

Unsere Kohlevorräte sind eine unverhoffte Erbschaft, welche die Erben veranlasst, die Grundsätze einer dauerhaften Wirtschaft vorläufig aus den Augen zu verlieren und in den Tag hinein zu leben.

Die dauerhafte Wirtschaft muss ausschließlich auf die regelmäßige Benutzung der jährlichen Strahlungsenergie gegründet werden.

Wilhelm Ostwald
Deutscher Nobelpreisträger, Leipzig 1909



Technische Beratung für Systemtechnik

Decarbonisierung
bis 2045

*„18 ungenutzte Potentiale
zur energetischen
Transformation unserer
Versorgung“*

Bernd Felgentreff
Mittelstr. 13 a

04205 Leipzig-Miltitz

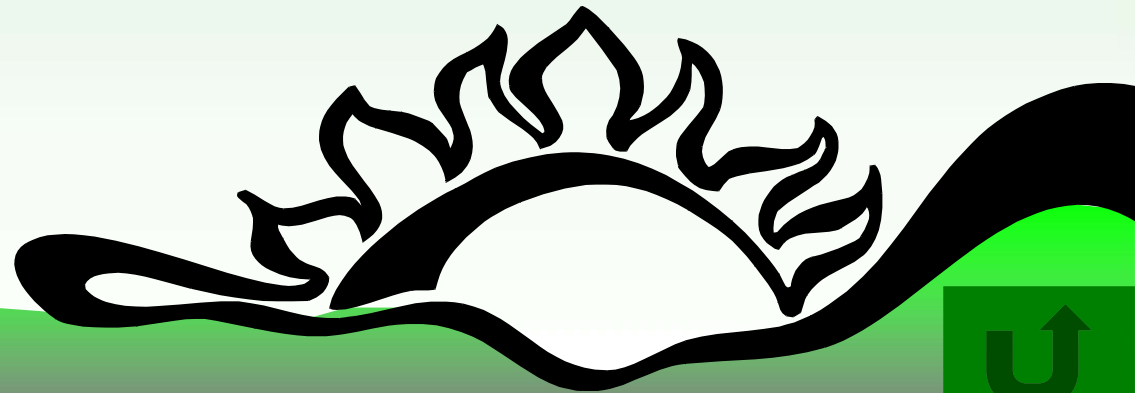
Tel.: 0341 / 94 11 484

Fax : 0341 / 94 10 524

Funkt.: 0178 / 533 76 88

E-Mail: tbs@bernd-felgentreff.de

web: www.bernd-felgentreff.de





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**



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

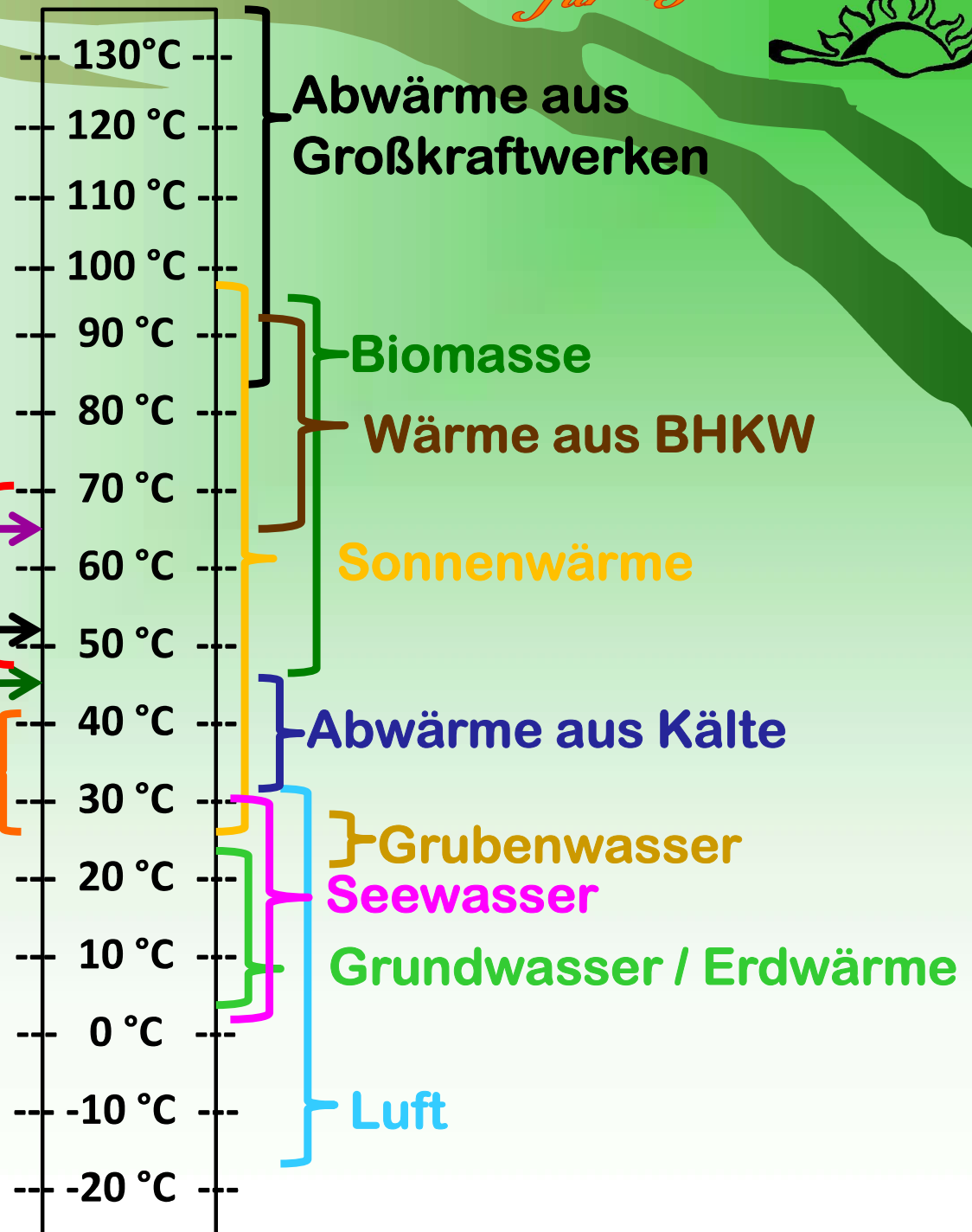
Vorlauf Flächenheizung

Temperaturerhöhung
von nieder-
temperaturigen
Wärmequellen
über Wärmepumpen-
Technologie
erforderlich

Hinweis / Faustformel:

+ 1°K Temp.-diff. = (entspricht)

+ 2 % höheren Stromverbrauch





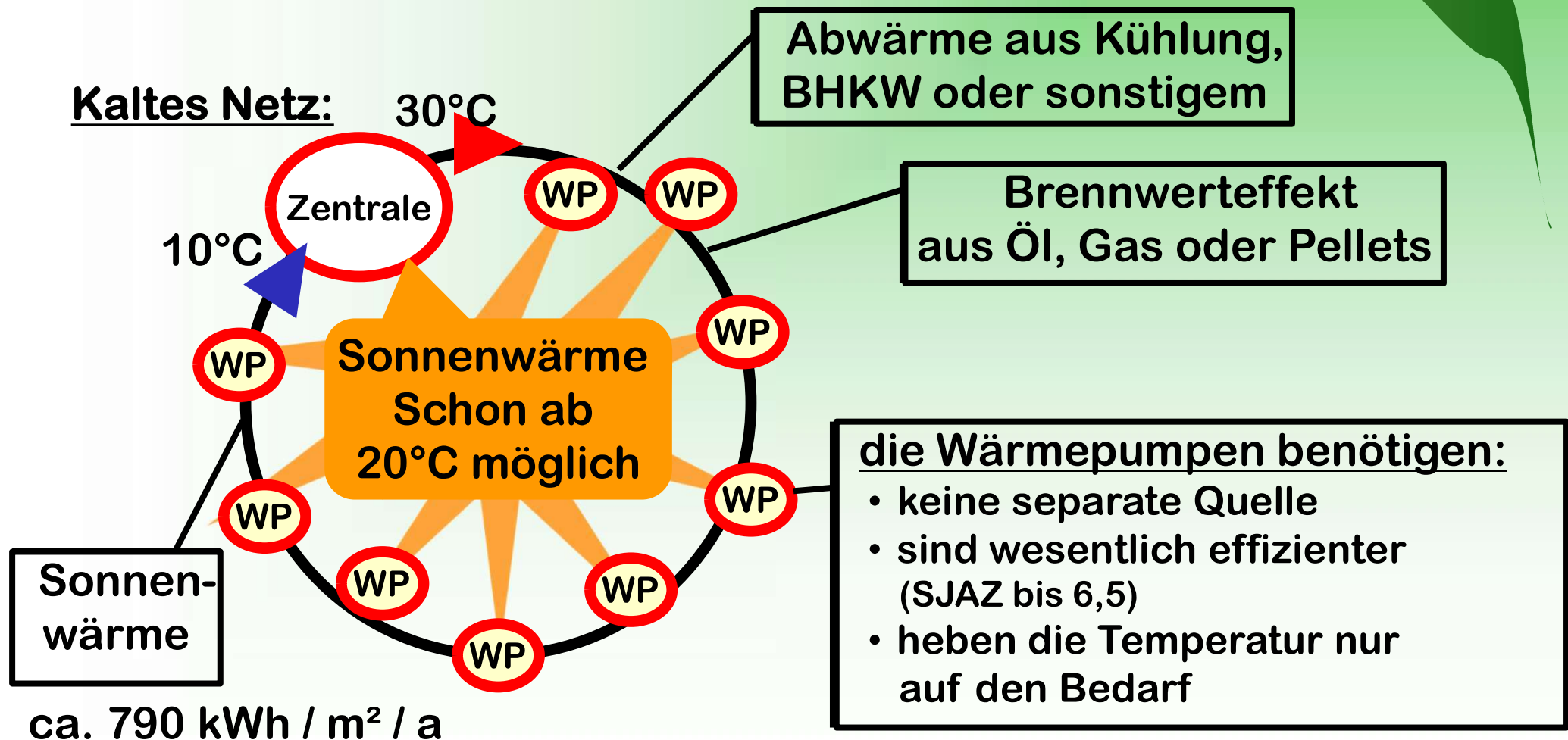
Übersicht Wärmenetze

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 Temperaturniveau der Quelle	See-, Fluss oder Grubenwasser	Kunststoff, ohne Isolation
	Wärmenetz für niedertemperaturige Abwärme	25°C - 45°C	10°C - 20°C	Ganzjährig, Temperaturführung 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 und zieltemperatur gesteuert	aufbereitetes Wasser	Kunststoff möglich, isoliert
	umschaltbares Wärmenetz	Sommer: 30°C; Winter: 70°C	Sommer: 10°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
	hochtemperaturige Wärmenetze	Sommer: 90°C; Winter: 120°C	Sommer: 70°C; Winter: 90°C	Ganzjährig, nicht abschaltbar	aufbereitetes Wasser	konventionell, isoliert, Hochdruckbeständig (15 bar)



