Technische Beratung für Systemtechnik

Decarbonisierung bis 2045

Erfahrung aus Planung, Bau und Betrieb des Dollnsteiner Kalten, intelligenten Wärmenetzes

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

Technische Beratung für Systemtechnik

Technische Beratung für Systemtechnik

31 Jahre Erfahrung – in über 5000 Anwendungen

Seit 1990:

- Thermische und photoelektrische Solartechnik
- Holzheiztechnik
- Sensible Wärmespeicherung (kurz, mittel und saisonal)
- Latente Wärmespeicherung
- Polyvalente Wärmeversorgung

Seit 1994:

- Flächenheizungen (Fußboden, Decke, Wand)
- Wärmepumpen (Erde, Wasser, Luft)
- Gasmotor-Wärmepumpen

Seit 1998:

- Block-Heiz-Kraft
- Absorptionsmaschinen

Seit 2001:

- Pelletsheizungen
- Hackschnitzelheizungen
- Getreideheizungen
- Solare Soleanhebung

Seit 2015:

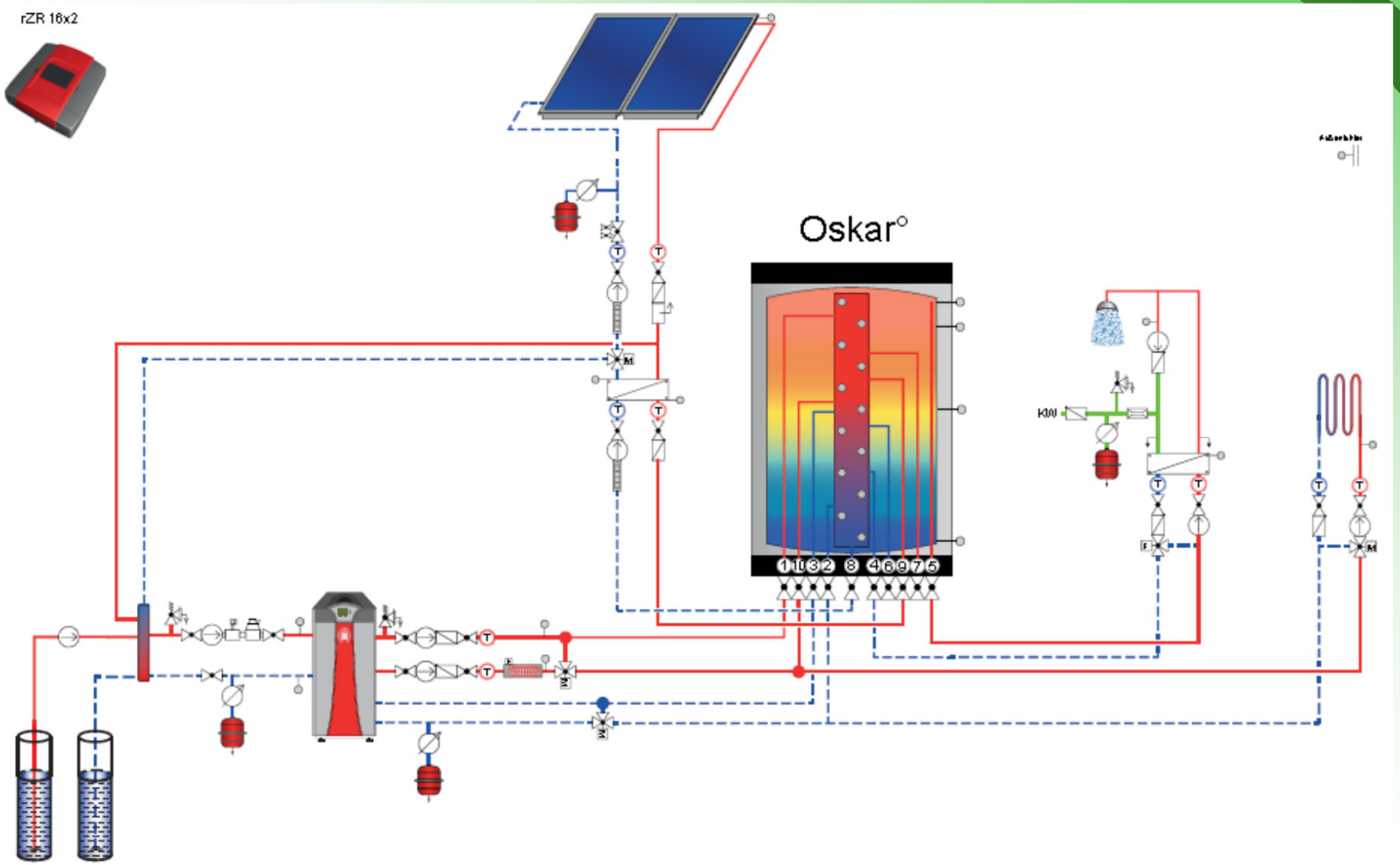
- Kalte, intelligente Wärmenetze
- Vakuum-Flüssigeis-Technologie
- Thermische Seewassernutzung
- Transformation konv. Wärmeversorgung
- Quartiersversorgung
- Wärme aus Kälte, Kälte aus Wärme

100% Decarbonisierung bis 2050 !

Oskar° -

mit solarer Soleanhebung

Technische Beratung für Systemtechnik

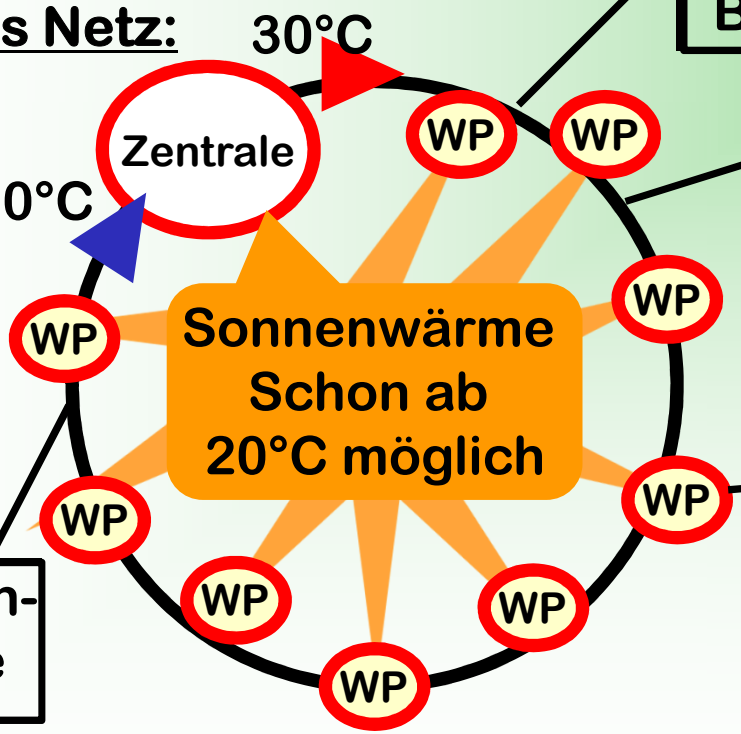


Technische Beratung für Systemtechnik

Kalte, intelligente Wärmenetze

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

Kaltes Netz:



Abwärme aus Kühlung, BHKW oder sonstigem

Brennwerteffekt aus Öl, Gas oder Pellets

Sonnen-wärme

ca. 790 kWh / m² / a

die Wärmepumpen benötigen:

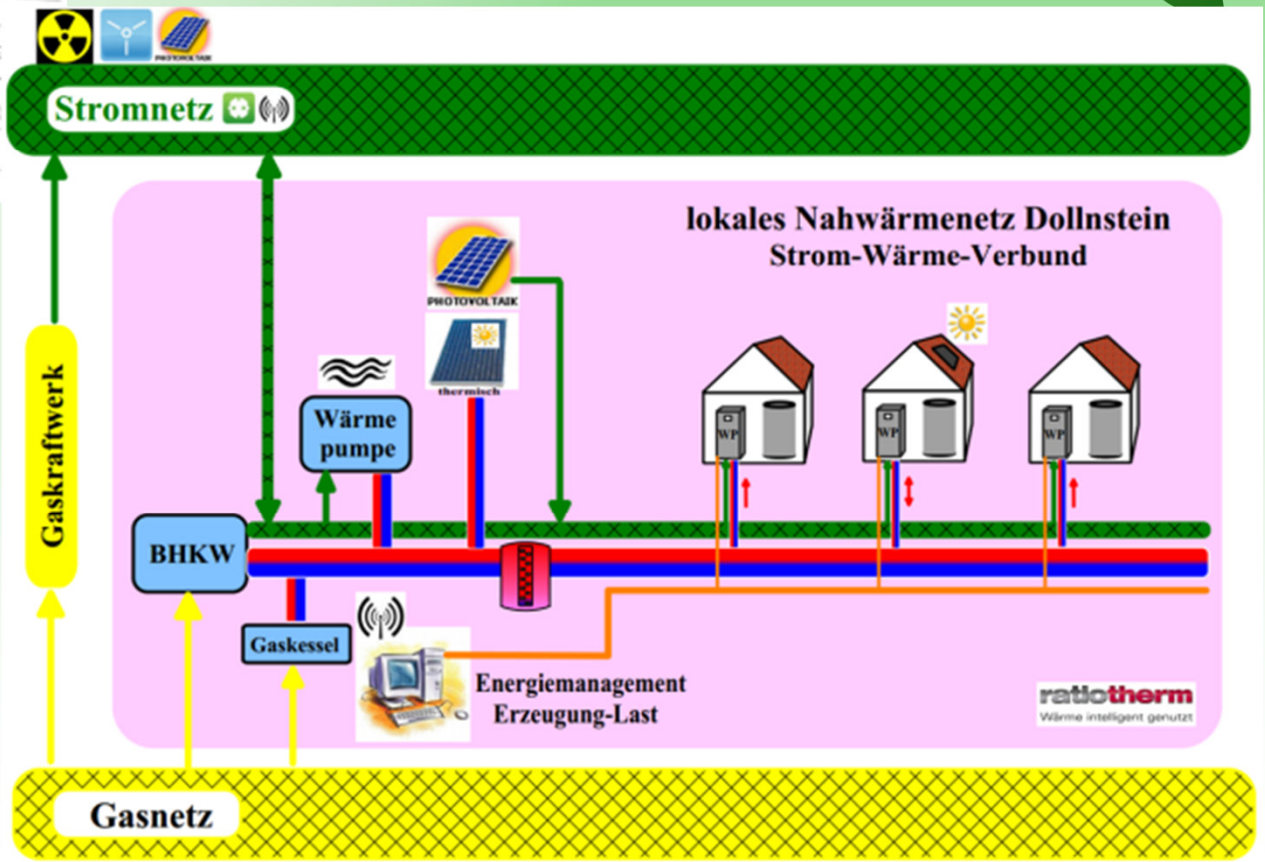
- keine separate Quelle
- sind wesentlich effizienter (SJAZ bis 6,5)
- heben die Temperatur nur auf den Bedarf

Nahwärmenetz Dollnstein gewinnt Bayrischen Energiepreis 2015

Technische Beratung für Systemtechnik

Netzparameter:

- 45 Anschlussteilnehmer
- 1.200 MWh/a Wärmebedarf (bei Vollbezug 1.750 MWh/a)
- 1.800 m Trassenlänge mit 666 kWh/(m a)
- ca. 4.400 h/a NT-Netzbetrieb mit 30/10°C; ca. 3.460 h/a 70/40°C; ca. 1.000 h/a 80/50°C



