

Technische Beratung für Systemtechnik

Wärmepumpe

*Der goldene Schlüssel für ungenutzte
Potentiale*

Bernd Felgentreff
Mittelstr. 13 a

04205 Leipzig-Miltitz

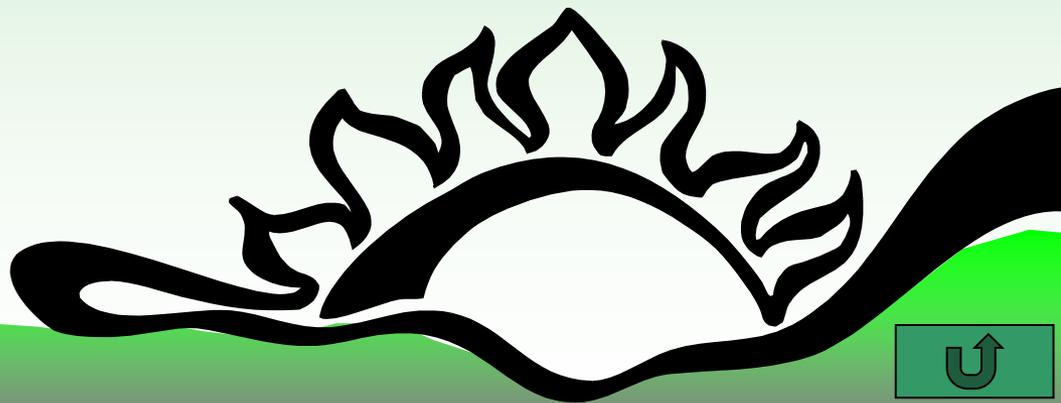
Tel.: 0341 / 94 11 484

Fax : 0341 / 94 10 524

Funktel.: 0178 / 533 76 88

E-Mail: tbs@bernd-felgentreff.de

web: www.bernd-felgentreff.de





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%
- } CO₂-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





Einwand:

**„Bei uns geht das nicht,
wir haben Heizkörper!“**

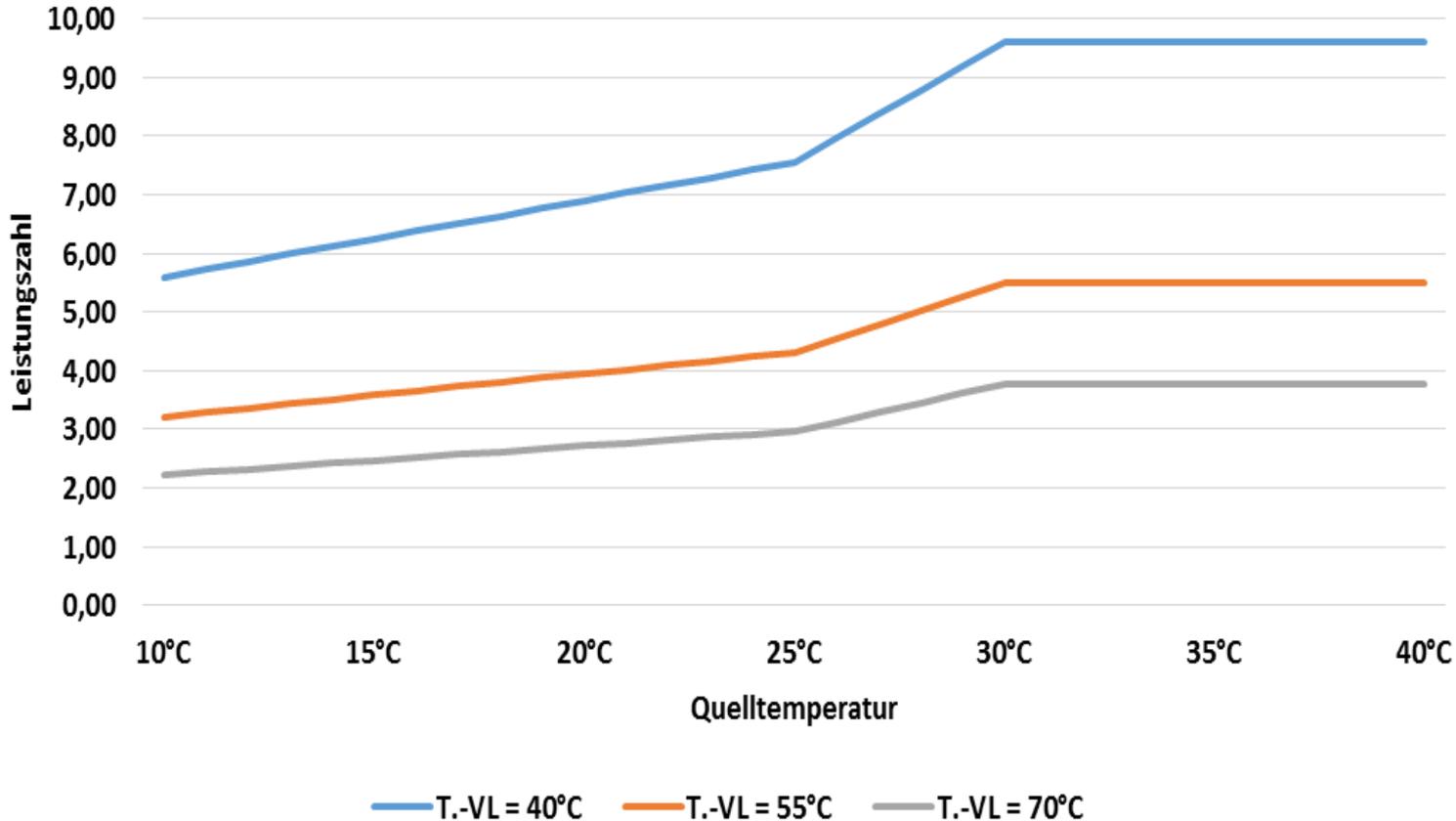
Fakt:

- **Heizkörper sind 95% im Jahr überdimensioniert (in den letzten Jahren besonders)**
- **...und können deshalb weitgehend im Normalbetrieb mit viel kälteren Temperaturen betrieben werden**
- **Nur die Anlagentechnik muss Spitzenlasten bei Auslegungstemperaturen ermöglichen.**



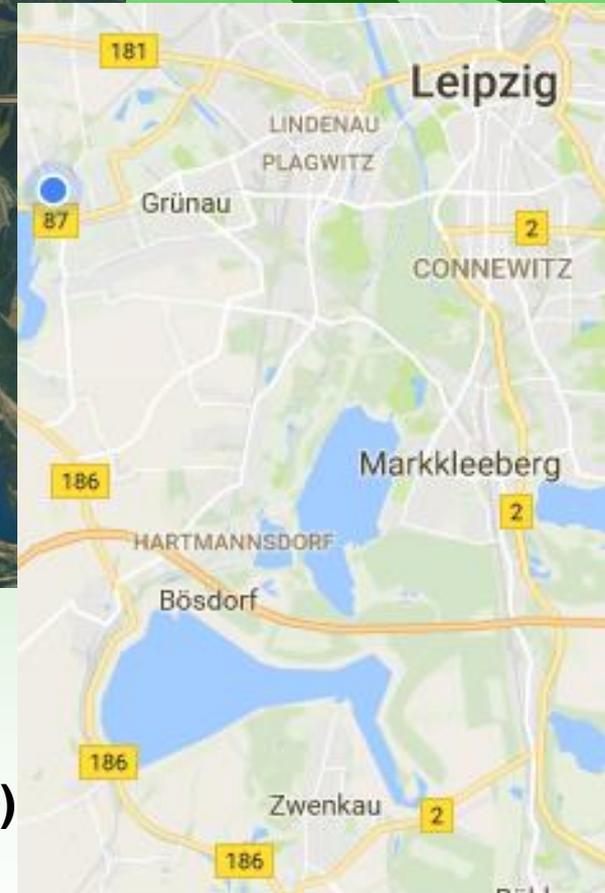
Wärmepumpe WP Max-HiQ

Leistungszahl in Abhängigkeit der Quelltemperatur





Seewasser - Wärmeentzug am Beispiel Zwenkauer See



Fläche: 9,63 km²
Umfang: 22,6 km
(Uferlänge)

Tiefe: 17,7 m
Gesamtvolumen:
176.026.500 m³
0,176 km³

Entzugsleistung:
204.190.740 kWh pro Kelvin
204,2 GWh pro Kelvin
Wärmenachfluß aus der Erde:
55,9 GWh pro Stunde/Kelvin (bei 5W/m²/9,63 km²)