Kalte, intelligente Wärmenetze

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





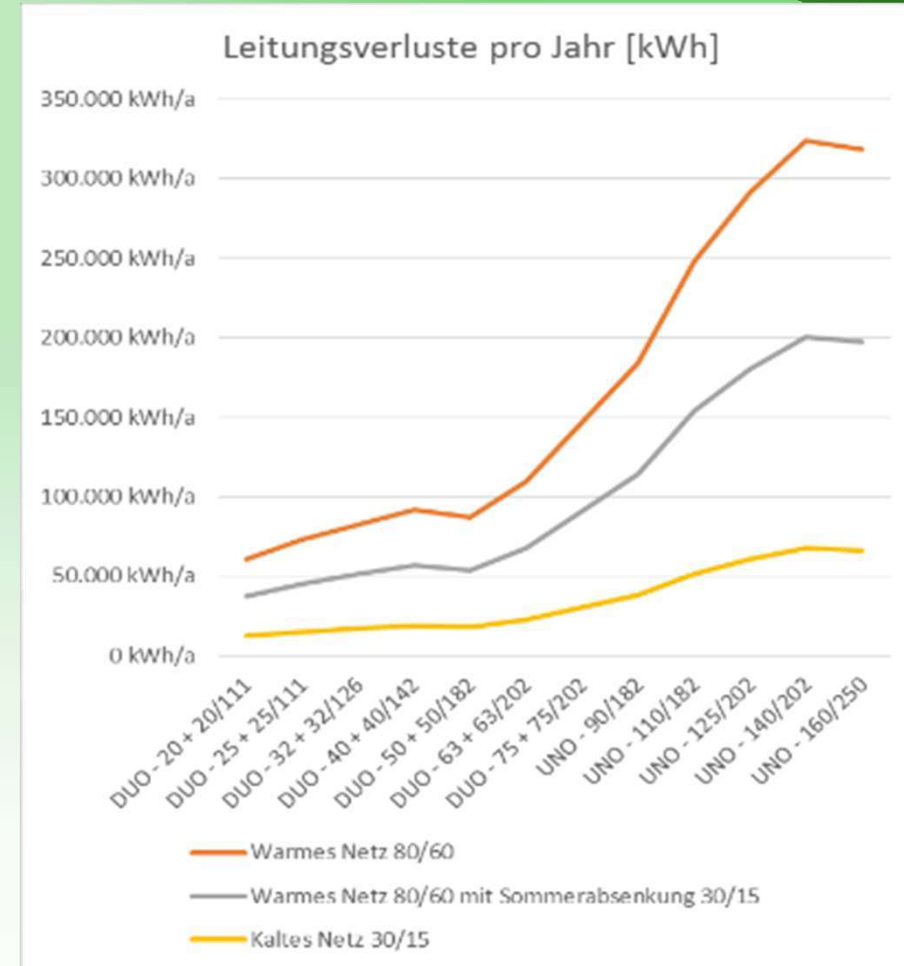
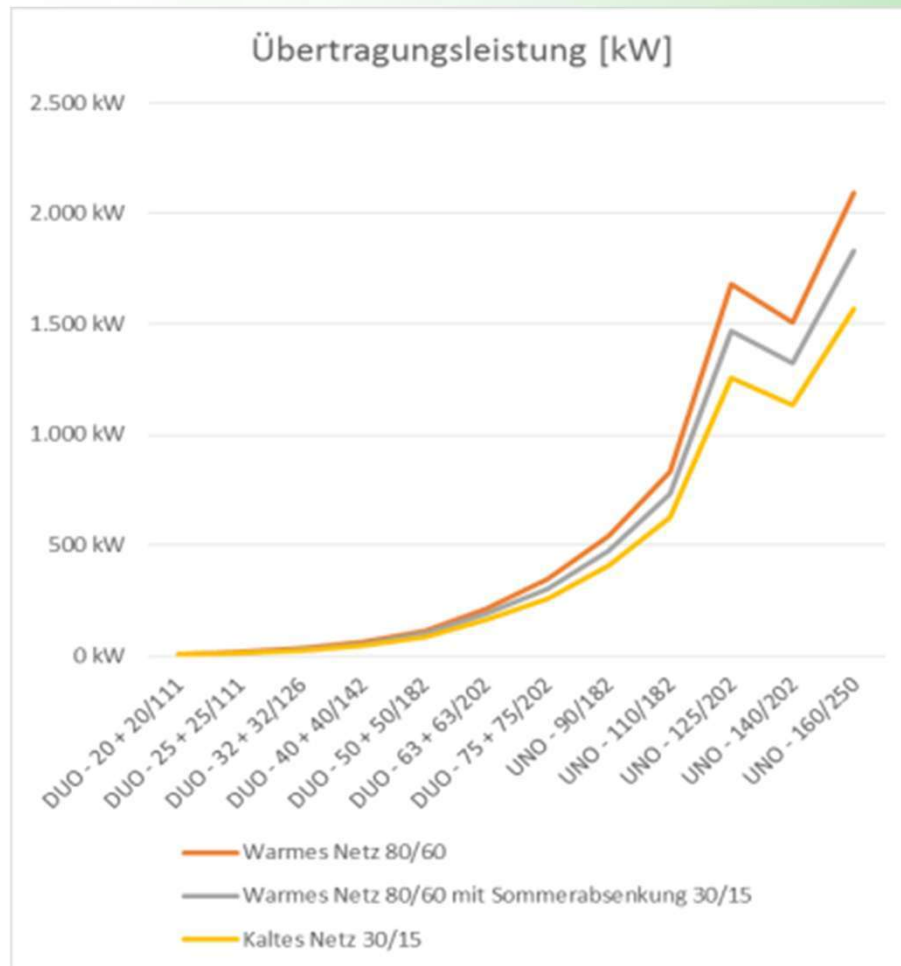
Kriterium: Belegungsdichte

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



Unterschiedliche Wärmenetze

Relation der übertragenen Leistung zu den Leistungsverlusten pro 1000 m





Mögliche Potentiale

zur Nutzung in Kalten, intelligenten Wärmenetzen

Energiequelle	Bemerkungen
<input type="radio"/> Abwärme aus Industrieprozessen	< 60°C bisher nicht genutzt
<input type="radio"/> Abwärme aus Kühlung / Rückkühlung	93% bisher nicht genutzt
<input type="radio"/> Sonnenwärme	bis zu 400% pro m ² zur PV ; 200% besser als im EFH
<input type="radio"/> thermische Grundwassernutzung ☀	In „heißen Wärmenetzen“ nicht nutzbar
<input type="radio"/> Erdwärme ☀	
<input type="radio"/> thermische Seewasser- / Grubenwassernutzung ☀	
<input type="radio"/> Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung	alle Arten nutzbar
<input type="radio"/> Wärmeauskopplung aus Biogas	auch mit längeren Wegen
<input type="radio"/> Wärmenutzung aus Biomasse (Grünschnittpellets)	vor allem als Spitzenlast

☀ Auch als Langzeitspeicher nutzbar



18 Wärmequellen für Ihre Lösung mit ratiotherm Wärmepumpen

Sonne:

- Direkt zum Puffer
- Indirekt über WP
- Kombiniert über PVT

Luft:

- Rechenzentren
- Absorber
- Abluft

Wasser:

- Brunnen
- Grubenwasser
- Grundwasser / Aquifere
- Seewasser / Flusswasser
- Rückkühlwerke
- Kälteerzeugung
- Kältespeicher

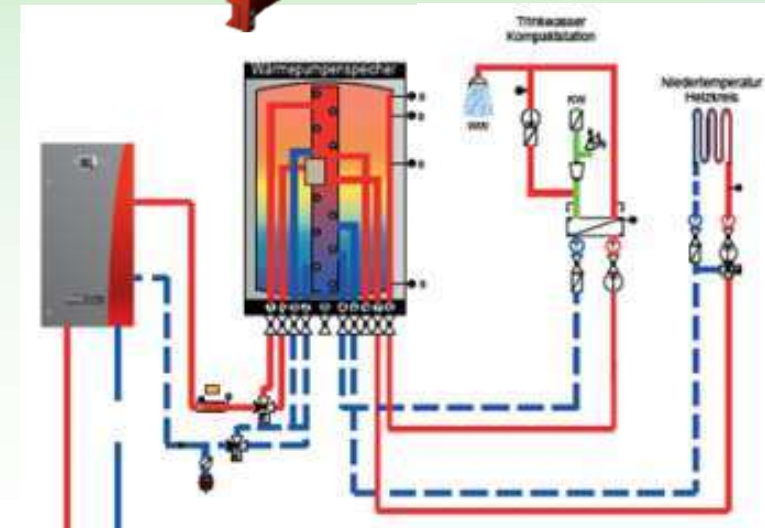
-15 bis +55°C

Erde:

- Flächenabsorber
- Erdsonden

Feuer:

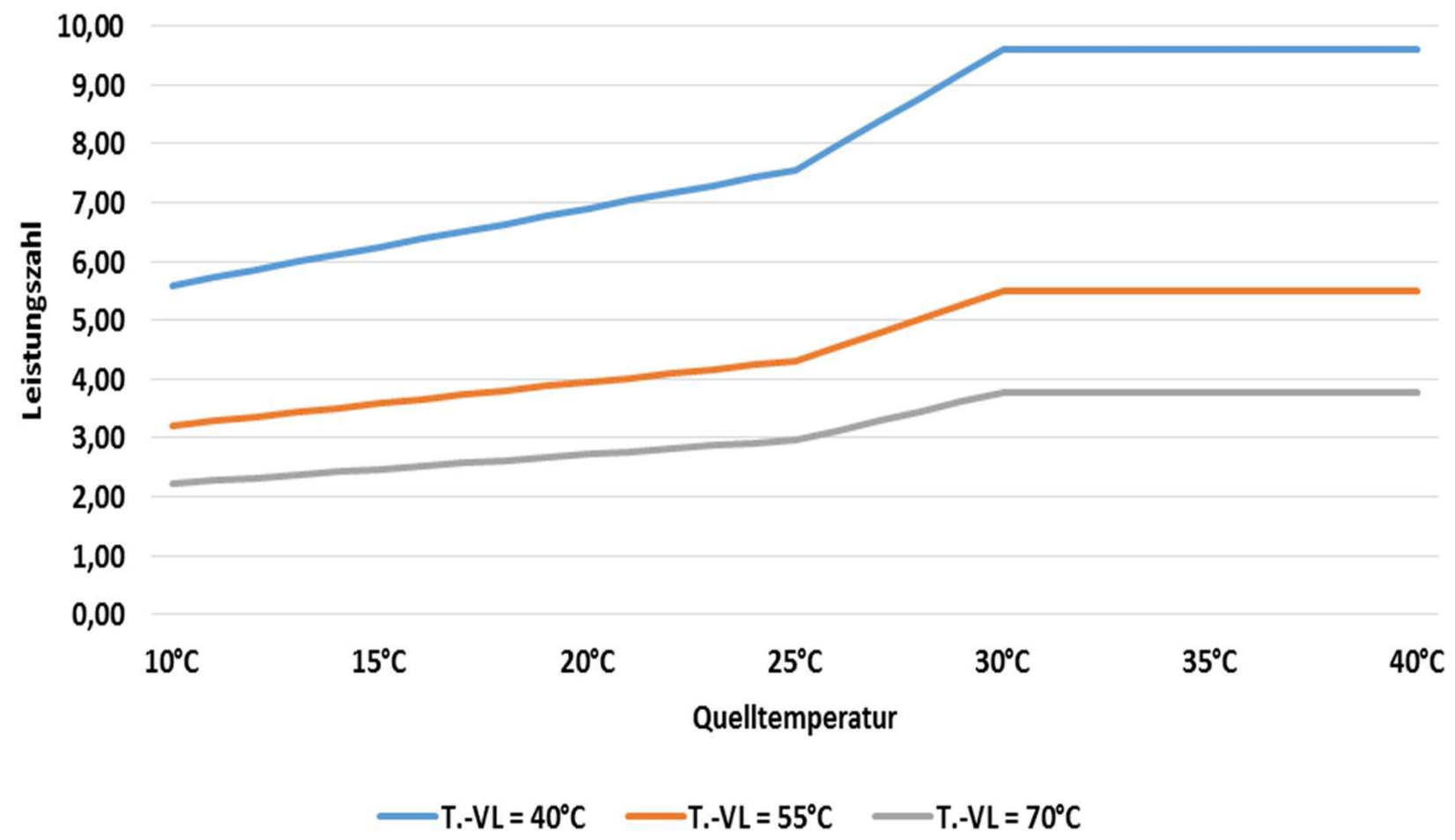
- Abgaswärmerückgewinnung plus Kondensationswärme





