



Energieeffiziente Versorgungskonzepte in Büro-, Gewerbe- und Industriegebäuden: Über den Einsatz effizienter Heizungstechnik und Kraft-Wärme-Kopplung



Prof. Dr.-Ing. Lars Kühl

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, EOS – Institut für energieoptimierte Systeme
Salzdahlumer Str. 46 - 48, D – 38 302 Wolfenbüttel

**Unternehmensgespräch Energie
ERA, die WiReGo, EST TU Clausthal, Stadt Goslar
25.11.2021**





Inhalt

1. Klimawandel, Energieverbrauch
2. Konzeptentwicklung
3. Effiziente Energiebereitstellung: Beispiele Industriewärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplung
4. Projektbeispiele zur effizienten Energiebereitstellung



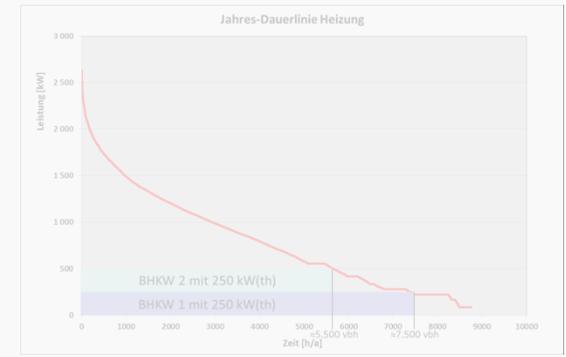
Inhalt

1. Klimawandel, Energieverbrauch

2. Konzeptentwicklung

3. Effiziente Energiebereitstellung: Beispiele Industrierärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplung

4. Projektbeispiele zur effizienten Energiebereitstellung



Sektorenziele im Klimaschutzplan in Mio. t CO₂-Äquivalenten (Referenz 1990)

- **Energiewirtschaft: Reduzierung bis 2030 um 61 bis 62%**

weiterer Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien und schrittweiser Rückgang der fossilen Energieversorgung

- **Verkehr: Reduzierung bis 2030 um 40 bis 42%**

Umsetzung alternativer insbes. strombasierter Antriebe, mehr öffentl. Personennahverkehr, Schienenverkehr sowie Rad- und Fußverkehr und eine zunehmende Verknüpfung der Verkehrsträger

- **Gebäudebereich:**

- Reduzierung bis 2030 um 66 bis 67%**

anspruchsvolle Neubaustandards, langfristige Sanierungsstrategien und schrittweise Abkehr von fossilen Heizungssystemen

- **Industrie und Wirtschaft:**

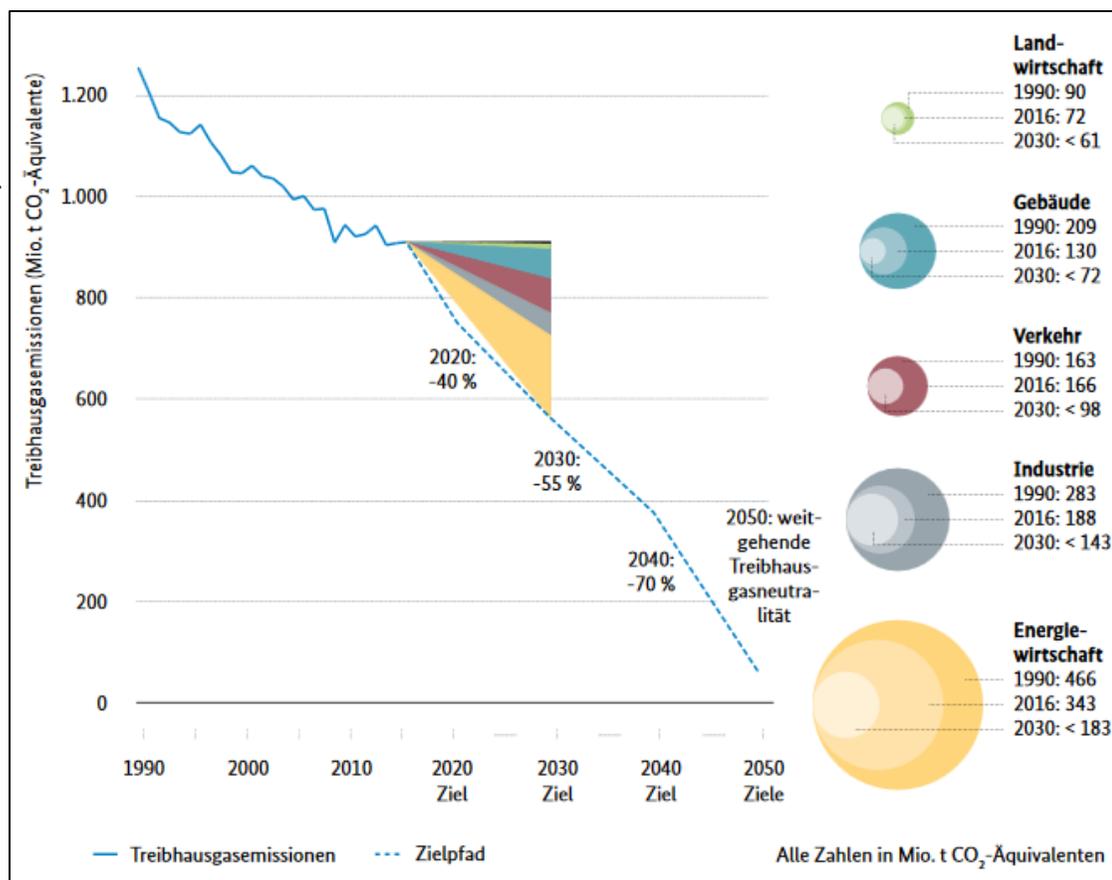
- Reduzierung bis 2030 um ca. 50%**

Energieeffizienzmaßnahmen, Nutzung von Abwärmepotenzialen sowie Forschungs- und Entwicklung zur Minderung bisher nicht vermeidbarer Prozessemissionen,

- **Landwirtschaft:**

- Reduzierung bis 2030 um 31 bis 34%**

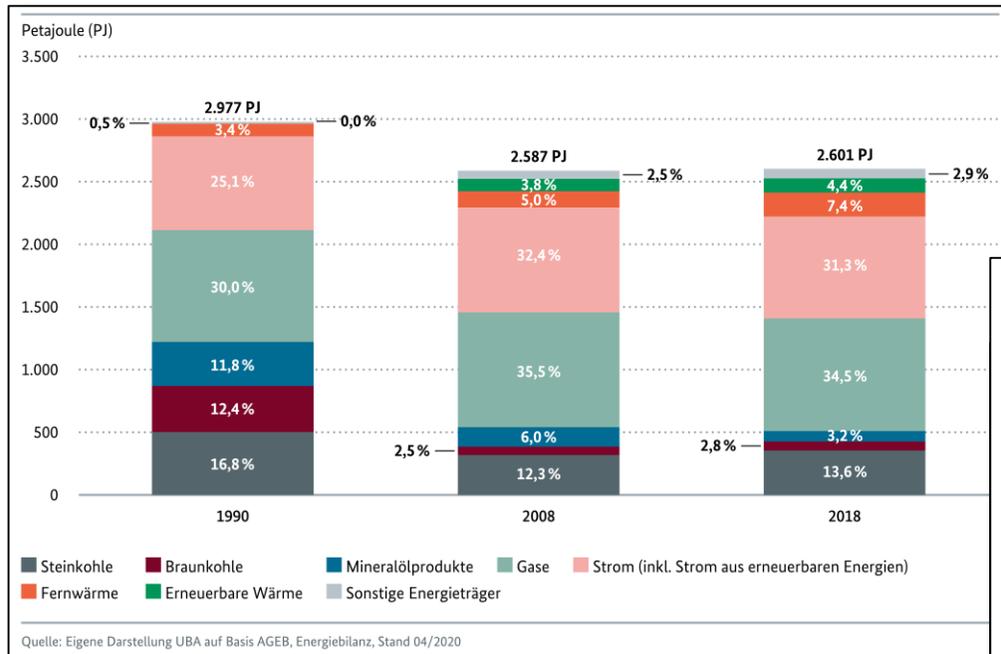
Reduzierung von Lachgasemissionen (N₂O) aus Überdüngung



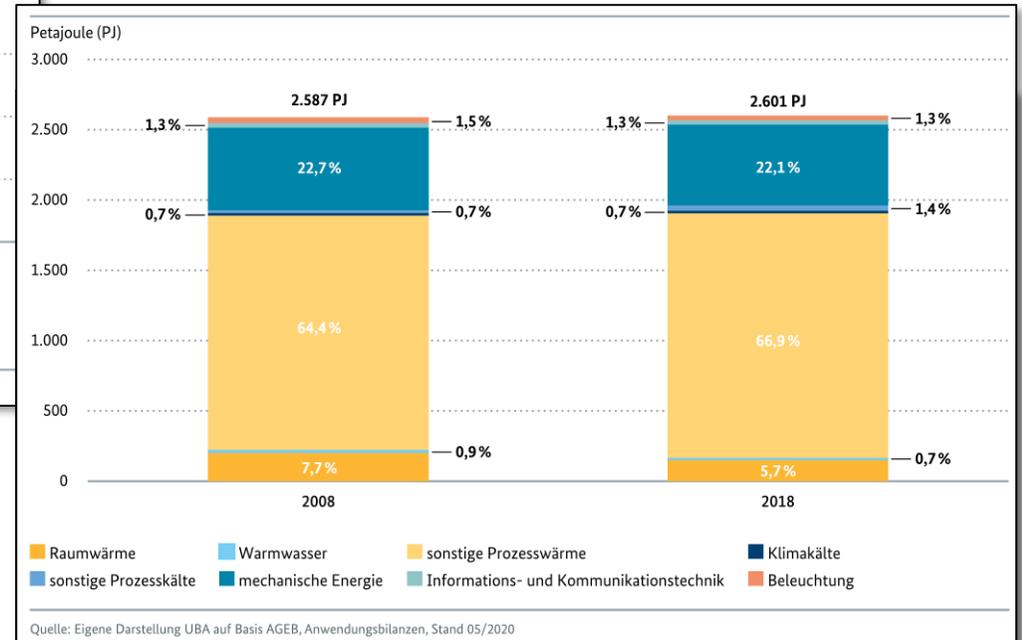


Endenergieverbrauch im Sektor Industrie ...

Endenergiemix in der Industrie nach 1990, 2008
und 2018



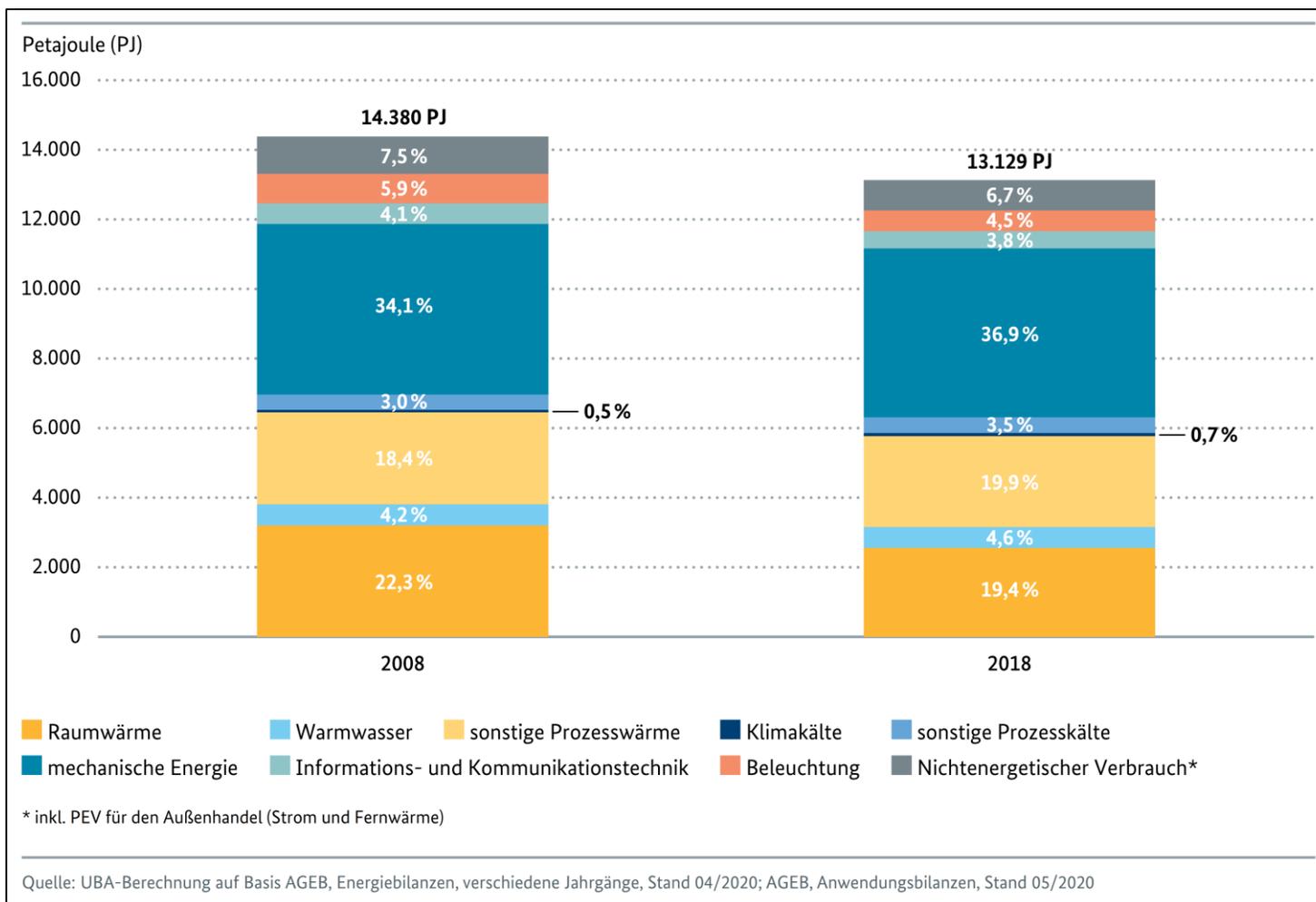
Endenergieverbrauch in der Industrie nach
Anwendungsbereichen 2008 und 2018



Quelle: BMWi, Energieeffizienz in Zahlen 2020

Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungen ...

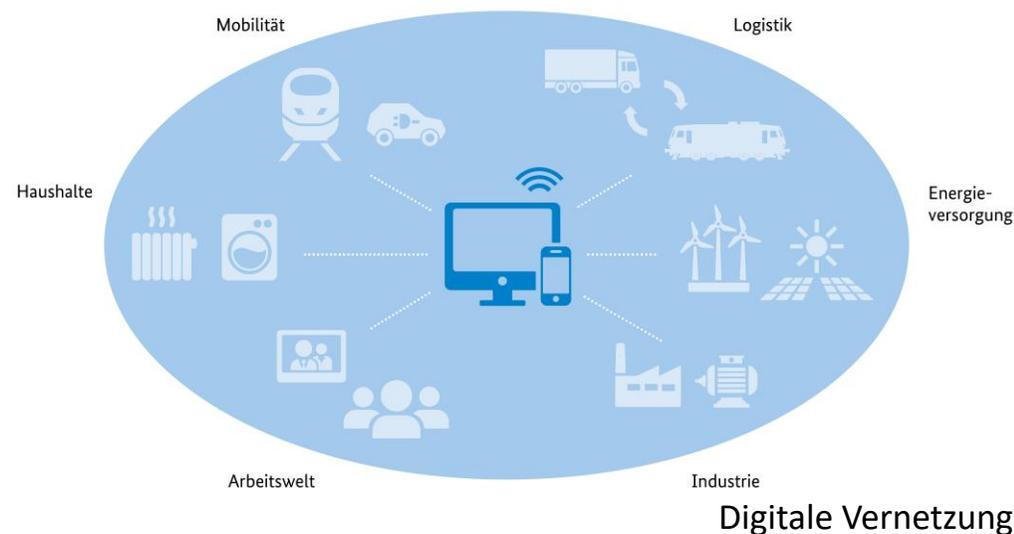
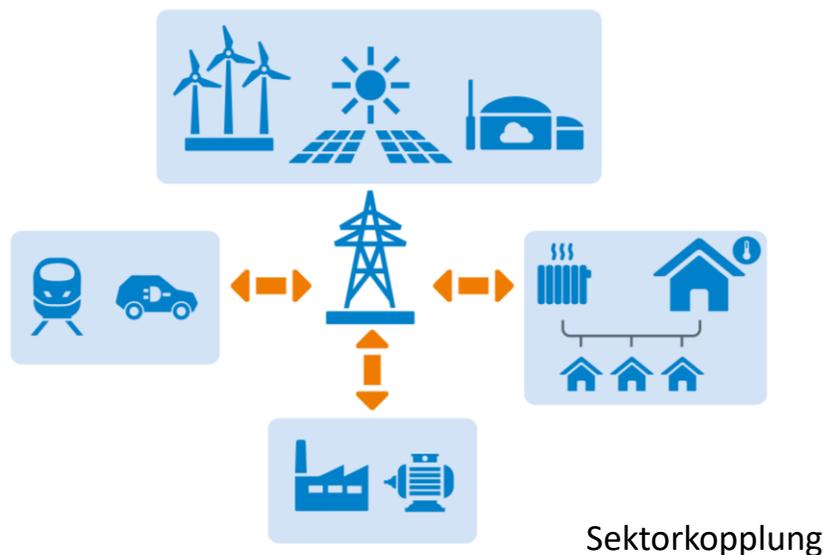
- Insgesamt Abnahme des Primärenergieverbrauchs
- Thermische Energie weist über alle Sektoren einen Anteil am Primärenergieverbrauch von etwa 50% auf