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

Heizen mit Vakuum-Flüssigeis



Nutzung natürlicher oder künstlicher Wasserreservoirs als Wärmequelle

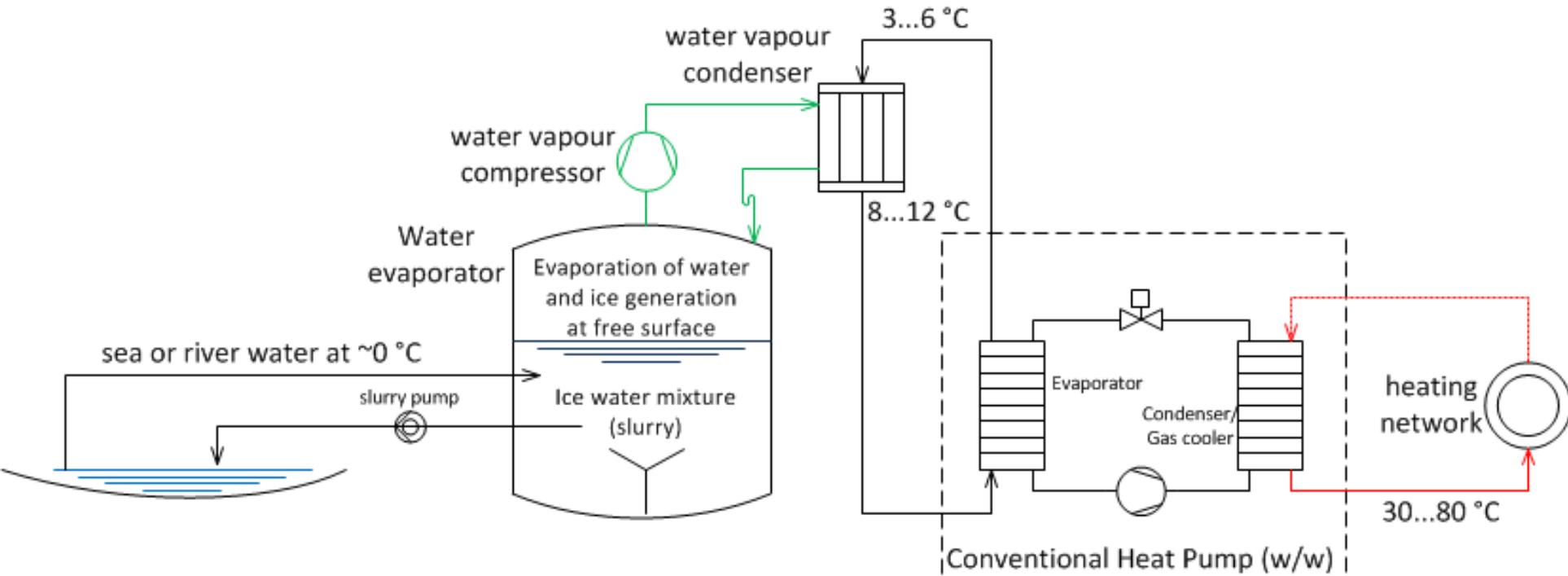
Vorteile

Konstante Temperatur der Wärmequelle

Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen

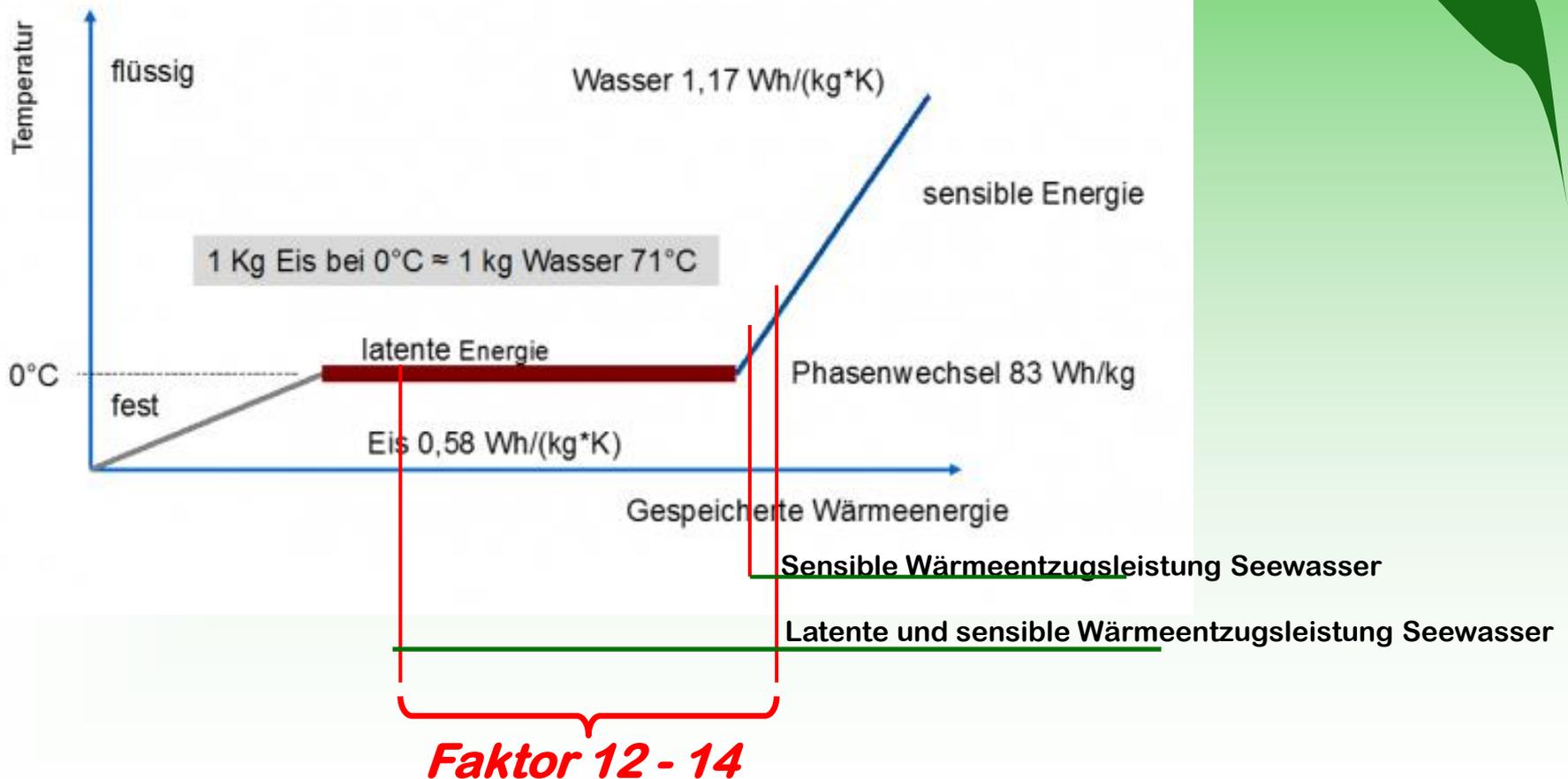
Vermeidung von Schallproblemen von Luftwärmepumpen

Geringere Investitionskosten gegenüber Erdwärme, keine Regenerierungsprobleme





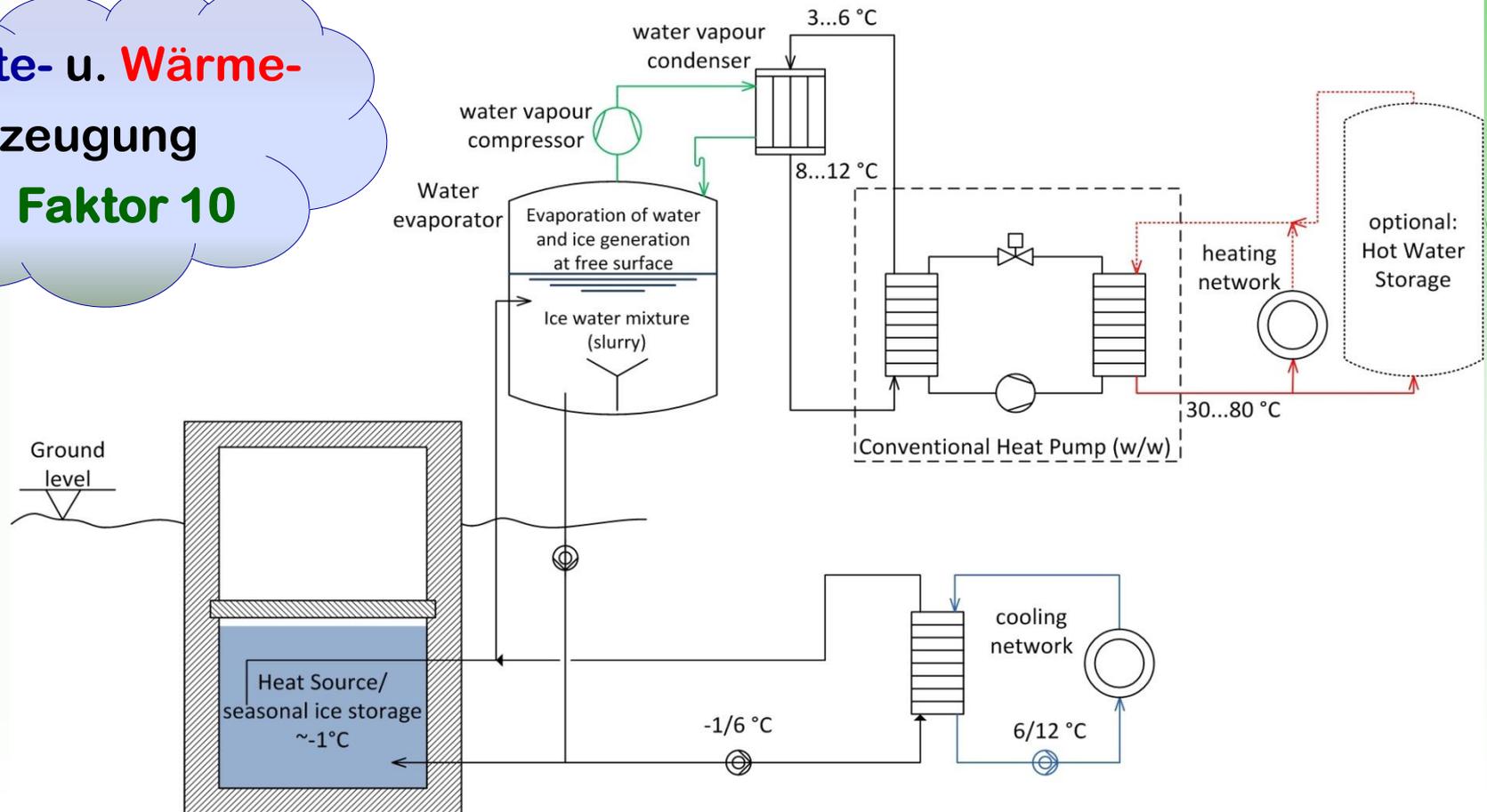
Wärmeentzug ohne und mit der latenten Wärme