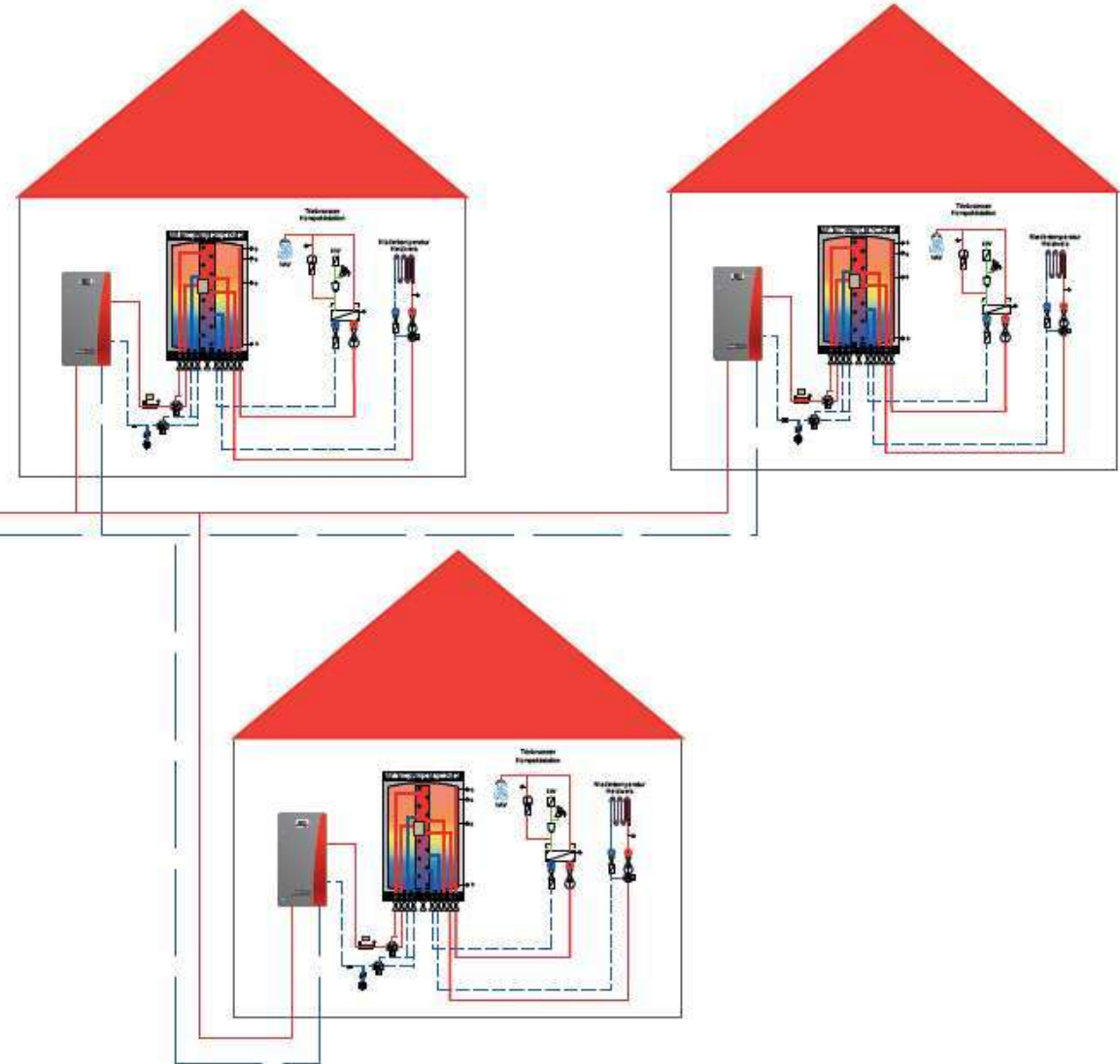
Wärmepumpe WP Max-HiQ

Leistungszahl in Abhängigkeit der Quelltemperatur





Abwärme Rechenzentrum: Direkte Nutzung des Kühlkreislaufs



***Verteilung via Nahwärme auf
dezentrale Wärmepumpen***

Herausforderung:

- Kühl-Backup nötig***
- Sensitiver Bereich
der IT Infrastruktur***



Rückkühlwerke als Wärmequelle

Wärmegehalt von Luft (Druck und Luftfeuchte: normal)

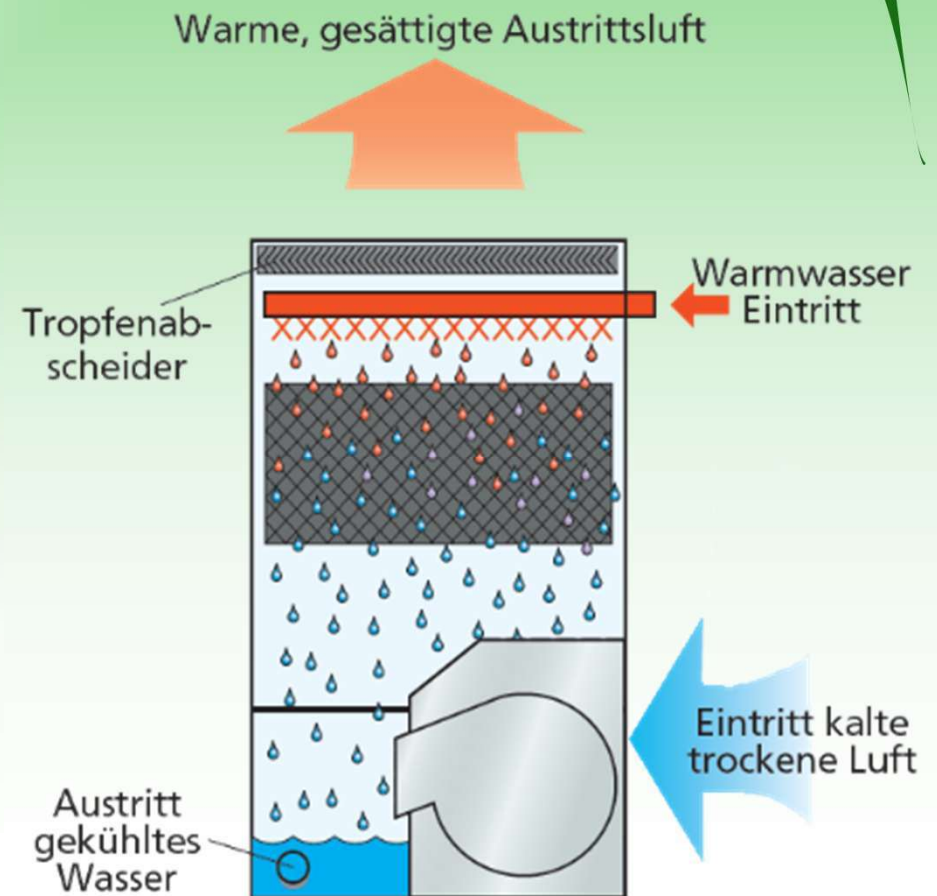
$$0,336 \text{ Wh} / \text{m}^3 / \text{K}$$

Beispiel: 100 m³/h 50-gradige Abwärme

→ Auskühlung um 30 K → 1 kWh/h

(Vergleich: 200 Menschen bei 0,5m³/h/P bei 6°C Ein- u. 30°C Ausatmung)

Um 100 kWh Abwärme über ein Rückkühlwerk an die Atmosphäre zu entsorgen, werden 4 kWh elektrischer Antriebsenergie benötigt.



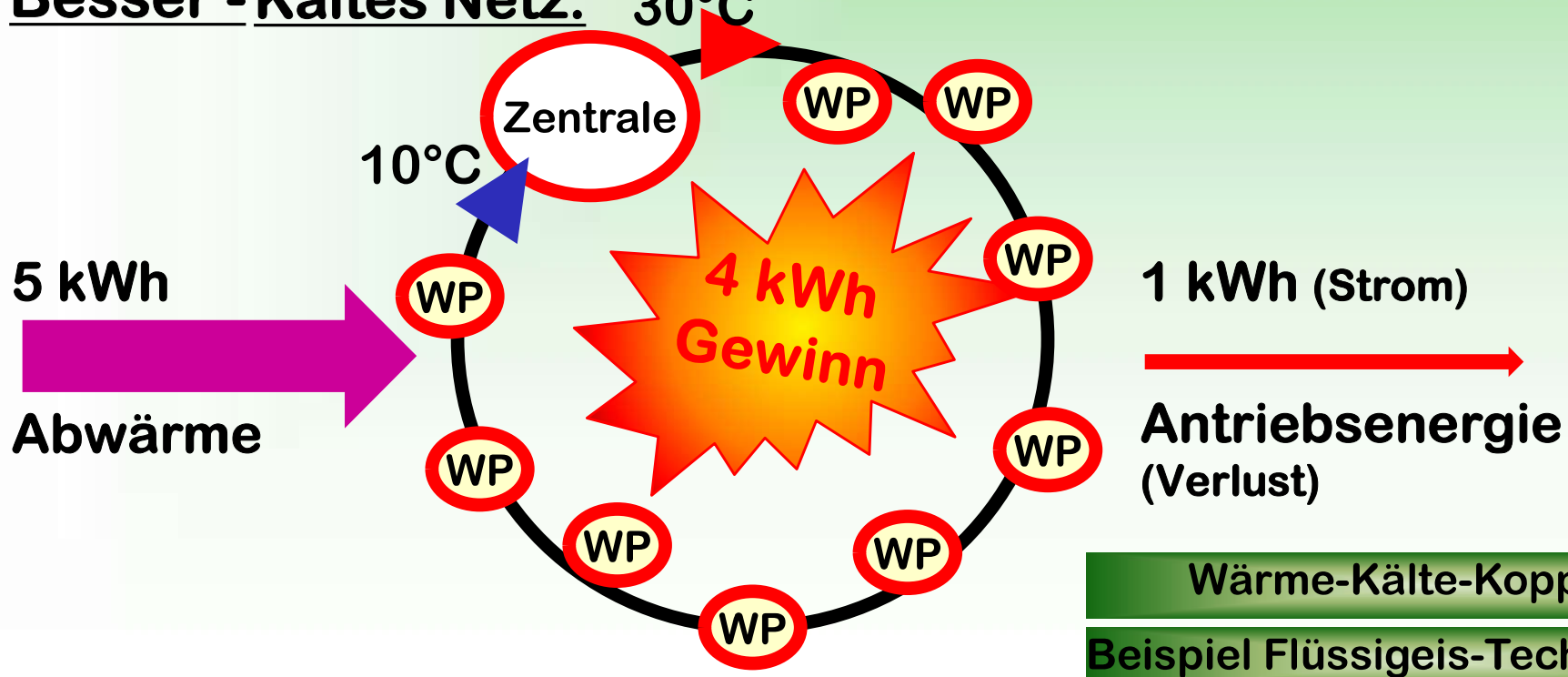


Warum Wärmerückgewinnung aus Kälteanlagen (16% des Stromverbrauches in D)

Bisher (Kompressoren):



