Vakuum-Flüssigeis



Nutzung natürlicher oder künstlicher Wasserreservoirs als Wärmequelle

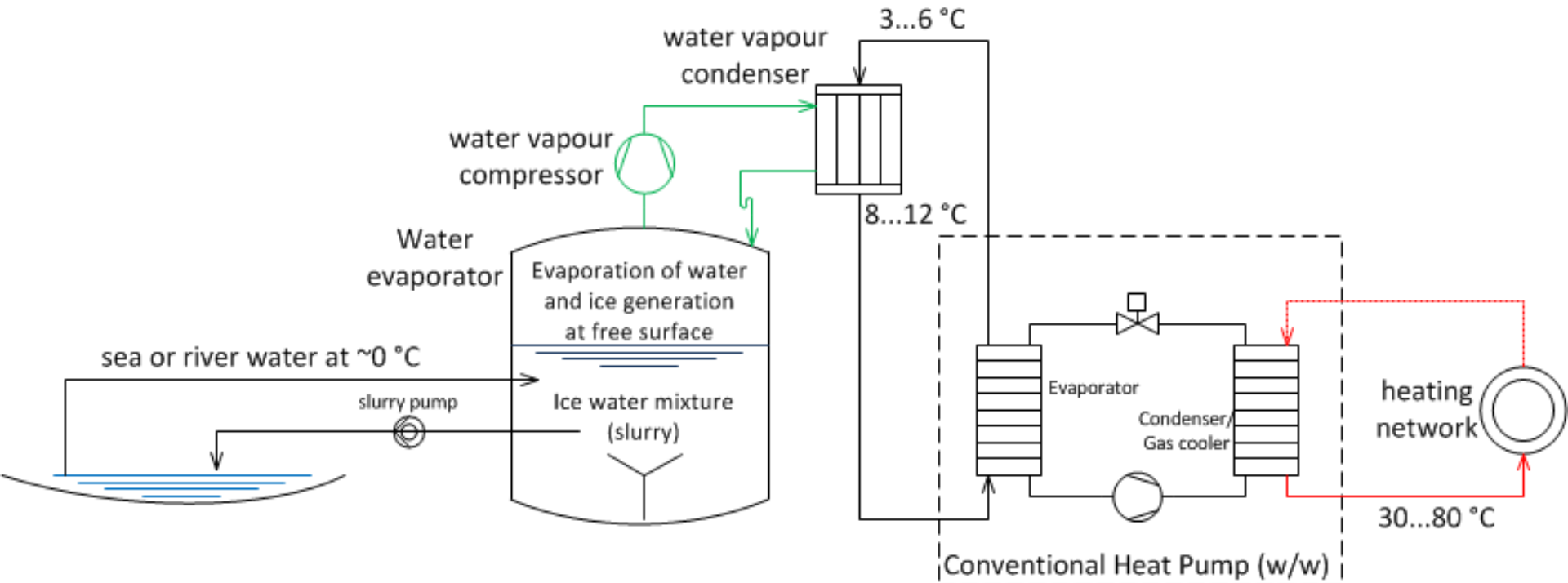
## Vorteile

Konstante Temperatur der Wärmequelle

Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen

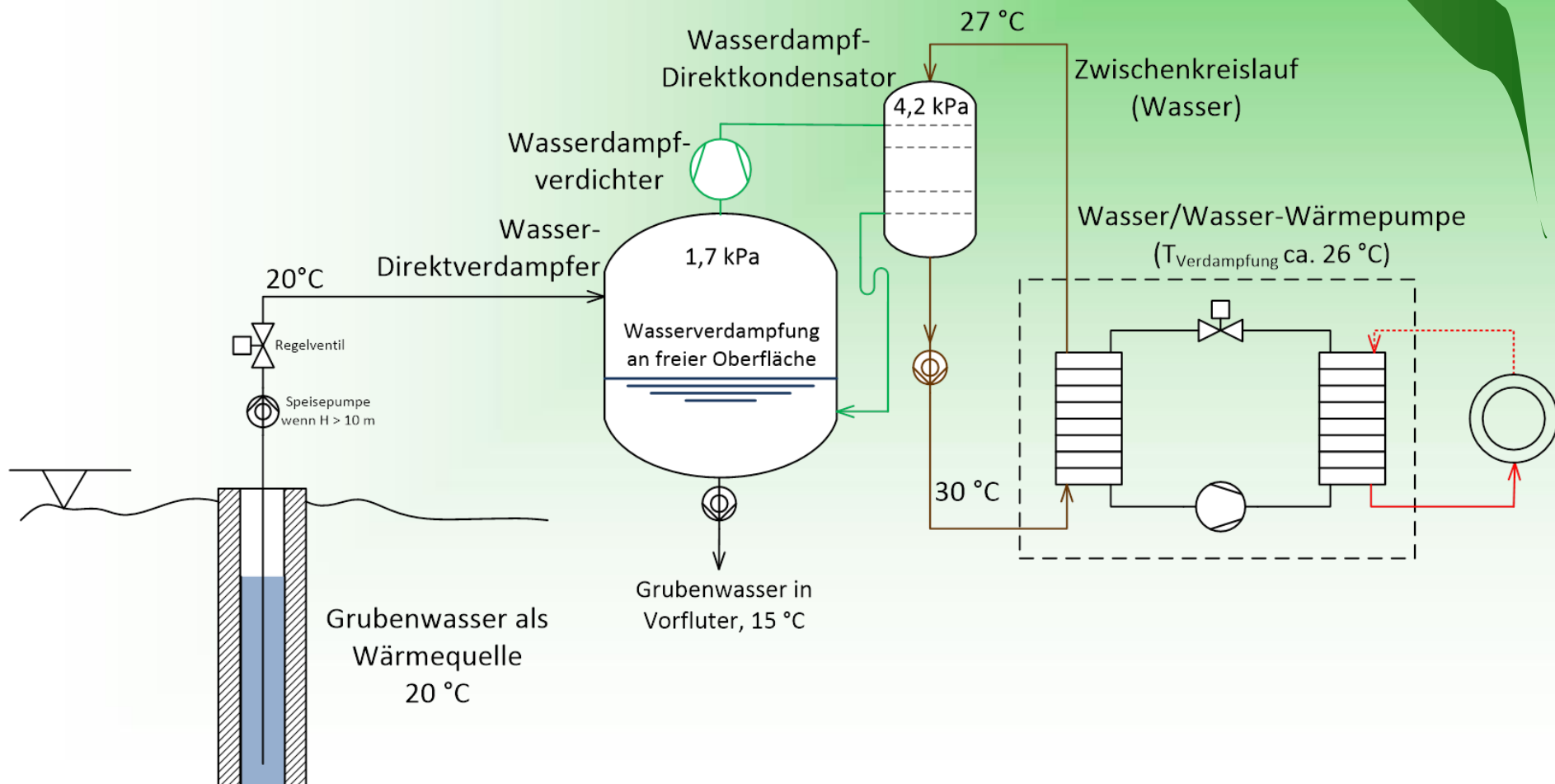
Vermeidung von Schallproblemen von Luftwärmepumpen