Strategien zur Reduzierung der CO₂-Emissionen

Wesentliche Maßnahmen zur Reduktion des Einsatzes fossiler Energien sowie der damit verbundenen Treibhausgasemissionen in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie sind damit:

- Reduzierung des Energieverbrauchs im Gebäude- und Industriebereich
- Verbesserter Wärmeschutz im Gebäudebereich in Neubau und Bestand (Wohn- und Nichtwohngebäude)
- Optimierung der Effizienz der Wärme-, Kälte- und Strombereitstellung, Prozessoptimierung
- Umsetzung von ganzheitlichen Energiekonzepten (Wärme, Kälte, Strom)
- Nutzung regenerativer Energien zur Wärme-, Kälte- und Stromversorgung
- Sektorkopplung
- Digitale Vernetzung von Sektoren





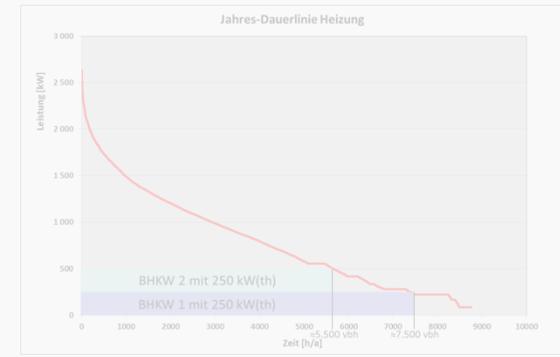
Inhalt

1. Klimawandel, Energieverbrauch

2. **Konzeptentwicklung**

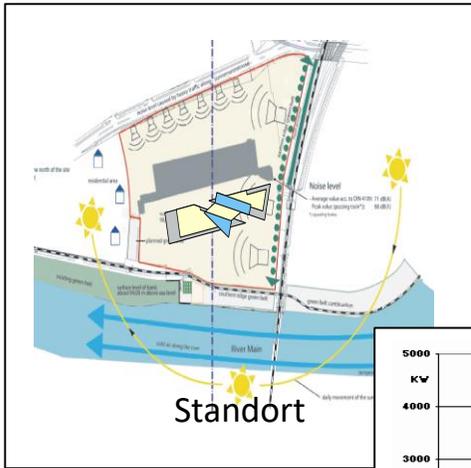
3. Effiziente Energiebereitstellung: Beispiele Industriewärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplung

4. Projektbeispiele zur effizienten Energiebereitstellung

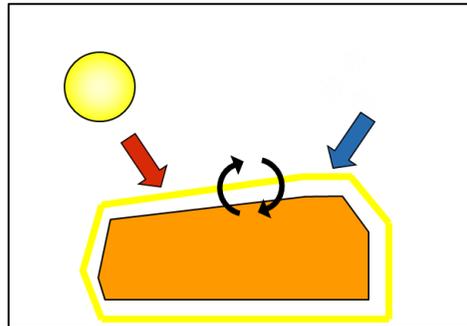
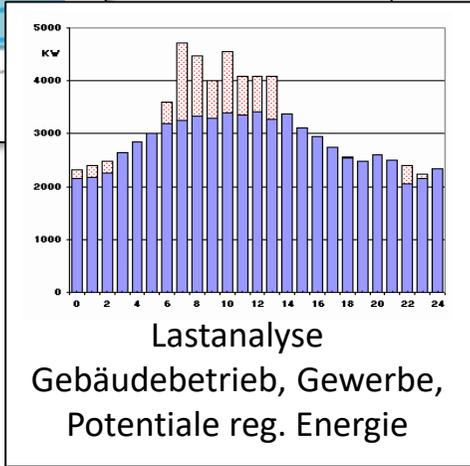




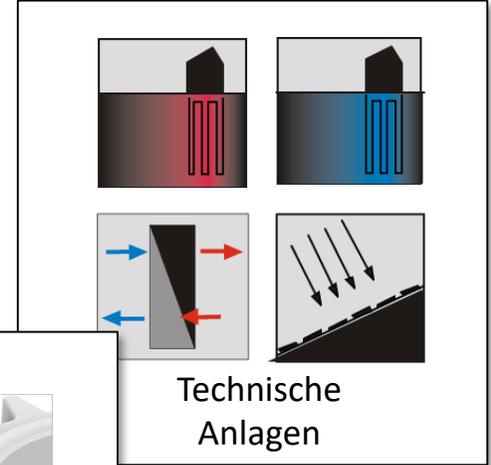
Entwicklung von Energiekonzepten für Gebäude und Industrie, Integration von regenerativer Energie



Standort



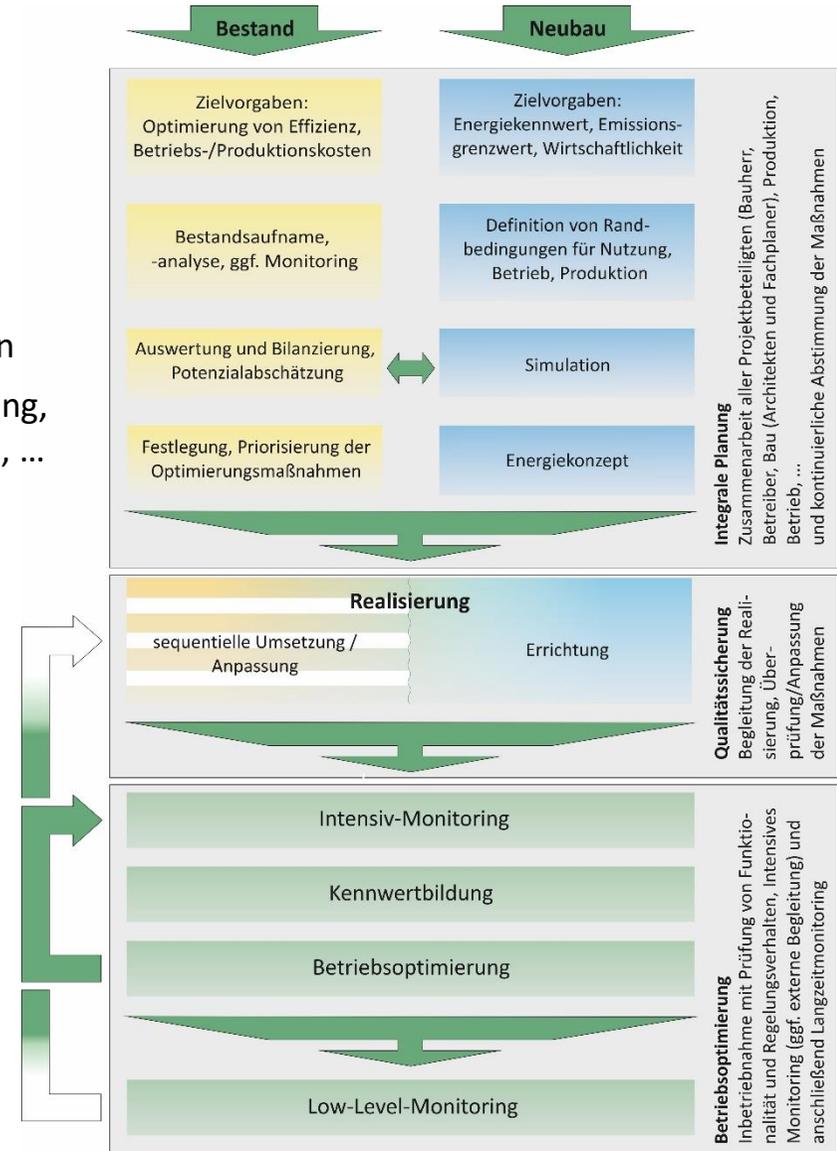
Gebäudehülle



Integration aller Beteiligten (EVU, Planer, Nutzer, Unternehmer, ...), ganzheitliches Konzept als Paket abgestimmter Maßnahmen, Qualitätssicherung in der Umsetzung, Betriebsoptimierung über Monitoring – wirtschaftliche, energetische und ökologische Optimierung

Effizienzmaßnahmen in Neubau und Bestand - Monitoring als Schlüssel zur Betriebsoptimierung

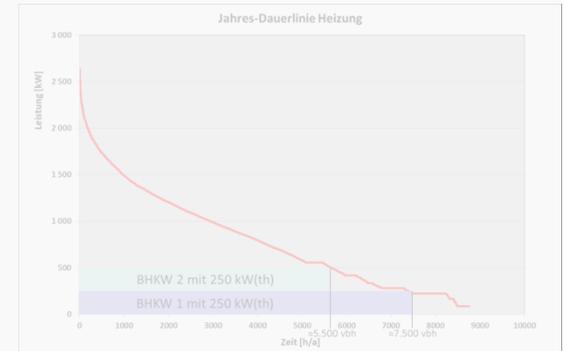
- Im Bestand Entwicklung der Optimierungs- bzw. Sanierungsstrategien über die Analyse des Betriebsverhaltens und der Bildung von Kennwerten und Benchmarking, bei Neubauten in der Regel simulationsgestützte Entwicklung von Integralen Versorgungskonzepten
- Identifikation von Wartungsmängeln (Filter, ...), Fehlfunktionen (Leistung, Volumenströme, Ein- und Ausschalttemperaturen, ...), Mehrverbrauch, ...
- Abschätzung der energetischen und wirtschaftlichen Potenziale von Einzel- oder Verbundmaßnahmen, Festlegung der Reihenfolge der Umsetzung – Priorisierung
- Planung im Kontext der Umsetzbarkeit im laufenden Betrieb bzw. Produktionsprozess
- (sequentielle) Umsetzung der Maßnahmen, Begleitung im Rahmen einer Qualitätssicherung
- Messtechnische Begleitung der durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen im Betrieb im Rahmen eines **Intensivmonitorings** (kurze Messintervalle u. kontinuierliche Auswertung, **Evaluierung und Betriebsoptimierung**, ggf. Anpassung der Maßnahmen, im Anschluss **Langzeitmonitoring** (längere Messintervalle und abschnittsweise (Monat, Quartal, Jahr) Auswertung





Inhalt

1. Klimawandel, Energieverbrauch
2. Konzeptentwicklung
3. **Effiziente Energiebereitstellung: Beispiele Industriewärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplung**
4. Projektbeispiele zur effizienten Energiebereitstellung





Standard-Lösungen zur Wärmebereitstellung in Nichtwohngebäuden und Produktion



Quelle:
Buderus Heiztechnik GmbH

Gas- oder Ölheizkessel als Standard-,
Niedertemperatur- oder Brennwert-
Heizkessel



Quelle:
www.enbausea.de

Groß-Wärmepumpen



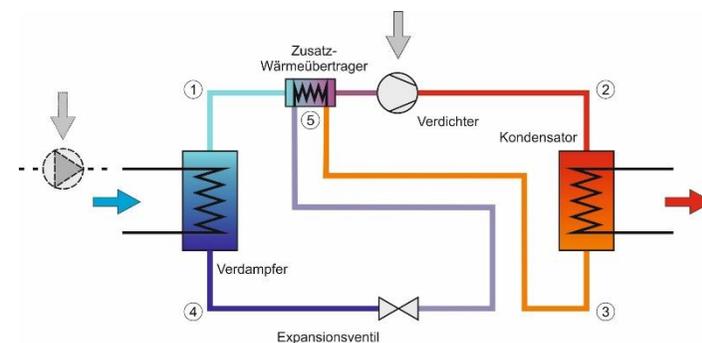
Quelle: www.blockheizkraftwerk.org

Kraft-Wärme-Kopplung

Großwärmepumpen für Industrieanlagen

z.B.: Vitocal 350-G Pro: Sole/Wasser-Wärmepumpe

- Niedrige Betriebskosten durch hohe Leistungszahlen
- Geringer Leistungsverlust bei Betrieb mit höheren Vorlauftemperaturen (z. B. bei VL 65 °C nur max. 10 % Leistungsverlust gegenüber VL 35 °C)
- Max. Eintrittstemperatur bei Wasser/Wasser- und Wasser/Sole-Wärmepumpen beträgt 20 °C
 - ⇒ bei höheren Kühlwassertemperaturen (Abwärme als Wärmequelle) muss eine sogenannte Tiefhalterregelung auf der Primärseite der Wärmepumpe durch Beimischung von kühlem Rücklaufwasser die max. Eintrittstemperatur auf 25 °C begrenzen
- KFW-Förderung: 80 €/kW (KFW 271)
- BAFA-Förderung nur bis 100 kW



Heizleistung einstufig	223 kW bis 564 kW (B07/W35)
Heizleistung zweistufig	433 kW bis kW 1128 kW (B0/W35)
Kühlleistung einstufig	417 kW bis 661 kW (W7/W35)
Kühlleistung zweistufig	491 bis 1322 kW (W7/W35)
EER (W7/W35)	5,02
COP (B0/W35)	bis 4,71
Max. Vorlauftemperatur	65 °C

Aufbau und Betrieb von Hochtemperatur-Wärmepumpen

Die **Temperaturen im Kreisprozess sind** durch die thermodynamischen **Eigenschaften des Kältemittels begrenzt**.

Die **Temperaturen in den Komponenten**, insbesondere im Verdichter, **durch deren Bauart**.

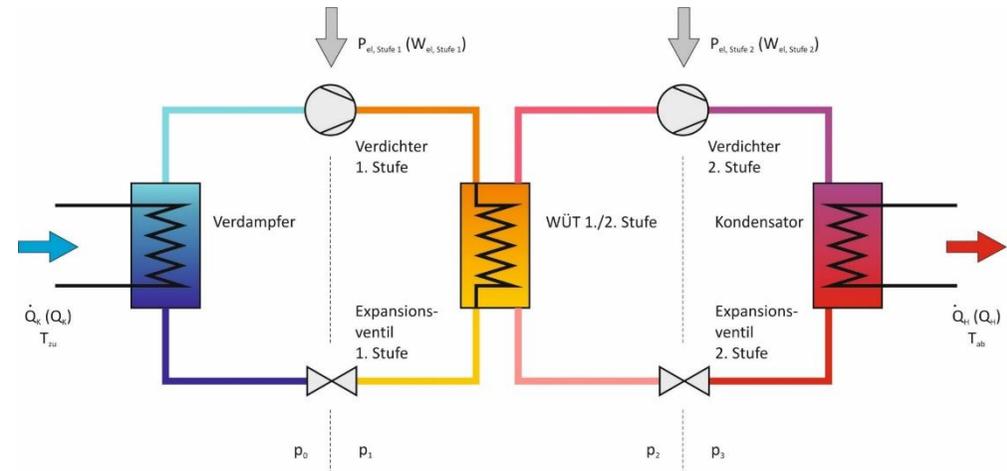
Die **Bewältigung des für die Hochtemperatur-Wärmepumpe benötigten Temperaturhubes** von z.B. 10 °C (Wärmequelle/Grundwasser) auf 95 °C (Wärmenutzung/Heizwasser) **kann durch einen zweistufigen Kreisprozess gelöst werden**.

In den Stufen werden jeweils unterschiedliche Kältemittel eingesetzt.

Die in der Regel hohen Heißgas-Temperaturen in der 2. Stufe deutlich über 100°C stellen das größte technische Problem dar.

Zweistufigen Maschinen werden für größere Leistungen von mehreren 100 kW ausgelegt und erreichen Vorlauftemperaturen von 100 °C und mehr bei einer Wärmequelltemperatur von z.B. 10 °C.

Die **einstufige Ausführung wird** vor allem für Prozesse in der chemischen Industrie, der Lebensmittel- und Getränkeindustrie sowie der Kraftwerkstechnik **für Temperaturen der Wärmequelle von 40 bis 50 °C und der Wärmenutzung von 75 bis 95 °C eingesetzt**. Die technische Auslegung erfolgt dabei jeweils für den betreffenden Einsatzfall.