Besser - Kaltes Netz: 30°C

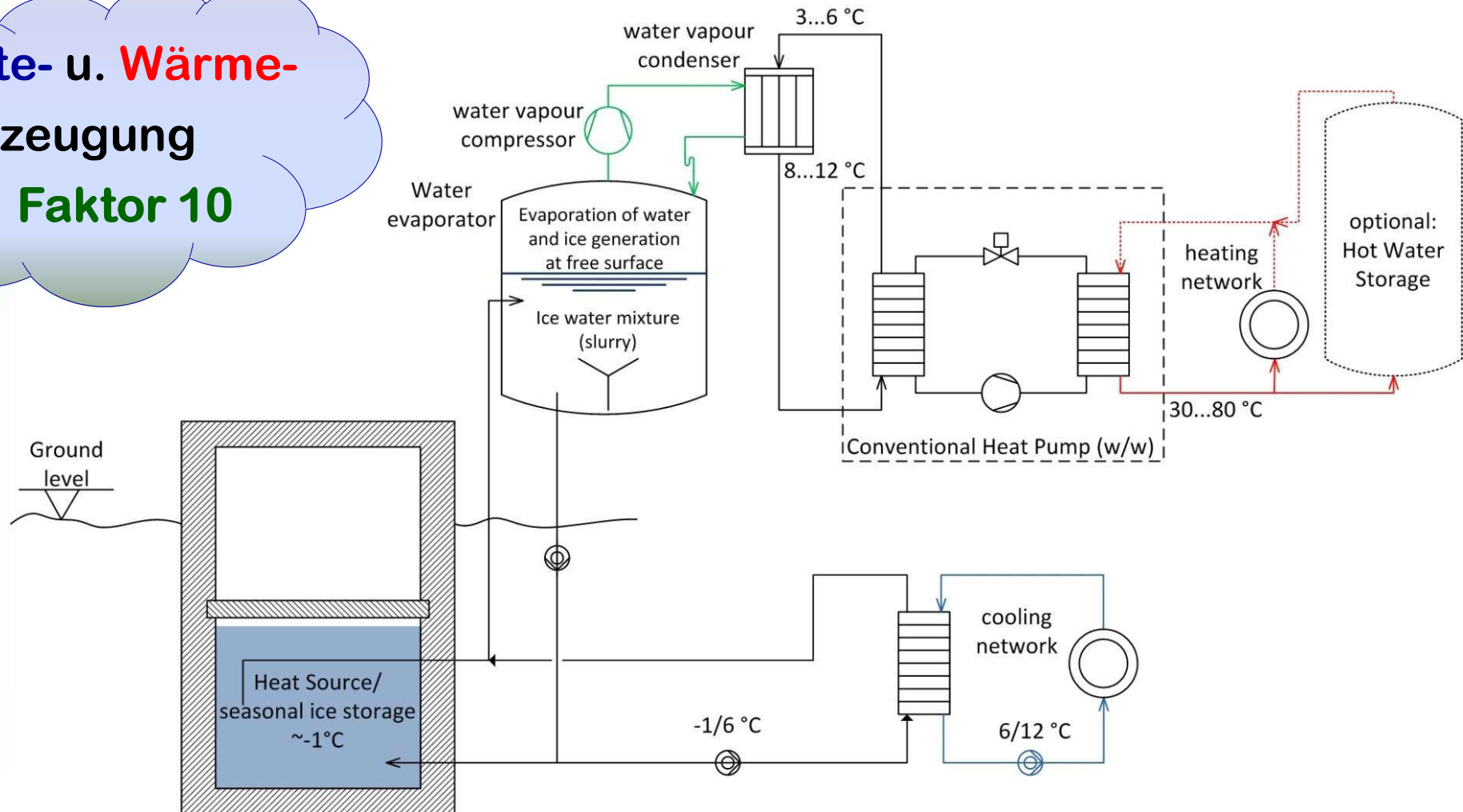




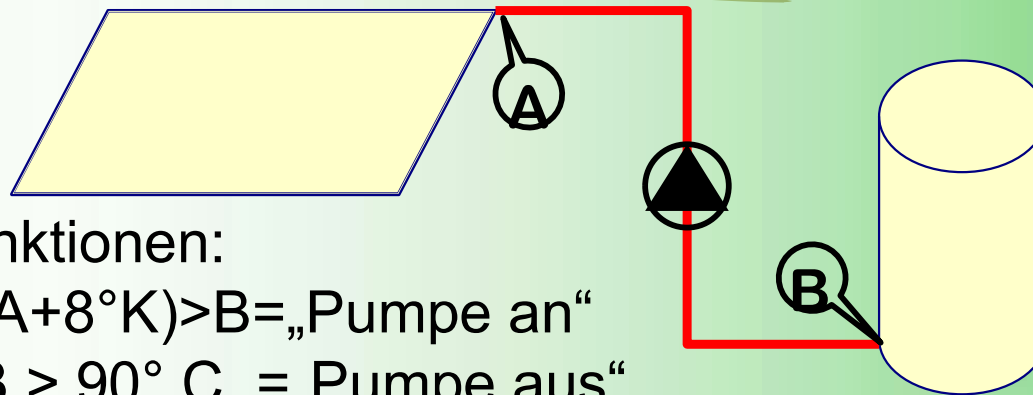
Saisonaler Kältespeicher als Wärmequelle

Kälte- u. Wärme-
Erzeugung
mit Faktor 10

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



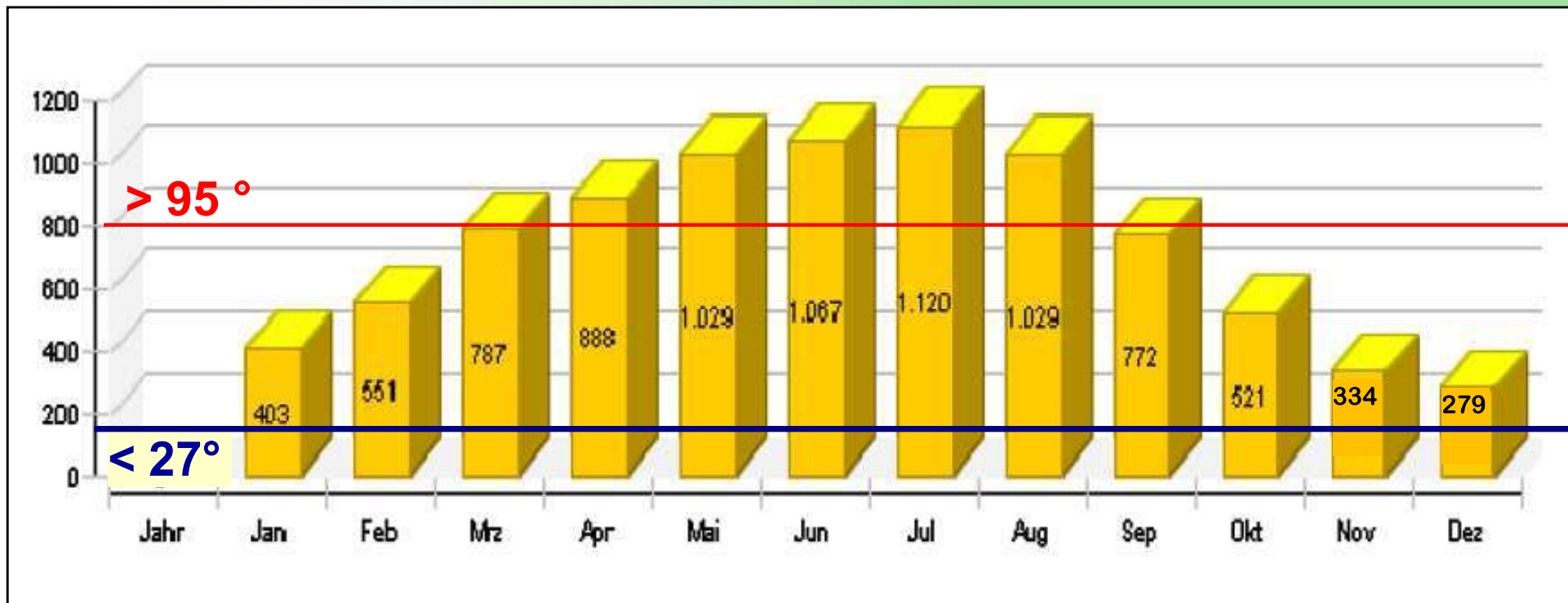
Über- und Unterschüssiger Solarertrag



Regelfunktionen:

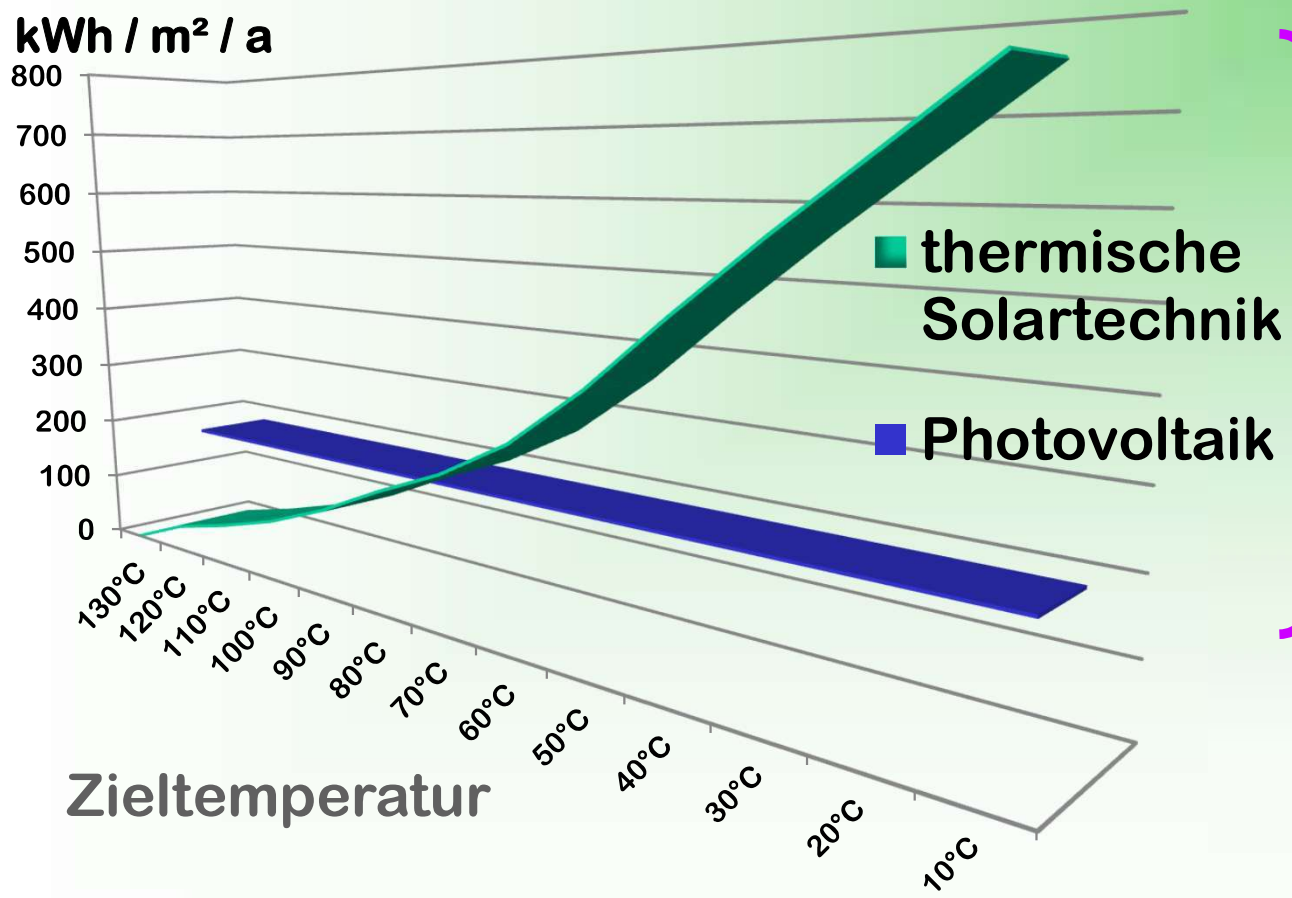
Wenn: $(A+8^{\circ}\text{K}) > B =$ „Pumpe an“