Technische Beratung für Systemtechnik

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**

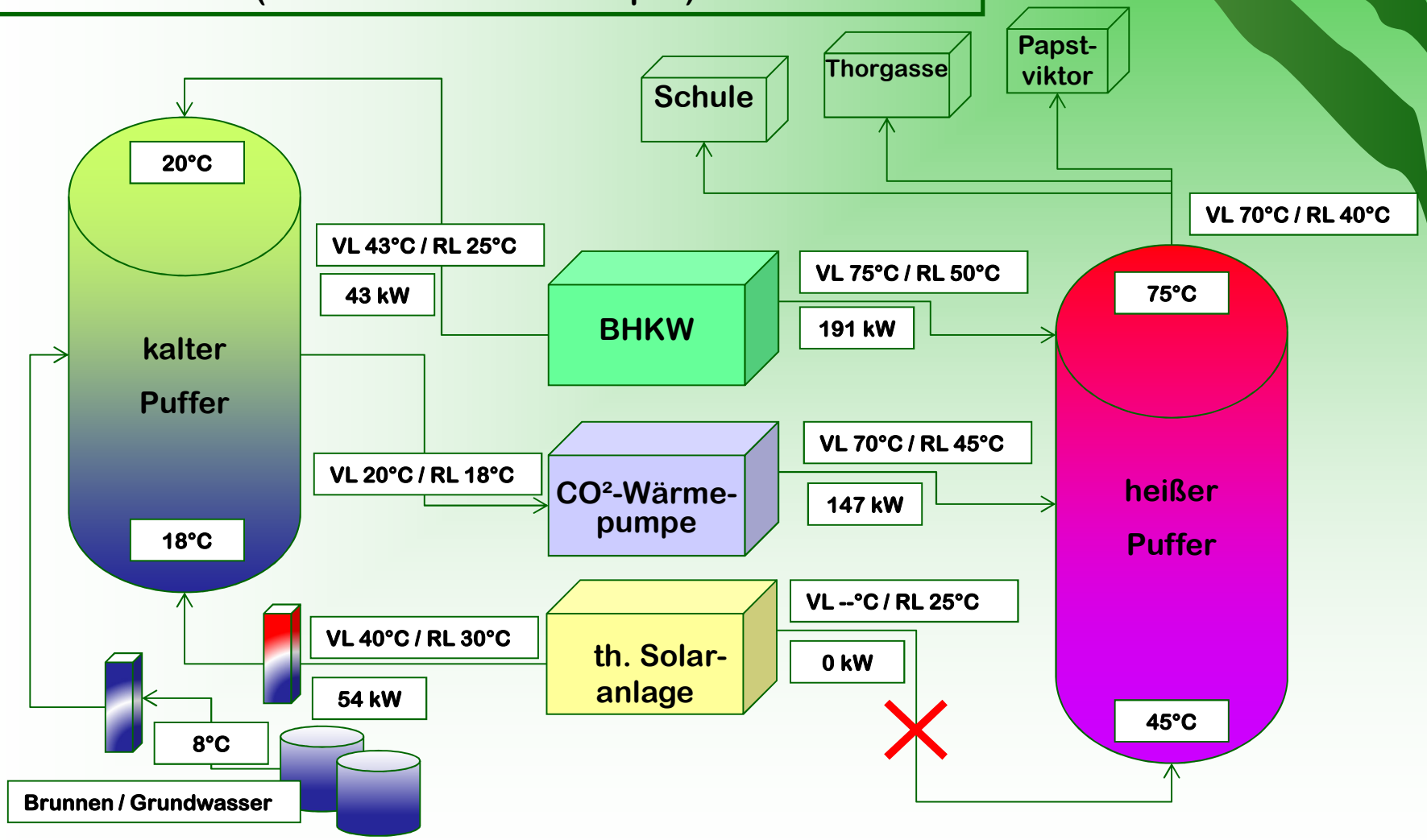
Referenz: erstes kaltes Netz in D

(Exkursion am 8. März 2016 in Dollnstein)

Technische Beratung für Systemtechnik

Ausgeführt als wechselwarmes Netz:

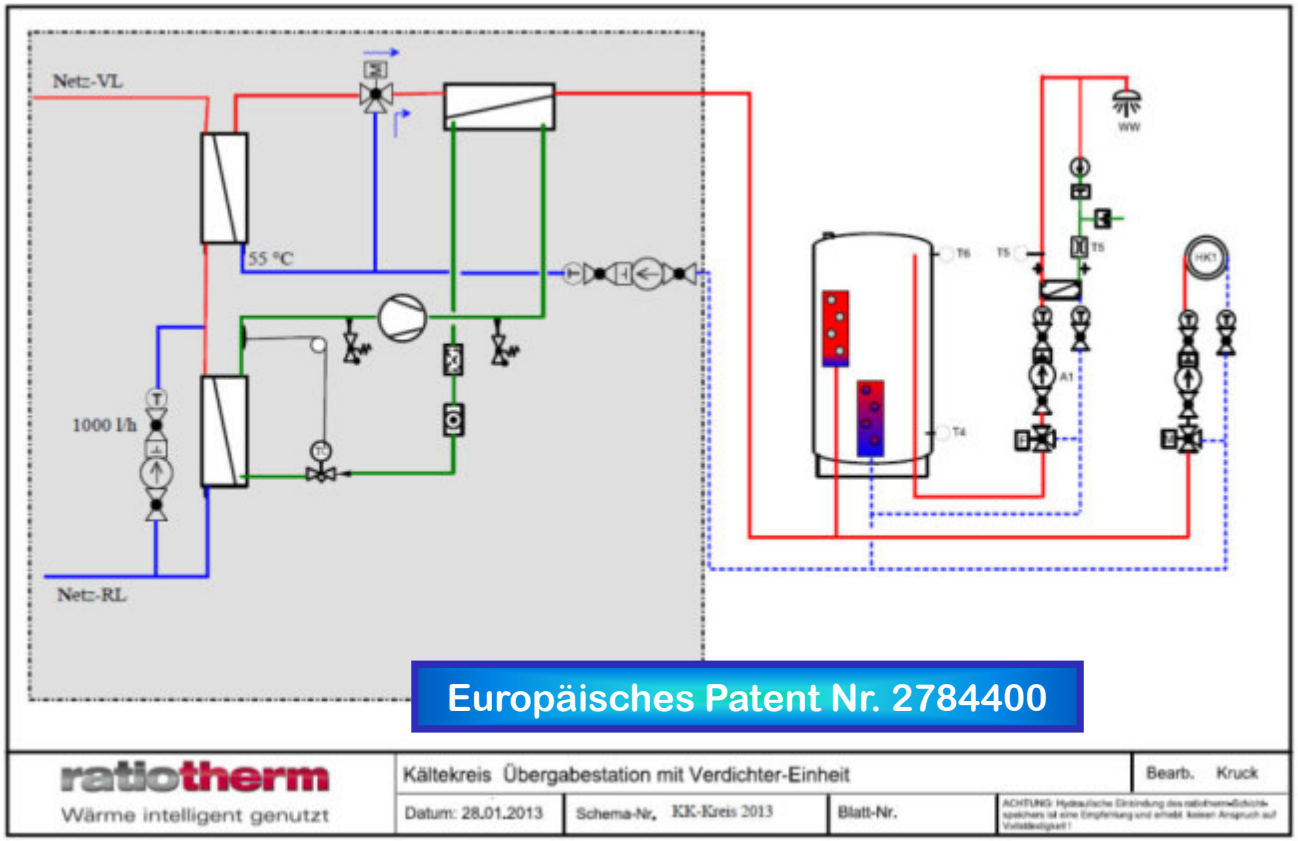
- Sommerbetrieb (1.Mai bis 31. Oktober): 30°C / 10°C
- Winterbetrieb (1. November bis 30. April): 70°C / 40°C



Technische Beratung für Systemtechnik

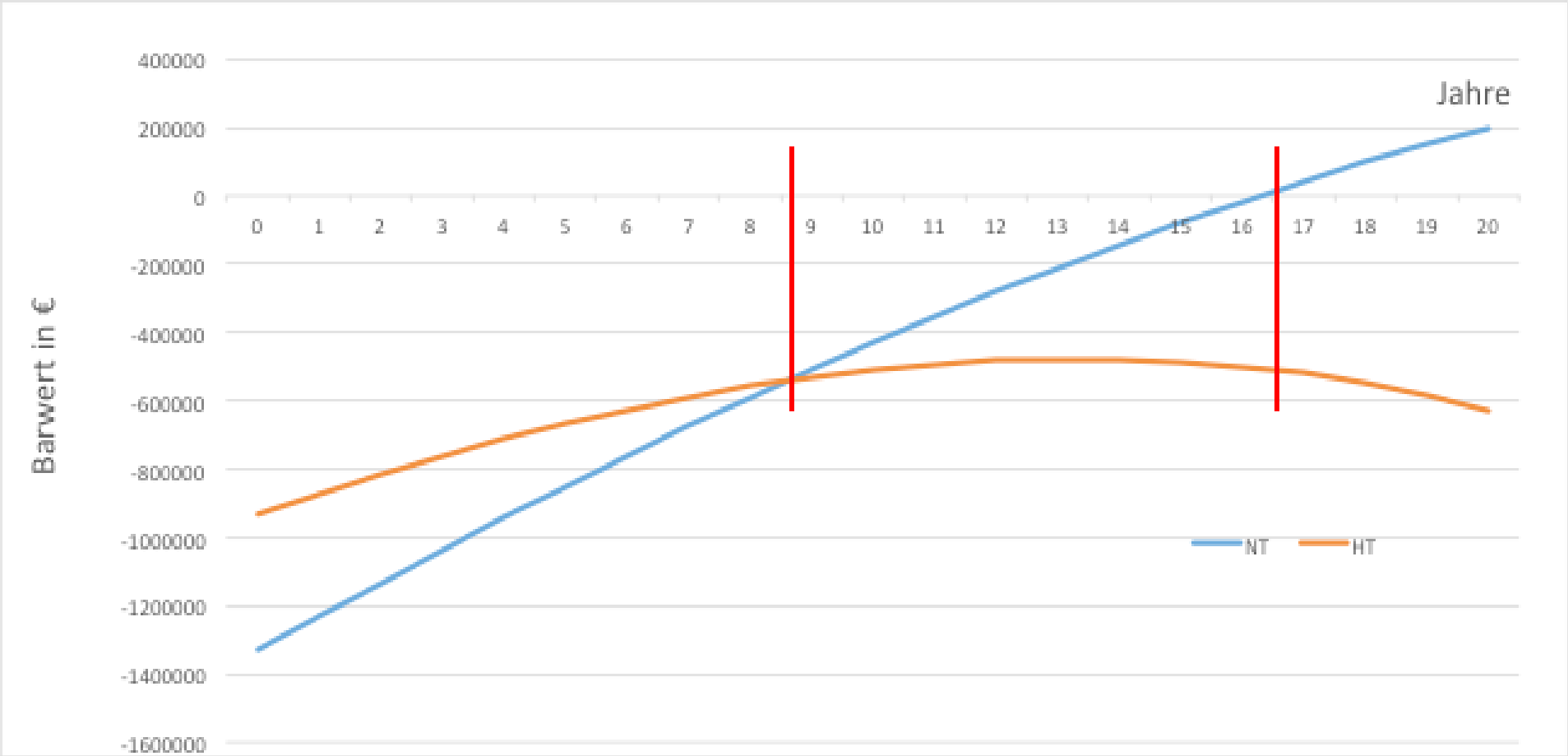
Übergabestation im kalten Netz

- für Kalte, intelligente Wärmenetze entwickelt
- auch für den wechselwarmen Betrieb nutzbar
- Prosumenten-Netzwerk fähig
- Wetterprognose geführte Meß-, Steuer- und Regeltechnik