Geringere Investitionskosten gegenüber Erdwärme, keine Regenerierungsprobleme



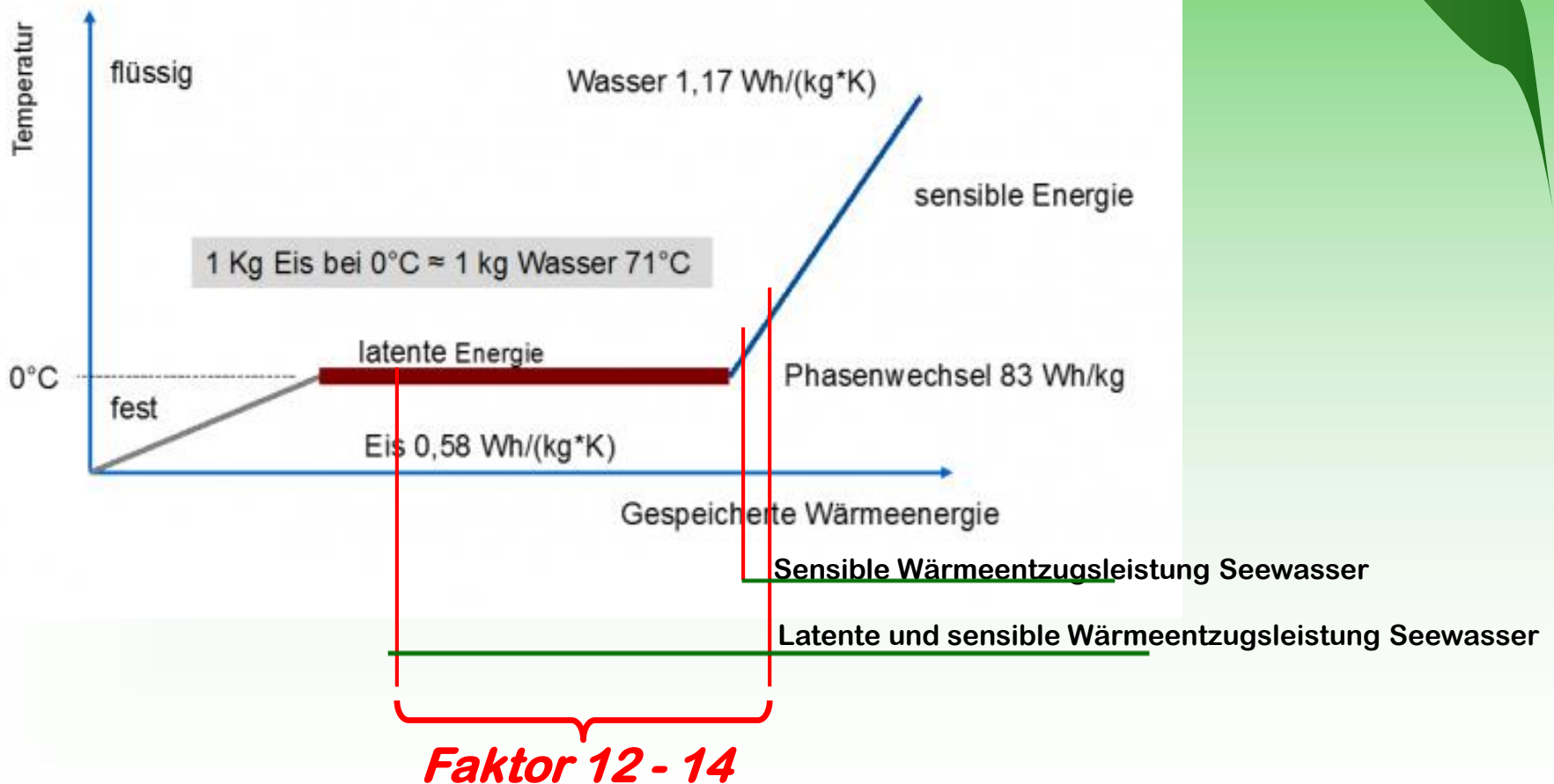


# Prinzip des Wärmeentzugs durch Direktverdampfung





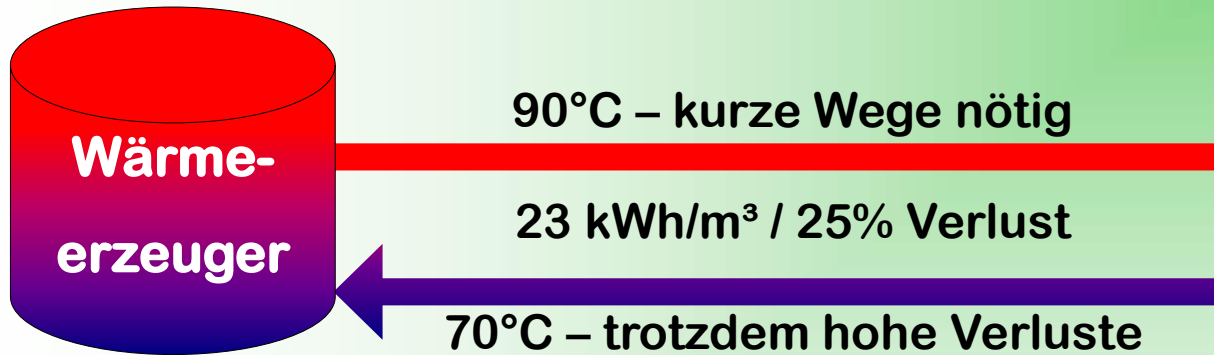
# Wärmeentzug ohne und mit der latenten Wärme