Hochtemperaturwärmepumpen für Industrieanlagen

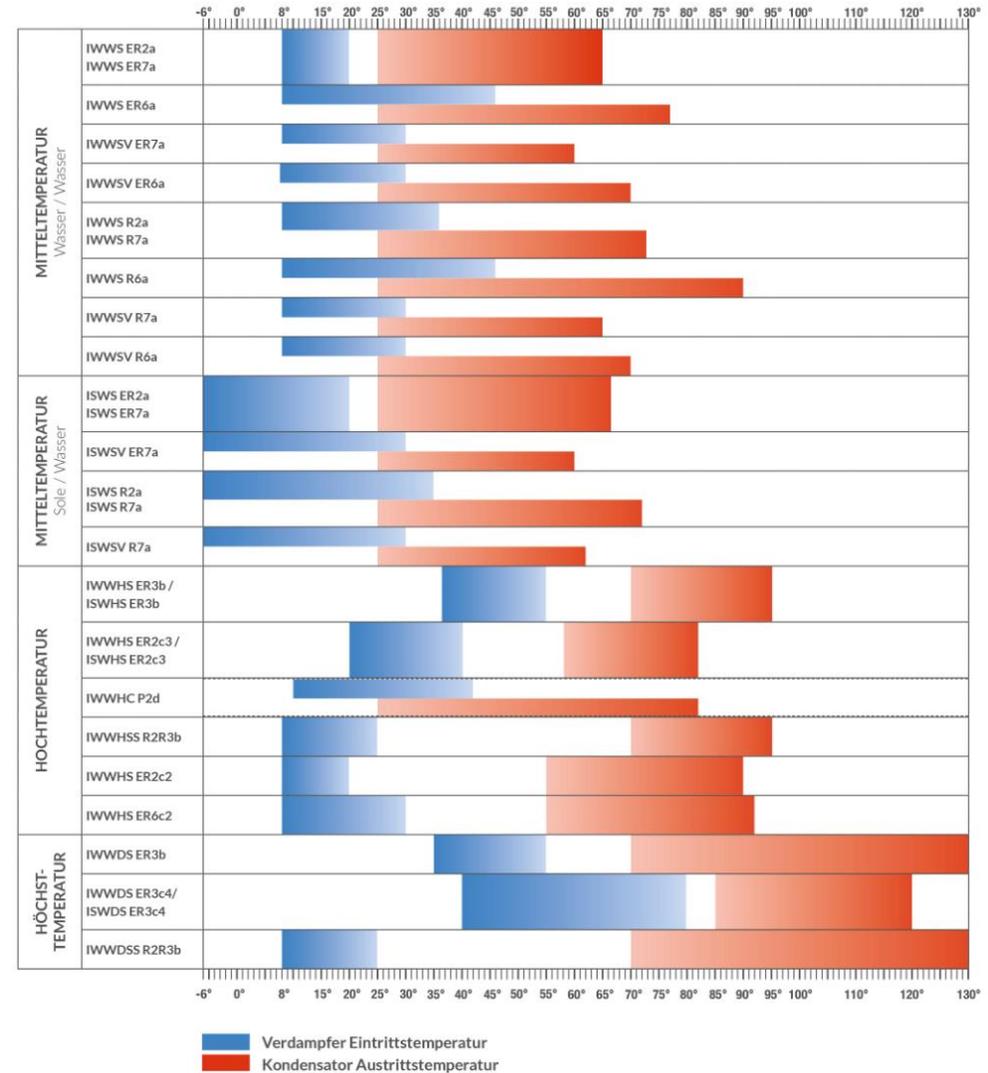
Erreichbare Temperaturniveaus von Hochtemperatur- Wärmepumpen



**Baureihe einstufig: IWWHS
60 ER3b –640 ER3b**
KM: ÖKO1,
WQ: Wasser od. Sole
Heizleistung: 60 bis 640 kW
VLT: bis 95 °C W45/W85

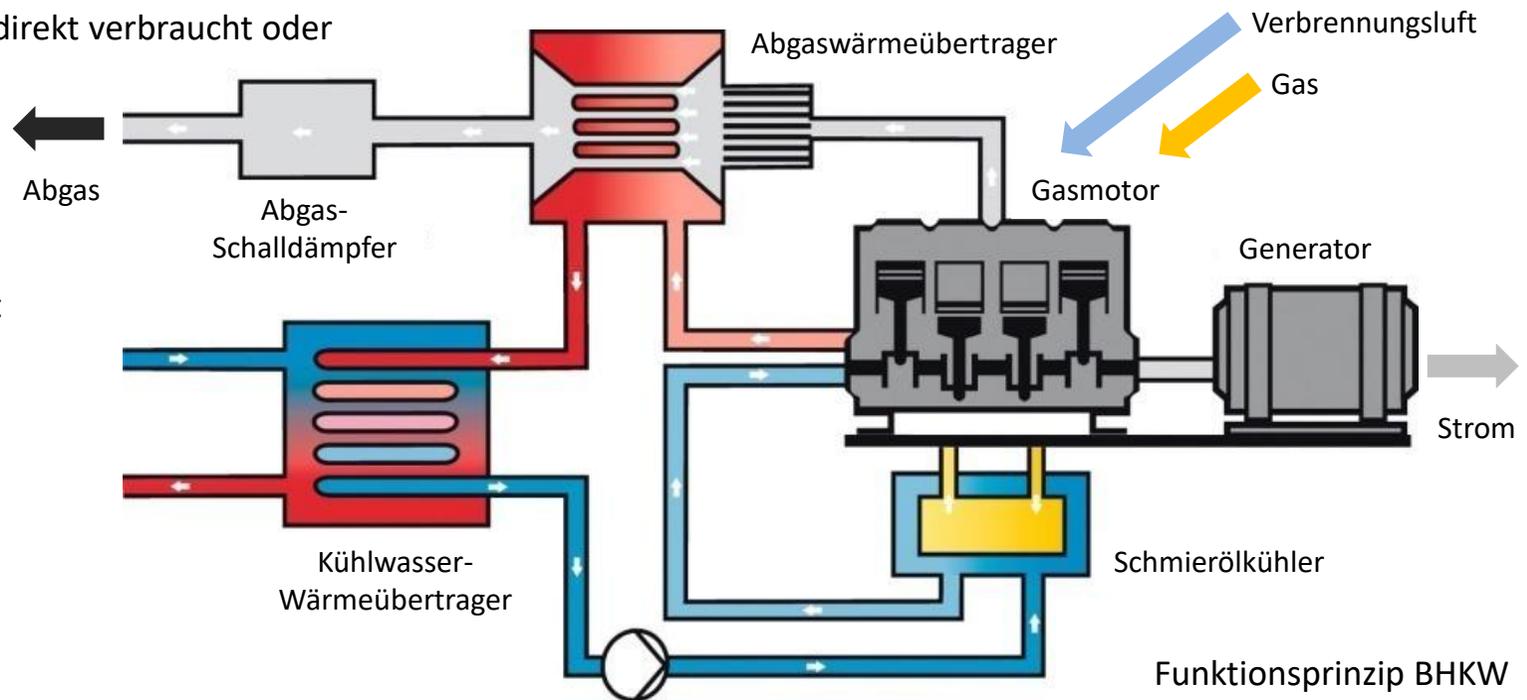


**Baureihe zweistufig: IWWHS
190 R2 R3b –750 R2 R3b**
KM: R134a / ÖKO1,
WQ: Wasser
Heizleistung: 190 bis 750 kW
VLT: bis 95 °C W10/W85

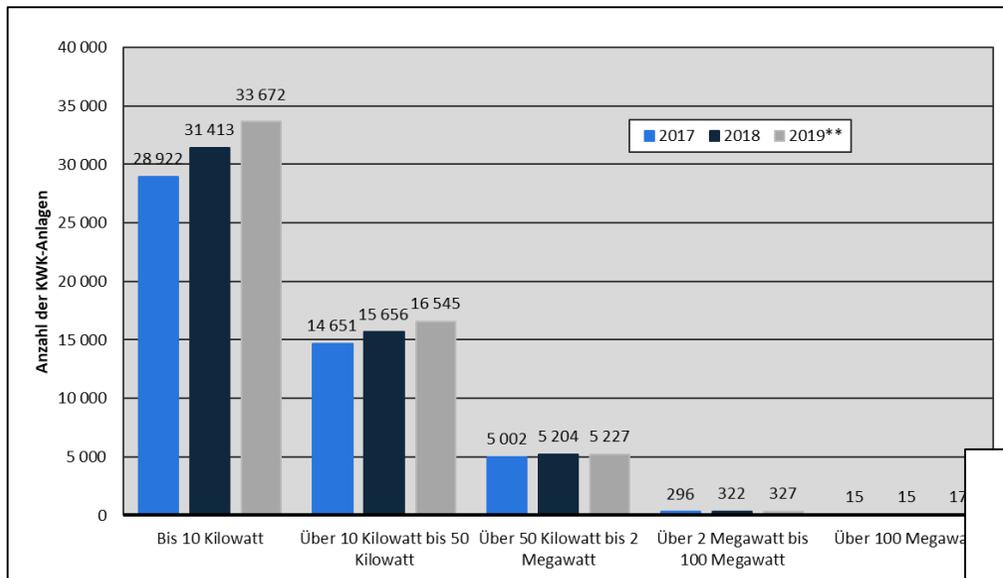


Kraft-Wärme- Kopplung - Allgemein

- Kraft-Wärme-Kopplung beschreibt die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme
- Leistungsbereiche der Stromerzeugung der Anlagen variieren von 1 bis 5 kW zu mehreren 1.000 kW
- Großkraftwerke dienen im wesentlichen der Stromerzeugung
- Abwärme wird für die Versorgung städtischer Versorgungsstrukturen über Fernwärmesysteme genutzt
- Kleinere Einheiten der Kraft-Wärme-Kopplung dienen der Versorgung von Einzelabnehmern mit Wärme und Strom
- Der Strom kann hierbei direkt verbraucht oder eingespeist werden
- Leistung des BHKW ist dem Lastprofil anzupassen
- Die Wirtschaftlichkeit ist zu beachten



Kraft-Wärme- Kopplung - Marktübersicht

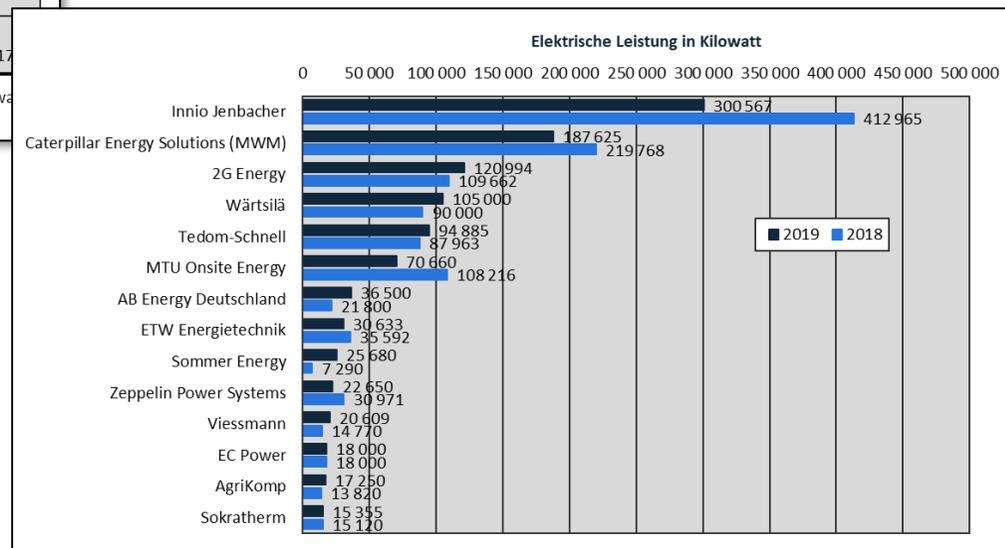


Absatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen* in Deutschland nach Größenklasse in den Jahren 2017 bis 2019



Quelle: www.sokratherm.de

Wichtigste Unternehmen nach Leistung ihrer abgesetzten BHKW in Deutschland in den Jahren 2018 u. 2019 (in kWel)

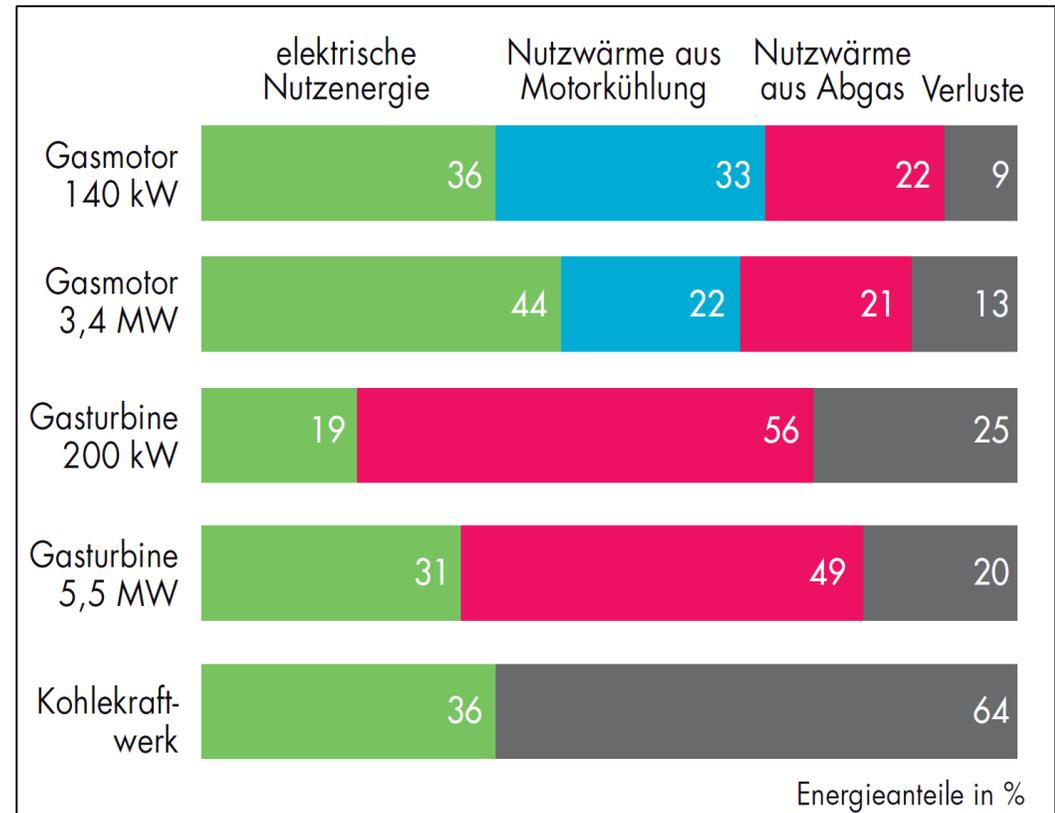


Quelle: Statista.de

Kraft-Wärme- Kopplung – Wärme- und Stromlieferung

BHKW – Brennstoffnutzung

- Nutzwärme eines BHKW zusammen aus der Abgaswärme und der mittels Kühlwasser ausgekoppelten Motorabwärme
- Die Anteile von Abgaswärme und Kühlwasserwärme sind bei Motoren kleiner und großer Leistung unterschiedlich
- Bei kleinen Motoren überwiegt die Kühlwasserwärme, bei Großmotoren sind die Wärmeanteile etwa gleich groß
- Im Vergleich mit konventionellen Kohlekraftwerken wird die sehr gute Brennstoffnutzung bei der Kraft-Wärme-Kopplung deutlich



Brennstoffnutzung bei Gasmotor- und Gasturbinenanlagen

Anlagen mit unterschiedlicher elektrischer Leistung,

Quelle: www.asue.de

Kraft-Wärme- Kopplung - Temperaturniveaus

BHKW – Wärmeauskopplung

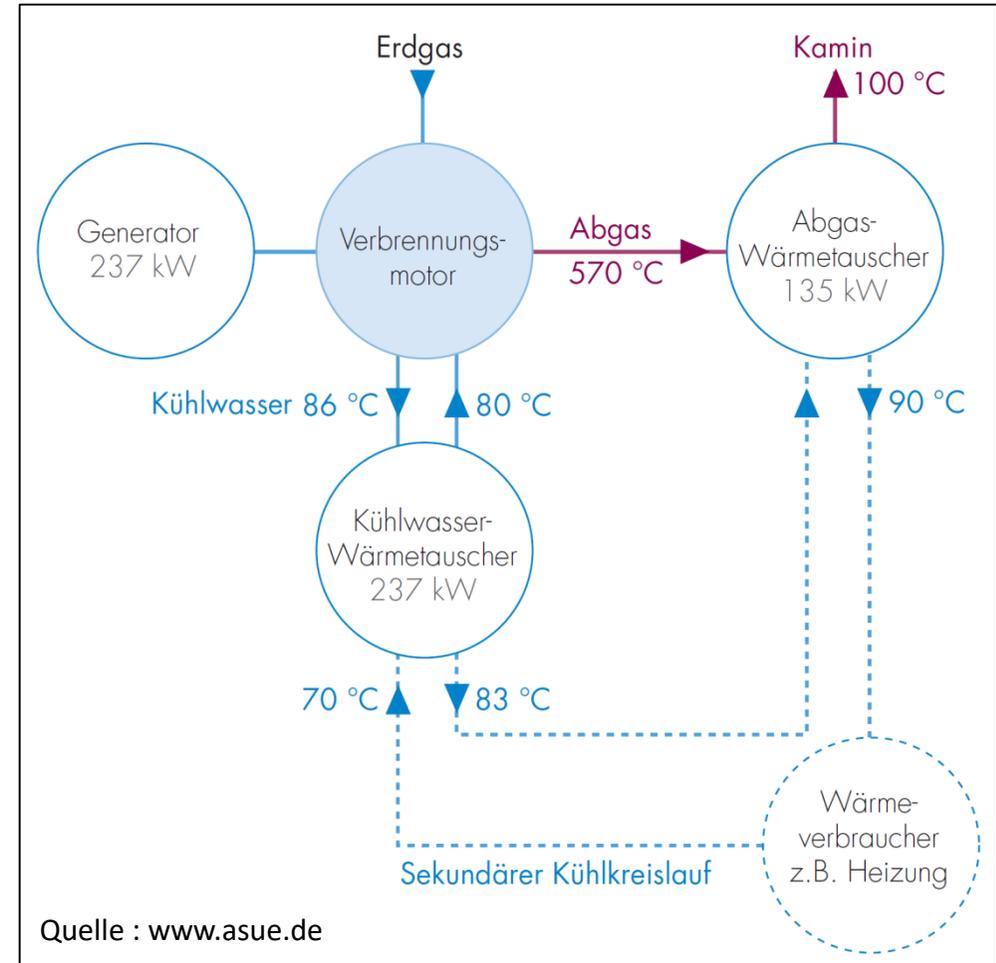
Die Abgaswärme steht auf einem Temperaturniveau von etwa 500 °C zur Verfügung und kann grundsätzlich zur Dampferzeugung in einem Abhitzeessel, wie im Fall von Gasturbinenanlagen üblich, genutzt werden.

Bei den Verbrennungsmotoren erreicht das Motorkühlwasser eine Temperatur von etwa 90 °C.

Für eine getrennte Nutzung beider Wärmeanteile sind daher zwei unabhängige Sekundärkreisläufe mit einem entsprechenden technischen Aufwand erforderlich.

Die getrennte Auskopplung beider Wärmeanteile bleibt aus wirtschaftlichen Gründen BHKW-Anlagen mit großen Leistungen vorbehalten.

Die Austrittstemperatur des Sekundärkreislaufes liegt im Allgemeinen bei 90 °C, die Eintrittstemperatur bei 70 °C.