Saisonaler Kältespeicher als Wärmequelle

Kälte- u. Wärme-
Erzeugung
mit Faktor 10

Anwendungsfall: saisonaler Kältespeicher als Wärmequelle für
Hochtemperatur-WP und Nahwärmenetz





Spundwandabsorber



Bilder von Beispielen aus den Niederlanden



Prinzip Abwärmenutzung Gestern und Morgen



bisher das
Problem:
passen selten
zusammen

1. zeitlich,
2. räumlich und
3. temperaturig



Aktuelle Lösung:

1. Zeitliche Entkopplung über saisonale Wärme- und Kältespeicher
2. Räumliche Verbindung über Kalte, intelligente Wärmenetze
3. Spitzenlastversorger für Redundanzen und Endstufen mit integrierter Wärmepumpe

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)

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			Kleinstadt, wenig Mehrgeschossbau Ort mit industrieller HT-Abwärme	
1700	kWh / lfd.m. / a				
1600	kWh / lfd.m. / a	geeignet	Ort mit Abwärme aus Biogasanlage Kleinstadt, weitläufig		
1500	kWh / lfd.m. / a				
1400	kWh / lfd.m. / a				
1300	kWh / lfd.m. / a	bedingt geeignet	sehr gut geeignet	Ort mit industrieller NT-Abwärme	
1200	kWh / lfd.m. / a			Ort mit kleinem Zentrum	
1100	kWh / lfd.m. / a			kompakter Ort Ort ohne Mehrgeschossbau	
1000	kWh / lfd.m. / a				
900	kWh / lfd.m. / a			30-er Jahre Siedlung Siedlung	
800	kWh / lfd.m. / a				
700	kWh / lfd.m. / a			weitläufige Siedlung sehr weitläufiges Dorf	
600	kWh / lfd.m. / a				
500	kWh / lfd.m. / a			ungeeignet	
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		

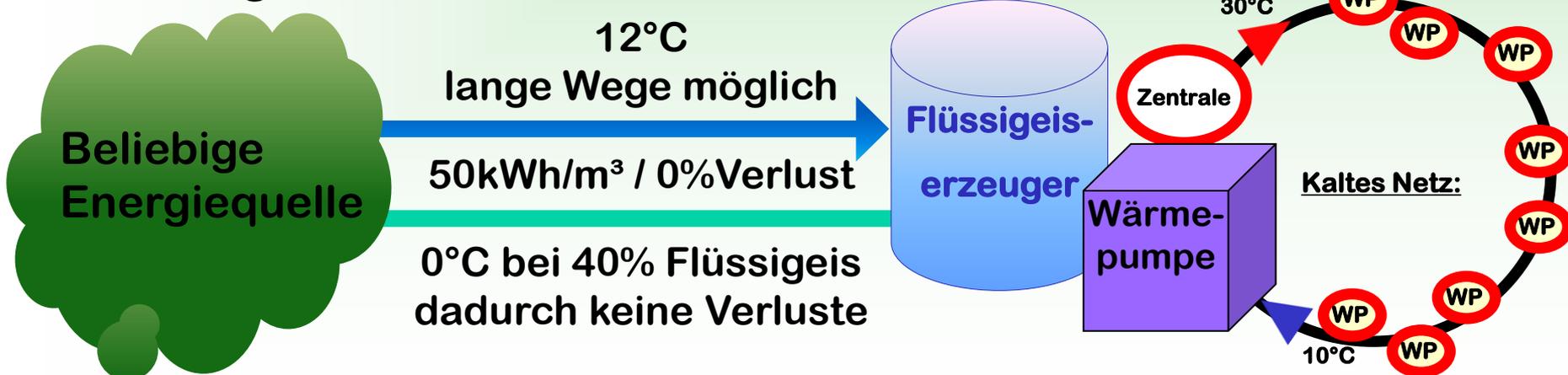


Verlustminimierung von Wärmesetzen – auch bei langen Wegen

Bisher:



Neue Möglichkeit:





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):

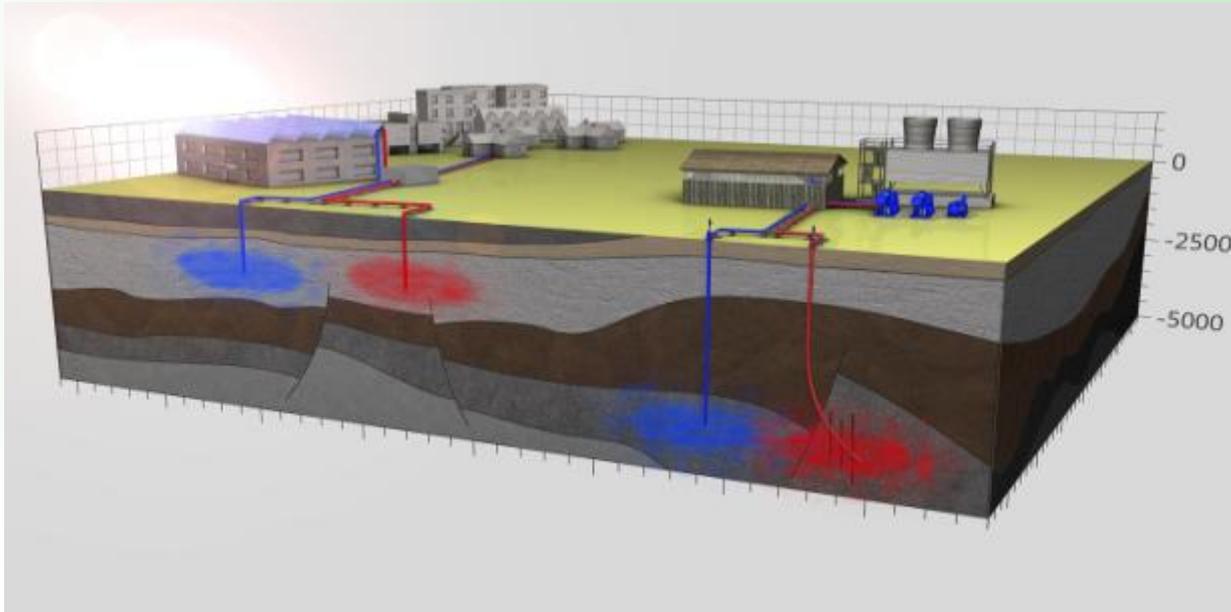
Hohlraum, hauptsächlich durch Untertage-Bergbau entstanden durch stillgelegte Untertagebergwerke. Altbergbau, im Osten Deutschlands sehr oft ohne Rechtsnachfolger (Besitzerlos), von den Bergämtern polizeilich verwaltet (Anzeigepflicht für Nachnutzung). Unter verschiedenen Umständen (Langzeitbeständigkeit, 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.