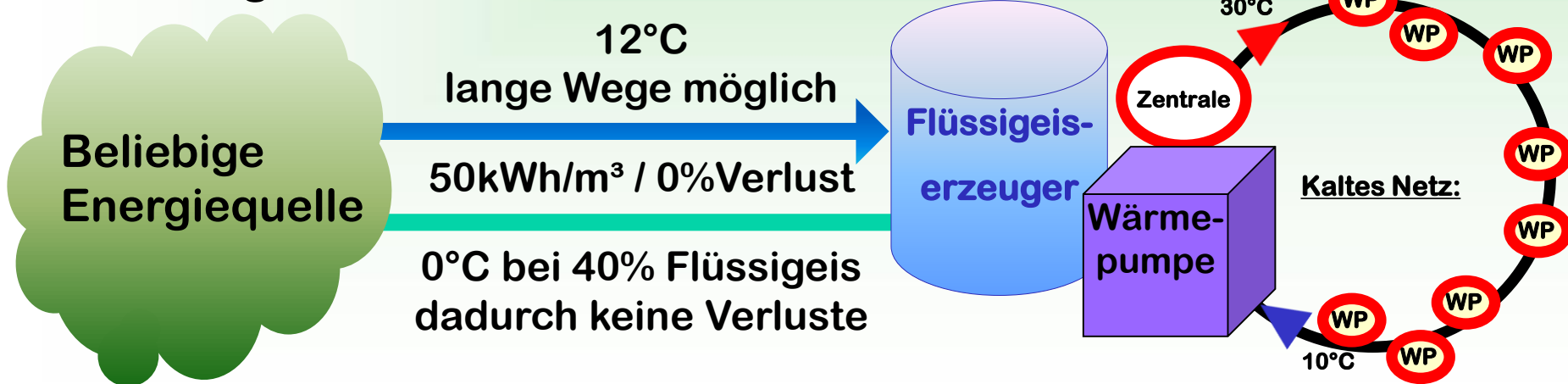


# Verlustminimierung von Wärmesetzen – auch bei langen Wegen

## Bisher:



## Neue Möglichkeit:







# Flüssigeistransport

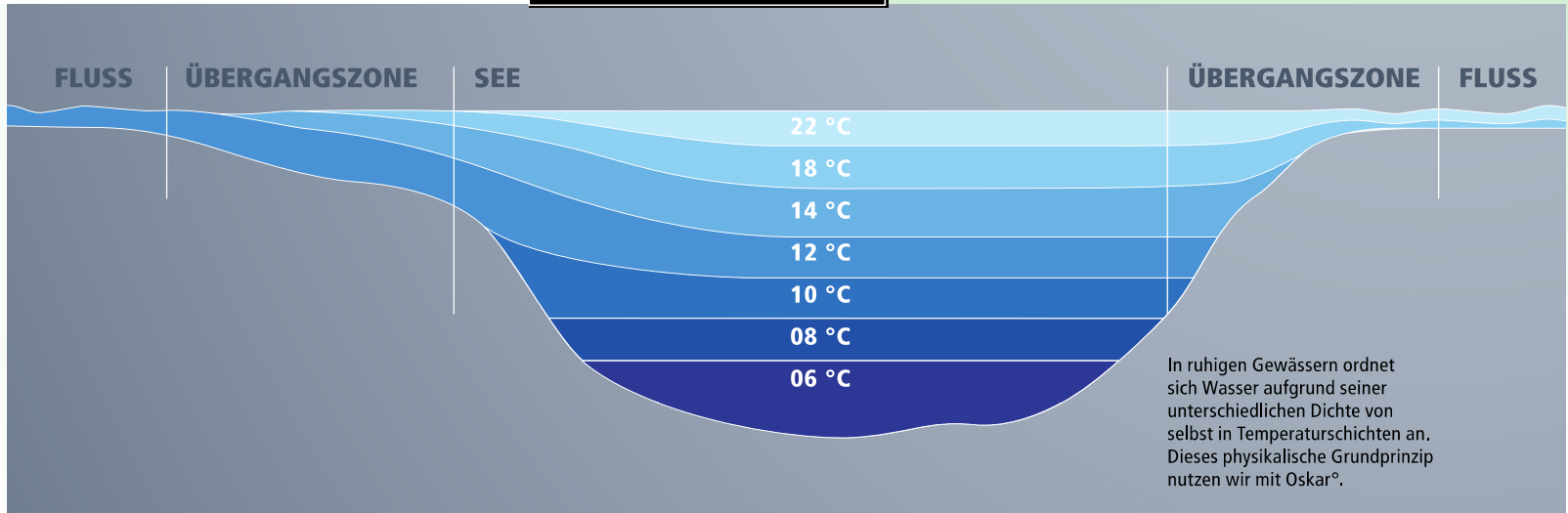