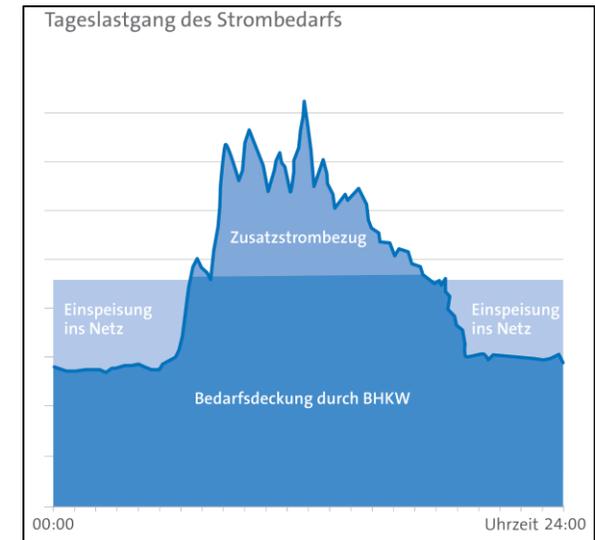
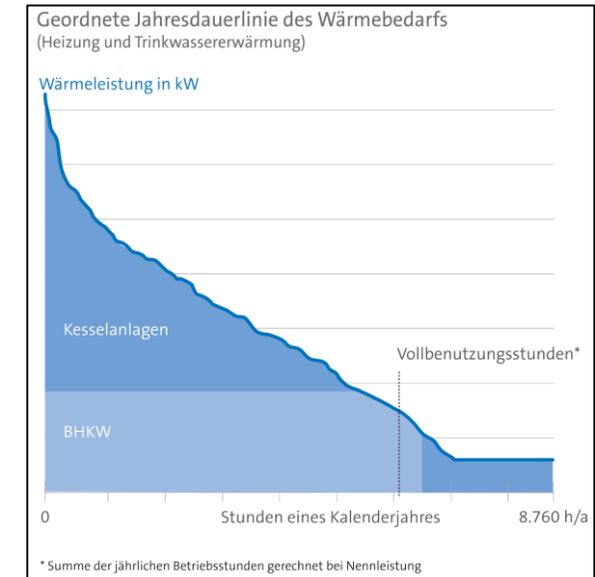
Auskopplung der Abgas- und Kühlwasserwärme in einem BHKW mit 237 kWel

Kraft-Wärme- Kopplung - Auslegung

Grundregeln zur Auslegung

- im Normalfall Auslegung des BHKW auf Wärmebedarf des Objekts
- BHKW Wärmeleistung zwischen **10% - 20 % der installierten Kesselleistung** dimensionieren
- die BHKW Laufzeit sollte **mindestens 5.000 Betriebsstunden**, besser jedoch 6.000 Betriebsstunden betragen \Rightarrow **bevorzugter Einsatz zur Wärmeerzeugung**
- Die **Vorlauftemperatur** des Blockheizkraftwerks, d.h. die Temperatur des Wassers beim Verlassen des BHKWs, sollte **möglichst hoch (80 - 90 °C)** sein, um durch daraus resultierende hohe Temperaturdifferenzen eine gute Wärmeübertragung zu erreichen
- Bei der **Kombination mit Brennwertkesseln** sollte das BHKW nicht in Serie vor dem Heizkessel installiert werden, sondern **parallel** dazu
- die **Rücklauftemperatur** darf **nicht über** dem vom Hersteller angegebenen **Maximalwert (i.d.R. 70 °C)** liegen, ansonsten ist mit einem häufigen **Takten des BHKWs und Störungen** zu rechnen
- BHKWs sollten in Fließrichtung nicht hinter einen Kessel geschaltet werden

Quell: www.asue.de



Betriebsstrategien von BHKW-Anlagen

BHKW-Anlagen können grundsätzlich auf drei verschiedene Arten betrieben werden:

- wärmegeführte Fahrweise (je nach Auslegung Teillastbetrieb, höchste Brennstoffausnutzung)
- stromgeführte Fahrweise (Strombedarf höher als Wärmebedarf, hoher Strompreis, Teillast bei geringem Strombedarf)
- Netzgeführte Fahrweise

Fahrweise	wärmegeführt	stromgeführt	kombiniert (netzgeführt)
Prinzip	Orientierung am Wärmebedarf	Orientierung am Strombedarf	Orientierung an Bedarf / Netzanforderungen
Vorteile	Höchste Brennstoffausnutzung	Höchste Stromerzeugung	Beitrag zur Netzstabilität, Vermarktung von Regelenergie
Stromverwendung	Ohne Einschränkung (Eigennutzug und/oder Netzeinspeisung)	Nach Bedarf der Verbraucher, nach wirtschaftlicher Erwägung	Nach Bedarf der Verbraucher, nach wirtschaftlicher Erwägung
Wärmeverwendung	Nach Bedarf der Verbraucher	Ohne Einschränkung, ggf. Zwischenspeicherung	Nach Bedarf der Verbraucher, ggf. Zwischenspeicherung, ggf. stromseitige Einschränkungen
Anwendung	Energieversorgung von Gebäuden	Einbindung in Fernwärmesysteme	Krankenhäuser

Einsatzgebiete in der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Im Fall eines gekoppelten Strom- und Kältebedarfs können Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungen in der Kombination BHKW und Ab- oder Adsorptionskältemaschinen umgesetzt werden.

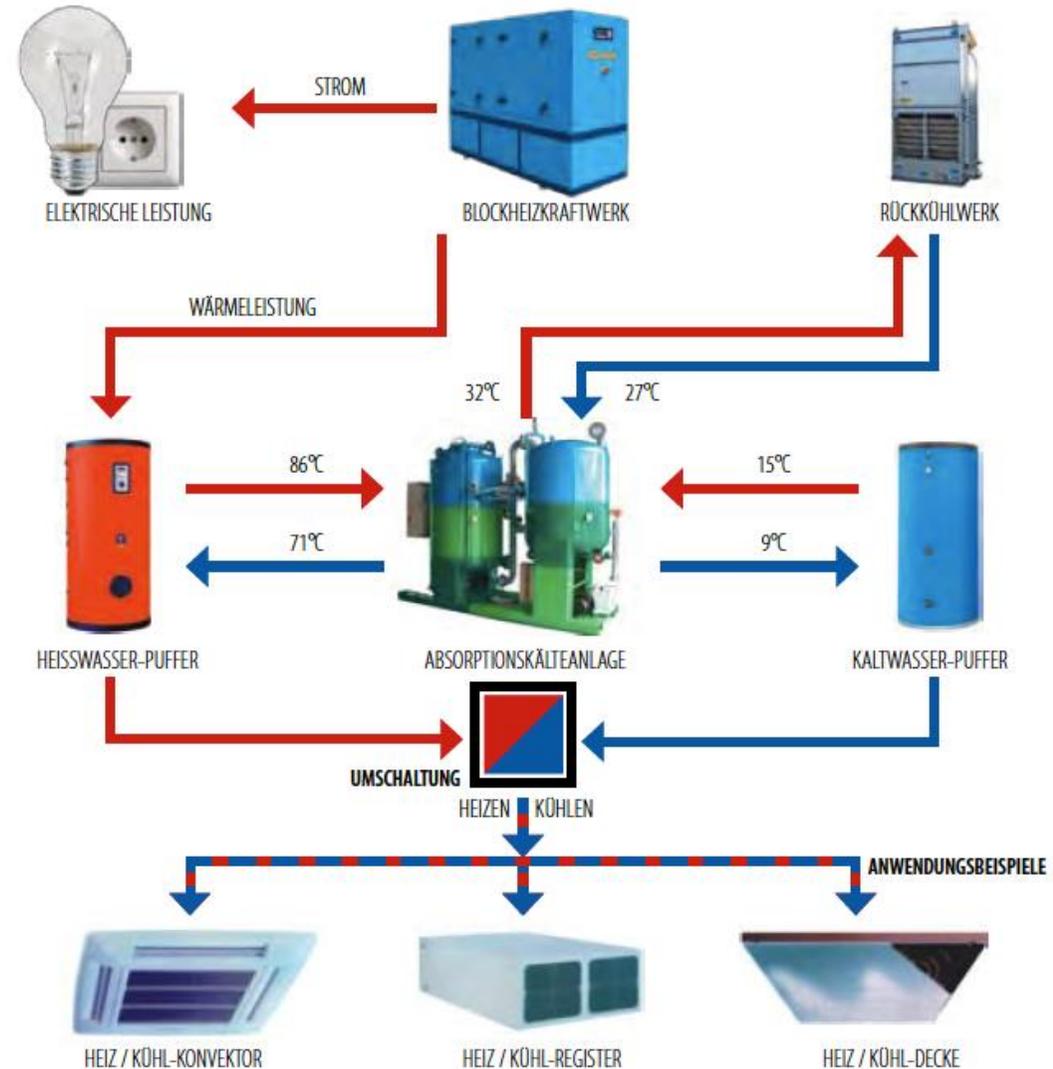
Mit den Vorlauftemperaturen aus den BHKW's können einstufige AbKM betrieben werden.

KWKK kann sinnvoll sein, weil:

- Abdeckung eines gleichzeitigen Kälte- und Strombedarfs möglich ist (Lebensmittelindustrie; Serverräume)
- Laufzeitverlängerung für BHKW
- Sichert Grundlast im Sommer neben Warmwasserbereitung

ABER: Wirtschaftlichkeit beachten !!

Quelle: EAW Energieanlagenbau GmbH, Westenfeld



Kraft/Wärme-Kopplung über Gasturbinen

In der Verbrennungskraftmaschine wird Treibstoff (Gas) verbrannt, um eine Heißgasströmung zu erzeugen. In einer nachgeschalteten Heißgas-Entspannungsturbine wird (mechanische) Rotationsenergie erzeugt. Hiermit wird der Verdichter der Gasturbine sowie weitere Komponenten (Erdgasverdichter, Synchron-Generator, ...) angetrieben.

Die Heißgasströmung als Abgas wird bei ortsfester Nutzung für einen Abhitzedampfkessel zur Versorgung einer Dampfturbine genutzt.

Die Hauptkomponenten einer Gasturbine sind (in Strömungsrichtung):

- der Lufteintritt und Verdichter
- die Brennkammer (Einbringung und Verbrennung von Treibstoff)
- eine Gasexpansionsturbine (Umwandlung eines Teils der Verbrennungsenergie in Rotationsenergie) sowie
- der Abgasaustritt.

Aeroderivative gas turbine SGT-A05



SIEMENS
energy

15%
Hydrogen
capable
gas turbine
* with WLE burner

Power generation 4.0/5.4/5.8 MW(e)

	SGT-A05 KB5S	SGT-A05 KB7S	SGT-A05 KB7HE
Power output	4.0 MW(e)	5.4 MW(e)	5.8 MW(e)
Gross efficiency	29.7%	32.3%	33.1%
Heat rate	12,137 kJ/kWh/ 11,504 btu/kWh	11,146 kJ/kWh/ 10,570 btu/kWh	10,889 kJ/kWh/ 10,282 btu/kWh
Turbine speed	14,200 rpm	14,600 rpm	14,600 rpm
Pressure ratio	10.3:1	14.2:1	14.4:1
Exhaust mass flow	15.4 kg/s (34.0 lb/s)	21.3 kg/s (47.0 lb/s)	21.4 kg/s (47.1 lb/s)
Exhaust temperature	560 °C (1,040 °F)	495 °C (921 °F)	522 °C (972 °F)



with casing steam injection

siemens-energy.com/gasturbines

SGT-A05 KB5S 4,0 MWe

Gewicht	35.000 kg
Länge / Breite / Höhe	9 m / 2.7 m / 3.1 m
Leistung	4.0 MW(e)
Treibstoff	Erdgas
Frequenz	50/60 Hz
Wirkungsgrad	29.7%
Energieaufwand („Heat rate“)	12.137 kJ/kWhe
Umdrehungen	14.200 rpm
Druckverhältnis	10.3 : 1
Abgasmassenstrom	15.4 kg/s
Abgastemperatur	560 °C

www.siemens-energy.com

Maßnahmen im Bestand: Analyse und Bewertung der Energieversorgung auf Basis eines Kurzzeitmonitorings – Konzeptentwicklung

Energetische Optimierung gewachsener Produktionsstandorte –
Anwendungsbeispiel Bahlsen Werk Barsinghausen

Entwicklung einer Strategie zur Sanierung/Betriebsoptimierung über
temporäre Messungen von Betriebsparametern

Gebäudekenndaten

- Bahlsen Werk 3 in Barsinghausen
- Errichtung 1958, Backstraßen von 1957 – 2003
- Kammähnlicher Aufbau
- Bruttogrundfläche ca. 73.000 m²
- Nutzfläche ohne Verkehrsfläche ca. 62.000 m²

Produktionskennwerte

- Produktionskapazität von 60.000 T Gebäck
- Produktion zum Zeitpunkt der Bearbeitung: ca. 35.000 T Gebäck

Energiekennwerte

- Erdgasverbrauch ca. 50.000 MWh/a
- Heißwasserkessel (Kesselhaus) 28%
- Dampfkesselanlage 06%
- Backöfen 66% (2/3)
- Stromverbrauch ca. 18.000 MWh/a
- Wasserverbrauch ca. 120.000 m³/a



Durchführung einer **Bestandsanalyse** mit

- Aufnahme der Erzeuger (Wärme, Kälte, Druckluft, Zuordnung der Trafos zu den Verbrauchern)
- Analyse der Verbrauchsdaten (Gas und Strom), Abschätzung der Wirkungsgrade der Heizkessel und der Kältemaschinen
- Erfassung der Unterlagen, ergänzende Dokumentation der Anlagentechnik
- Durchführung ergänzender temporärer Messungen mit mobiler Messtechnik (Ultraschall-Durchflussmessgerät, Wetterstation, Temperatur- und Feuchtesensoren, Stromzangen, Stromanalysegeräte)



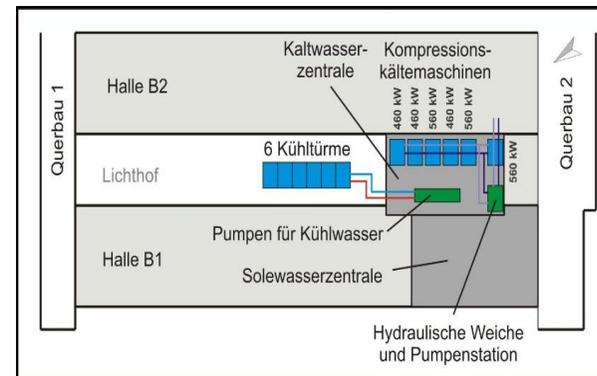
Wärmeerzeugung über 2 Erdgas-Heißwasserkessel



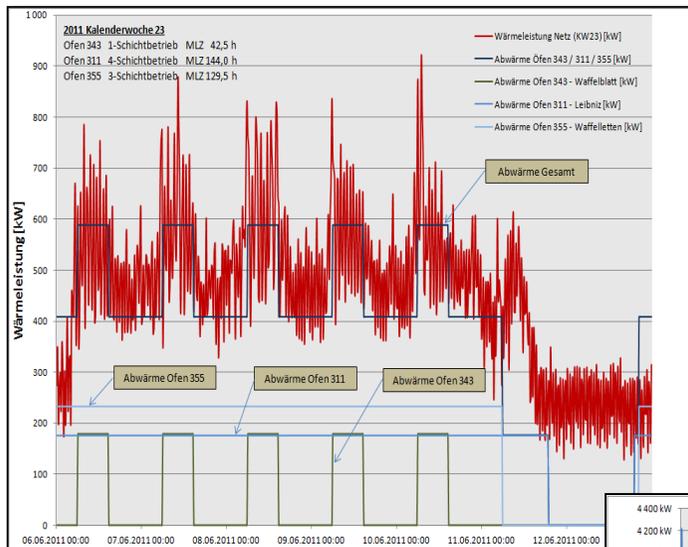
Kälteerzeugung
6/12°C über 6
Hubkolben-KKM



Pumpen in der
Kälteverteilung

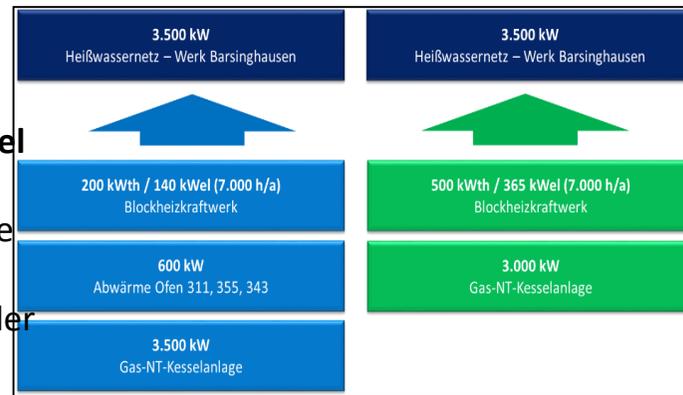


Erstellung von
Schemen (hier Kälte)
in der
Bestandsanalyse



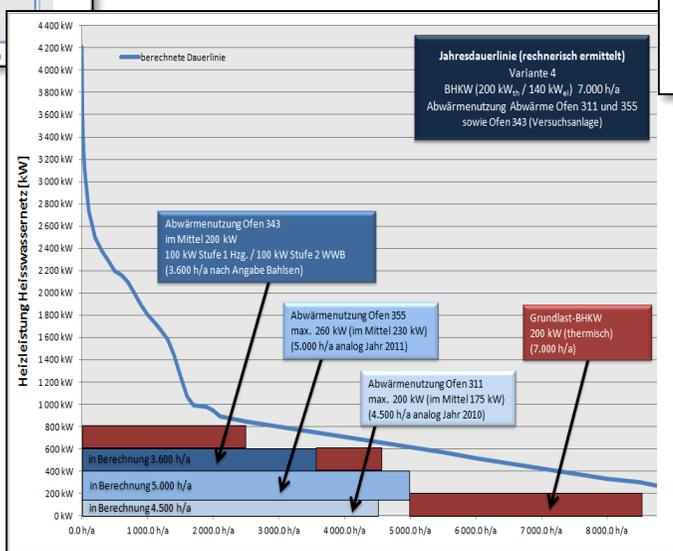
Anlagenauslegung Variante 4 – Beispiel
Jahresdauerlinie