Vergleich

Aquifere contra konventionelle Kühlung

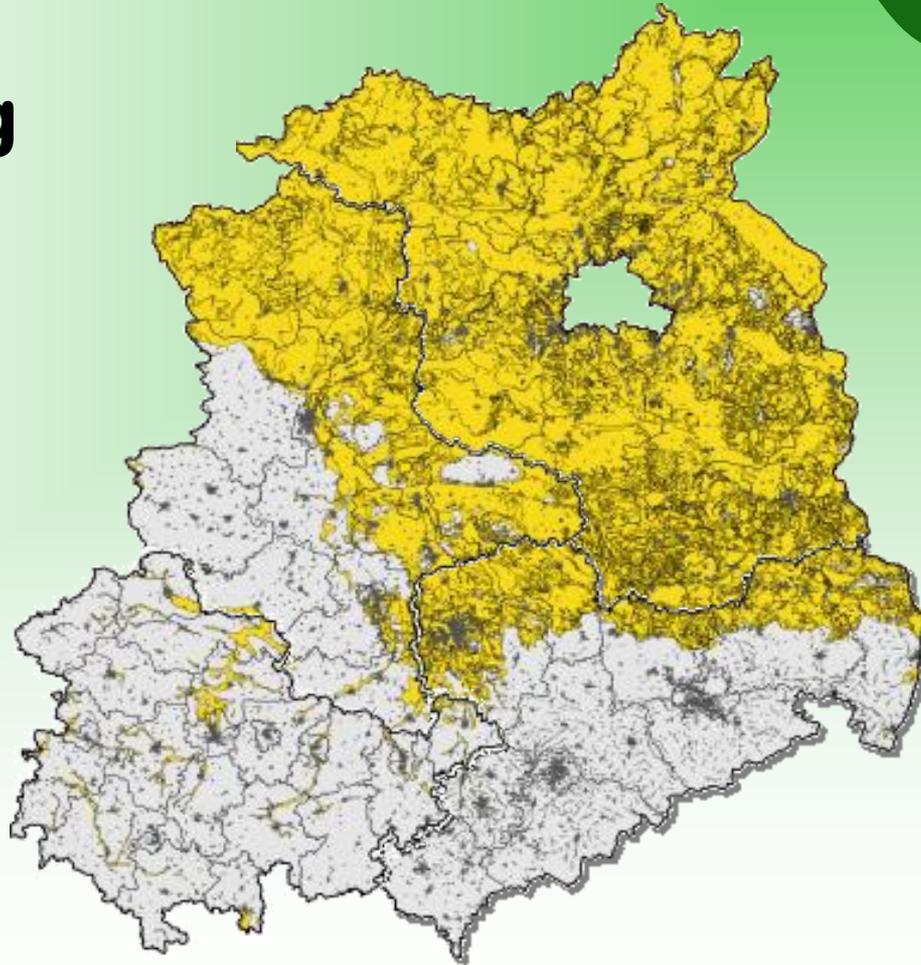
Frage:

Schätzen Sie bitte, wieviel Kilowattstunden elektrische Energie sind nötig, um 50 Kilowattstunden Raumkühlung bei 30-gradiger Außentemperatur zur Verfügung zu stellen?

A.) Aquifere	B.) Kältemaschine
1	14



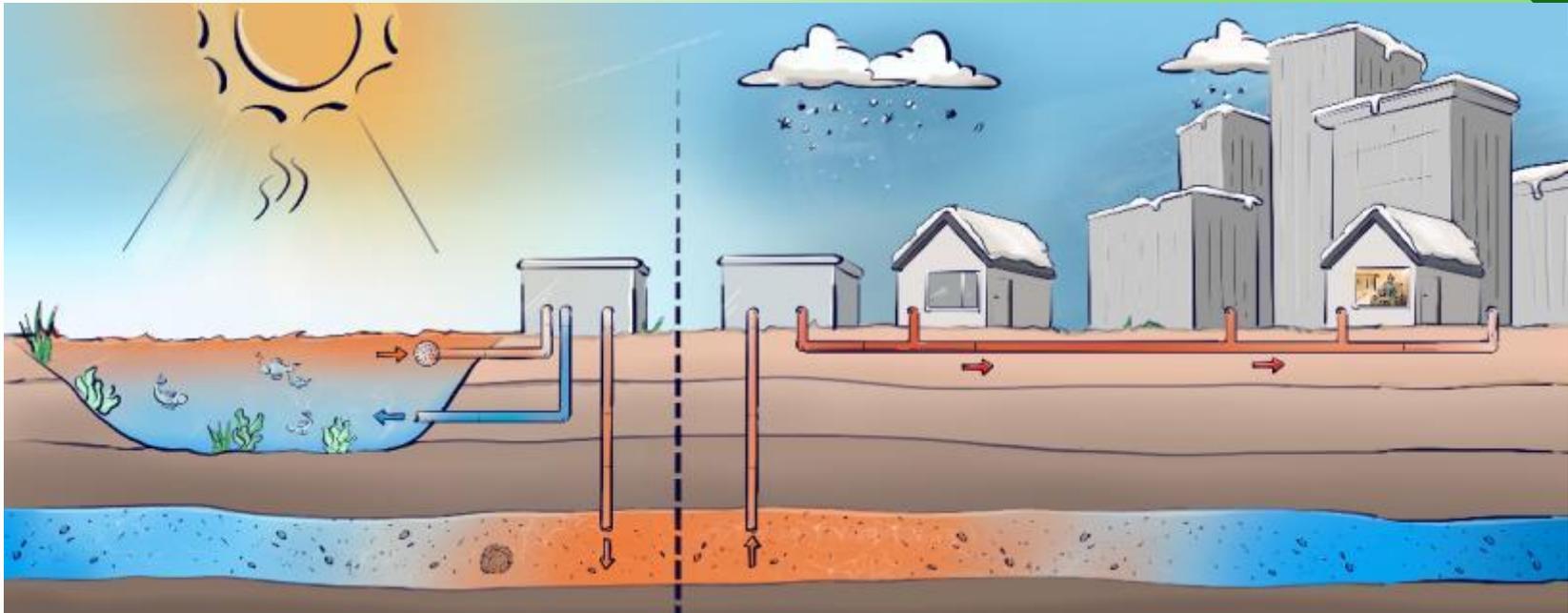
Oberflächennahe Aquifere in Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg





Aquathermie

Aquifere und Seethermie



Altbergbau



Altbergbau sind still gelegte Gruben.
Selbst die Kleinen haben selten Volumen unter 80.000 m³.

Mitteldeutschland (Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt)



**Beispiel:
Sächsisches
Hohlraum-
kataster**

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

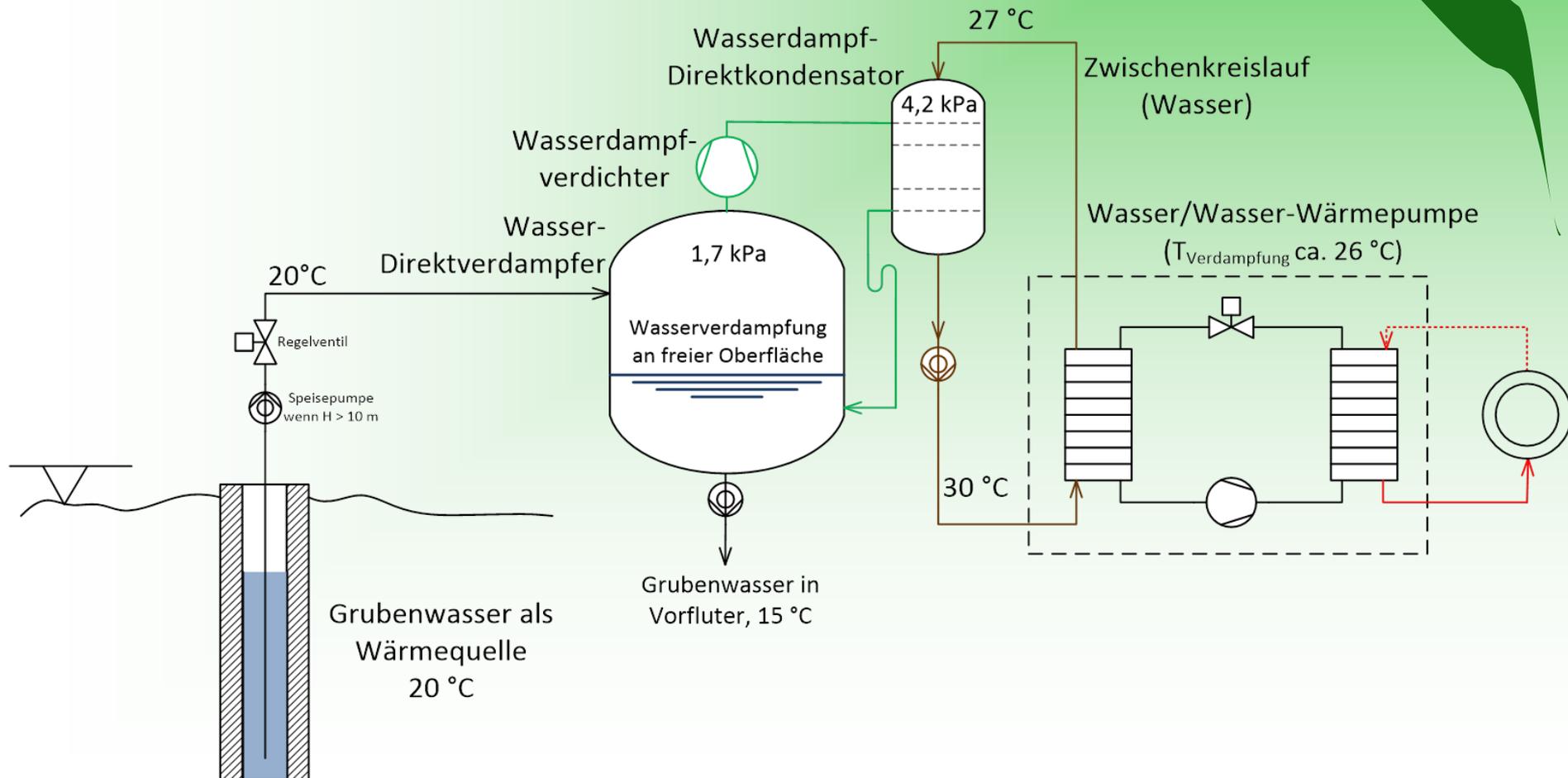
Durch die Brüche vom 3.Reich
zur DDR und zur Bundesrepublik
gehören sie meistens niemandem.