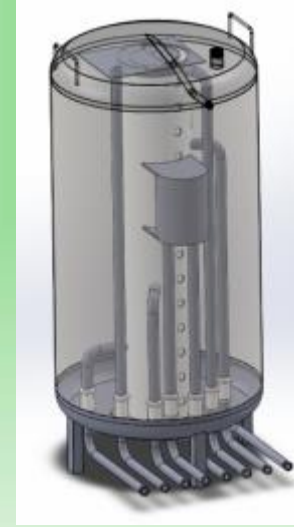
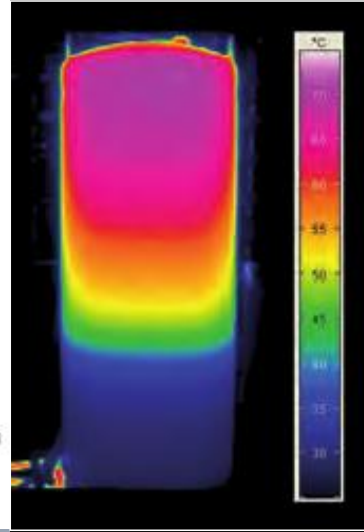
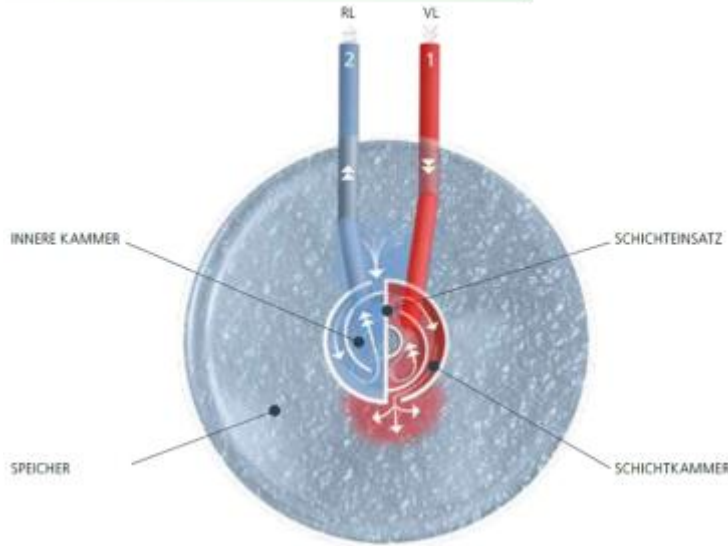
...auch per Container,  
...Wechselbrücke oder Wassertank