- Generierung einer Jahresdauerlinie aus Messdaten
- Aufteilung der jeweiligen Anteile der Wärmebereitstellung

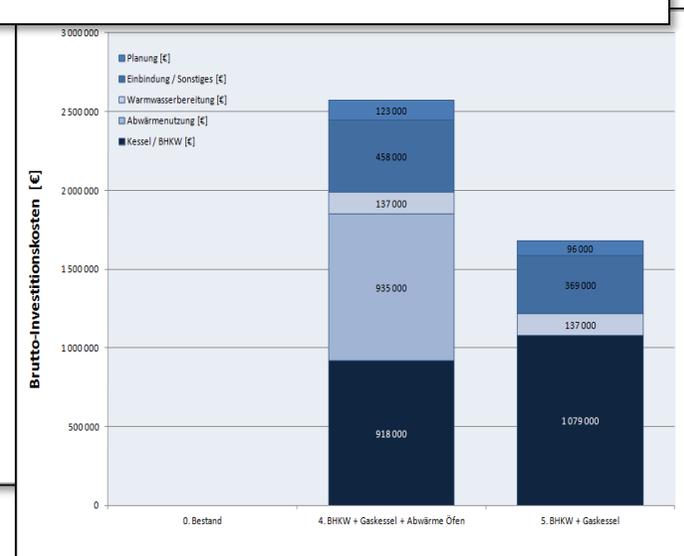


Analyse Leistungsbedarf
Wärmeversorgung Sommer
(1 Woche)

- mobile Messung des Heißwassernetzes inkl. WWB
- Abbildung Sommerfall
- Berücksichtigung der Arbeitszeiten
- Ermittlung des Abwärmepotenzials aus dem Backöfen



Konzeptentwicklung und Bewertung



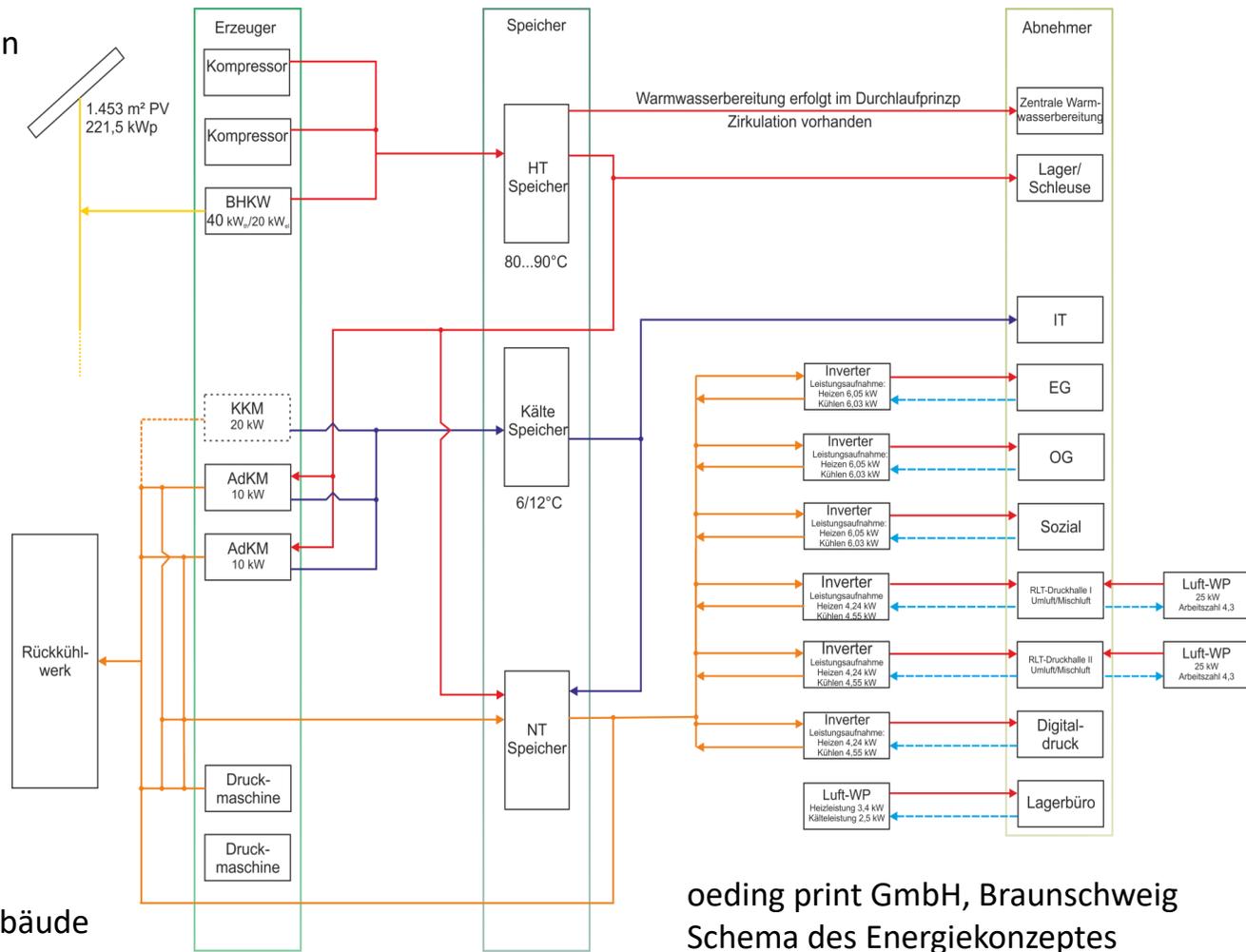


Neubau des Betriebsgebäudes der Oeding print GmbH, BS als Plusenergie-Druckereigebäude

- Optimierung von Produktionsprozessen
- Einsatz effizienter Technik in Energieversorgung und Produktion
- Energie- bzw. Wärmerückgewinnung
- Nutzung regenerativer Energieträger
- Integration von Energiemanagementsystemen, Online-Betriebs- und Prozessmonitoring



Oeding print GmbH, Braunschweig
Nullemissionsdruckerei im Plusenergie-Gebäude



Oeding print GmbH, Braunschweig
Schema des Energiekonzeptes

Plusenergie-Druckereigebäude Oeding print GmbH – Maßnahmen

- Zielvorgabe: Erfüllung des Plusenergie-Standards (Basis Gebäudebetrieb)
- Umsetzung eines sehr guten sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes für das Gebäude mit reduziertem Heiz- und Kühlenergiebedarf (Passivhaus-Niveau)
- Wesentliche Elemente des Energiekonzeptes:
 - Bedarfsreduzierung und Abwärmenutzung,
 - Integration regenerativer Energien u. effizienter Energiebereitstellung (PV, BHKW, Adsorptionskältemaschinen, WRG aus der Druckluft),
 - Umsetzung eines abgestimmten Gesamt-konzeptes mit Speicherung thermischer Energie auf unterschiedlichen Temperaturniveaus und
 - Energetische Bilanzierung, Analyse von Anlagenparametern und Betriebsoptimierung über ein Monitoringsystem – Planung und Umsetzung im Rahmen der Herstellung des Gebäudes

Gebäudedaten

- Brutto Rauminhalt BRI 29.623 m³
- Nettogrundfläche NGF 5.037 m²
- Grundstücksfläche 9.700 m²
- Kompaktheitsgrad A/Ve 0,37 m⁻¹



Nordansicht des Gebäudes, Blick auf die Produktionshalle (oben), Modell-Aufsicht aus Südosten (unten)

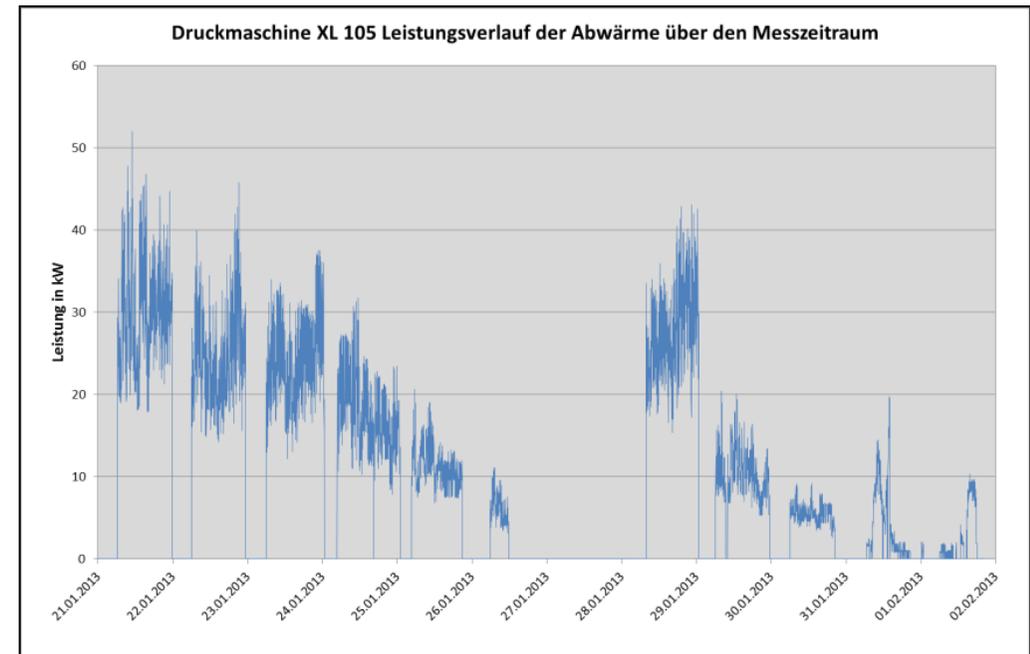


Vorbereitung der Konzeptentwicklung für den Neubau

- Zur Abschätzung der zur Verfügung stehenden Abwärme der Druckmaschinen wurden am alten Standort mittels mobiler Messgeräte Messungen durchgeführt



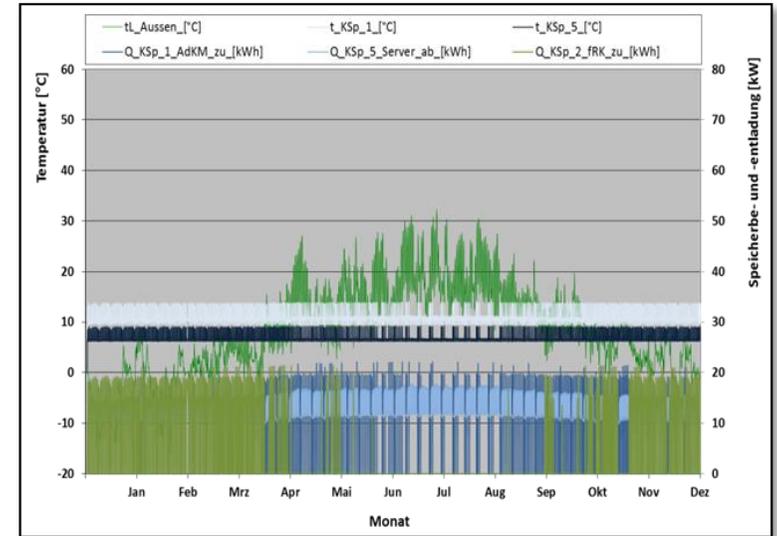
Messung der Abwärmepotenziale der Druckmaschinen
am alten Unternehmensstandort



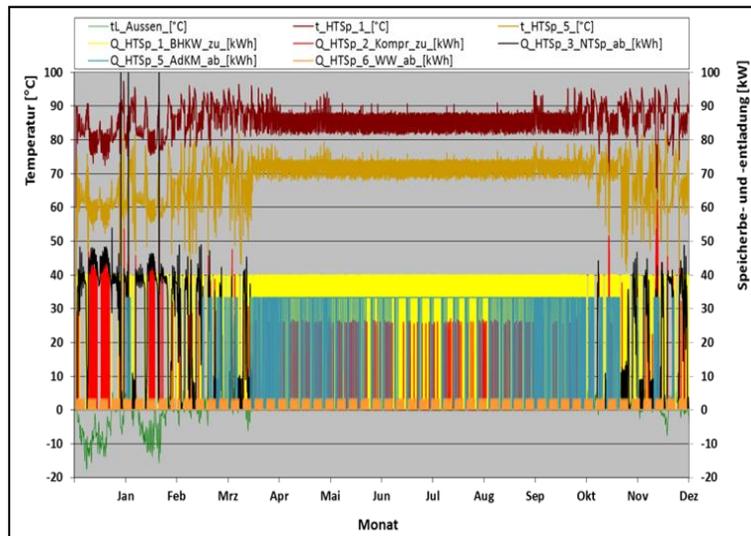


Simulationsergebnisse

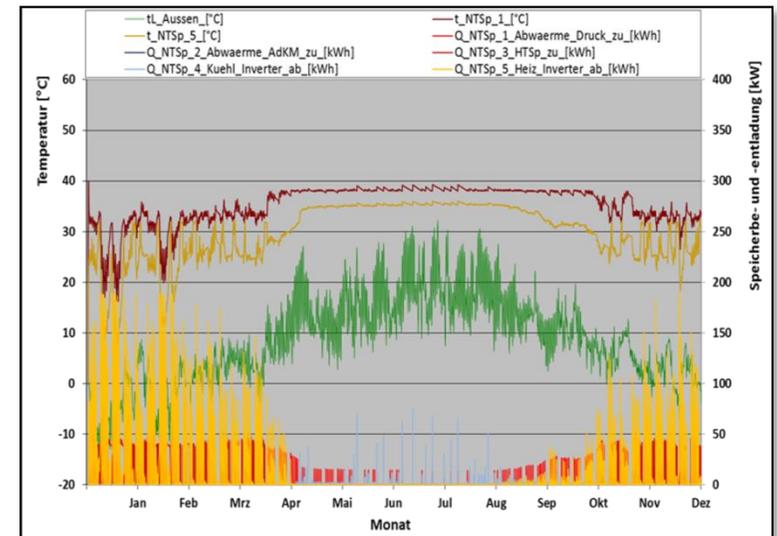
- die notwendigen Speichergrößen werden über die Simulation von Gebäude- und Anlagenbetrieb ermittelt
- die Randbedingungen basieren auf Betriebsprognosen und Messungen im Bestand
- die Kühlung des NT-Speichers über die Rückkühler ist notwendig, um die Temperatur von max. 40°C nicht zu überschreiten



Kälte-Speicher



HT-Speicher



NT-Speicher



Kältespeicher umgesetzt mit 2 m³



NT-Speicher umgesetzt mit 100 m³

der 100 m³ große NT-Speicher wurde mittels Schwertransporter angeliefert



HT-Speicher mit 2 m³ umgesetzt +
Warmwasserspeicher 1 m³



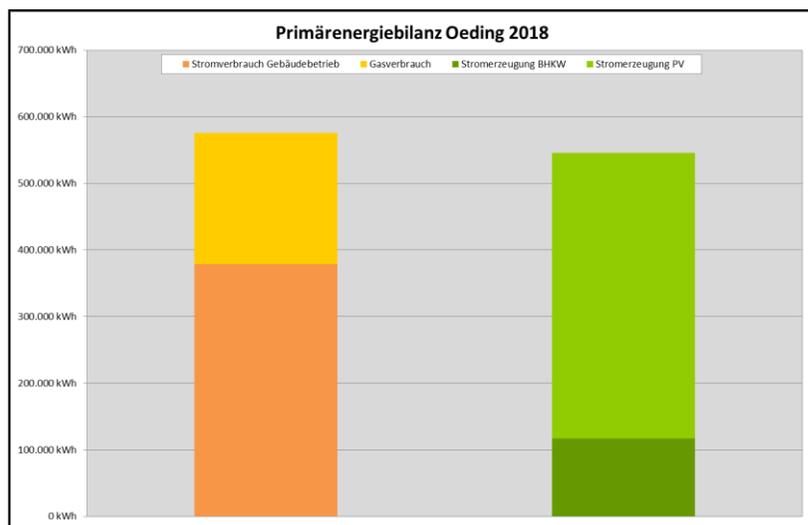
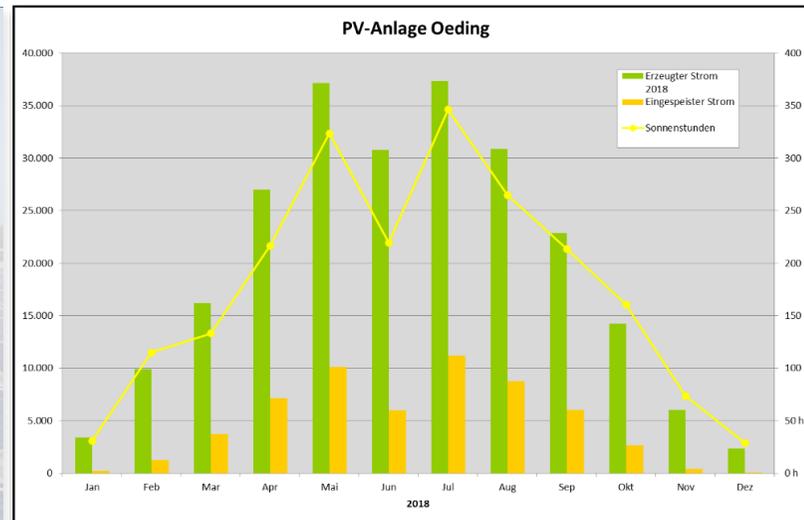
Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung

- BHKW mit $20 \text{ kW}_{\text{el}}/40 \text{ kW}_{\text{therm.}}$
- 2 AdKM mit jeweils 10 kW
- Integration der der Abwärme der Druckluftherzeugung
- Temperierung der Räume mittels VRF- System
- Insgesamt wurden 1.453 m^2 PV-Module mit einer Leistung von $221,5 \text{ kWp}$ installiert



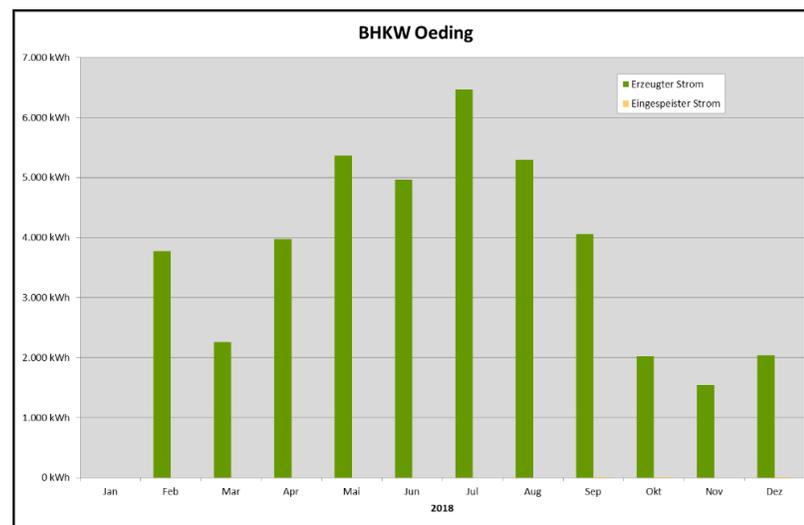
Monitoring-Ergebnisse

- Der von der PV-Anlage (1453 m², 221,5 kWp) und vom BHKW erzeugte Strom wird im Wesentlichen für die Produktion genutzt, im Jahr 2018 höchste Stromlieferung mit 238 MWh/a, 58 MWh/a wurden eingespeist
- Die Plusenergiebilanz wird 2018 nahezu erreicht



Angesetzte Primärenergiefaktoren:

Gas: 1,1
Strom: 1,8
BHKW Strom: 2,8



Industriestandorte mit Geothermieanbindung: Emden, Volkswagen

Produktionshalle 18 der VW AG in Emden

- Karosseriebauhalle
- Größe 60.000 m²

VW, Emden





Geothermie VW Emden – Anlagenschema mit Kühlung und Heizung

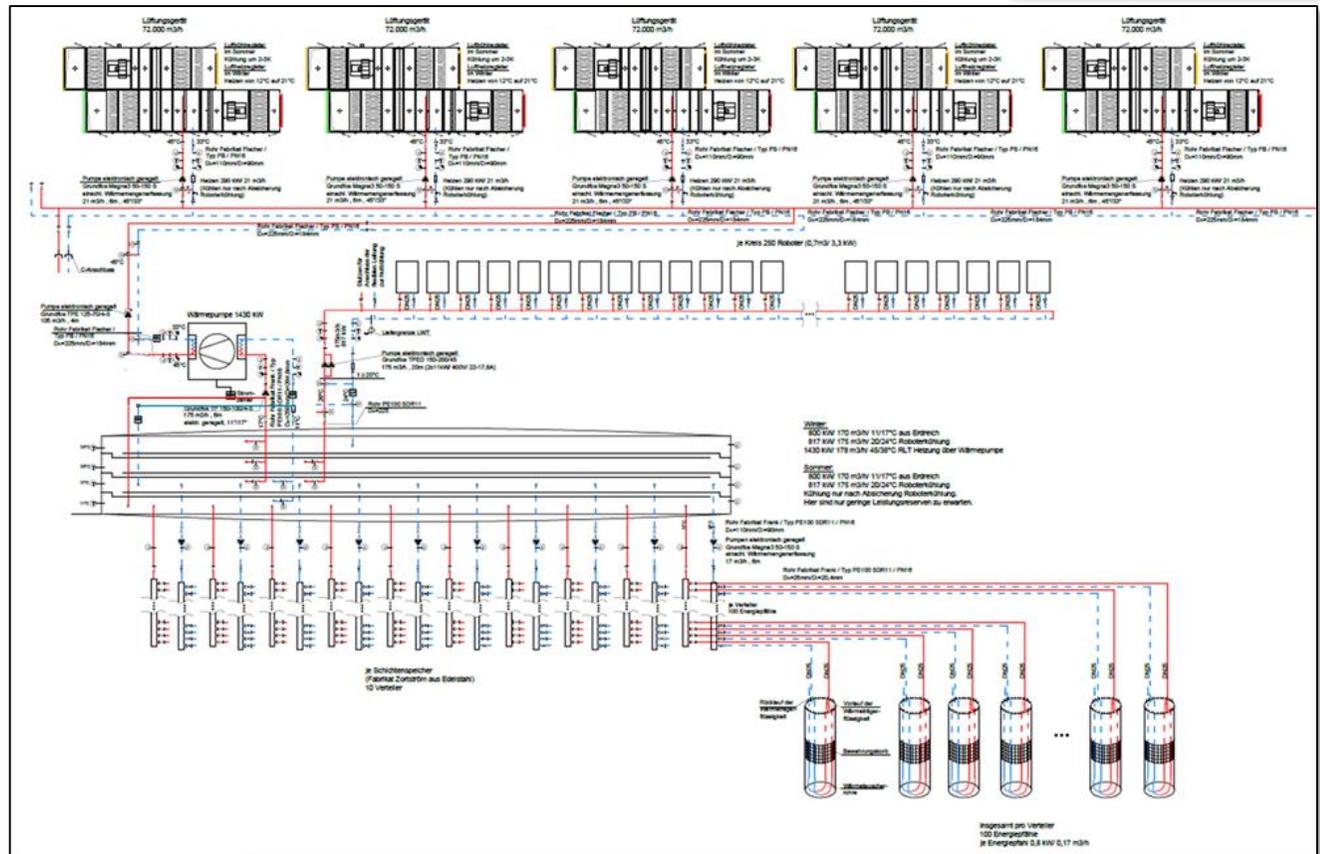
Wärmeseitige Einbindung

- 4 Wärmepumpen mit je $\dot{Q}_{th} = 1,43 \text{ MW}$
- Wärmeversorgung der WP über den Zortström-Verteiler
- Wärmelieferung an die RLT-Anlage
- Temperaturniveau: 45/33 °C
- Redundante Einspeisung aus dem Werks-Wärmenetz ist vorhanden

Kälteseitige Einbindung

- Freie Kühlung der Roboter aus dem Zortström-Verteiler
- Entnahme des Kühlwassers aus den Schichten mit passender Temperatur
- Temperaturniveau: 20/24 °C

VW, Emden



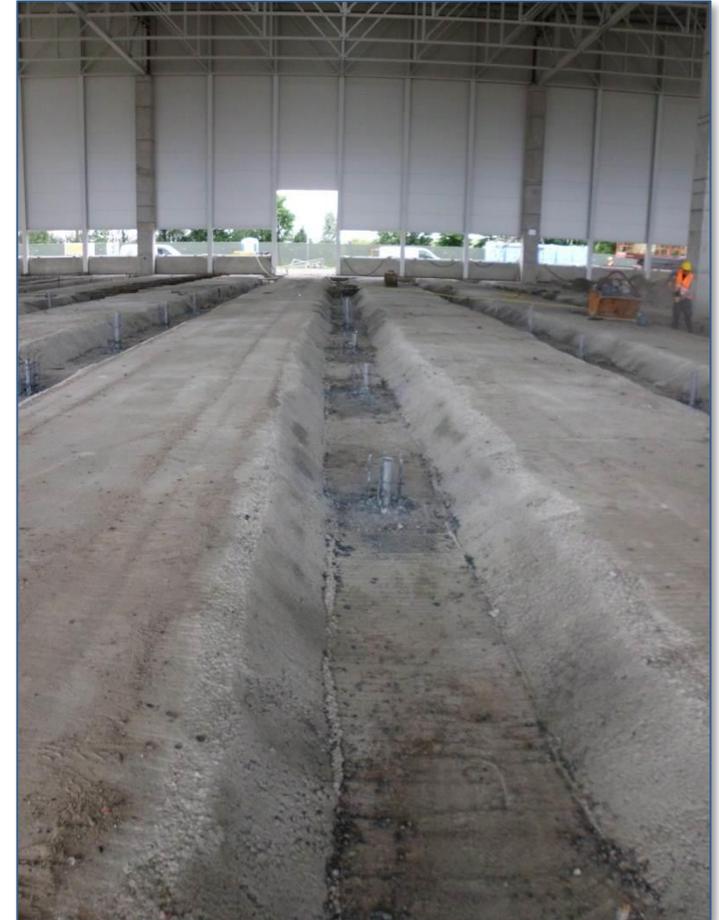
Geothermie VW Emden – Bauphase der Geothermieanlage



Verteiler mit Anschlüssen der Energiepfähle

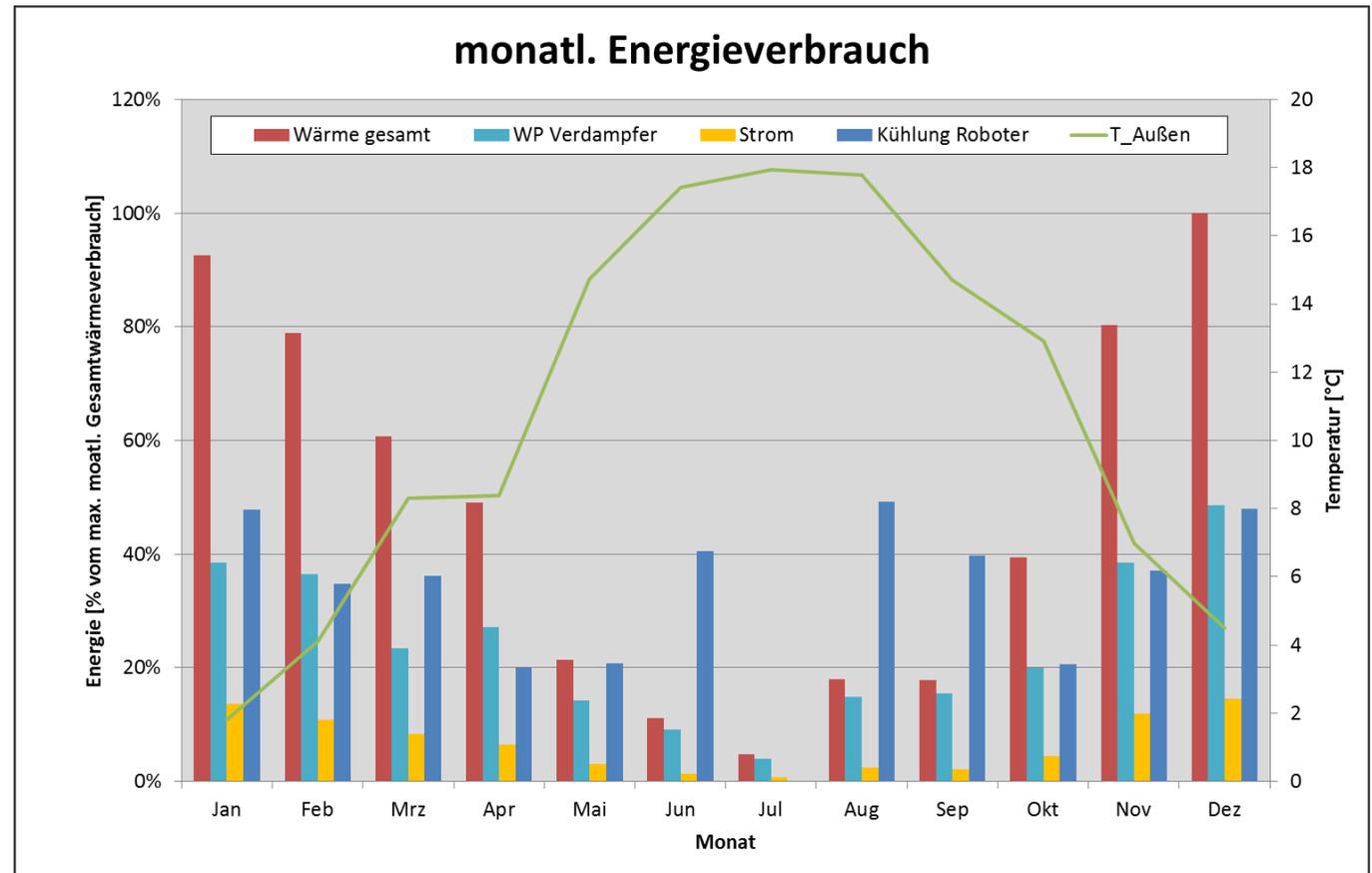
- ca 3.300 Energiepfähle mit einer Tiefe von 17 m
- Durchmesser 40 cm / Wärmerohre DN 25
- Aufteilung des Feldes in 4 Bereiche
- Jeweils max. 100 Pfähle pro Verteiler / 10 Verteiler pro Zortströmer

Köpfe der Energiepfähle



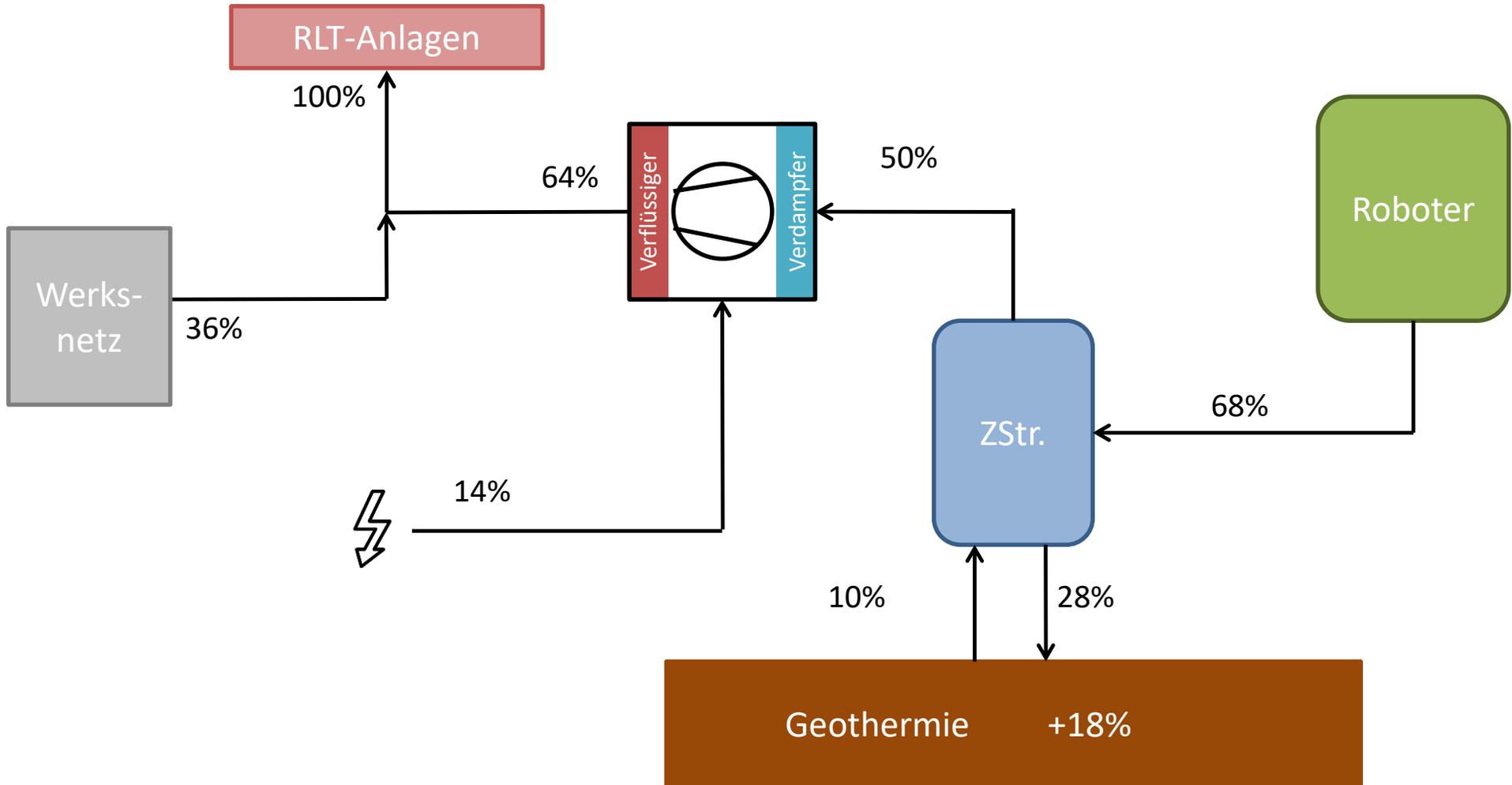
Geothermie VW Emden - Monitoring

- erhöhter monatl. Wärmebedarf von November bis Februar
- sehr geringer Kältebedarf im Juli
(Betriebsferien)
- Überwiegend konstanter Kälteverbrauch





Geothermie VW Emden - Analyse der Energieflüsse



Industriestandorte mit Geothermianbindung: Wetzlar, Leica Camera AG

Produktionsgebäude der Leica Camera AG in Wetzlar

- Produktionsgebäude mit Büroflächen und Ausstellungsräumen
- Geothermiefeld unter Parkplatz (im Bild oben-links)
- Im Vordergrund Zuliefererbetriebe mit Anschluss ans Geothermiefeld