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





Prinzip des Wärmeentzugs durch Direktverdampfung

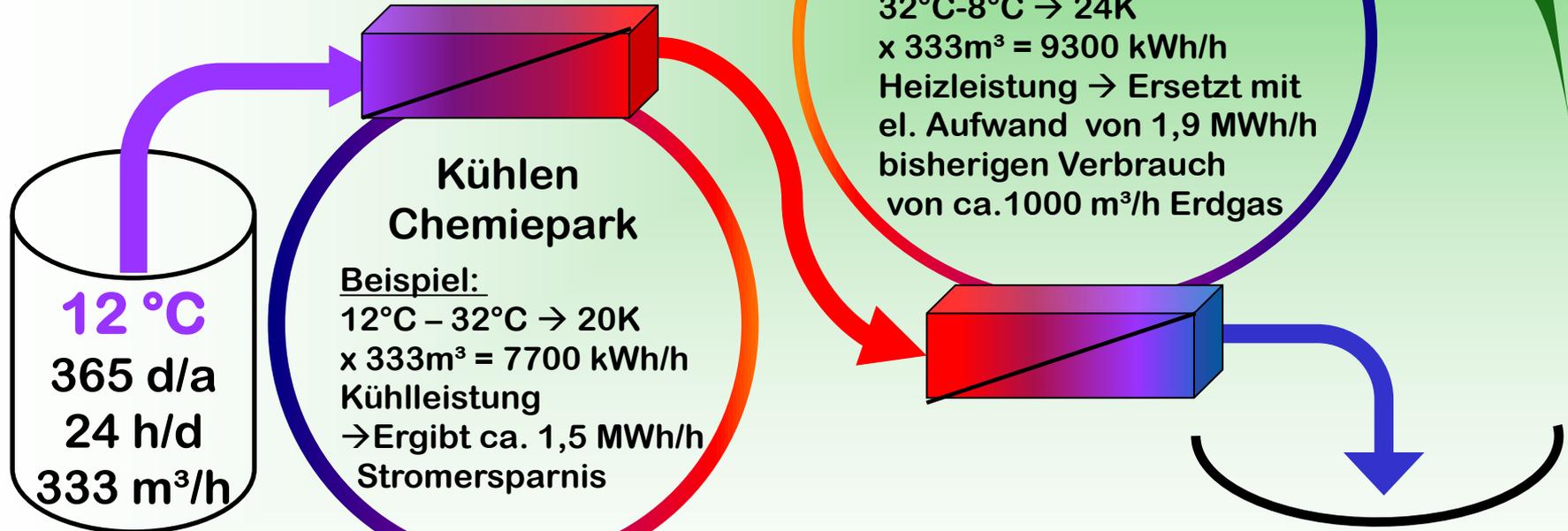




Blockschema Freiheit III

Ewigkeitskosten mit Ewigkeitsnutzen

Die Idee: Dreifachnutzen



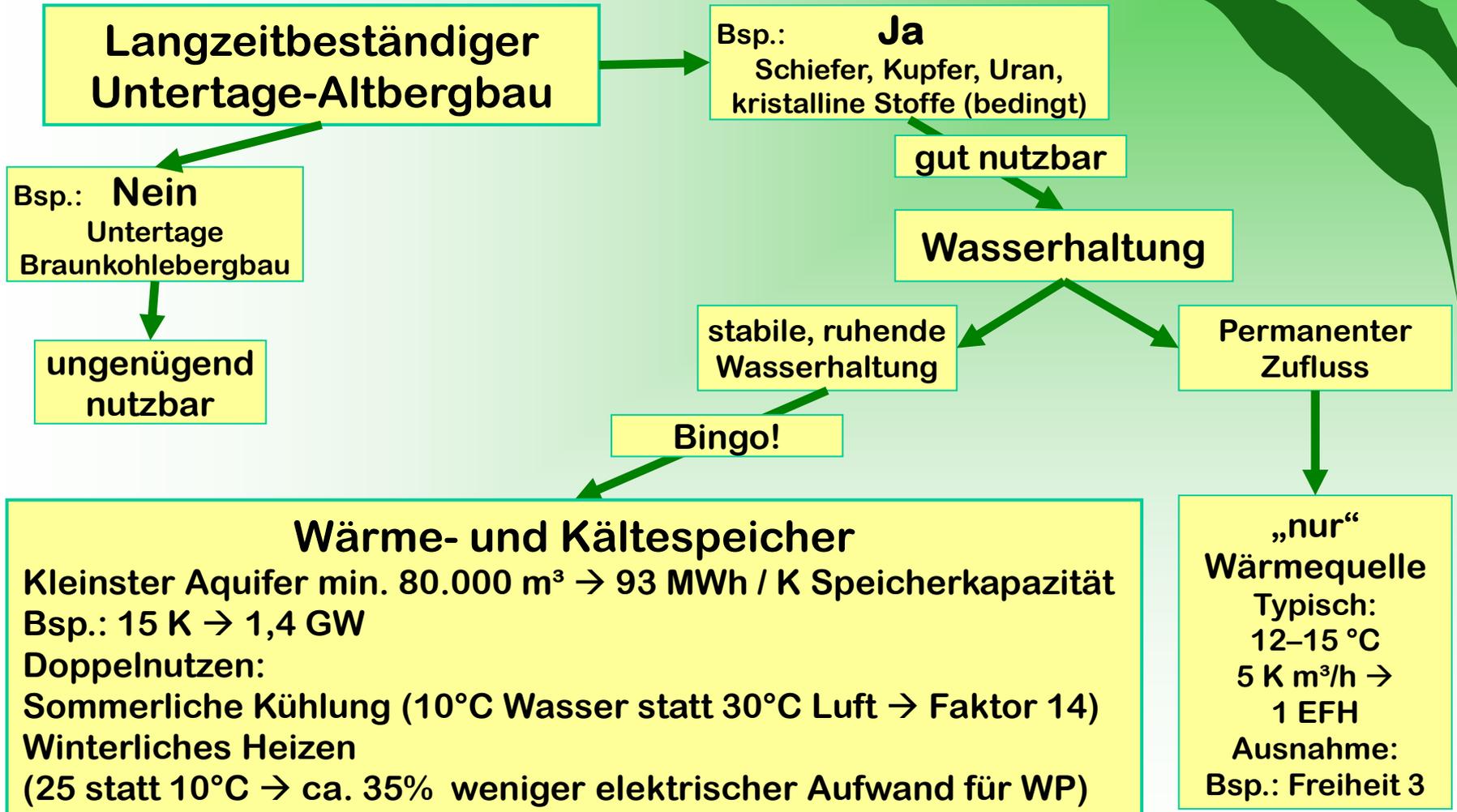
Freiheit III

bisher (notwendig)

Mulde



Standortprüfung anthropogener Aquifere (geflutete Untertage-Altbergbaue)



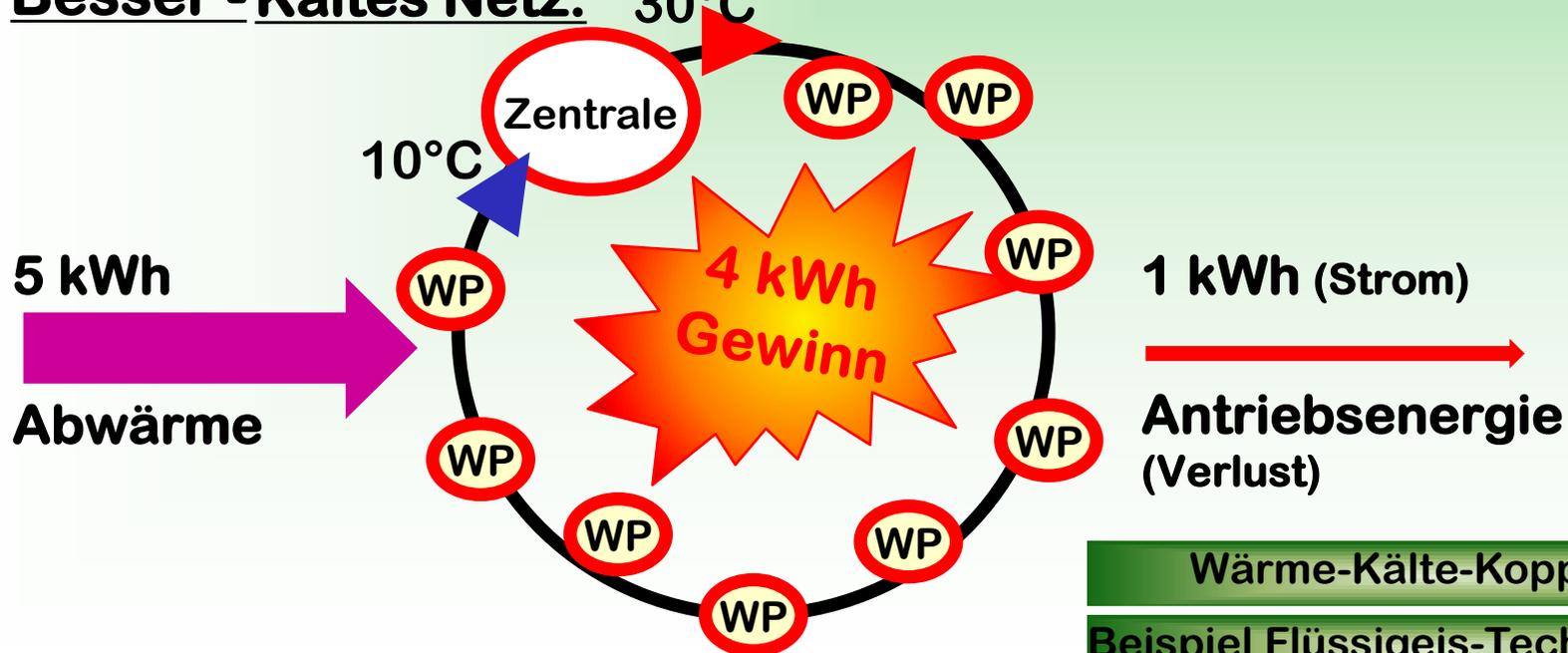


Warum Wärmerückgewinnung aus Kälteanlagen (16% des Stromverbrauches in D)