Technische Beratung für Systemtechnik

Wirtschaftliche Betrachtung Dollnstein

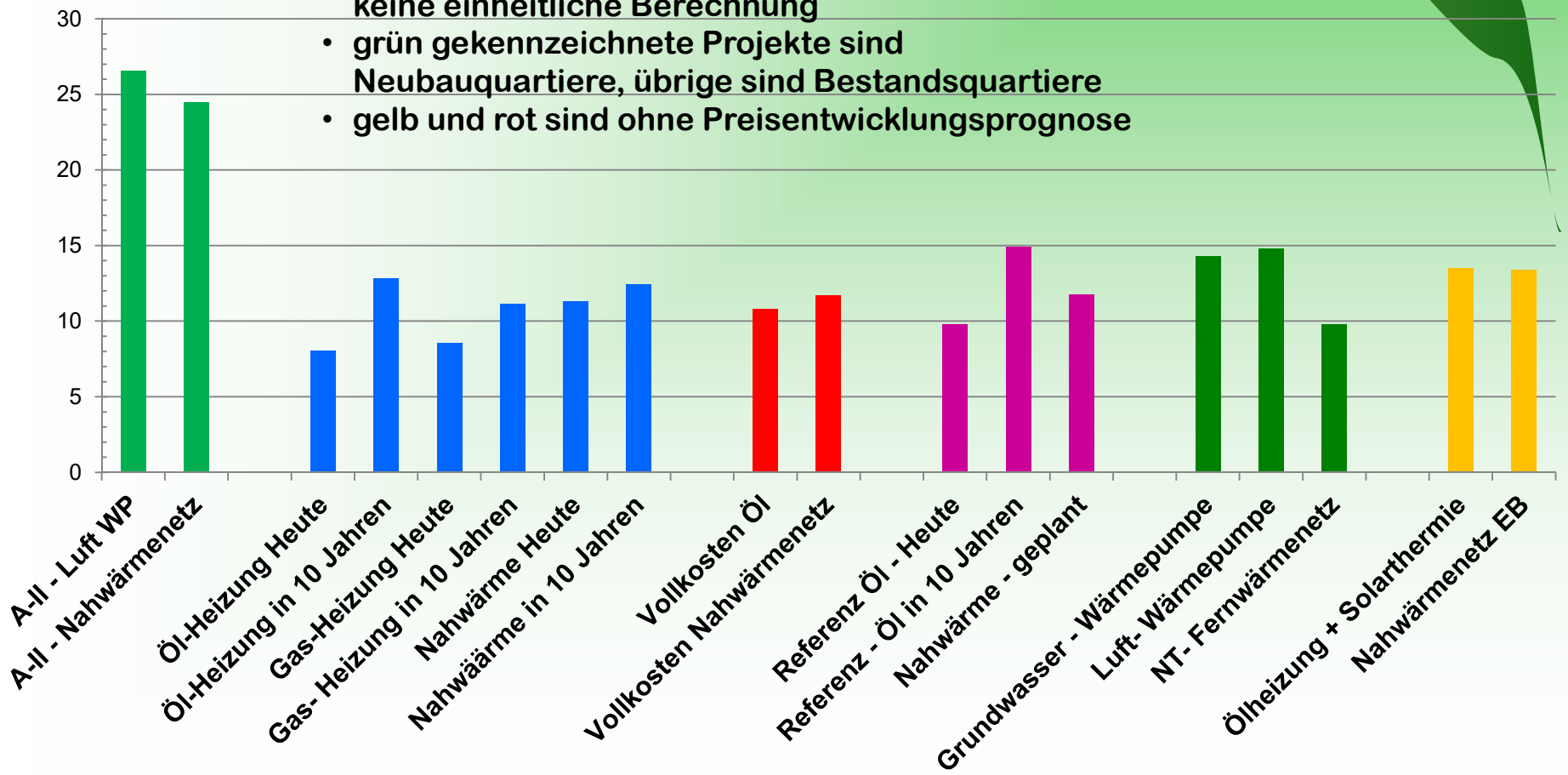


Technische Beratung für Systemtechnik

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



Technische Beratung für Systemtechnik

Situation und Lösung

Situation im typischen Stadthaus:

- Ringsherum Nachbarn oder Straße
- Kein Platz für:
  - Solartechnik
  - Erdwärmesonden
  - Pelletlager
- Energieeinsparung nicht durch Außendämmung möglich

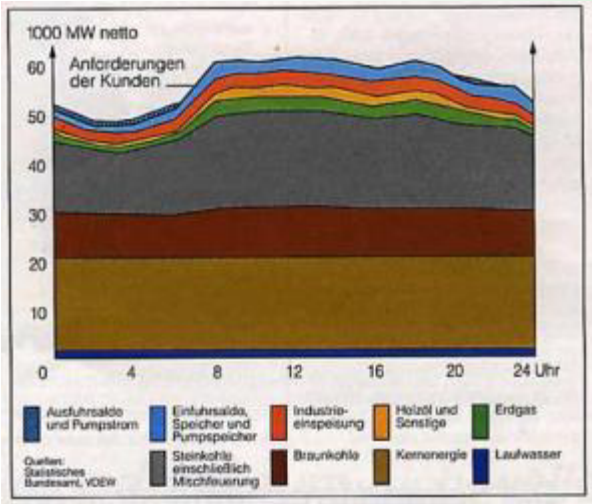
Der Lösungsansatz:

- Energieeinsparung durch moderne Reflexionsdämmung innen möglich
- Einbindung von Abwärmepotentialen
- Solartechnik von geeigneten Dächern
- Erdwärmesondenfelder von geeigneten Flächen
- Spitzenlasten aus Biomassen, wie Laub- oder Grünschnittpellets
- **…durch Kalte, intelligente Wärmenetze**

Warum hybride Wärmenetze?

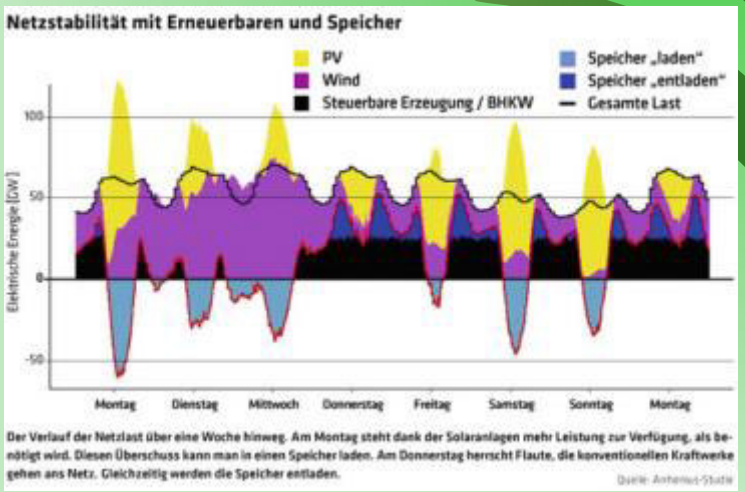
Technische Beratung für Systemtechnik

Stromerzeugung Gestern / bisher:



- Abwärme immer verfügbar
- hochtemparaturig (optimal)
- hohe Verluste (wenig relevant)
- erneuerbare Wärmequellen praktisch ungeeignet
- Abschaltung nicht möglich/ nicht nötig

Heute / zukünftig:



- Grundlast aus PV und Wind
- KWK nur noch Regelenergie
- Abwärme nicht ständig verfügbar
- Erneuerbare Wärmequellen zwingend erforderlich
- Optimierung / Abschaltung nötig u. möglich

Fazit / Konsequenzen:

- Wärmenetze müssen für erneuerbare Wärmeträger offen sein
- Wärmenetze müssen viel Kälter, viel intelligenter und abschaltbar sein
- Kalte, intelligente Wärmenetze machen niedertemperaturige Abwärmequellen nutzbar (größtes ungenutztes Potential in Deutschland!)

Soll & Haben

Technische Beratung für Systemtechnik

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)

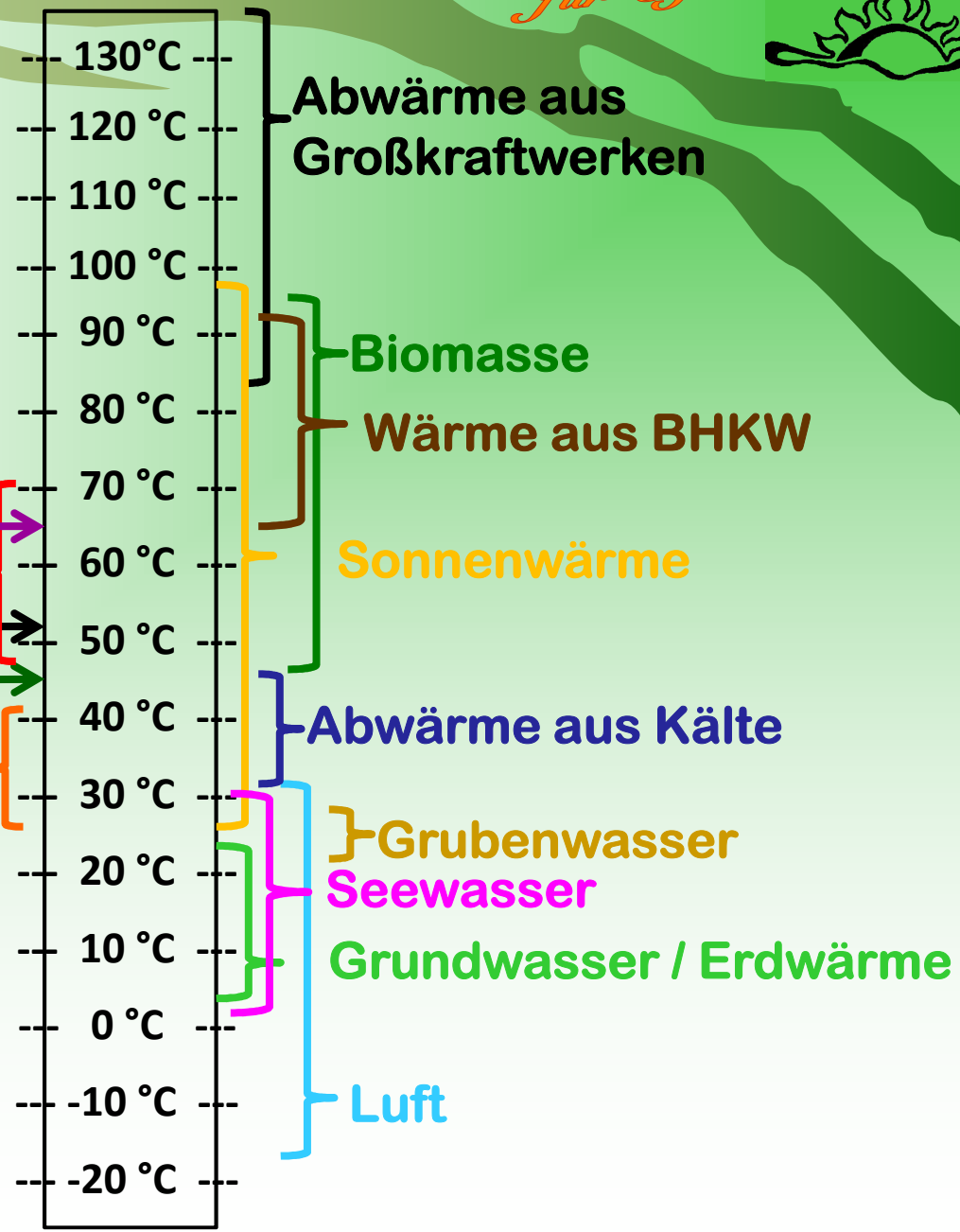
Brennwerteffekt

Vorlauf Flächenheizung

Temperaturanhebung
von nieder-
temperaturigen
Wärmequellen
über Wärmepumpen-
Technologie
erforderlich

Hinweis / Faustformel:

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



Technische Beratung für Systemtechnik

Mögliche Potentiale

zur Nutzung in Kalten, intelligenten Wärmenetzen

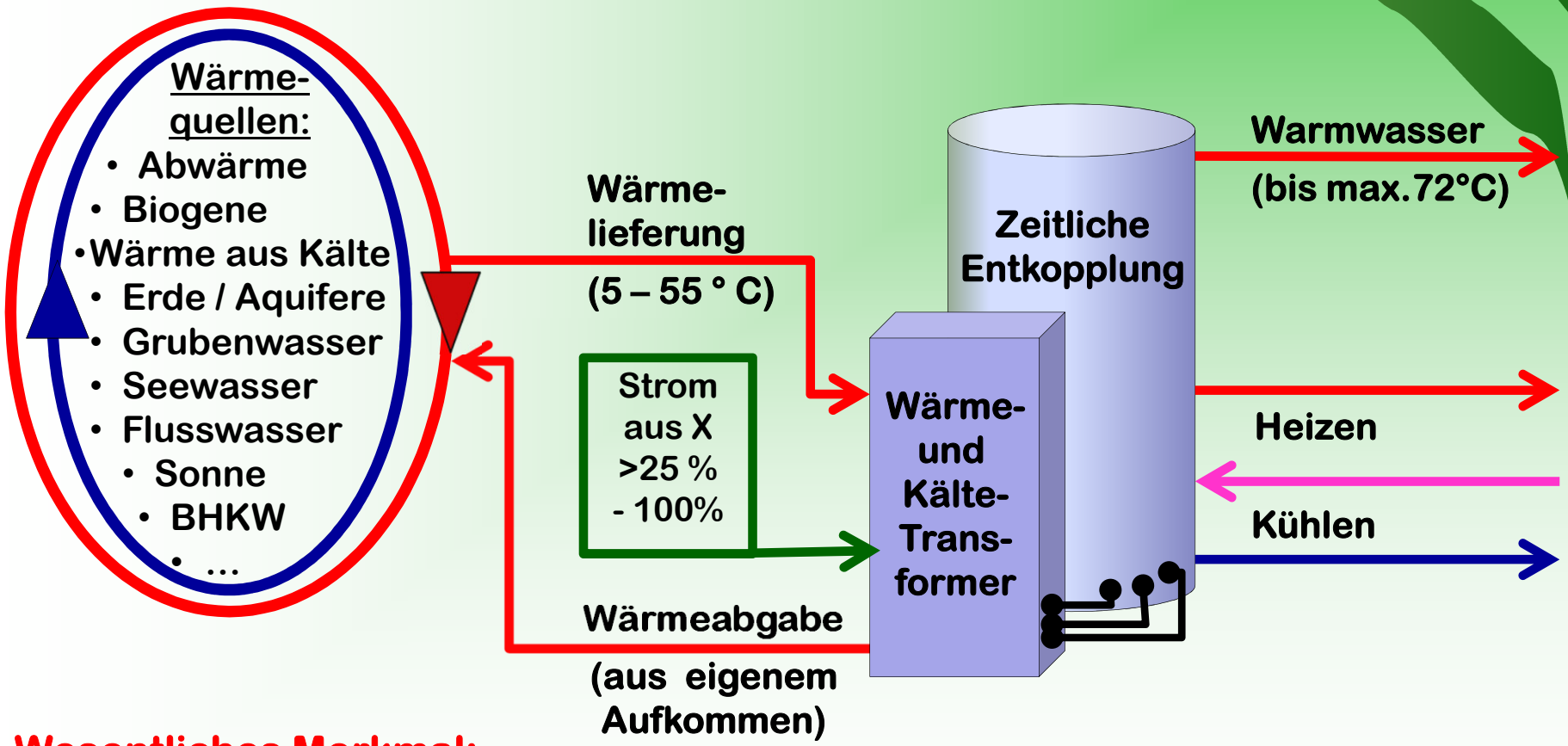
	Energiequelle	Bemerkungen
○	Abwärme aus Industrieprozessen	< 60°C bisher nicht genutzt
○	Abwärme aus Kühlung / Rückkühlung	93% bisher nicht genutzt
○	Sonnenwärme	bis zu 400% pro m² zur PV ; 200% besser als im EFH
○	thermische Grundwassernutzung ☀	In „heißen Wärmenetzen“ nicht nutzbar
○	Erdwärme ☀	
○	thermische Seewasser- / Grubenwassernutzung ☀	
○	Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung	alle Arten nutzbar
○	Wärmeauskopplung aus Biogas	auch mit längeren Wegen
○	Wärmenutzung aus Biomasse (Grünschnittpellets)	vor allem als Spitzenlast

☀ Auch als Langzeitspeicher nutzbar

Technische Beratung für Systemtechnik

ratiotherm

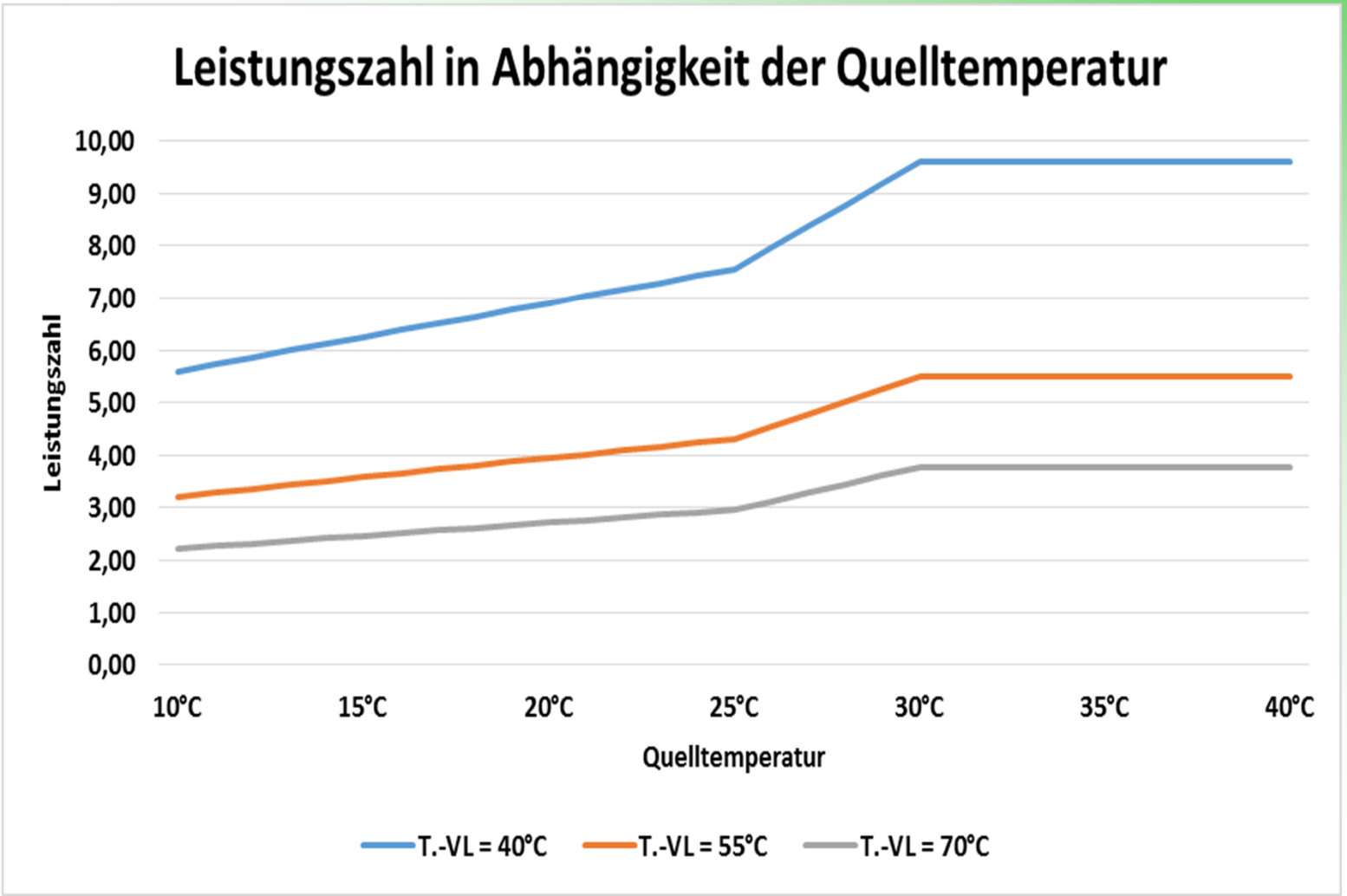
Wärme-Energietransformer



Wesentliches Merkmal:

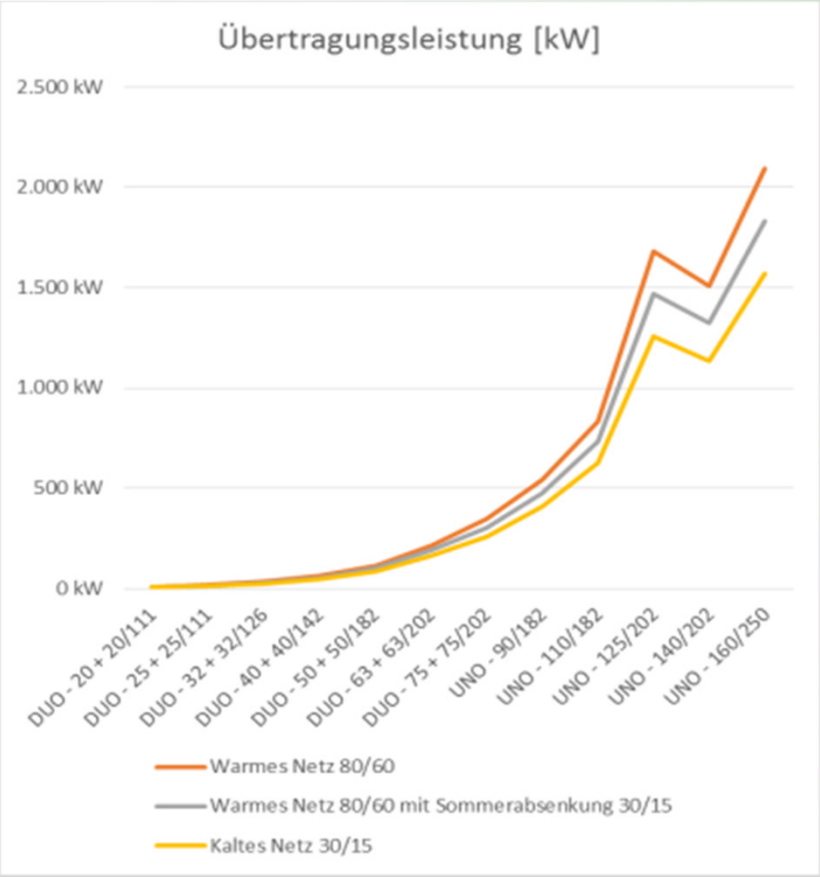
Die Quelle kann diskontinuierlich in Zeit und Temperatur zur Verfügung stehen