**Als Isolierung wird nur eine Kondensat-Sperre benötigt  
(3-5 cm geschlossen poriges Isoliermaterial wie Armaflex)**



# Voraussetzung Schichtspeichertechnik





# Einsatzbeispiel: Projekt Bodenmais

## Aufgaben:

- Konzept Nahwärmeversorgung
- Ausführungsempfehlung Hydraulik und Komponenten
- Planung und Auslegung Hydraulik und Komponenten
- Planung Regelkonzept
- Begleitendes Energiemanagement (Optimierungspotenziale identifizieren)





# Synergieeffekte

bei der Kombinationen atypischer Nutzer

Beispiel: Sommer - Winter

Turnhalle  $\leftrightarrow$  Freibad

Beispiel:

Tags + Woche – Abends + Wochenende

Rathaus  $\leftrightarrow$  Kino / Theater

Beispiel: Versorgungsspitzen

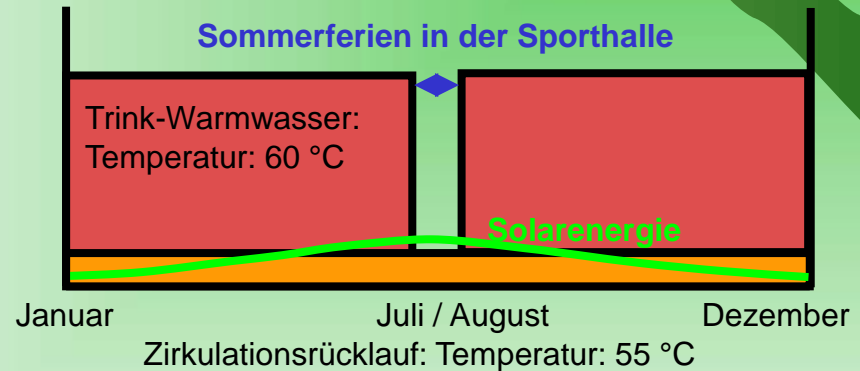
Kinderkombination (Tagsüber)  $\leftrightarrow$  Gastronomie (Abends)

Weitere Potentiale:

Siedlung  $\leftrightarrow$  Industrie

Kommune  $\leftrightarrow$  Industrie

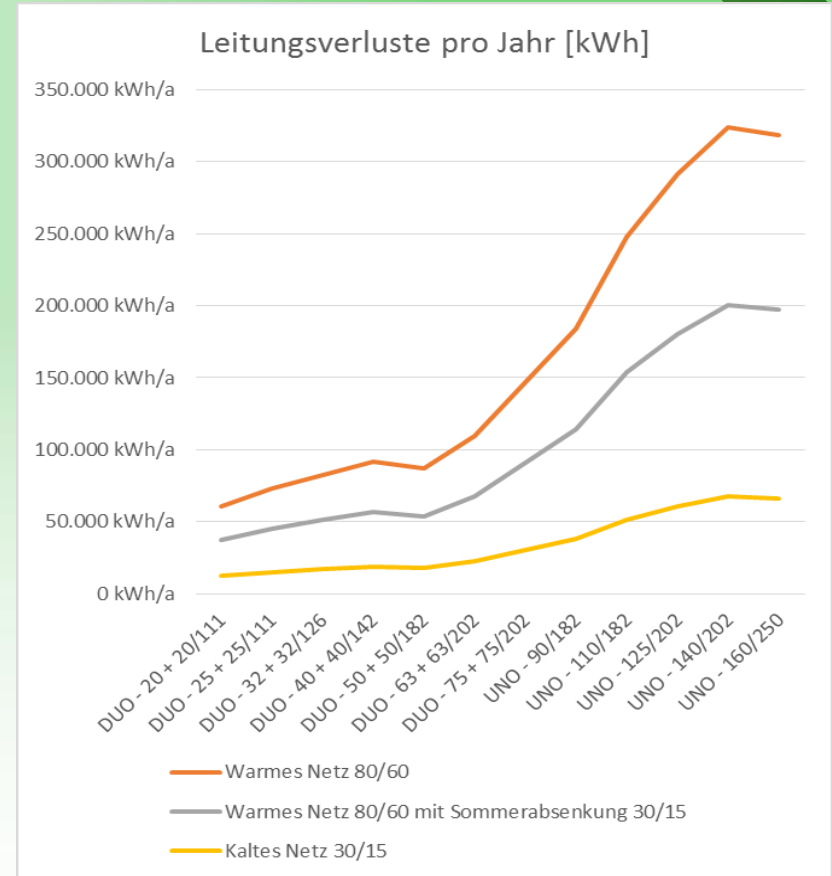
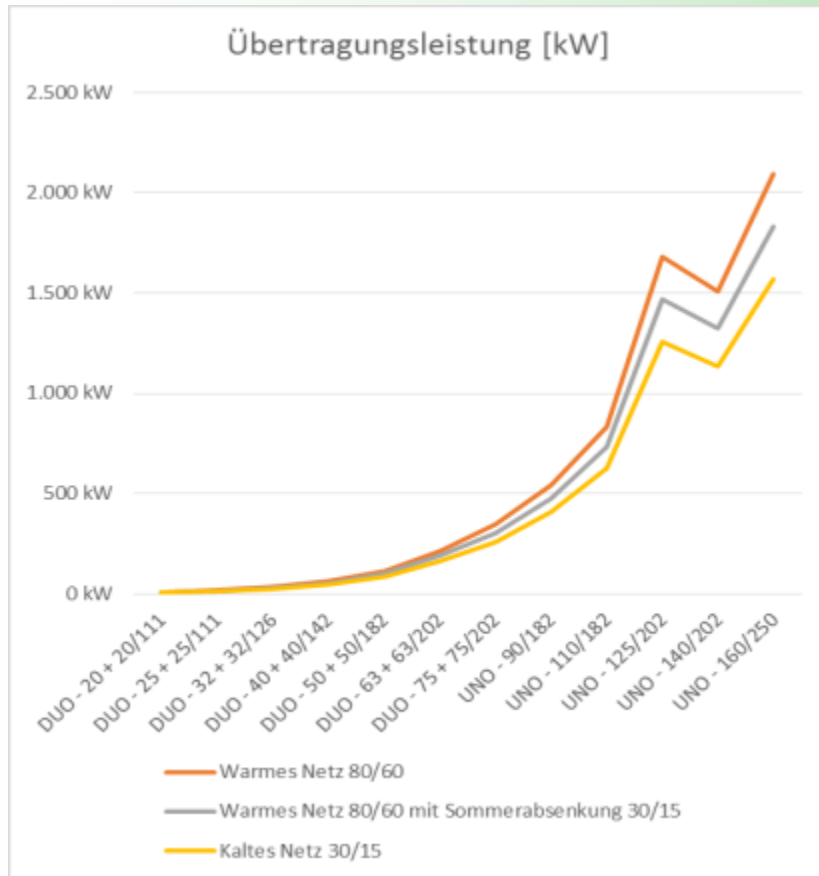
Dienstleistung  $\leftrightarrow$  Industrie





# Unterschiedliche Wärmenetze

## Relation der übertragenen Leistung zu den Leistungsverlusten pro 1000 m





*Es gibt nichts Gutes, außer  
– man tut es! (Erich Kästner)*

**Bernd Felgentreff  
Mittelstr. 13 a**

**04205 Leipzig-Miltitz**

**Tel.: 0341 / 94 11 484**

**Fax : 0341 / 94 10 524**

**Funktel.: 0178 / 533 76 88**

**E-Mail: [tbs@bernd-felgentreff.de](mailto:tbs@bernd-felgentreff.de)**

**web: [www.bernd-felgentreff.de](http://www.bernd-felgentreff.de)**

**Vielen Dank.**