Bisher (Kompressoren):



Besser - Kaltes Netz: 30°C

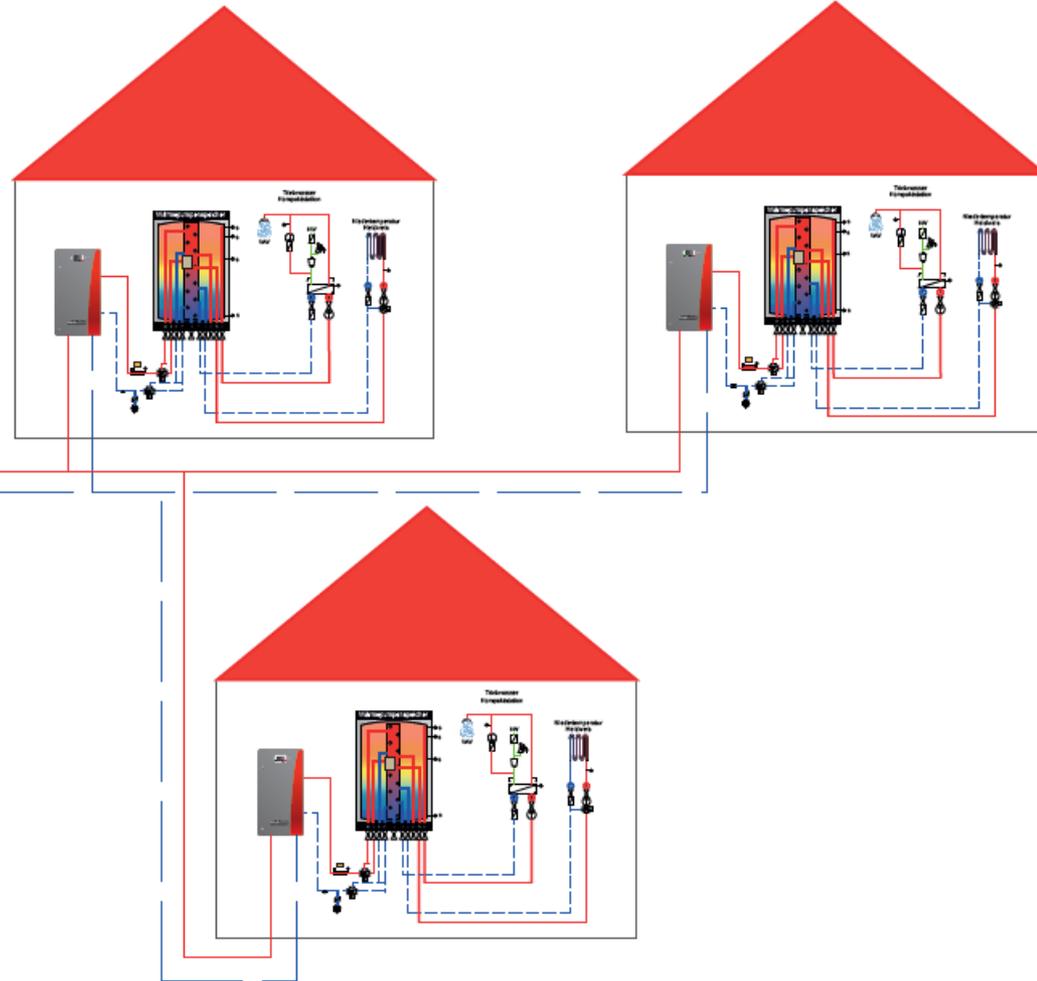


Wärme-Kälte-Kopplung

Beispiel Flüssigeis-Technologie



Abwärme Rechenzentrum: *Direkte Nutzung des Kühlkreislaufs*



**Verteilung via Nahwärme auf
dezentrale Wärmepumpen**

Herausforderung:

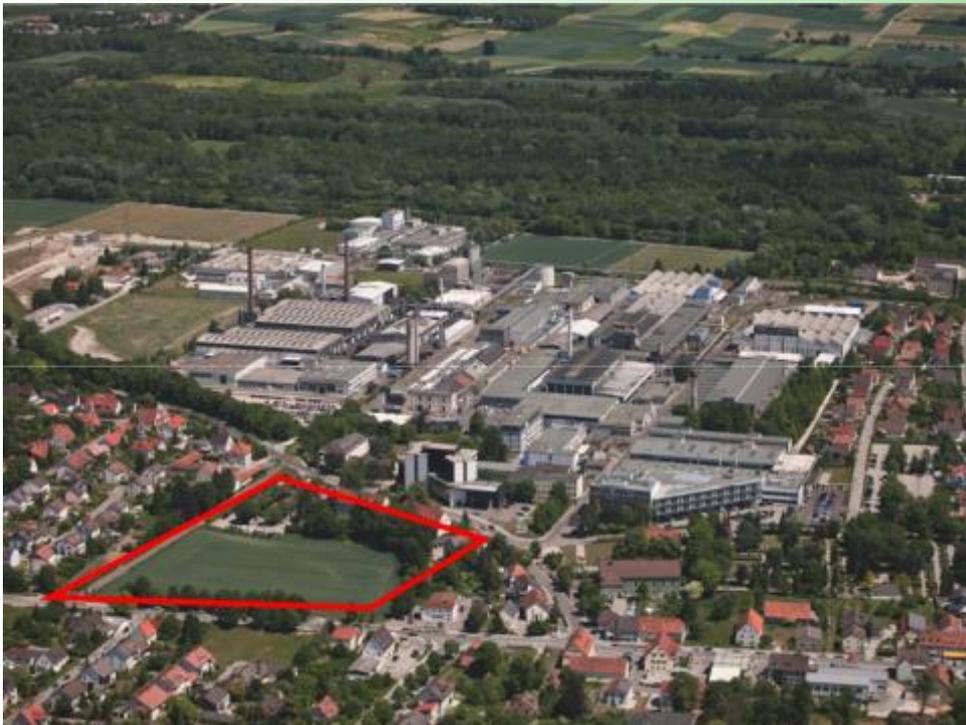
- Kühl-Backup nötig
- Sensitiver Bereich
der IT Infrastruktur



Einsatzbeispiel: Projekt Meitingen

Ausgangssituation:

- Industrielle Abwärme auf Niedertemperaturniveau bis zu 4,5 MW (bei 30° C)
- Erschließung angrenzendes Neubaugebiet