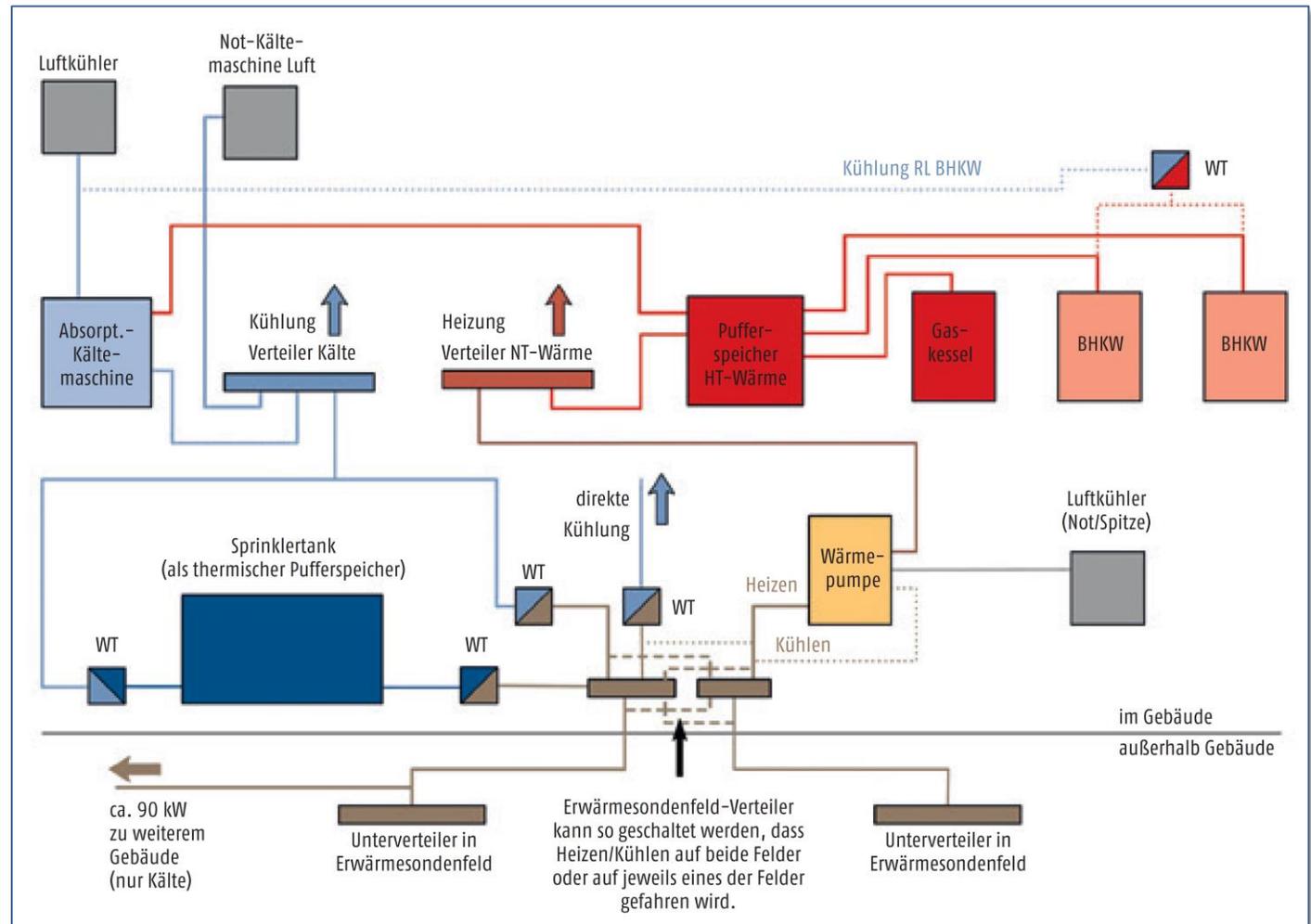


Geothermie Leica Wetzlar - Schema des Versorgungssystems

Erdsondenfeld

- Aufteilung der Anlage in 2 Geothermiefelder
- Erster Teil mit 50 Sonden / zweiter Teil mit 30 Sonden
- Beide Teilfelder getrennt ansteuerbar
- Sondenlänge von jeweils 120 m

Leica, Wetzlar



Geothermie Leica Wetzlar – Wärme- und Kälteversorgung



Leica, Wetzlar

Wärmeversorgung

- 2 BHKW mit $\dot{Q}_{th} = 363 \text{ kW}$ bzw. $\dot{Q}_{th} = 204 \text{ kW}$
- Spitzenlastkessel: Gaskessel mit $\dot{Q}_{th} = 400 \text{ kW}$
- Reversible Wärmepumpe mit $\dot{Q}_{th} = 595 \text{ kW}$ $\dot{Q}_K = 226 \text{ kW}$

Speicher

- NT-Speicher (35/28 °C): 3 m³
- HT-Speicher (90/70 °C): 20 m³

Übergabesysteme

- Fußbodenheizung, BKT, Klimaanlage

Kälteversorgung

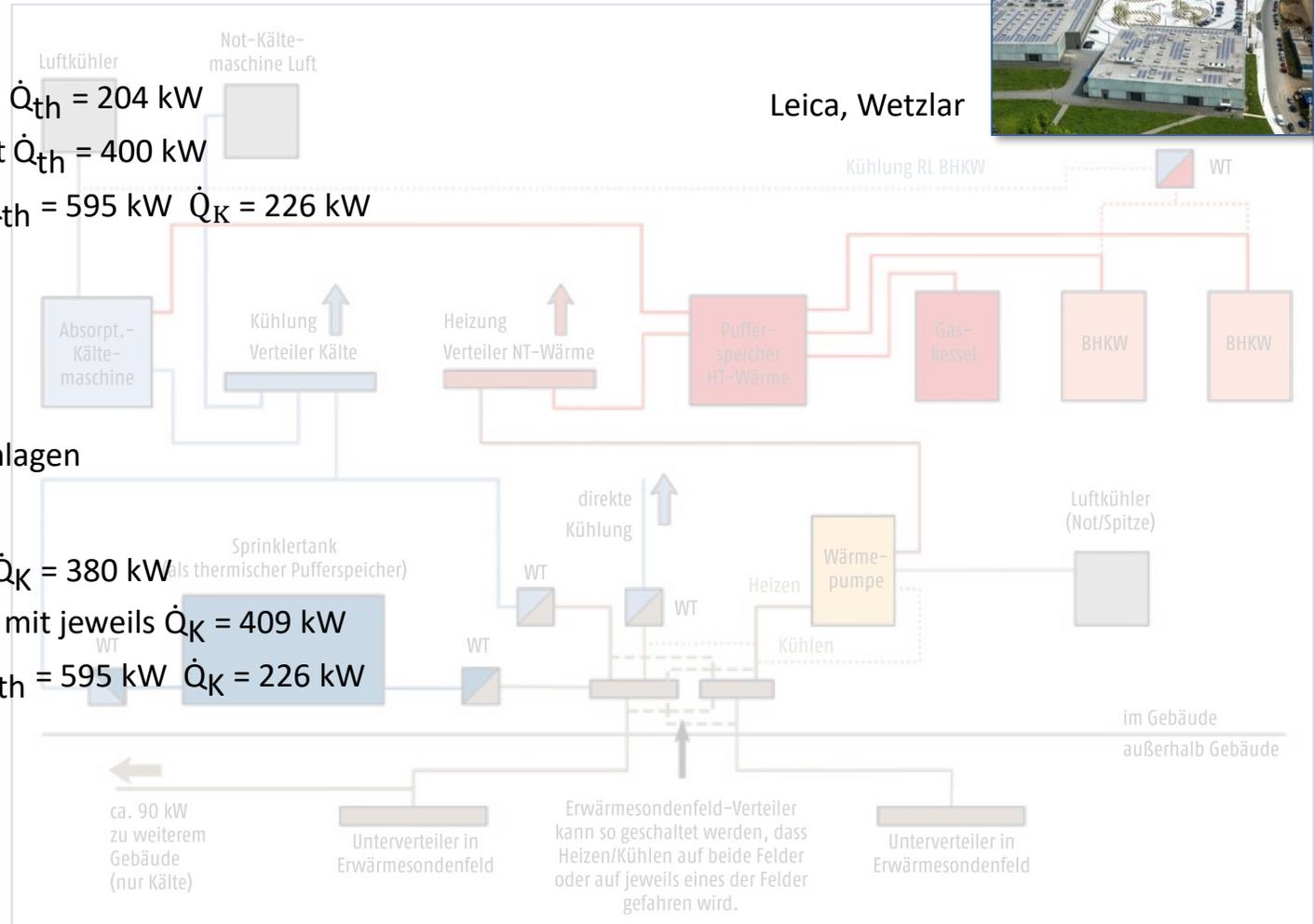
- Absorptionskältemaschine mit $\dot{Q}_K = 380 \text{ kW}$
- 2 Kompressionskältemaschinen mit jeweils $\dot{Q}_K = 409 \text{ kW}$
- Reversible Wärmepumpe mit $\dot{Q}_{th} = 595 \text{ kW}$ $\dot{Q}_K = 226 \text{ kW}$

Speicher

- Sprinklertank mit 560 m³

Übergabesysteme

- BKT, Kühldecken, Klimaanlage

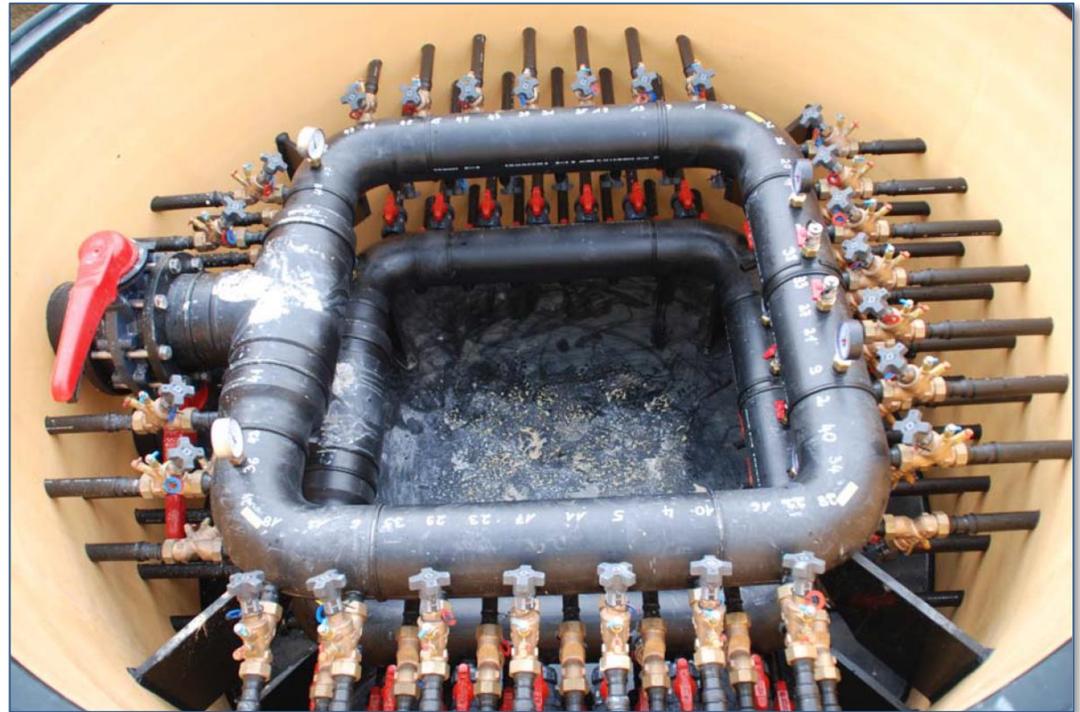


Geothermie Leica Wetzlar – Bau der Erdsondenanlage



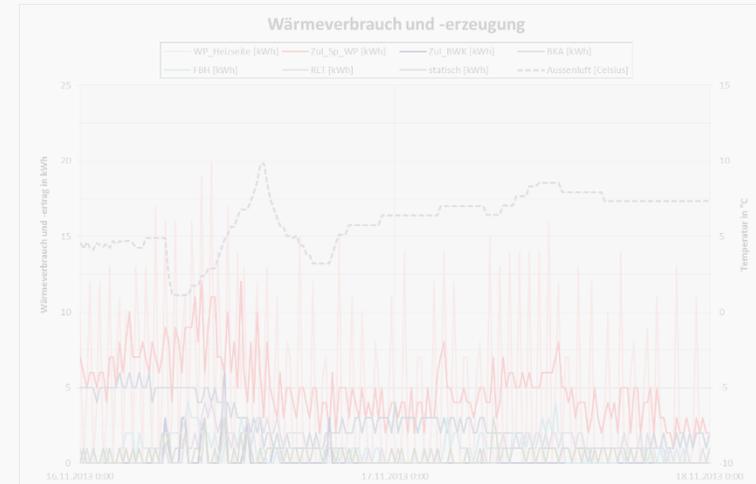
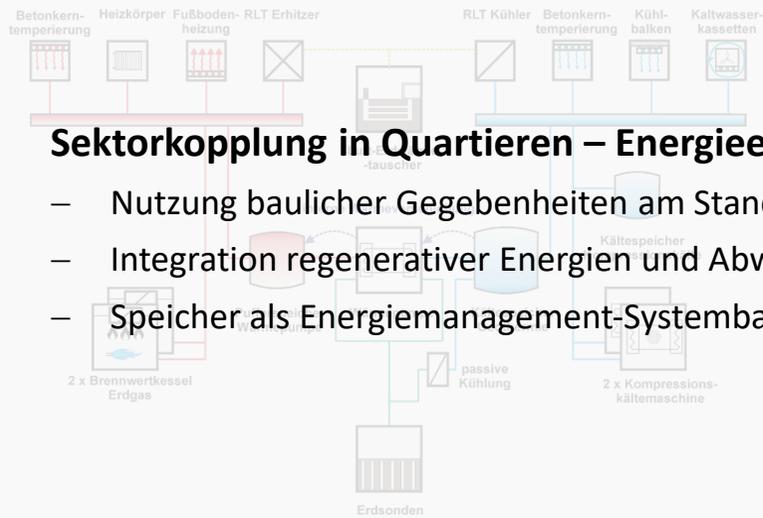
Graben mit Anschlussrohren der Sonden

Verteiler des Geothermiefeldes mit 50 Sonden



Sektorkopplung in Quartieren – Energieeffizienz durch Nahwärmenetze, und Speicherintegration

- Nutzung baulicher Gegebenheiten am Standort
- Integration regenerativer Energien und Abwärme
- Speicher als Energiemanagement-Systembaustein



Energieversorgung von Stadtquartieren – EnEff Stadt: IBA Hamburg – Energiebunker Wilhelmsburg



www.hamburgenergie.de



Die Wärmeversorgung aus dem Bunker erfolgt über:

- Solarthermie (CPC-Vakuumröhrenkollektoren) auf dem Dach 1.350 m² (Bruttokollektorfläche)
- BHKW 1, 686 kW_{th} / 532 kW_{el}
- BHKW 2, 350 kW_{th} / 250 kW_{el} (Betrieb ab Ende 2015)
- Industrielle Abwärme 450 kW (Betrieb ab Ende 2015)
- 3 Gasbrennwertkessel mit jeweils 1.060 kW
- Photovoltaik (Südfassade) ca. 670 m² / 100 kW_p
- 2.000 m³ Wärmespeicher
- Fernwärmenetz befindet sich noch im Ausbau

www.sokratherm.de



Potenziale industrieller Abwärmenutzung in Quartieren – Konzeptentwicklung für Duingen, LK Hildesheim



Konzeptentwicklung für den Flecken Duingen in der Samtgemeinde Leinebergland im Landkreis Hildesheim in Niedersachsen

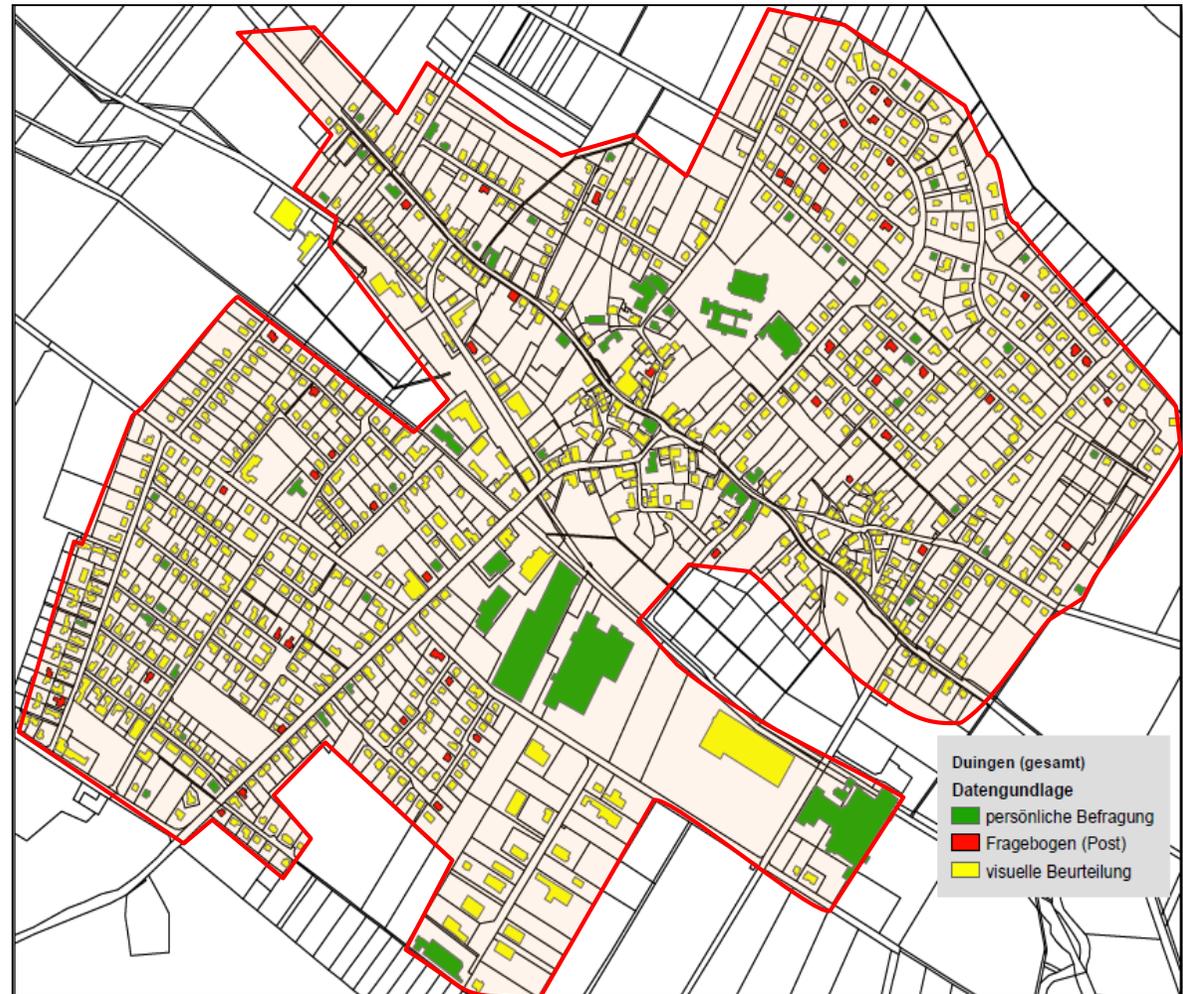
- ca. 2.700 Einwohner
- ca. 900 Gebäude
- Einbindung ortsansässiger Industrie und lokaler regenerativer Energieerzeugung in die Konzeptentwicklung