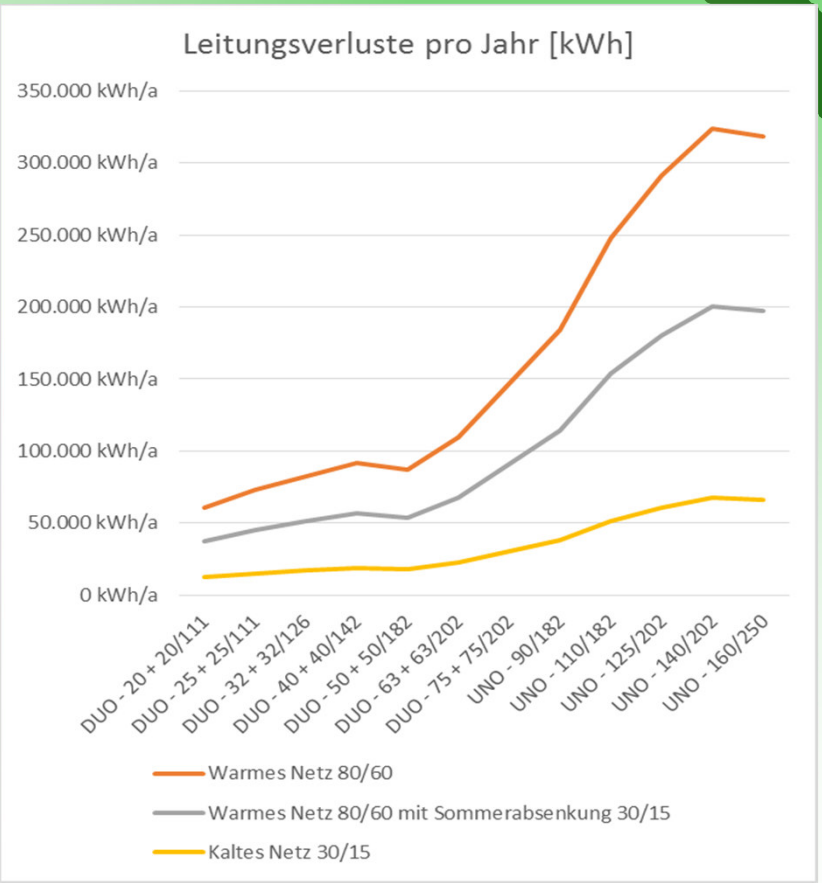
Wärmepumpe WP Max-HiQ



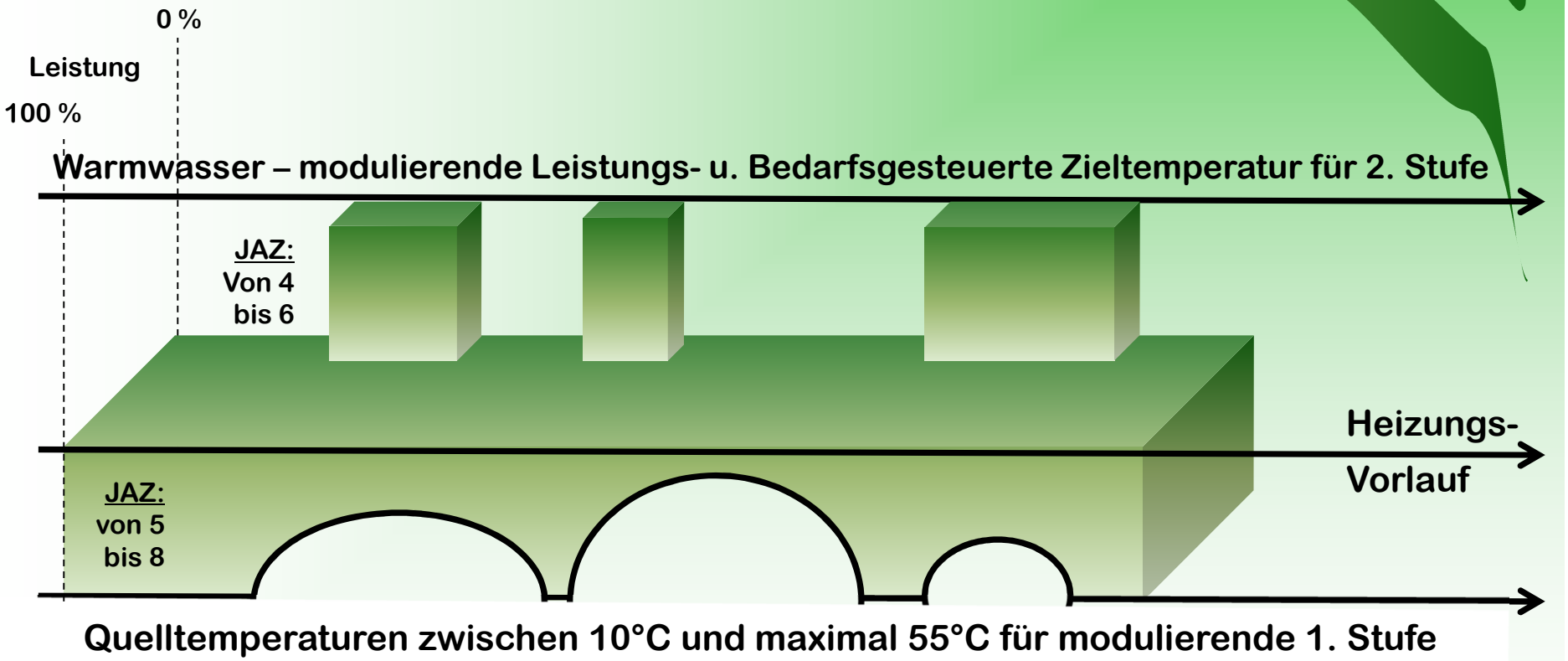
Unterschiedliche Wärmenetze

Relation der übertragenen Leistung zu den Leistungsverlusten pro 1000 m





Modulierendes, und 2-stufiges Wärmepumpensystem



Technische Beratung für Systemtechnik

Übersicht Wärmenetze

Wärmenetz		typische Temperaturen		Betriebsweise	Medium	Rohrsystem
Typ	Untergruppe	Vorlauf	Rücklauf			
Kühlung	Eisnetz	-1°C - 0°C	12°C	Ganzjährig, bedarfsgerecht	Flüssigeis	konentionell, isoliert
	Kältenetz	6°C	12°C	Ganzjährig, bedarfsgerecht	Wasser	konentionell, 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	konentionell, isoliert
konventionelle Wärmenetze	niedertemperaturige Wärmenetze	Sommer: 70°C; Winter: 90°C	Sommer: 50°C; Winter: 70°C	Ganzjährig, nicht abschaltbar	aufbereitetes Wasser	konentionell, isoliert
	hochtemperturige Wärmenetze	Sommer: 90°C; Winter: 130°C	Sommer: 70°C; Winter: 90°C	Ganzjährig, nicht abschaltbar	aufbereitetes Wasser	konentionell, isoliert, hochdruck-beständig (15bar)

Technische Beratung für Systemtechnik

Quellnetze

Einsatzgebiet	kalte, intelligente Wärmenetze
typisches Temperaturniveau	Vorlauf: 6°C - 25°C Rücklauf: 3°C - 6°C
Betriebsweise	Ganzjährig, abhängig vom Temperaturniveau der Quelle
Medium	See- oder Flußwasser (alt. Sole)
Rohrsystem	Kunststoff, ohne Isolation
Anwendung	kleinere Netze von Oberflächengewässern (Seen, Flüsse), Grubenwasser und Abwasser; sowie mit Wärmeübertrager und Sole: Erdsonden, Erdkollektor oder Brunnenwasser
Vorteile	kleinere Projekte mit kurzen Wegen (der Wärmeweg selbst gehört zur Wärmequelle) und, oder oder mit hohem sommerlichem Kühlbedarf
technische Besonderheit	bei jedem Anrainer wird eine Wärmepumpe benötigt, die durch die Wärmequelle kosten-günstiger arbeitet als z.Bsp. Luftwärmepumpen; sehr gut geeignet zum heizen und kühlen
ökonomische Besonderheit	mit besserem Nutzen als Erdwärmepumpen durch ganzjährig kontinuierlichere Quell-temperaturen. Zudem entfallen die aufwendigen Bohrungen für die einzelnen Erdsonden.
ökologische Besonderheit	durch bessere Leistungszahl bessere Ökobilanz
soziologische Besonderheit	Chance zur ökonomischen Decarbonisierung von kleinen Ortschaften oder Siedlungen an Flüssen und Seen; Interessant für eine Betriebsführung als Energiegenossenschaft
Zukunftsfähigkeit	fähig, auf bis zu 100% Erneuerbare Energien transformiert zu werden
Referenz	Lott in Achern (in Planung / Umsetzung) --> Flusswasser
	Schlier (in Umsetzung) --> Erdsonden
	Weißenburg (in Planung) --> Reinwasser aus Kläranlage
	weitere im frühen Stadium…

Abwärme-Wärmenetz, niedertemperaturig

Technische Beratung für Systemtechnik

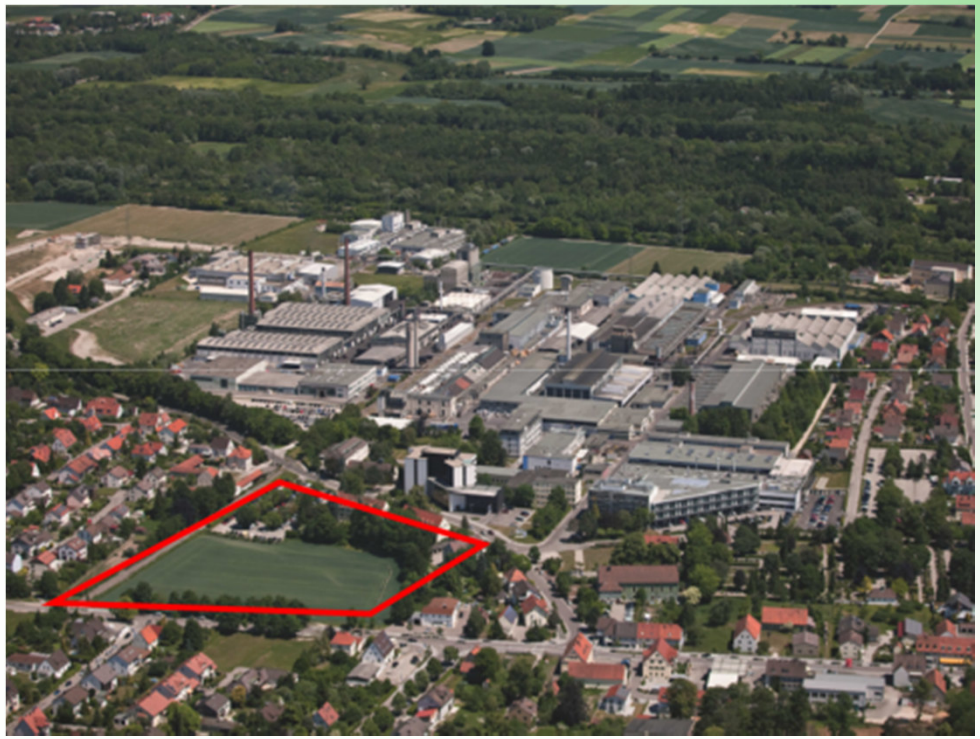
Einsatzgebiet	kalte, intelligente Wärmenetze
typisches Temperaturniveau	Vorlauf: 25°C - 45°C Rücklauf: 10°C - 20°C
Betriebsweise	Ganzjährig, Temperaturführung abhängig von der Abwärmequelle
Medium	aufbereitetes Wasser
Rohrsystem	Kunststoff möglich, isoliert
Anwendung	Neubauquartiere als Anrainer von niedertemperaturiger Abwärme
Vorteile	besonders Wirtschaftlich und zukunftsfähig, nahezu CO^2-Emissions frei
technische Besonderheit	die beim Anrainer benötigte Wärmepumpe arbeitet wesentlich effektiver mit deutlich besseren Leistungszahlen als kalte Quellen
ökonomische Besonderheit	Nutzung bisher nicht genutzter Potentiale mit weitgehender Unabhänigkeit von Energieimporten
ökologische Besonderheit	besonders gute Ökobilanz durch Nachnutzung von sonst kaum nutzbarer Abwärme
soziologische Besonderheit	Sektorübergreifend zwischen Industrie und Kommune
Zukunftsfähigkeit	hohe Nachhaltigkeit
Referenz	Meitingen
	Kerpen Horrem (in Planung) --> Grubenwasser Braunkohle-Tagebau

Technische Beratung für Systemtechnik

Einsatzbeispiel: Projekt Meitingen

Ausgangssituation:

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



Aufgaben:

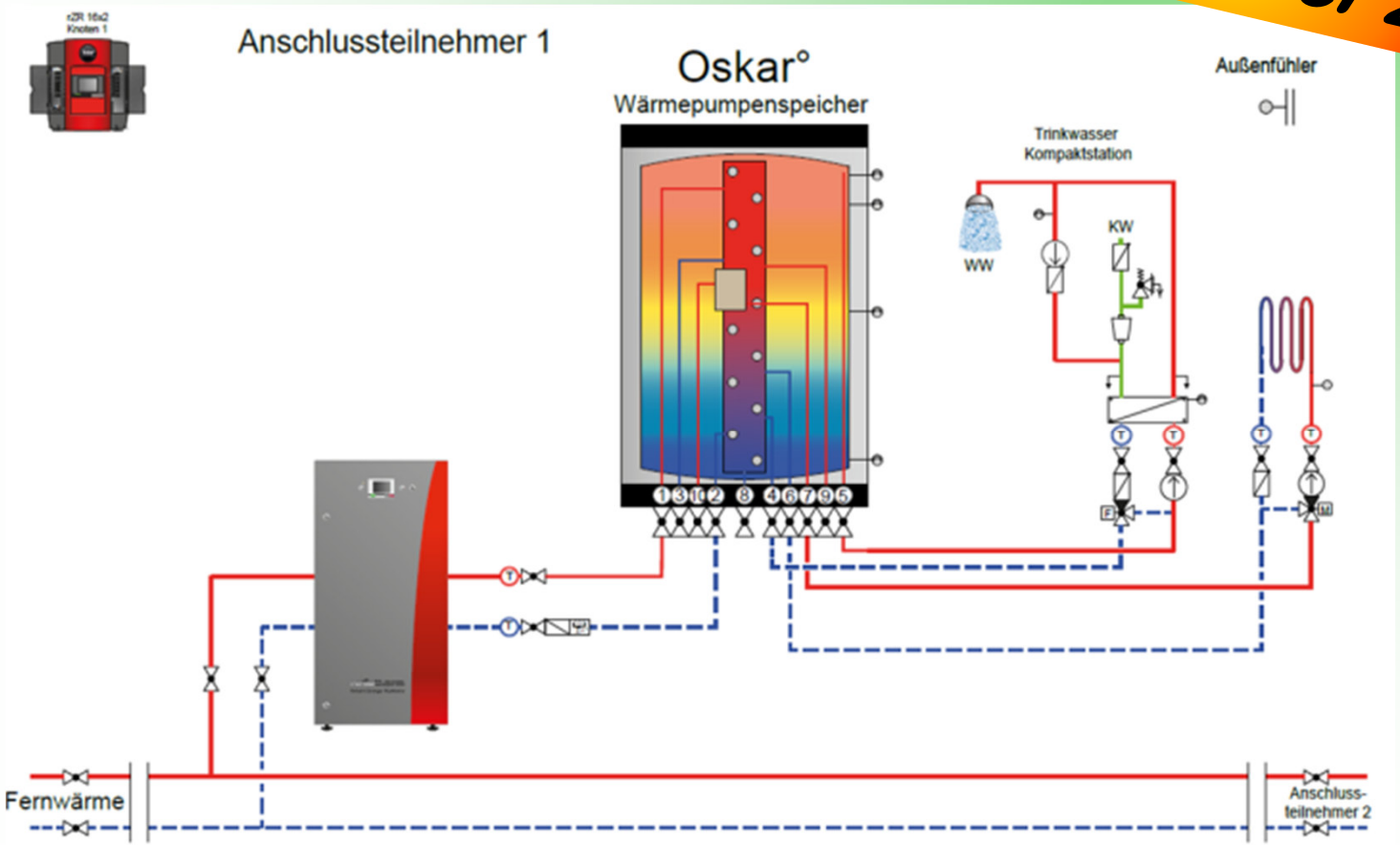
- **Konzept Nahwärmeversorgung**
- **Machbarkeitsstudie**
- **Technische Komponentenauslegung**
- **Planungsunterstützung für weitere Umsetzungsschritte**

Meitingen

Technische Beratung für Systemtechnik

Kombination von Wärmepumpe und Übergabestation

Exkursion am: 18. November 2021



Technische Beratung für Systemtechnik

Wechselwarmes Wärmenetz

Einsatzgebiet	kalte, intelligente Wärmenetze
typisches Temperaturniveau	Sommer: VL: 25°C - RL: 10°C Winter: VL: 45°C - RL: 25°C
Betriebsweise	gleitende Fahrweise, bedarfsgerecht und zieltemperatur gesteuert
Medium	aufbereitetes Wasser
Rohrsystem	Kunststoff möglich, isoliert
Anwendung	Neubauquartiere mit hohem Anteil Erneuerbarer Energieträger
Vorteile	universell versorgbares Konzept mit hohem Nutzen und Zukunftssicherheit; Das Netz selbst kann zur Aufnahme von Regelenergie und als Puffer genutzt werden
technische Besonderheit	die beim Anrainer benötigte Wärmepumpe muss nur die Temperatur auf das Niveau für die Warmwasserbereitung heben; sehr effektive Wärmeversorgung mit Leistungszahlen der Wärmepumpe bis zu dem Faktor 7. Vorteil bei z.B. MFH- oder Gewerbe-Quartieren o.ä. ist die Platzverschiebung, da die großen Heizlasten zentral gedeckt werden können und die WW-Versorgung mit kleinen WP oder Wohnungsstationen oder Durchlauferhitzern platzsparend je Gebäude abgewickelt werden können, gleichzeitig aber die Netzverluste eingespart werden.
ökonomische Besonderheit	günstige Lösung zur energetischen Transformation der Energieversorgung gegenüber der Einzel-hausversorgung; sehr vielfältige Nutzung von Synergien (ungenutzte Potentiale des Ortes)
ökologische Besonderheit	Nutzung von Erneuerbarer Energie außerhalb des eigenen Grundstückes (Scheune am Ortsrand)
soziologische Besonderheit	Sektorübergreifend zwischen Industrie, Gewerbe, Kommune und Bürgerschaft; Besonders geeignet für die Betriebsführung über eine Energiegenossenschaft
Zukunftsfähigkeit	langfristige Versorgungssicherheit gegenüber Klimawandel, Energieimporten und dynamischer Gesetze
Referenz	Haßfurt
	Flehingen, Erweiterung im Bau
	Kerpen, Vinger Weg (z.Z. im Probebetrieb)
	Bedburg Kaster (in Planung / Umsetzung) --> Abwasser-Wärmetauscher

Technische Beratung für Systemtechnik

Einsatzbeispiel: Projekt Haßfurt

Aufgaben:

- **Konzept Nahwärmeversorgung („Kalt“)**
- **Ausführungsempfehlung Hydraulik und Komponenten**
- **Planung und Auslegung Hydraulik und Komponenten**
- **Planung Regelkonzept**
- **Begleitendes Energiemanagement (laufende Optimierung)**

Technische Beratung für Systemtechnik

Umschaltbares Wärmenetz

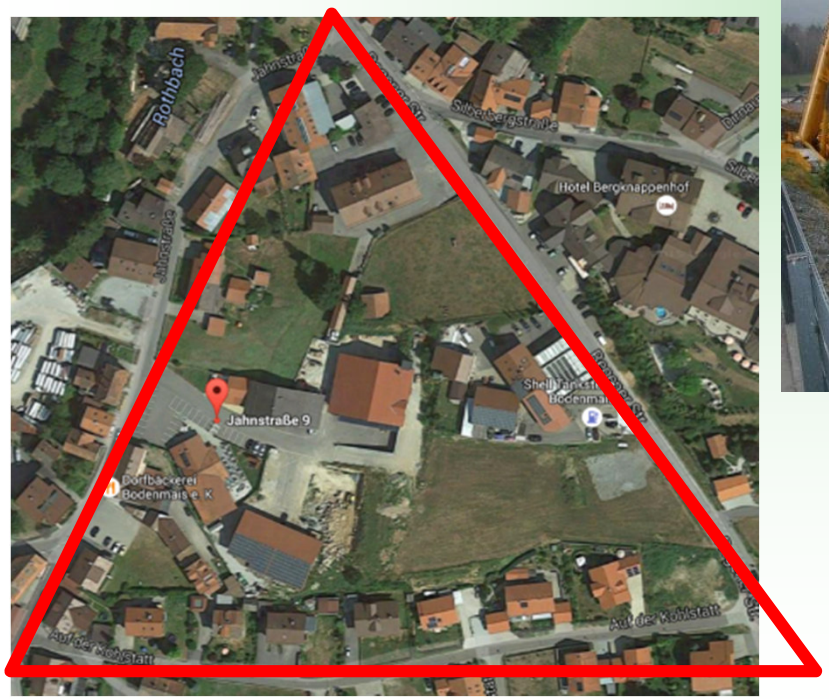
Einsatzgebiet	kalte, intelligente Wärmenetze
typisches Temperaturniveau	Sommer: VL: 30°C - RL: 10-15°C Winter: VL: 70°C - RL: 30-40°C
Betriebsweise	Sommer-Winter Umschaltung
Medium	aufbereitetes Wasser
Rohrsystem	Kunststoff auch möglich, sonst konventionell, immer isoliert
Anwendung	zu sanierende Bestandsquartiere und, oder oder Wärmenetze mit hochexergetischen Spitzenlasten (z.Bsp.: Hackschnitzel)
Vorteile	entwickelt zur Transformation konventioneller Wärmenetze oder der Umstellung von Quartieren mit Einzelheizungen auf eine decarbonisierte und ökonomische Wärmeversorgung
technische Besonderheit	die in der Übergabestation enthaltene Wärmepumpe hebt im Bearfsfall die Teperaturen auf das Soll und macht damit das Wärmenetz prosumenten-fähig, zum "Mitmachnetz". Wichtig: Bindung des Netzes an "schlechtesten" Abnehmer entfällt durch den Bivalenzbetrieb mit der Wärmepumpe
ökonomische Besonderheit	günstige Lösung zur energetischen Transformation der Energieversorgung gegenüber der Einzelhausversorgung; sehr vielfältige Nutzung von Synergien (ungenutzte Potentiale des Ortes)
ökologische Besonderheit	Nutzung von Erneuerbarer Energie außerhalb des eigenen Grundstückes (Scheune oder Biogasanlage am Ortsrand)
soziologische Besonderheit	Sektorübergreifend zwischen Industrie, Gewerbe, Kommune und Bürgerschaft; Besonders geeignet für die Betriebsführung über eine Energiegenossenschaft
Zukunftsfähigkeit	besondere Chance für den Gebäudebestand, ökologisch und ökonomsch den technologischen Wandel aus der fossilen Energieversorgung zu organisieren
Referenz	Dollnstein
	St.Georg-Leipzig (in Bau)

Technische Beratung für Systemtechnik

Einsatzbeispiel: Projekt Bodenmais

Aufgaben:

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



Technische Beratung für Systemtechnik

Kältenetze mit Flüssigeis

Einsatzgebiet	Kühlung
typisches Temperaturniveau	Vorlauf: -1°C - 0°C Rücklauf: 12°C
Betriebsweise	Ganzjährig, bedarfsgerecht
Medium	Flüssigeis
Rohrsystem	konventionell, isoliert
Anwendung	Gewerbegebiete únd Innenstädte mit hohem Kühlbedarf
Vorteile	wesentlich effizienter als die Summe vieler Einzelkälteanlagen
technische Besonderheit	durch die Nutzung latender Wärme sehr große Kühl-leistung (Faktor 5-8 zum typischen Kältenetz); neues Geschäftsfeld für Stadtwerke
ökonomische Besonderheit	Momentan aus Wirtschaftlich-keitsgründen nur in etwas größerer Anwendung (mind. 100 kW Kälteleistung) umsetzbar
ökologische Besonderheit	arbeitet ohne Chemie (Kältemittel ist Wasser)
soziologische Besonderheit	Betriebsübergreifende Nutzung - dadurch Kollektive Lösung von Klimaschutzaufgaben
Zukunftsfähigkeit	erstmalig kann Kälte als Regelenergie durch die sehr hohe Speicher-fähigkeit von Flüssigeis bis zur saisonalen Speicherung eingesetzt werden
Referenz	in Planung