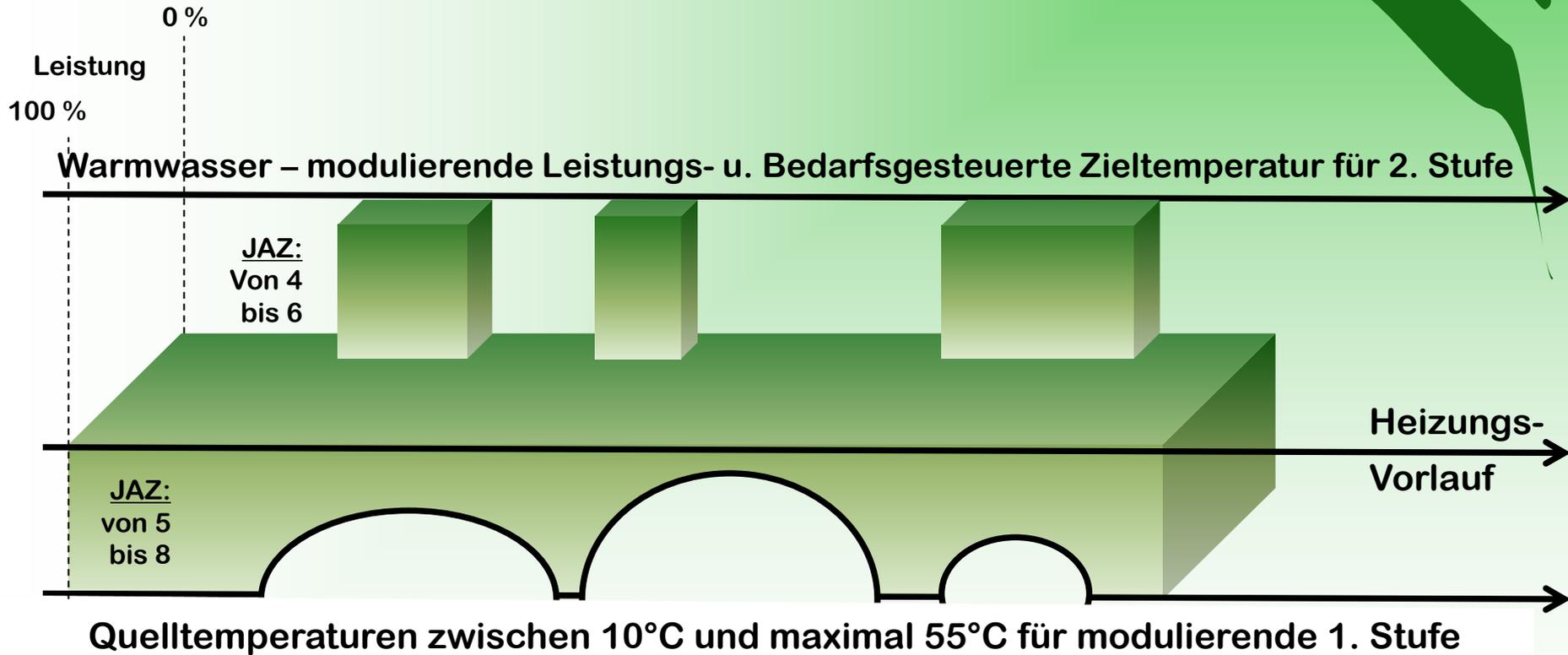


Aufgaben:

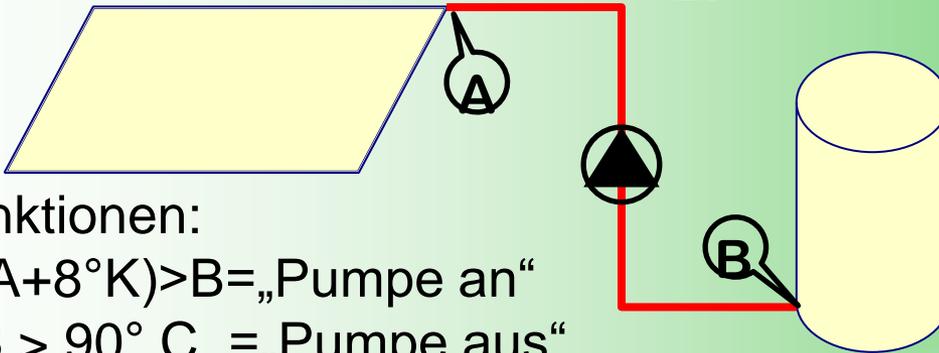
- Konzept Nahwärmeversorgung
- Machbarkeitsstudie
- Technische Komponentenauslegung
- Planungsunterstützung für weitere Umsetzungsschritte



Modulierendes, und 2-stufiges Wärmepumpensystem



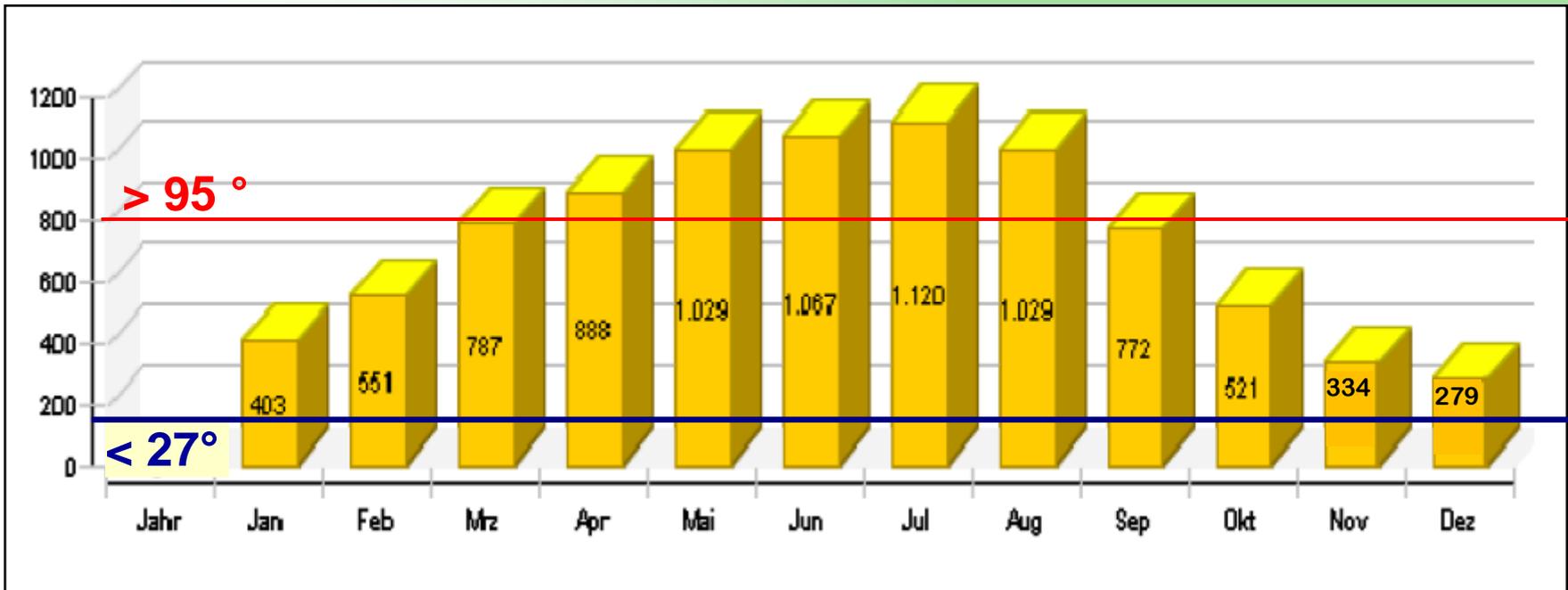
Über- und Unterschüssiger Solarertrag



Regelfunktionen:

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

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

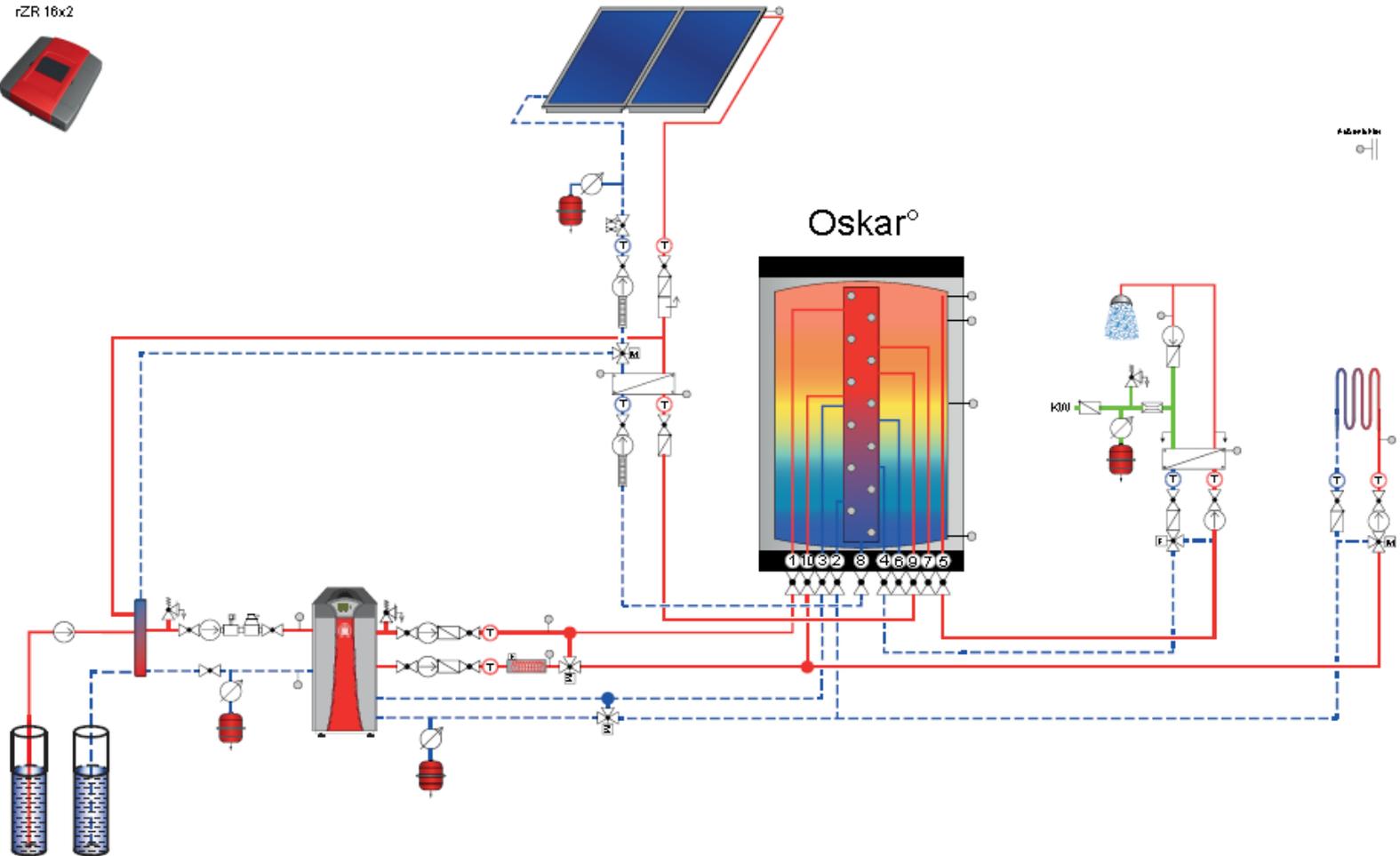


Oskar° - mit solarer Soleanhebung

*Technische Beratung
für Systemtechnik*

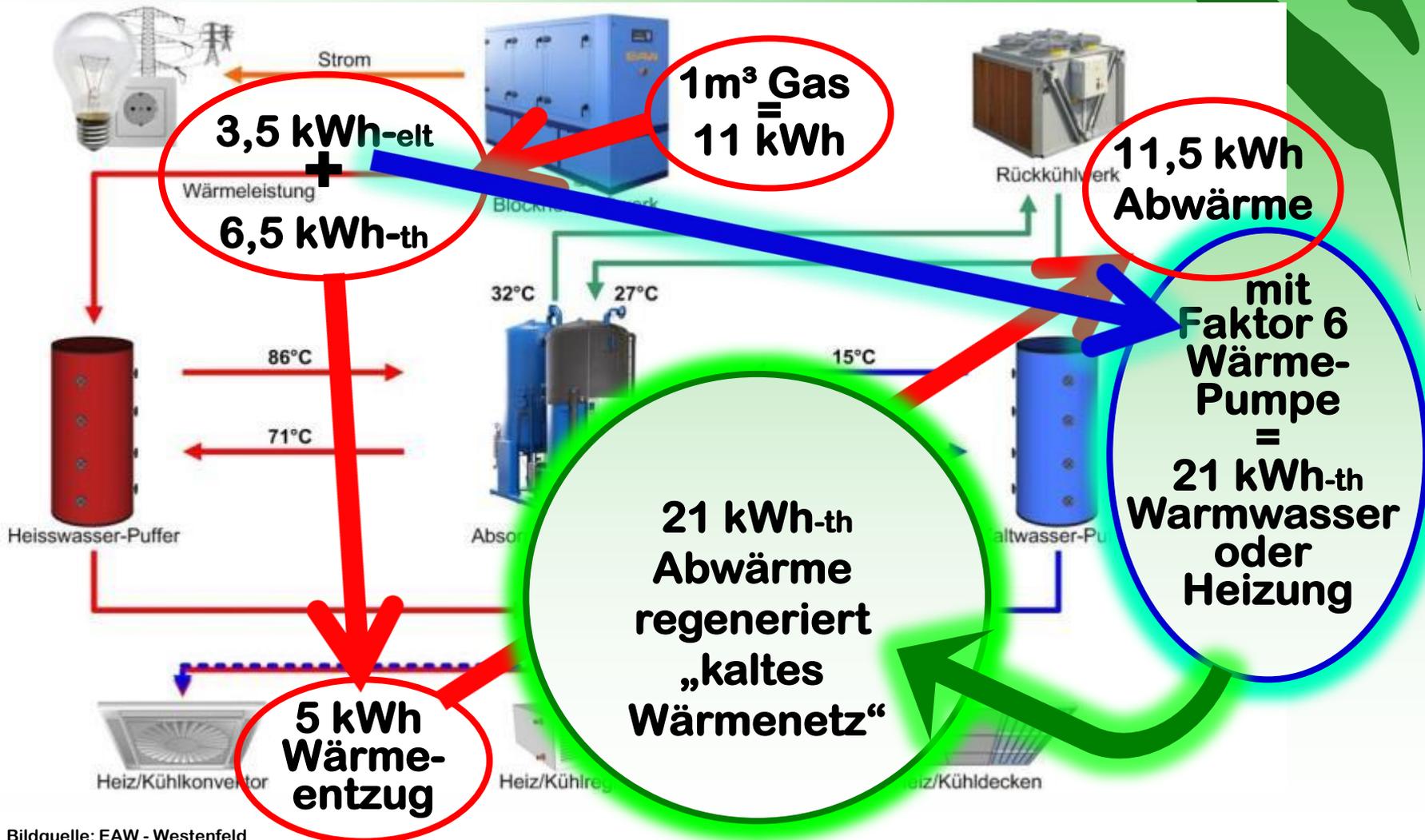


rZR 16x2





Anlagenprinzip Kraft-Wärme-Kälte-Abwärme-Kopplung





ungenutztes Potential: Gärrestelager

- Zentrale Herstellung von H₂ 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)



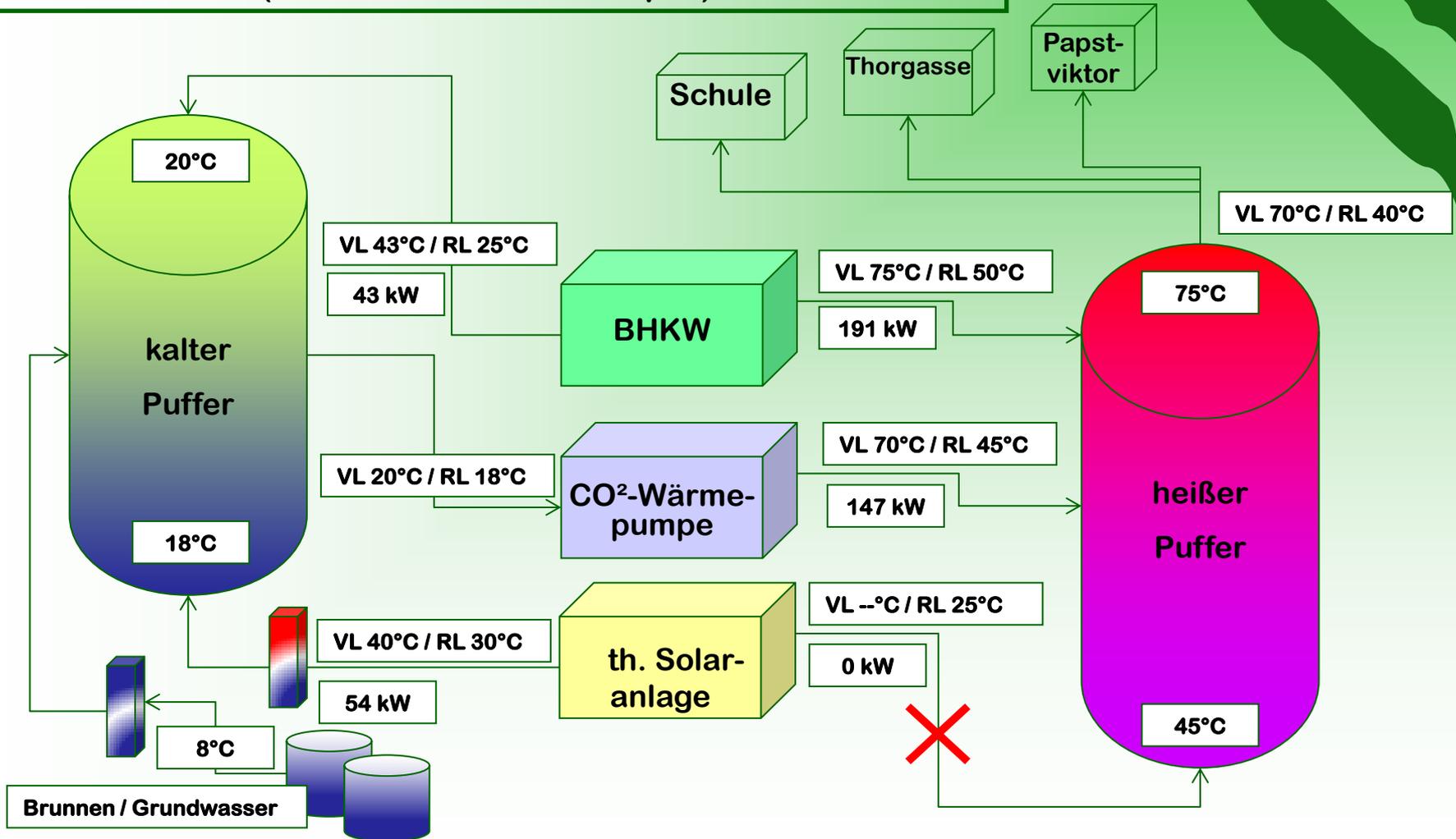
Referenz: erstes kaltes Netz in D

(Exkursion am 8. März 2016 in Dollnstein)



Ausgeführt als wechselwarmes Netz:

- Sommerbetrieb (1. Mai bis 31. Oktober): 30°C / 10°C
- Winterbetrieb (1. November bis 30. April): 70°C / 40°C





*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

web: www.bernd-felgentreff.de

Vielen Dank.