Flecken Duingen - Industrielle Abwärmenutzung in Siedlungseinheiten - Datenerhebung / Datenauswertung

Datenerhebungsgebiet
(ca. 910 Objekte)

- persönliche Befragung (69 Objekte)
- Fragebogenrücklauf (56 Objekte)
- Visuelle Beurteilung (ca. 780 Objekte)

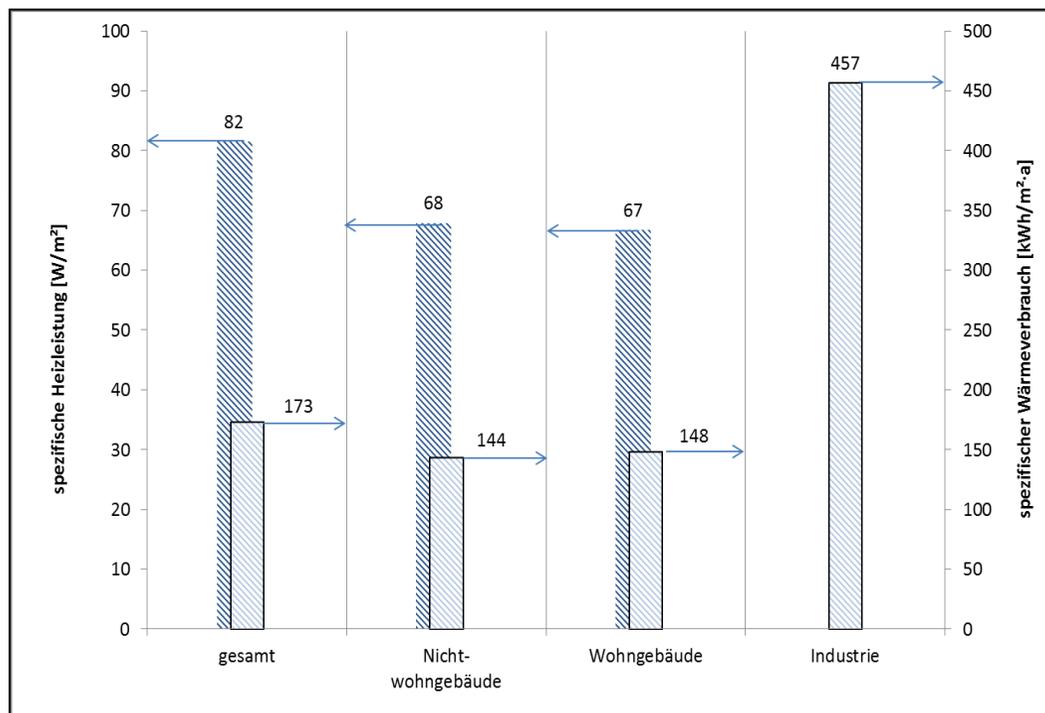
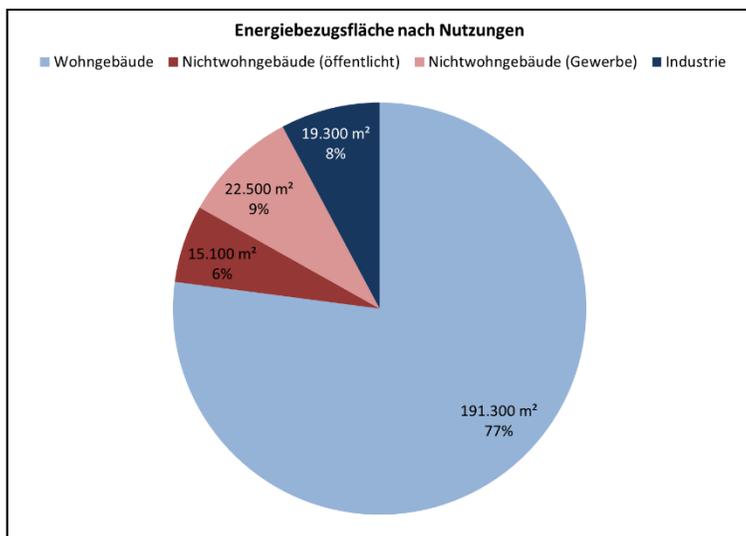
ZIEL: Abschätzung des Wärmebedarfs
anhand der Flächen und
Referenzwerte vergleichbarer
Gebäudetypen (z.B. Daten der
Nachbarschaftsgebäude)





Bestandsanalyse: Heizleistung und Wärmeverbrauch (Jahresendenergieverbrauch)

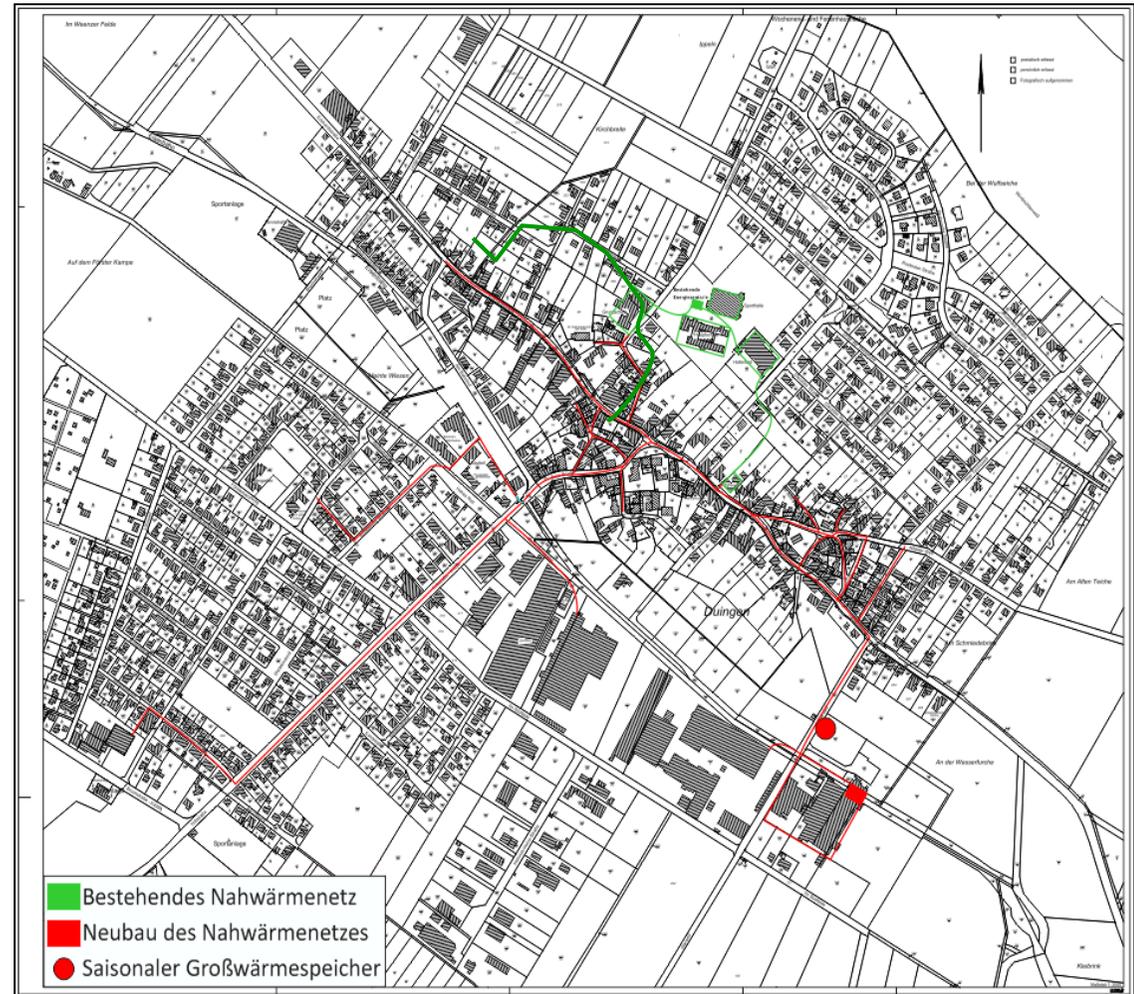
Energiebezugsfläche (gesamt):
ca. 250.000 m²

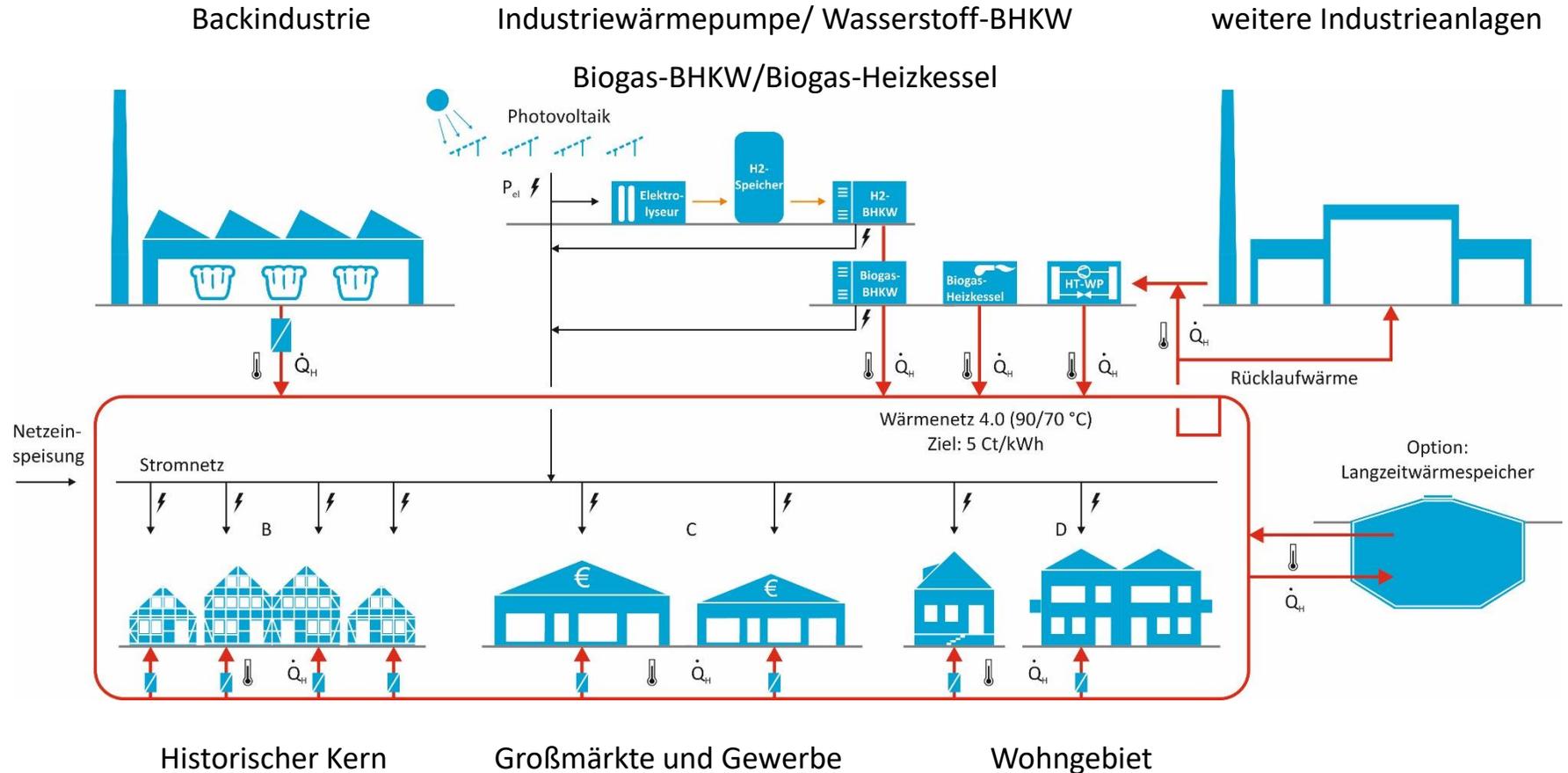


	spezifische Heizleistung	Heizleistung	spezifischer Wärmeverbrauch	Wärmeverbrauch
Nichtwohngebäude	68 W/m ²	1.850 kW	144 kWh/m ² -a	3.950.000 kWh/a
Wohngebäude	67 W/m ²	12.800 kW	148 kWh/m ² -a	28.400.000 kWh/a
Industrie	-	4.800 kW	457 kWh/m ² -a	8.800.000 kWh/a
gesamt	82 W/m ²	19.450 kW	173 kWh/m ² -a	41.150.000 kWh/a

Mögliches Wärmenetzsystem im Ort – Randbedingungen zur Förderung im Konzept Wärmenetzsysteme 4.0

- Versorgung von 120 Haushalten ist umzusetzen (Annahme).
- Einbeziehung einer Heizzentrale mit Industriewärmepumpen zur Anhebung der Rücklauftemperatur
- Untersuchung des wirtschaftlichen Betriebs eines Wasserstoff-BHKW
- Einbindung der Abwärmepotenziale aus einem Backprozess
- Mindestabnahme (Vorgabe BMWi): durch 100 Haushalte oder 3 GWh Wärme
- **ZIEL: max. Förderquote (50 %)** wird mit einem Wärmepreis von max. 5 Cent/kWh erreicht.



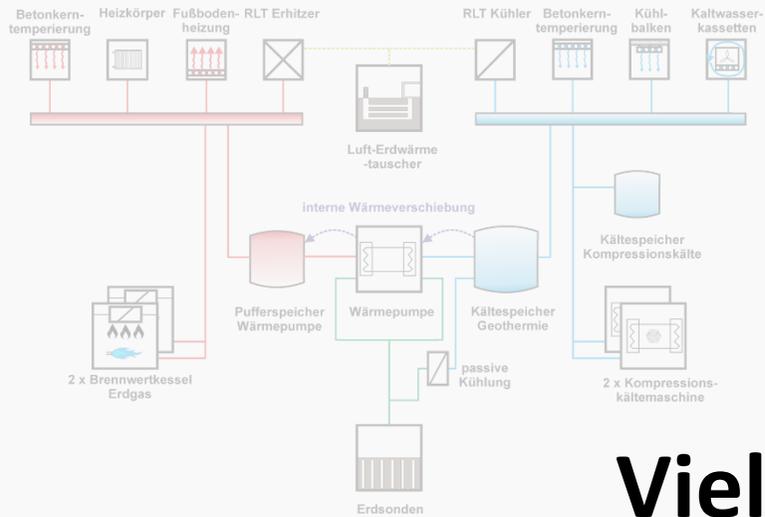


BESTEHENDES WÄRMENETZ FÜR ÖFFENTLICHE GEBÄUDE



Zusammenfassung und Ausblick

- Aufgrund unterschiedlicher Verbrauchsstrukturen und Lastverläufe in Neubau und Bestand sowie in den verschiedenen Sektoren sind jeweils unterschiedliche Konzeptansätze für die Senkung des Energieverbrauchs sinnvoll
- Die Entwicklung von Konzepten kann sinnvoll über die Anwendung von Simulationswerkzeugen im Neubau und Messungen im Bestand erfolgen
- Speichersysteme, Geothermie, Solarenergie, Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung können sinnvoll in Versorgungssystemen eingesetzt werden
- In Nichtwohngebäuden sind aufgrund komplexerer Lastprofile (Wärme, Kälte, Strom) jeweils auf die Nutzung angepasste Versorgungskonzepte zu entwickeln. Abgestimmte Konzepte mit Einkopplung regenerativer Energien und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen können zu einer Erhöhung des Nutzerkomforts bei akzeptablen Jahresgesamtkosten führen
- Im Industriebereich ist die sinnvolle Integration regenerativer Energien zu prüfen, durch die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in einem auf den Lastverlauf angepassten Versorgungskonzept können Energie und Kosten eingespart und Emissionen reduziert werden
- Sektorenübergreifendes sinnvolles Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung von Energieversorgungskonzepten: Bedarfs-/Lastanalyse – Konzeptentwicklung – Prüfen der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen und der Nutzung regenerativer Energien – Monitoring und Betriebsoptimierung in der Nutzungsphase



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