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





Solare Jahreserträge in Abhängigkeit von der Zieltemperatur



FAKTOR
4

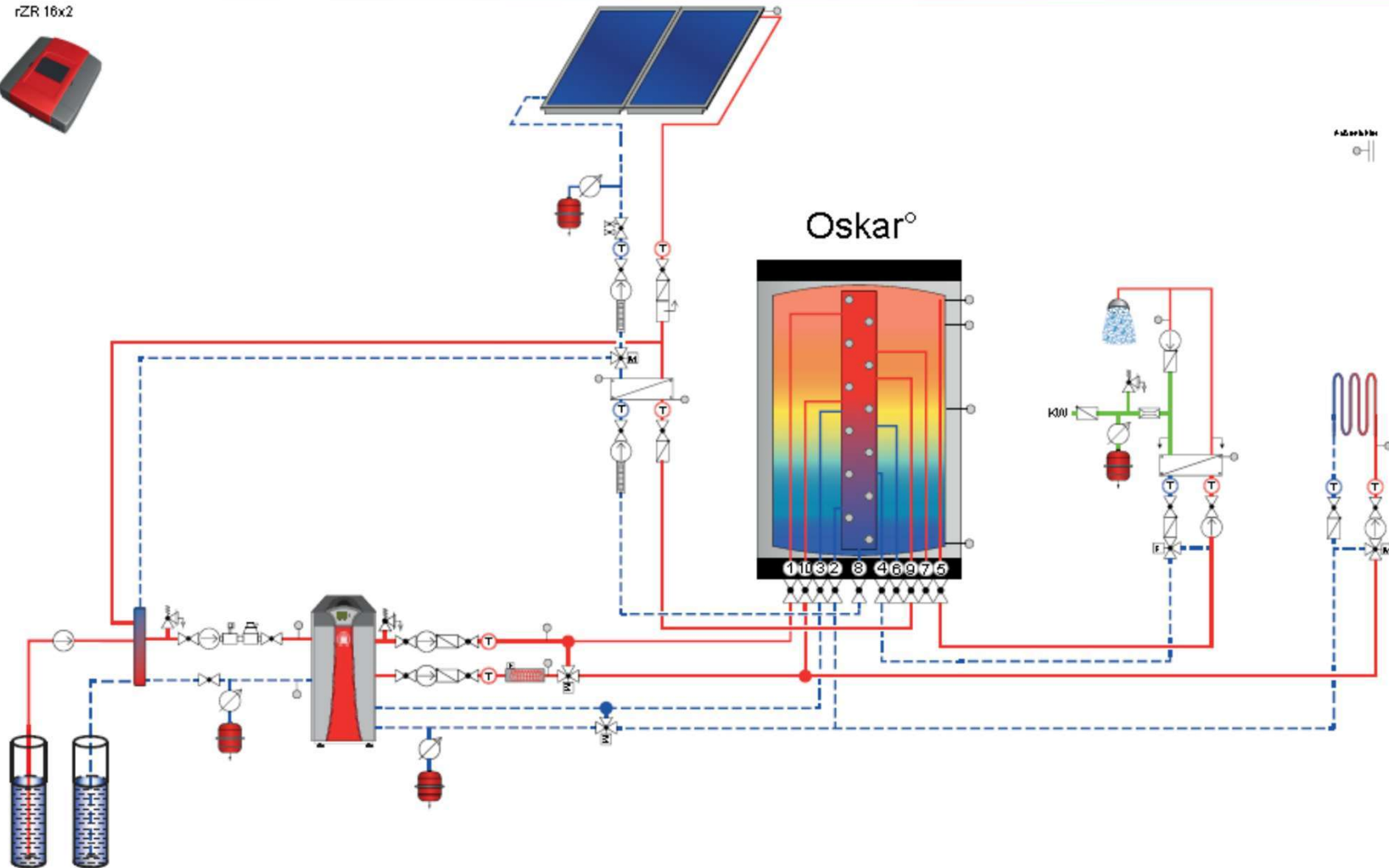


Oskar° - mit solarer Soleanhebung

rZR 16x2



4-Marktkör



Seewasser - Wärmeentzug am Beispiel Zwenkauer See



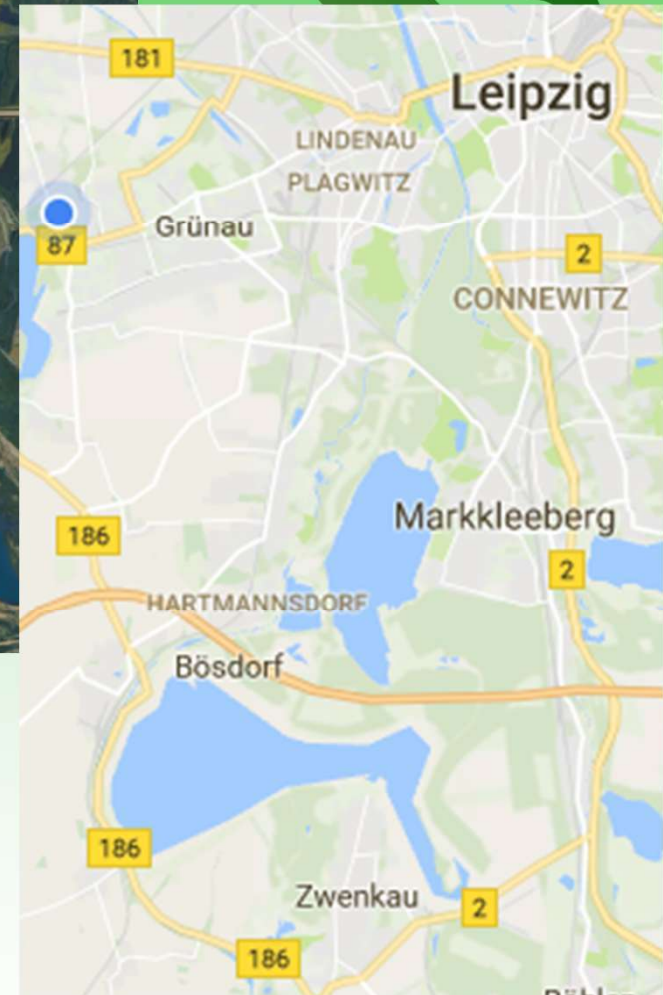
Fläche: 9,63 km²
Umfang: 22,6 km
(Uferlänge)

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)

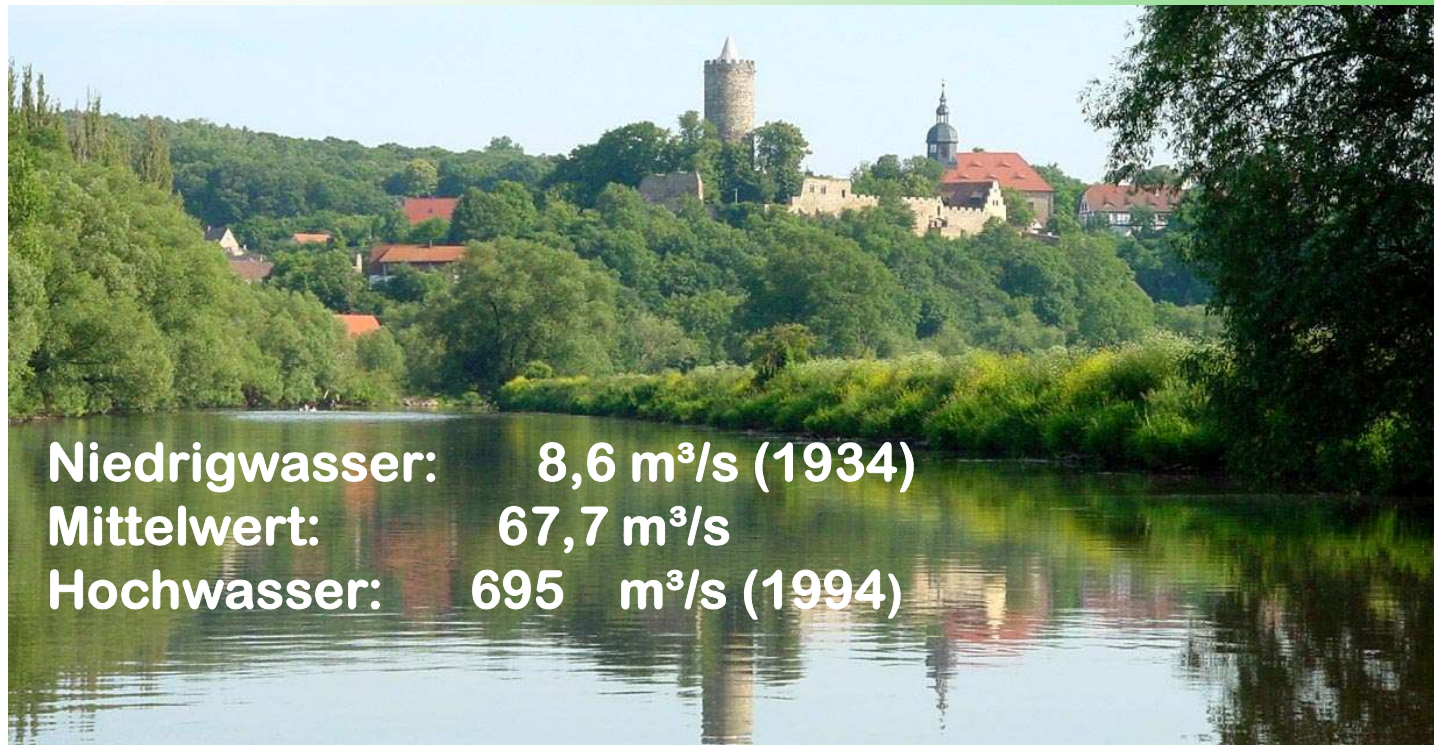
Vergleich Einfamilienhaus: 0,015 - 0,035 GWh pro Jahr





Flusswasser als Wärmequelle

Beispiel: Die Saale bei Naumburg



Niedrigwasser: 8,6 m³/s (1934)
Mittelwert: 67,7 m³/s
Hochwasser: 695 m³/s (1994)

Der Mittelwert entspricht 67,7 m³/s → 243.720 m³/h

Daraus folgt: Die Kapazität der Menge ist 282,7 MWh / h / K (Wärme pro Stunde)

Zum Vergleich:

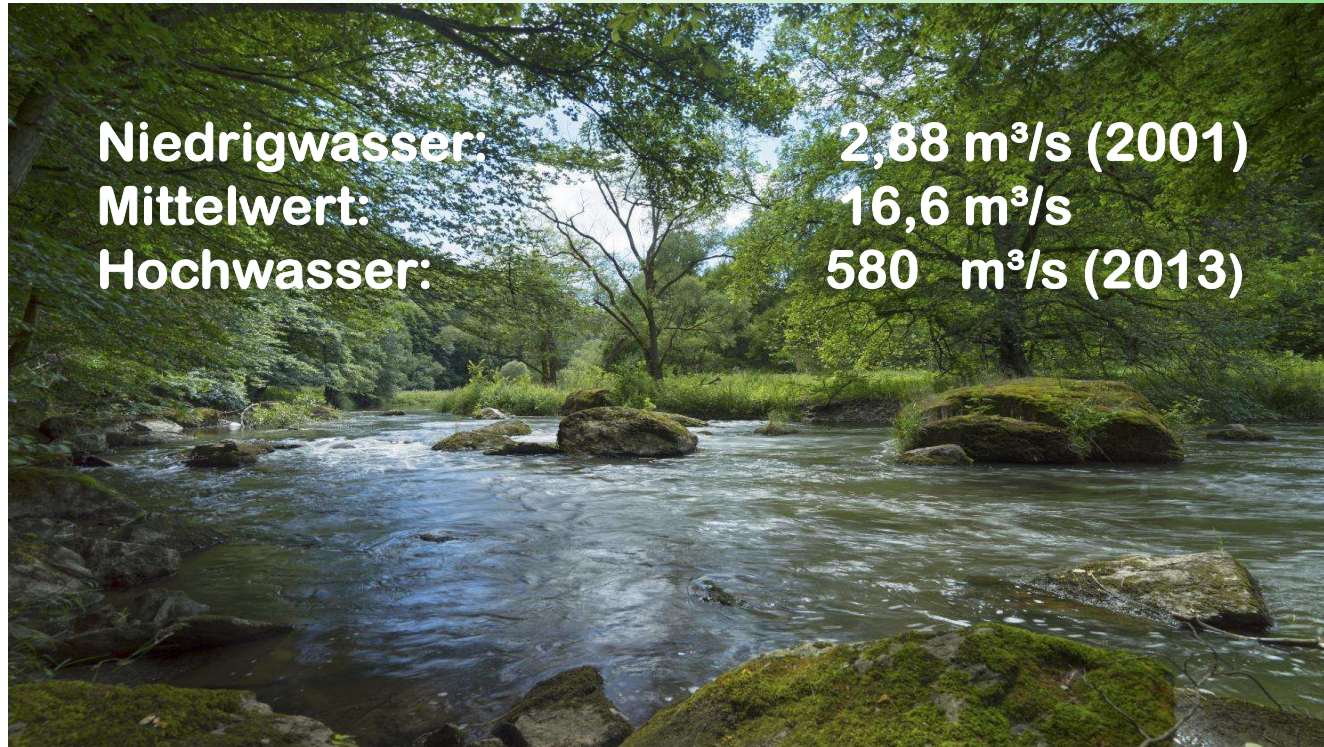
Ein Einfamilienhaus benötigt zwischen 10 und 35 MWh / a (Wärme pro Jahr)

(0,005 – 0,030 MWh / h)



Flusswasser als Wärmequelle

Beispiel: Die Weiße Elster bei Pegau



Der Mittelwert entspricht 16,6 m³/s → 59.760 m³/h

Daraus folgt: Die Kapazität der Menge ist 69,3 MWh / h / K (Wärme pro Stunde)

Zum Vergleich:

Ein Einfamilienhaus benötigt zwischen 10 und 35 MWh / a (Wärme pro Jahr)

(0,005 – 0,030 MWh / h)



Flußwasserentwärmung

Wärmekapazität:

0,5 m³/s entspricht 1.800 m³/h,
entspricht 2.088 kWh/K

Auslegungsbeispiel:

28 mm VA-Rohr, 12 cm Verlegeabstand, 3K,
entspricht 200 W/m² Entnahmeleistung

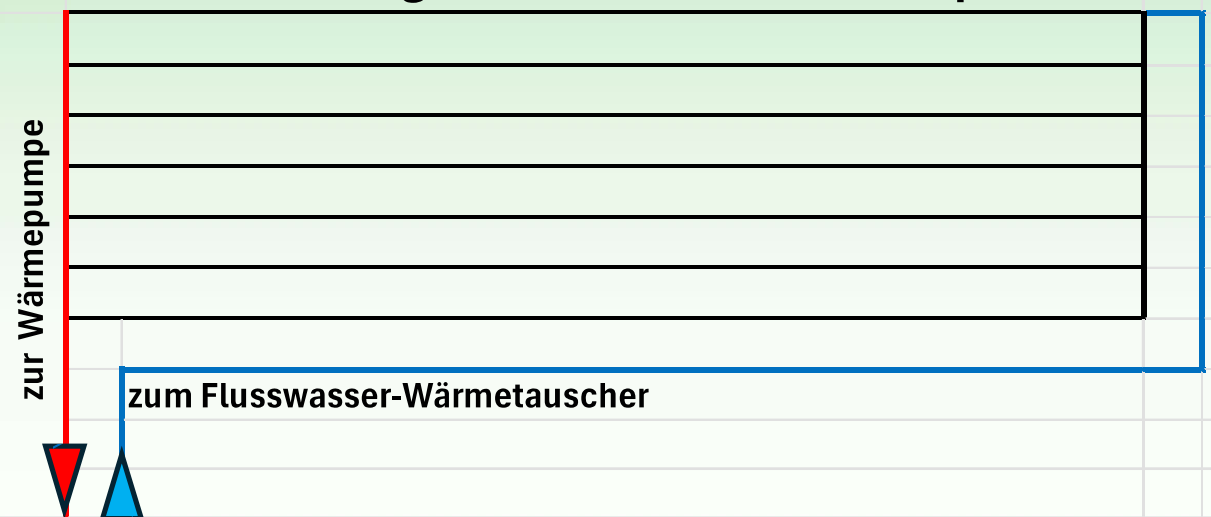


Nach
20
Jahren!