Heizen mit Vakuum-Flüssigeis

Technische Beratung für Systemtechnik

Nutzung natürlicher oder
künstlicher Wasserreservoire als Wärmequelle

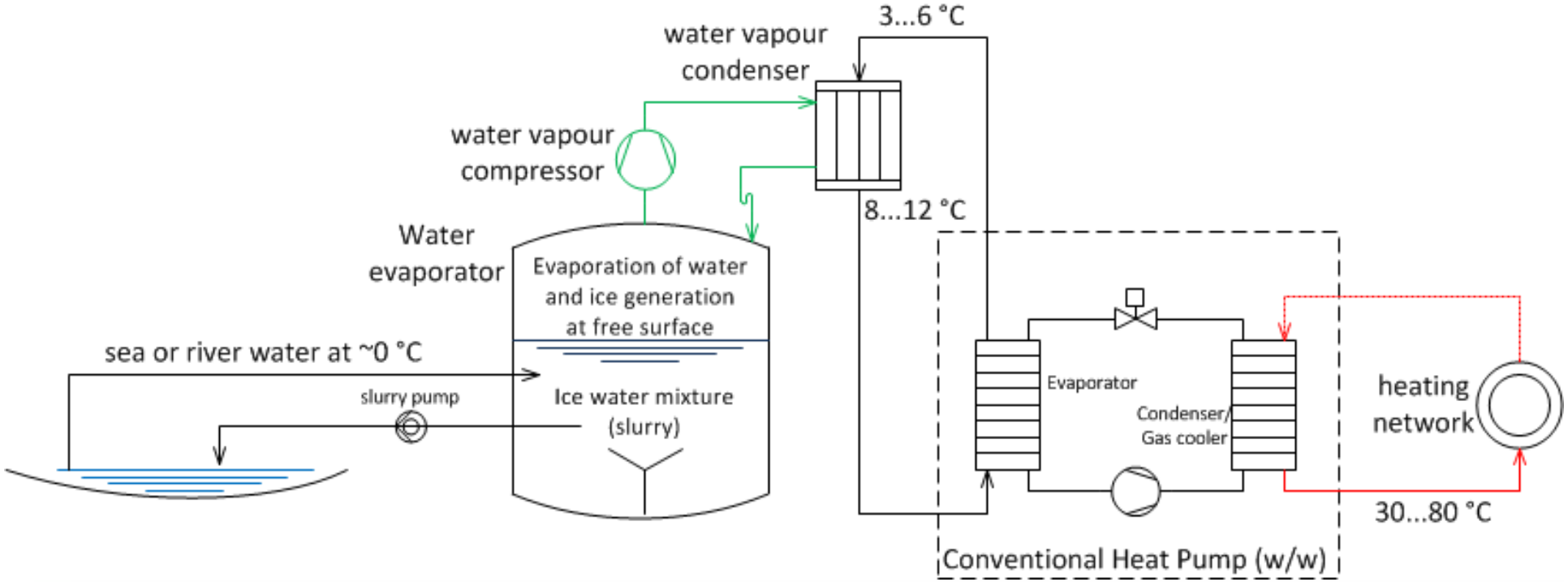
Vorteile

Konstante Temperatur der Wärmequelle

Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen

Vermeidung von Schallproblemen von Luftwärmepumpen

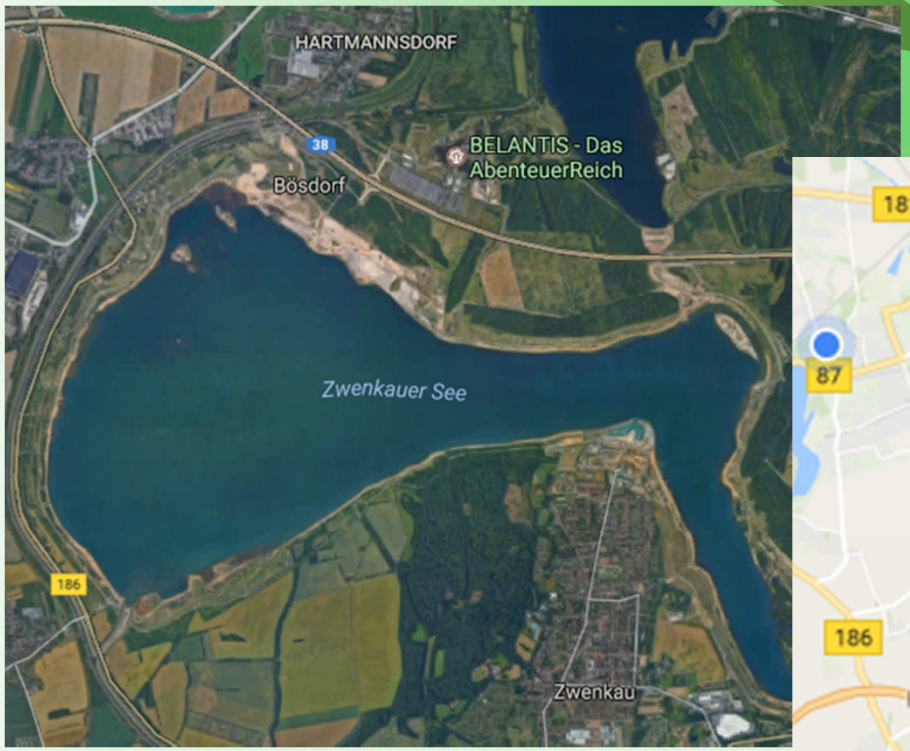
Geringere Investitionskosten gegenüber Erdwärme, keine Regenerierungsprobleme

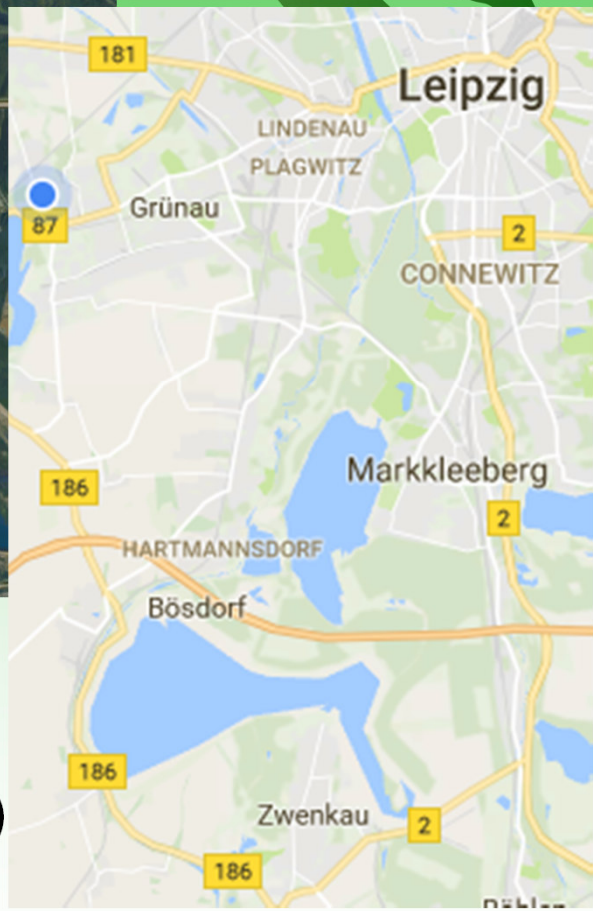


Seewasser - Wärmeentzug

am Beispiel Zwenkauer See

Technische Beratung für Systemtechnik





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

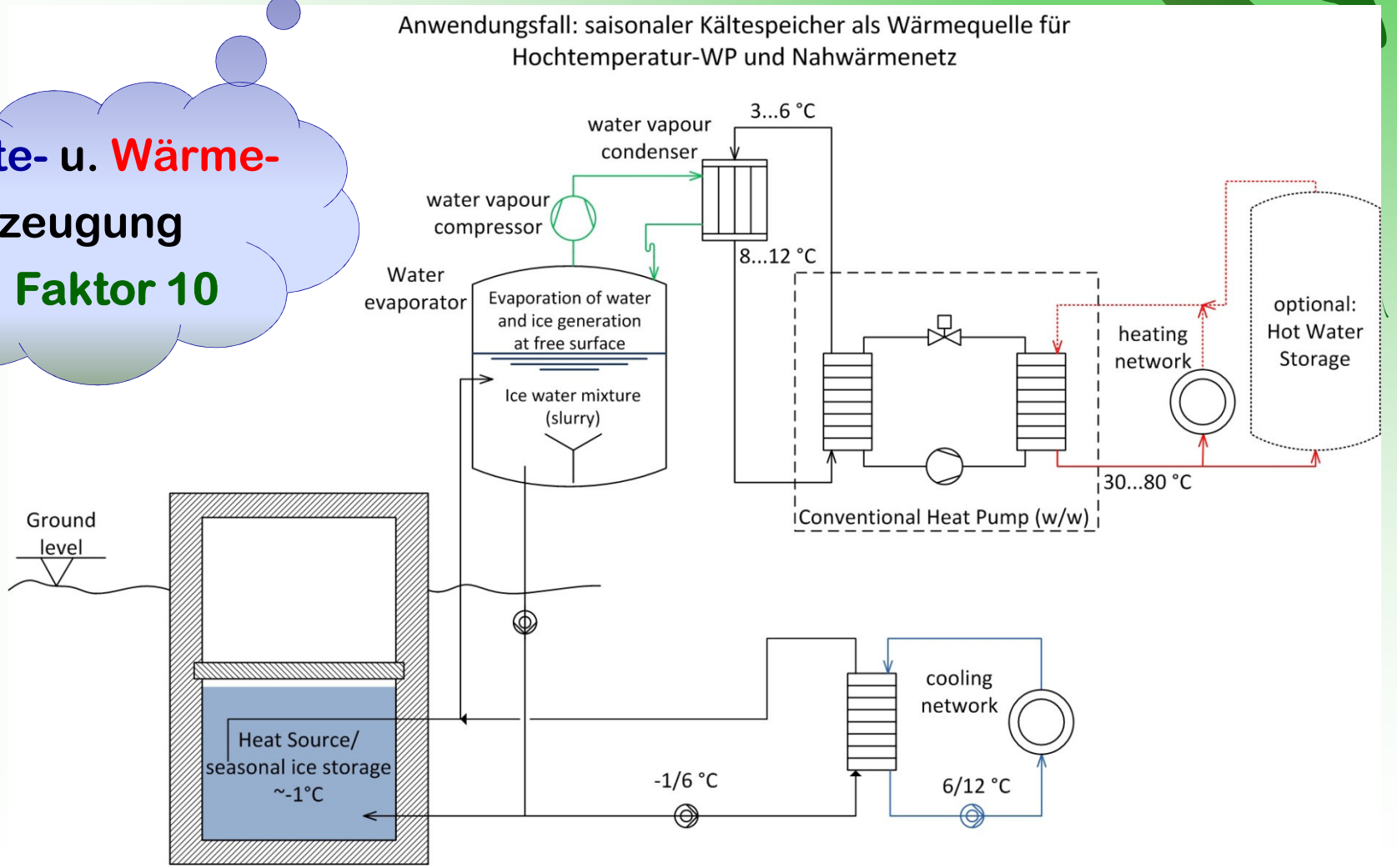
Tiefe: 17,7 m
Gesamtvolumen:
176.026.500 **m³**
0,176 **km³**