Beim Errichten:



Wärmeübertrager im Tichelmann-Prinzip:





Vorfluter aus Klärwerken

Im Klärwerk gereinigtes Wasser als Wärmequelle

Argumente:

- ohne Fischbestand
- ohne Treibgut
- Permanent kontrolliert
- Min. Temp. 8°C

Beispiel Vorfluter der Gemeinde Muldestausee:
600m³ Wasser/h entspricht 696 kWh/k/h



Heizen mit Vakuum-Flüssigeis

*Technische Beratung
für Systemtechnik*



Nutzung natürlicher oder künstlicher Wasserreservoirs als Wärmequelle

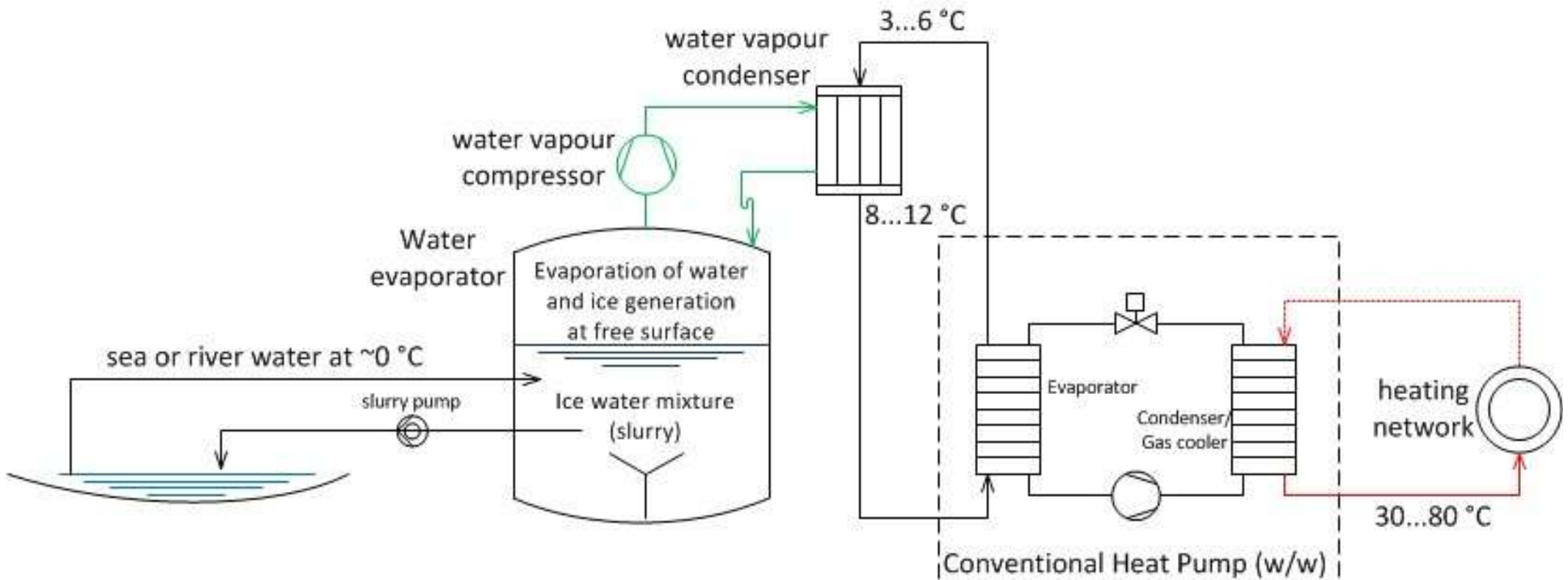
Vorteile

Konstante Temperatur der Wärmequelle

Höhere Wärmequellentemperatur als bei Luftwärmepumpen

Vermeidung von Schallproblemen von Luftwärmepumpen

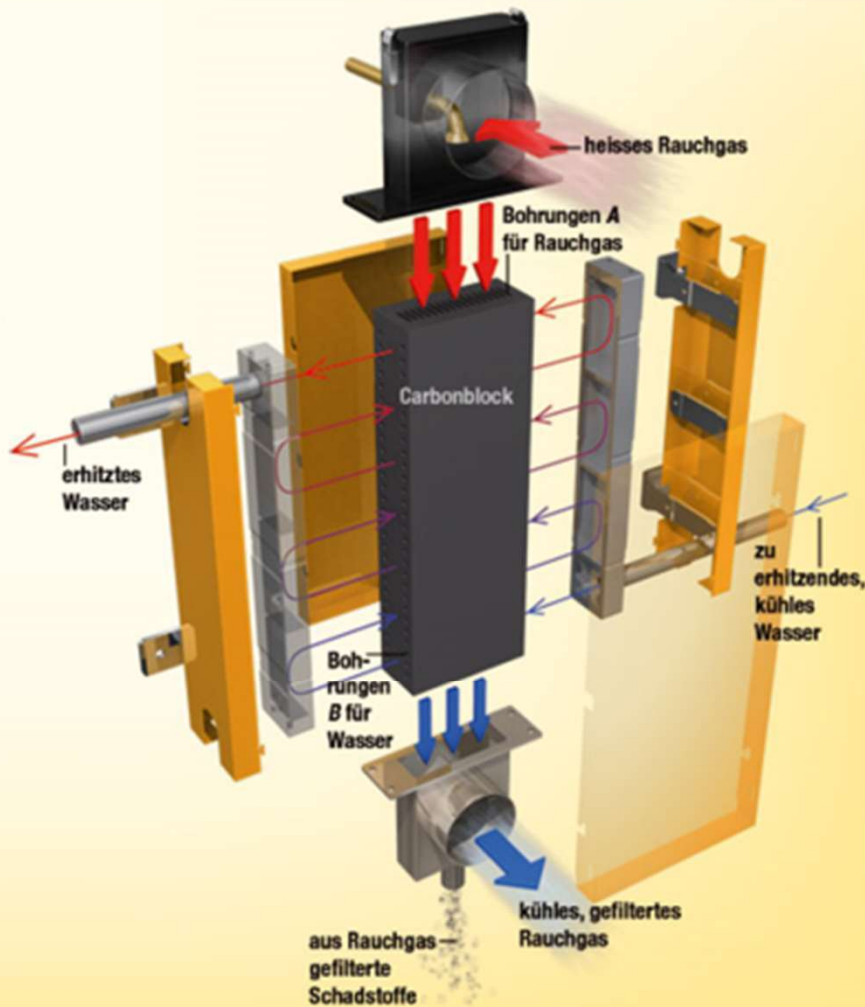
Geringere Investitionskosten gegenüber Erdwärme, keine Regenerierungsprobleme





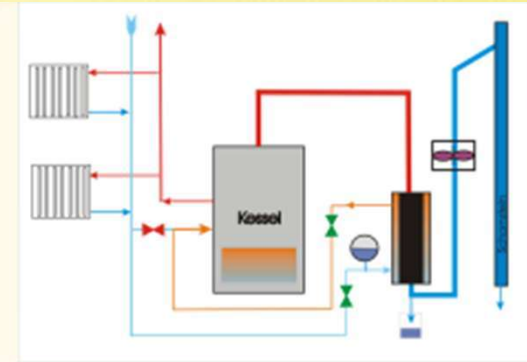
Öko-Carbonizer

Abwärmennutzung durch Rauchgaskühlung und Kondensationswärme



EMISSIONSWERTE * <small>auf 10% O₂ in mg/m³</small>	VOR CARBONIZER	NACH CARBONIZER
Kohlenstoffverbindungen	197 mg	0 mg
Feinstaub, Staub und Ruß	152 mg	< 21 mg
ENERGIEGEWINN *	0 kw	46 kw

* Auszug aus TÜV Süd-Messung (April 05): 350KW Hackschnitzelheizung



TIPP:

WÄRMELEITER NUMMER 1:

KUNSTSTOFF	0,12 W/mK
STAHL	15 W/mK
CARBON	120 W/mK



Prinzip Abwärmenutzung Gestern und Morgen



bisher das
Problem:
passen selten
zusammen

1. zeitlich,
2. räumlich und
3. temperaturig



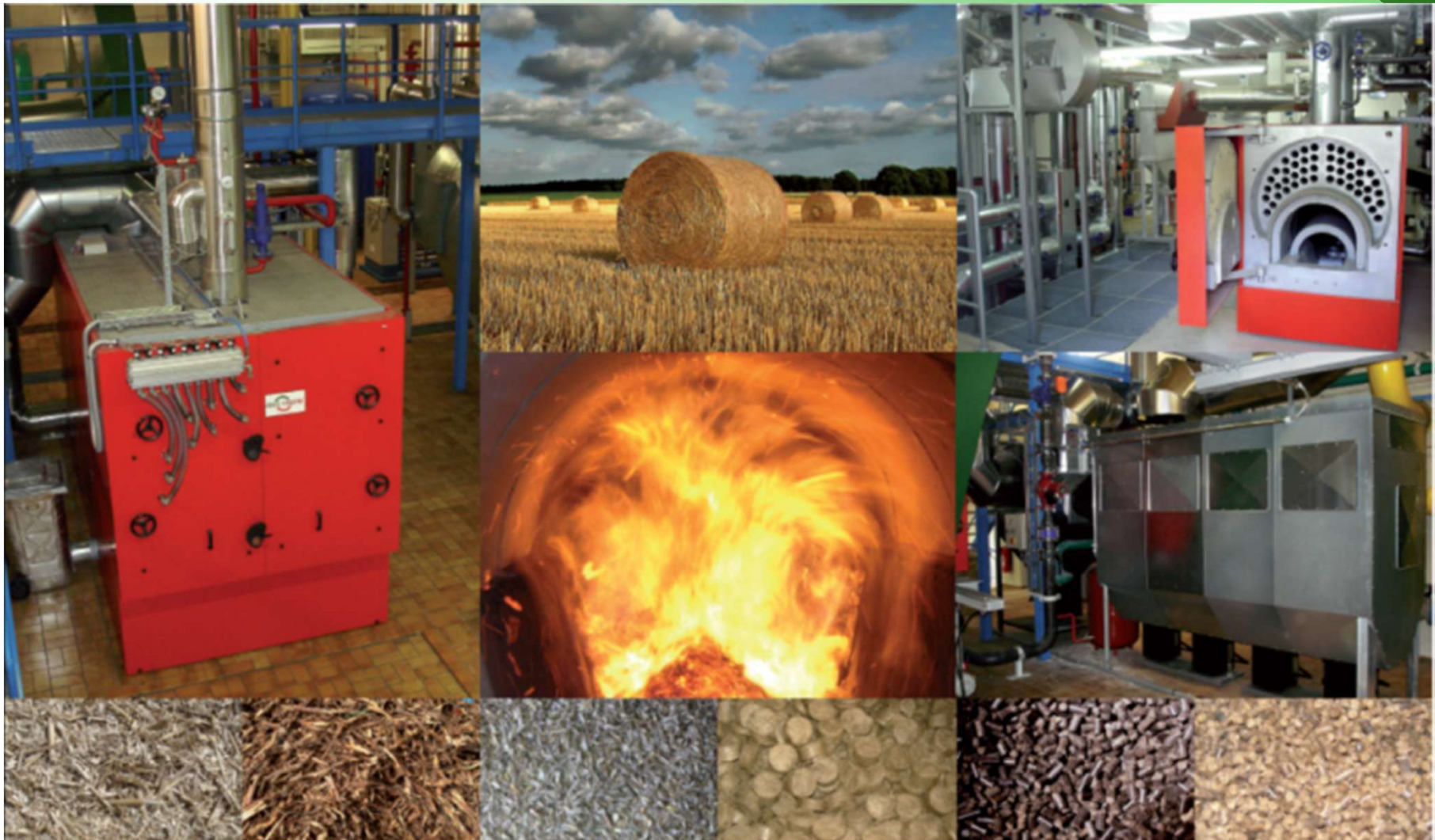
Aktuelle Lösung:

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



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



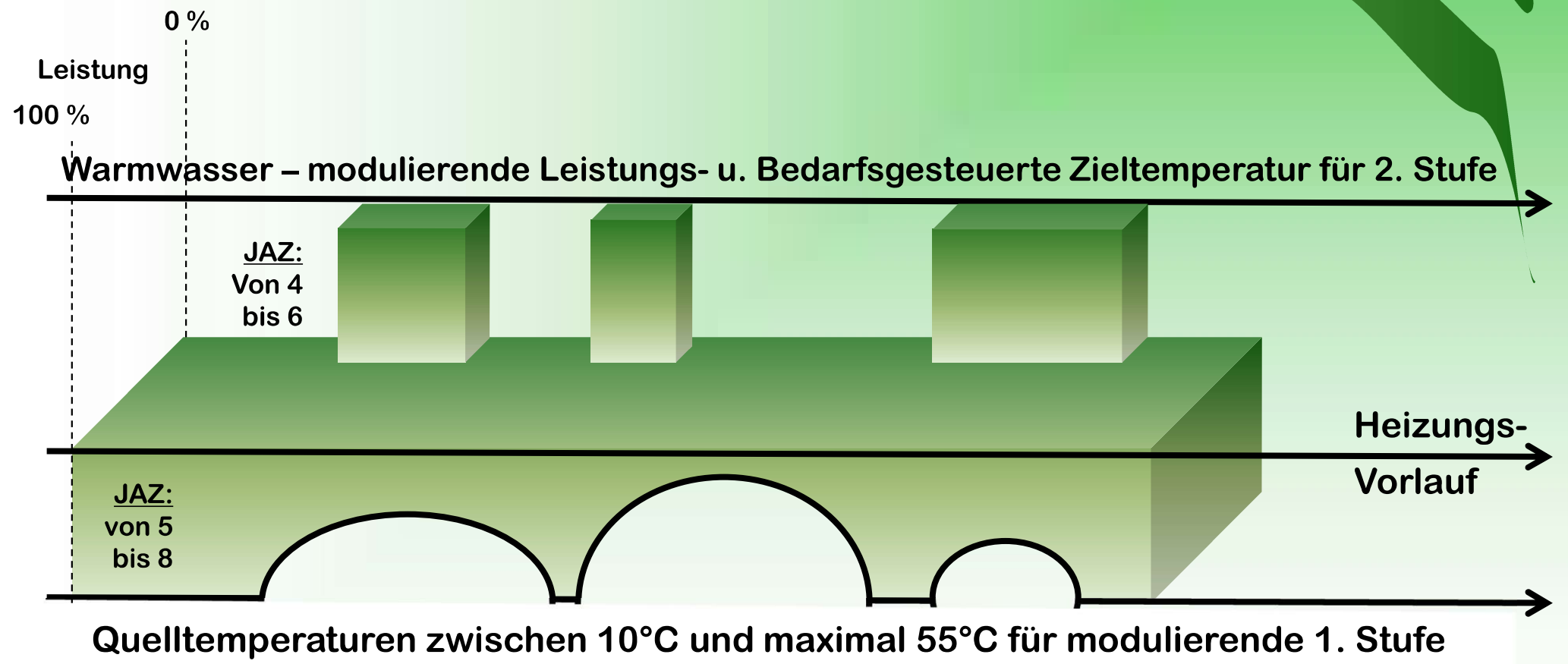
Landschaftspflege-Heu



Strauch- und Baumschnitt



Modulierendes, und 2-stufiges Wärmepumpensystem



Beispiel aus der Praxis:

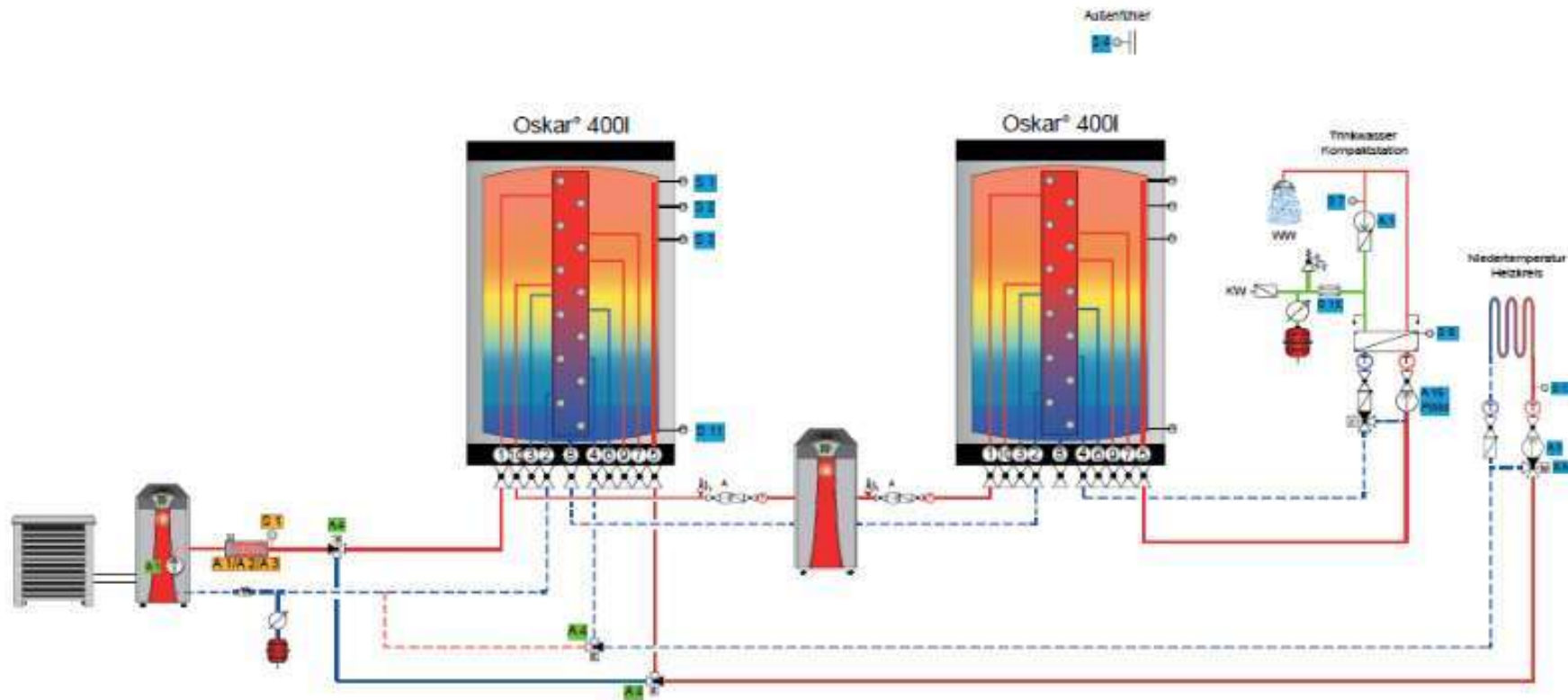


Mehrfamilienhaus, Flächenheizung,
zentrale WW-Erwärmung

Lösung:

2-stufige-Wärmepumpenanordnung:

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





Mehrfamilienhaus

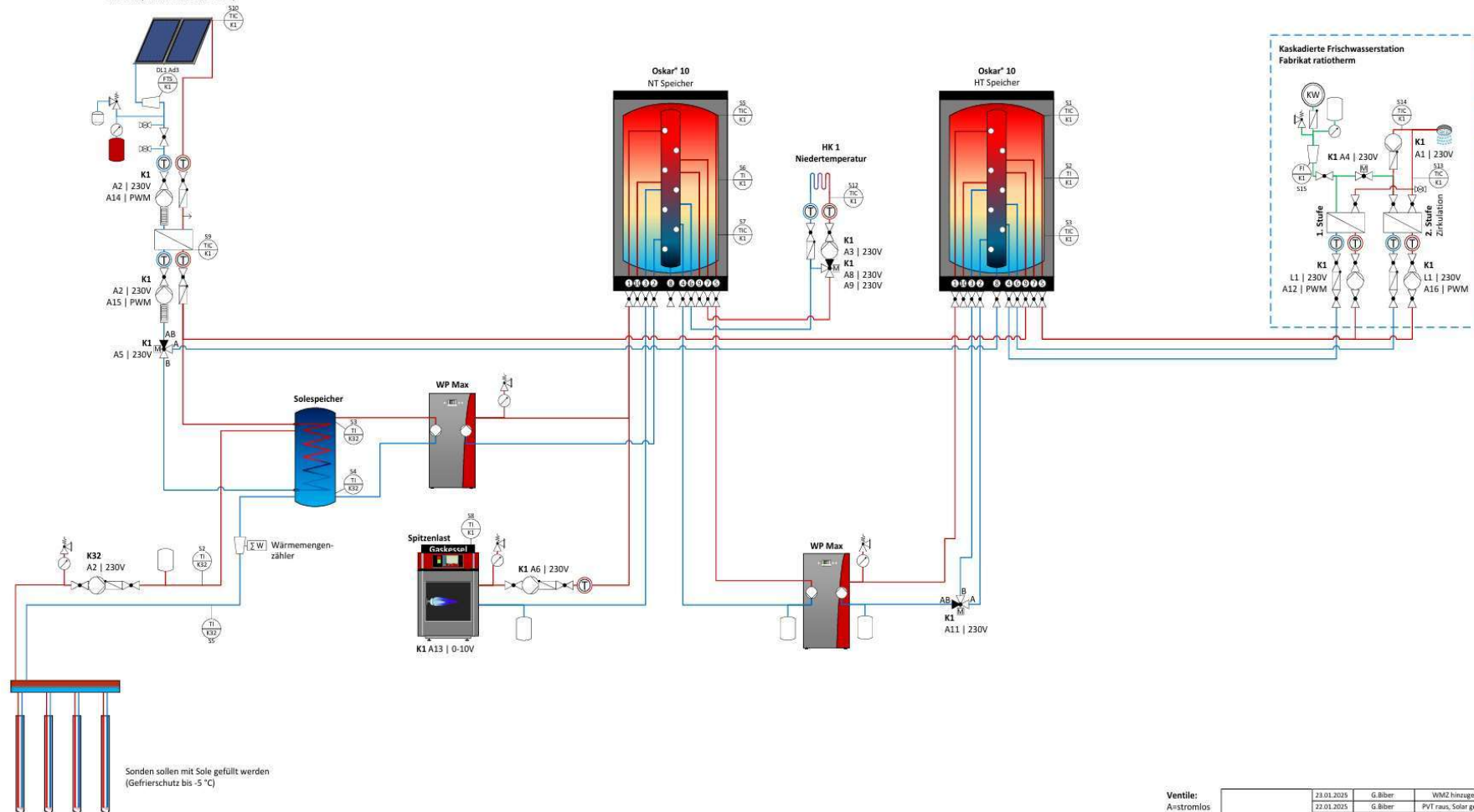
rZR 16x2
Knoten 1



UVR610
Knoten 32
(Platine)

Außenfühler
S4
TIC
K1

Solarthermische Anlage groß
für WW und Quellspeicher
mit Sole (Gefrierschutz bis -27 °C)



Sonden sollen mit Sole gefüllt werden
(Gefrierschutz bis -5 °C)

Symbol	Automatischer Entlüfter	Kugelhventil	Rückschlagventil	Rückschlagklappe	Abgleichventil	Erstbuchstabe	Folgebuchstabe
↑	Entlüftung	Ventil - allgemein (elektromotorischer Antrieb)	Sicherheitsventil (eck)	Manometer mit Anzeige	Stromschneider	T Temperatur	T Temperatur
⊘	(KFE Kugelhahn) Entleerung	Dreiweg-Ventil (elektromotorischer Antrieb)	Wärmeübertrager (allgemein)	Absperrventil mit Thermometer	Störungsmeßgerät	P Druck	I Indikator
						D Durchfluss	C Regelung
						A Ausgang	A Messung

Ventile:
Anstromlos
Bgeschalten

gezeichnet	23.01.2025	G. Bilber	WM2 hinzugefügt	02
Datum	22.01.2025	G. Bilber	PVT raus, Solar geändert	01
geprüft	22.08.2024	Obermeier	AW	Index
Planbezeichnung	ratiotherm			
SWG Eisenach Solar	Smart Energy Systems			

Beispiel aus der Praxis:



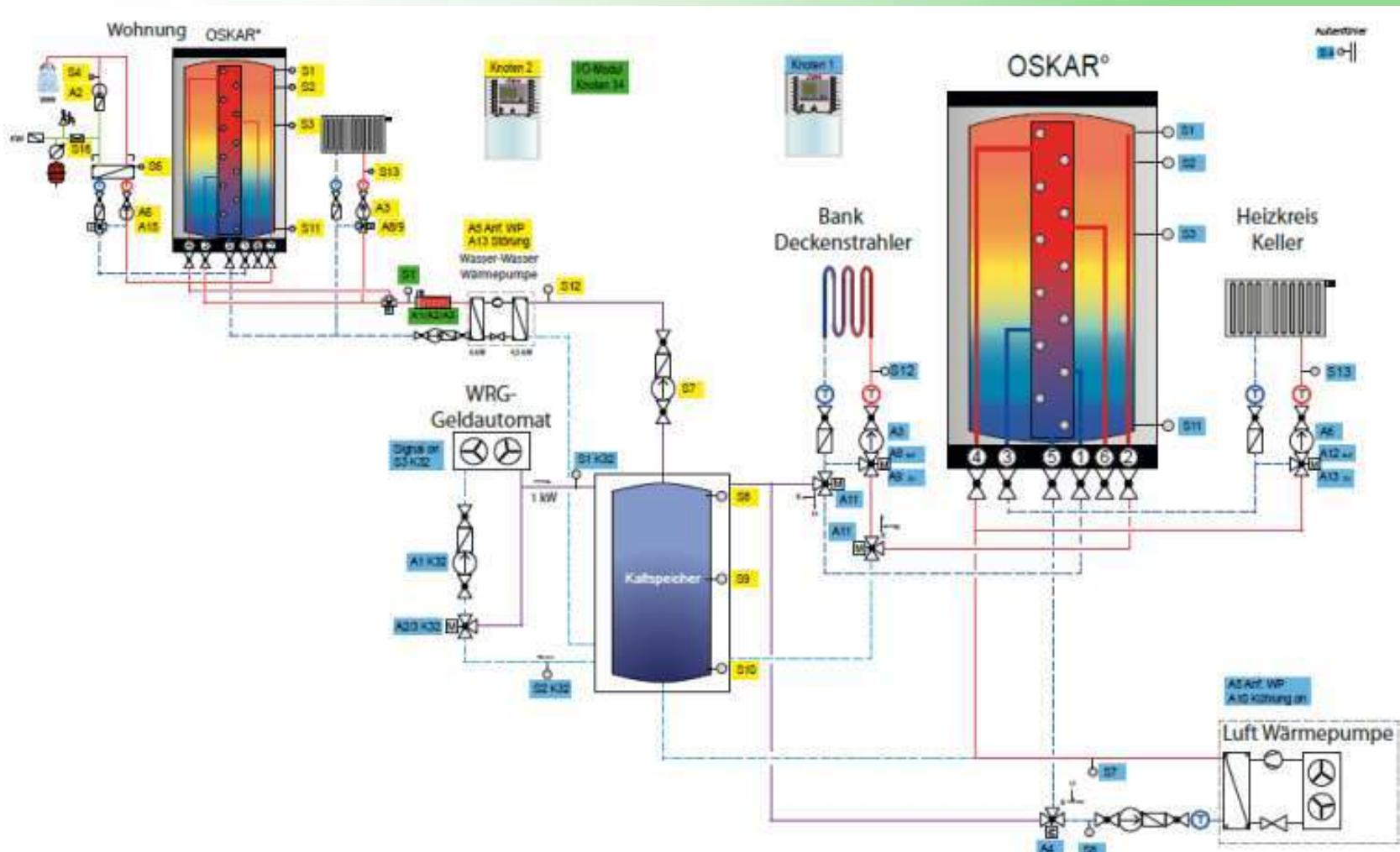
Sparkasse und Wohnhaus

Lösung:

Wärmerückgewinnung aus Kühlung durch Wärmepumpe

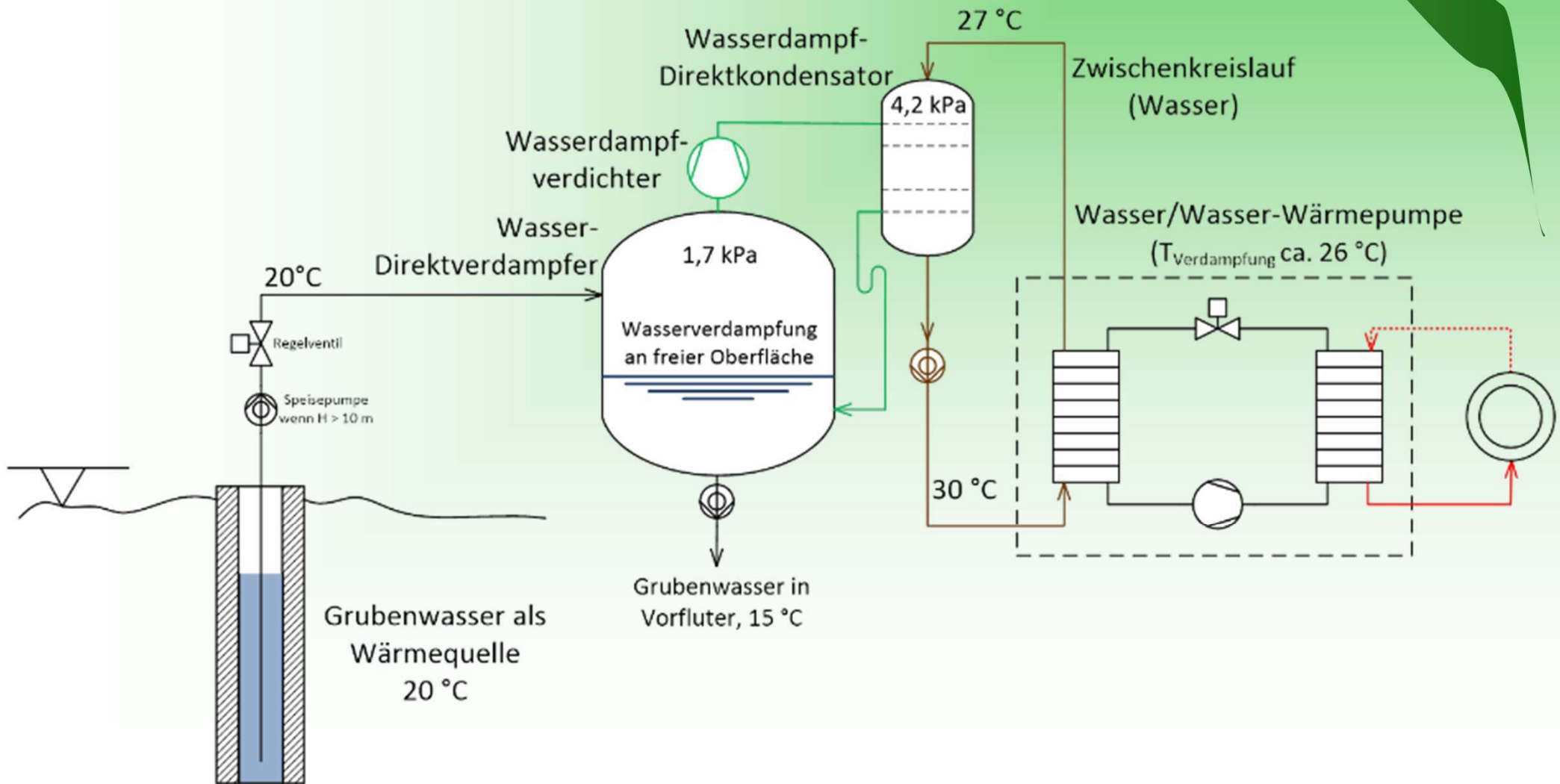
Warmwasser nur für Wohnungsstation;

Sparkasse heizen und kühlen – Spitzenlast mit Luft-Wärmepumpe



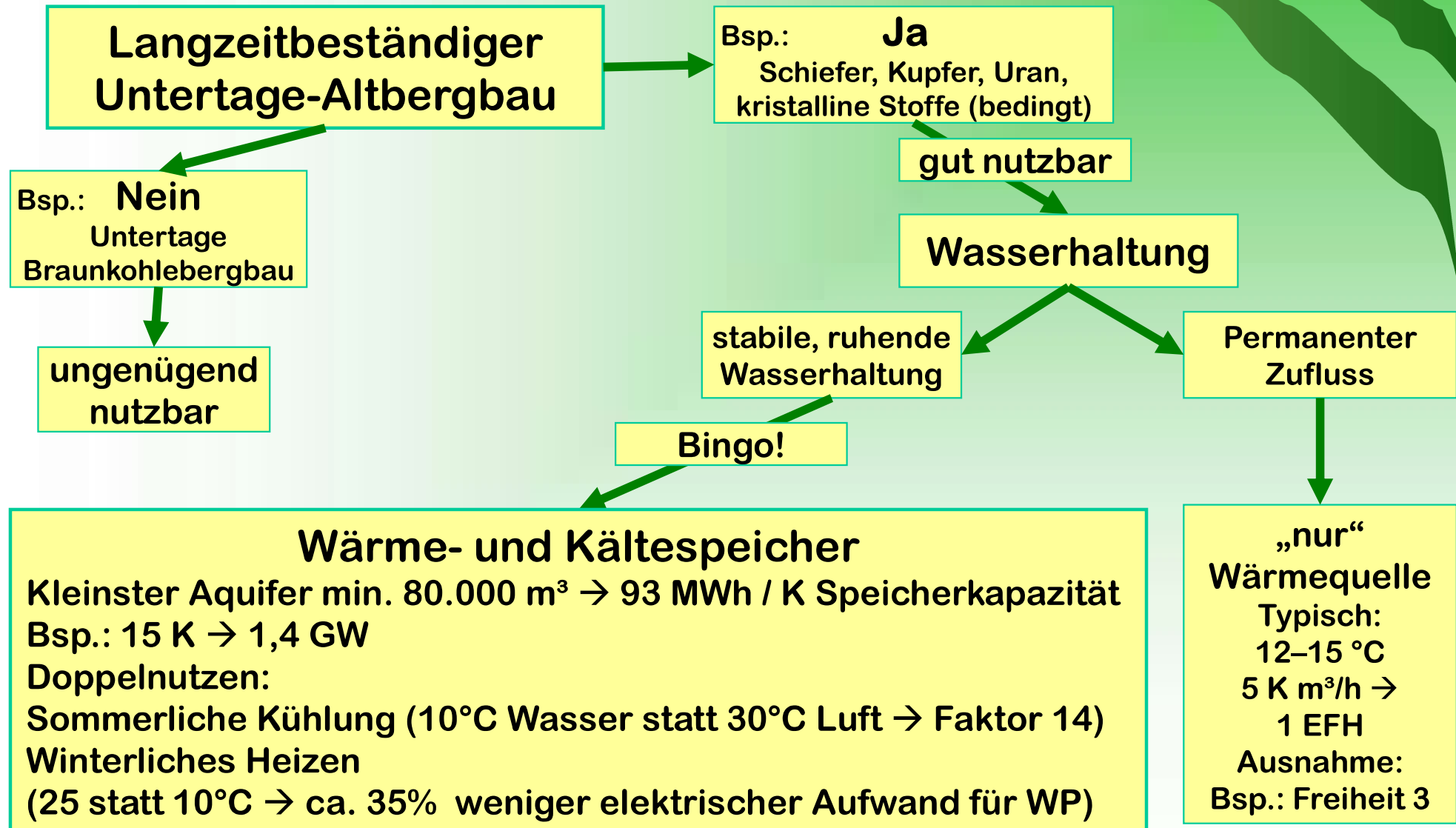


Prinzip des Wärmeentzugs durch Direktverdampfung





Standortprüfung anthropogener Aquifere (geflutete Untertage-Altbergbaue)





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



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 $30\text{K} * 5000\text{m}^3$
 $= 174 \text{ MWh}$

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)



Power to Head (Strom zu Wärme)

Warum ist PtH 1:1 zu hinterfragen?

- 70 Jahre Erfahrung aus der Schweiz
- Exergieverschwendung

Besser:

1:2 → Luft

1:3 → Erde

1:4 → Wasser

1:5 → Abwasser

1:6 → Abwärme

1:7 → Abwärme plus Flächenheizung

1:8 → Wärme- und Kältenutzung



Neue Geschäftsfelder für Stadtwerke

- **H², 1 x Strom – 2 x Wärme**
- **Abwärme als Wertstoff (Nachnutzung Industrieabwärme)**
- **Raum- und Gewerbekühlung (Kälte als Regelenergie)**
- **Exergie-grad bezogene Tarife**
- **Alternative Spitzenlastbrennstoffe**
- **Stromspitzenkappung als Dienstleistung**
- **Transformations-Contracting**
- **Dienstleister für „kleine Orte“**



Dörfer werden ärmer

Ein durchschnittliches Dorf mit ca. 500 Einwohnern

...hat Kosten pro Jahr für:

630 T€ - Heizung

370 T€ - Strom

1000 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



*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.