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)**

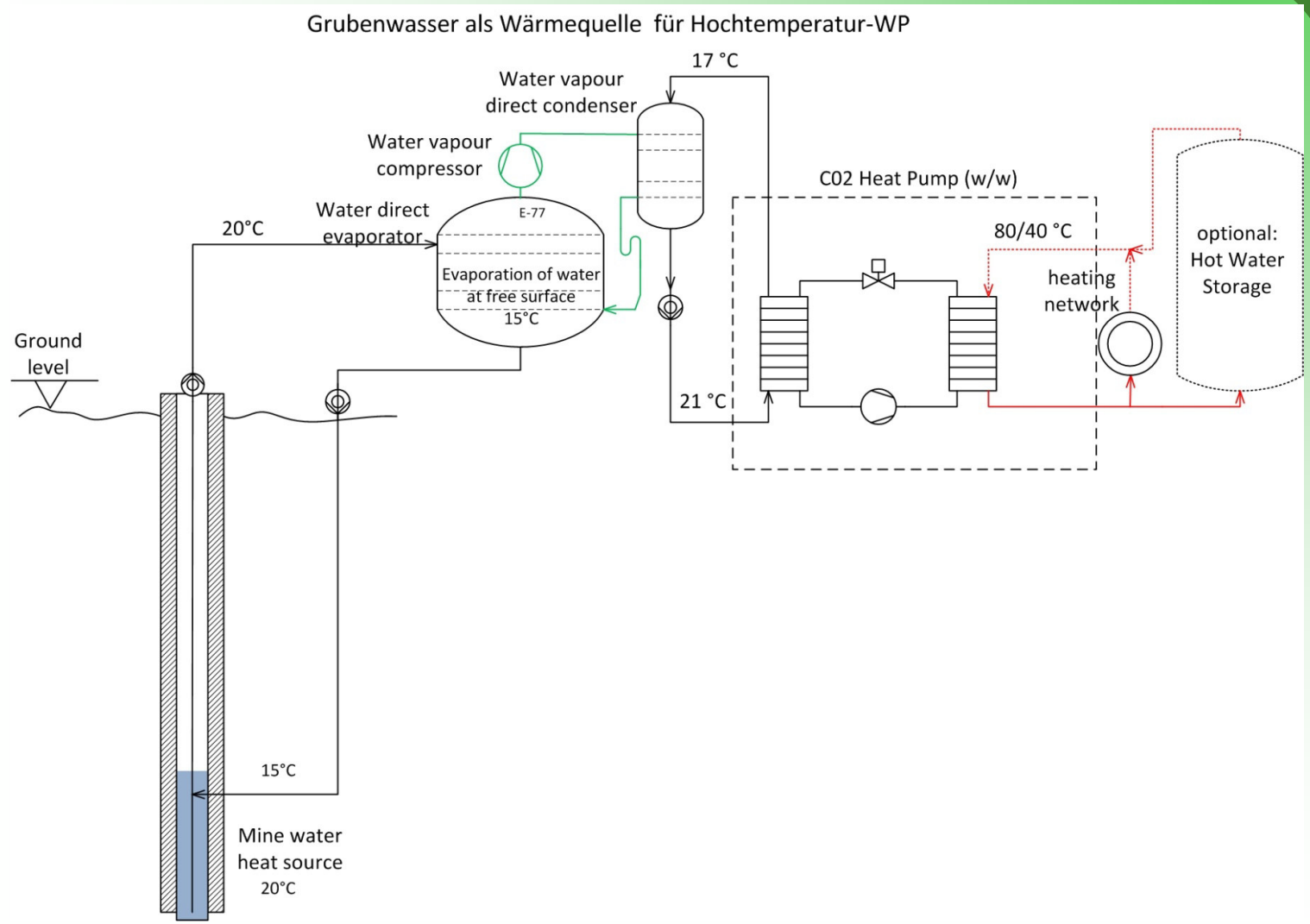
Vergleich Einfamilienhaus: 0,015 - 0,035 **GWh pro Jahr**

Saisonaler Kältespeicher als Wärmequelle

Kälte- u. Wärme-
Erzeugung
mit Faktor 10



Grubenwasser als Wärmequelle für HT WP

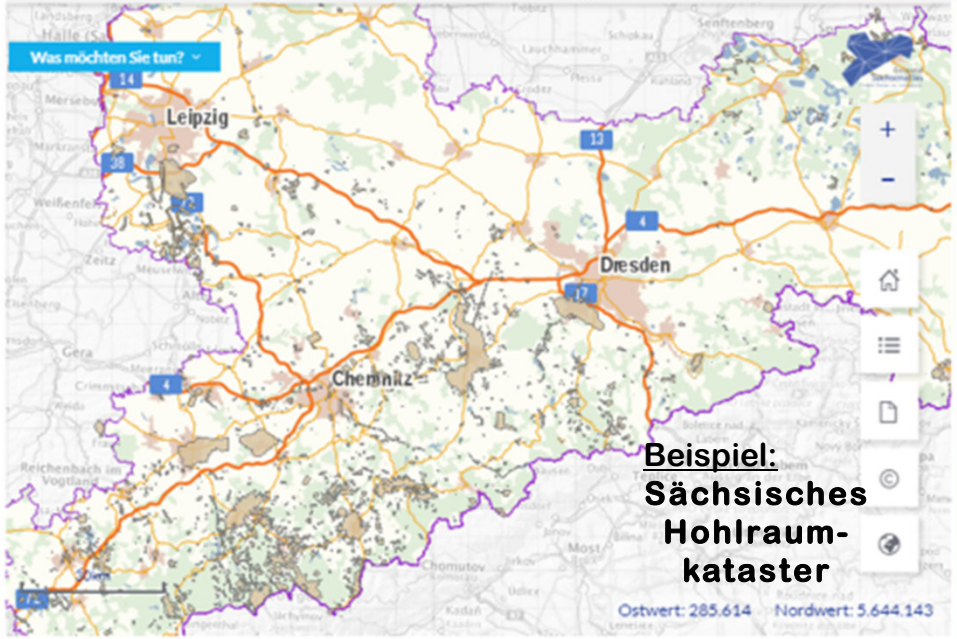


Altbergbau

Technische Beratung für Systemtechnik

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

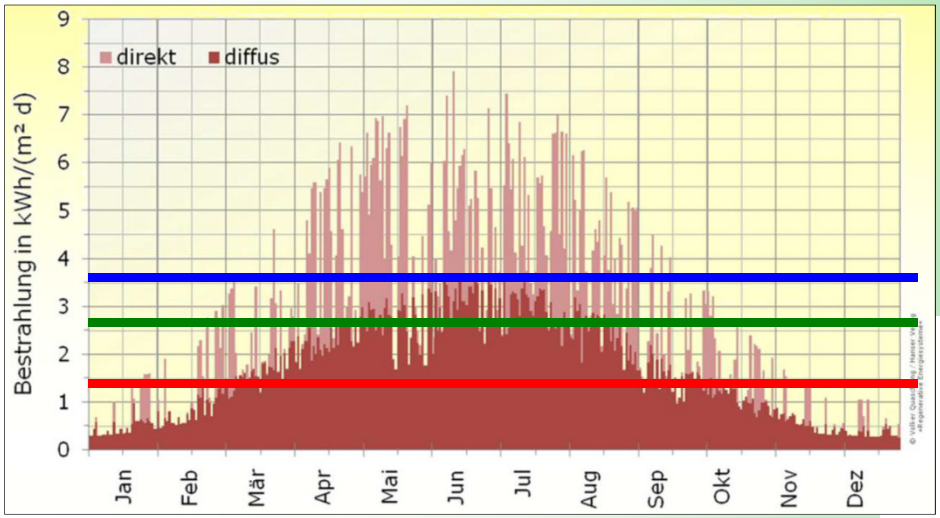
sind weltweit der Raum mit dem dichtesten durch Menschen gemachten Hohlräumen (durch 800 Jahre Untertage-Bergbau).

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.

Technische Beratung für Systemtechnik

Einfluss der Zieltemperatur auf den Ertrag von Sonnenkollektoren



Zieltemperaturen

120°C → ca. 1.000 Betriebsstunden

80°C → ca. 1.500 Betriebsstunden

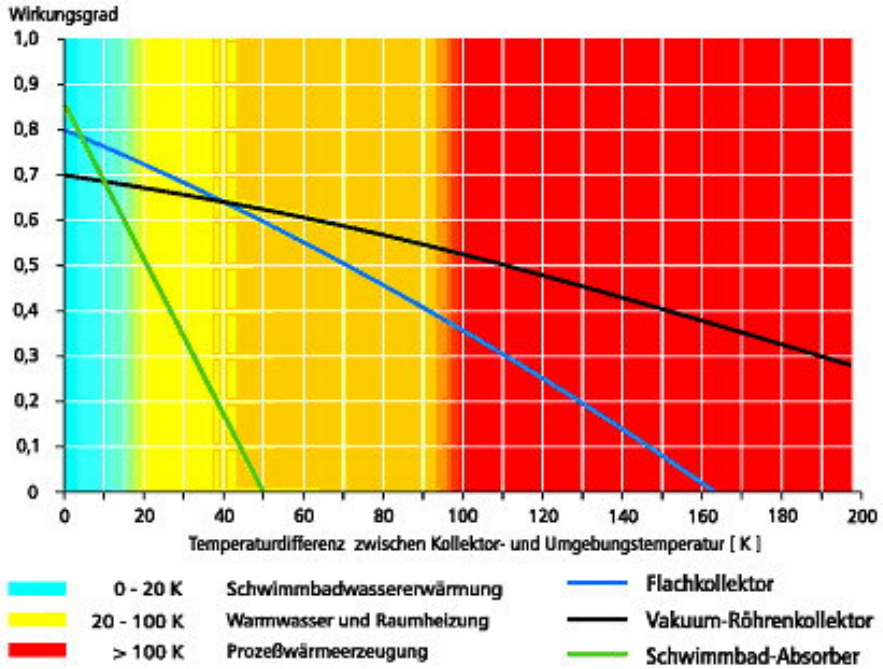
50°C → ca. 1.900 Betriebsstunden

Fakt:

Der Jahresertrag von thermischen Solarkollektoranlagen verbessert sich kontraproportional zur Zieltemperatur des Transport-systems (Fernwärme).

Der Ertrag verschlechtert sich noch einmal in Abhängigkeit von der Rücklauftemperatur (Verbraucher).

Wirkungsgradkennlinien der verschiedenen Kollektorarten und ihre Einsatzgebiete

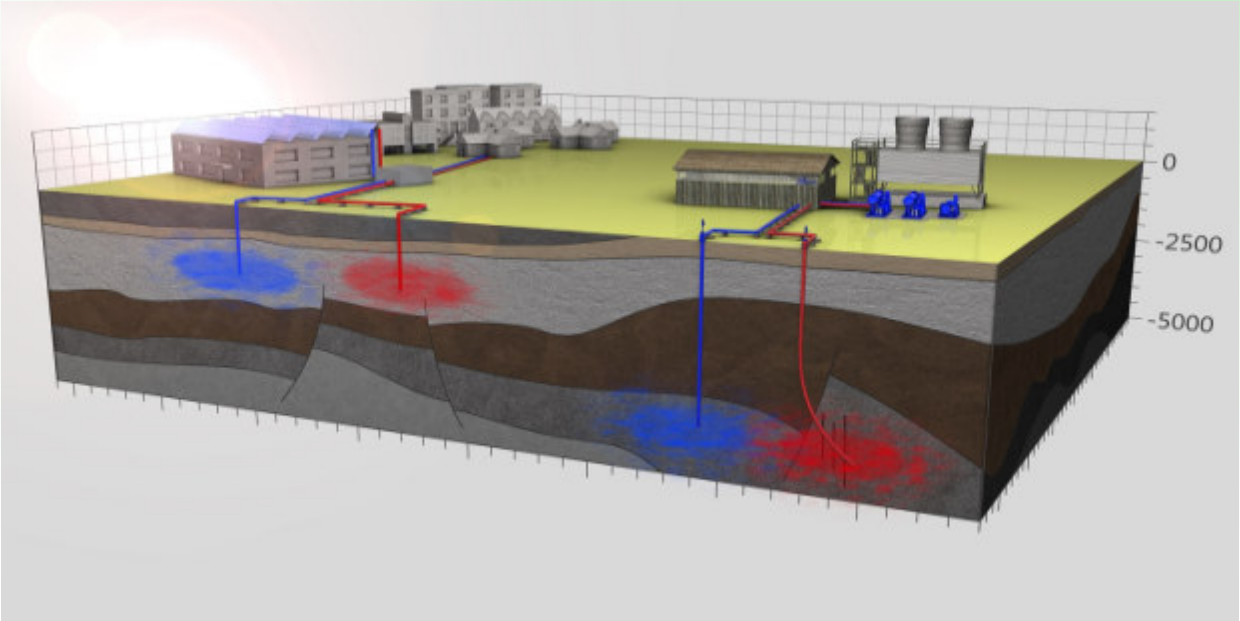


Technische Beratung für Systemtechnik

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.



Technische Beratung für Systemtechnik

ungenutztes Potential: Gärrestelager

- Zentrale Herstellung von H_2 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 30K * 5000m³ = 174 MWh

Wärmepumpe
1,7 kWh bei SJAZ 6

Nutz-wärme als Heiz-energie

Bsp.: 10 kWh

Strom aus Sonne + Wind

Bsp.: 20 kWh

Thermische Nutzung von Wasserstoff

Herstellung + Transport + Lagerung

(Faktor 0,5)

Technische Beratung für Systemtechnik

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.