Energieeffizienz und regenerative Energie in der Produktion – Potenziale und Strategien in der Anwendung

Prof. Dr.-Ing. Lars Kühl

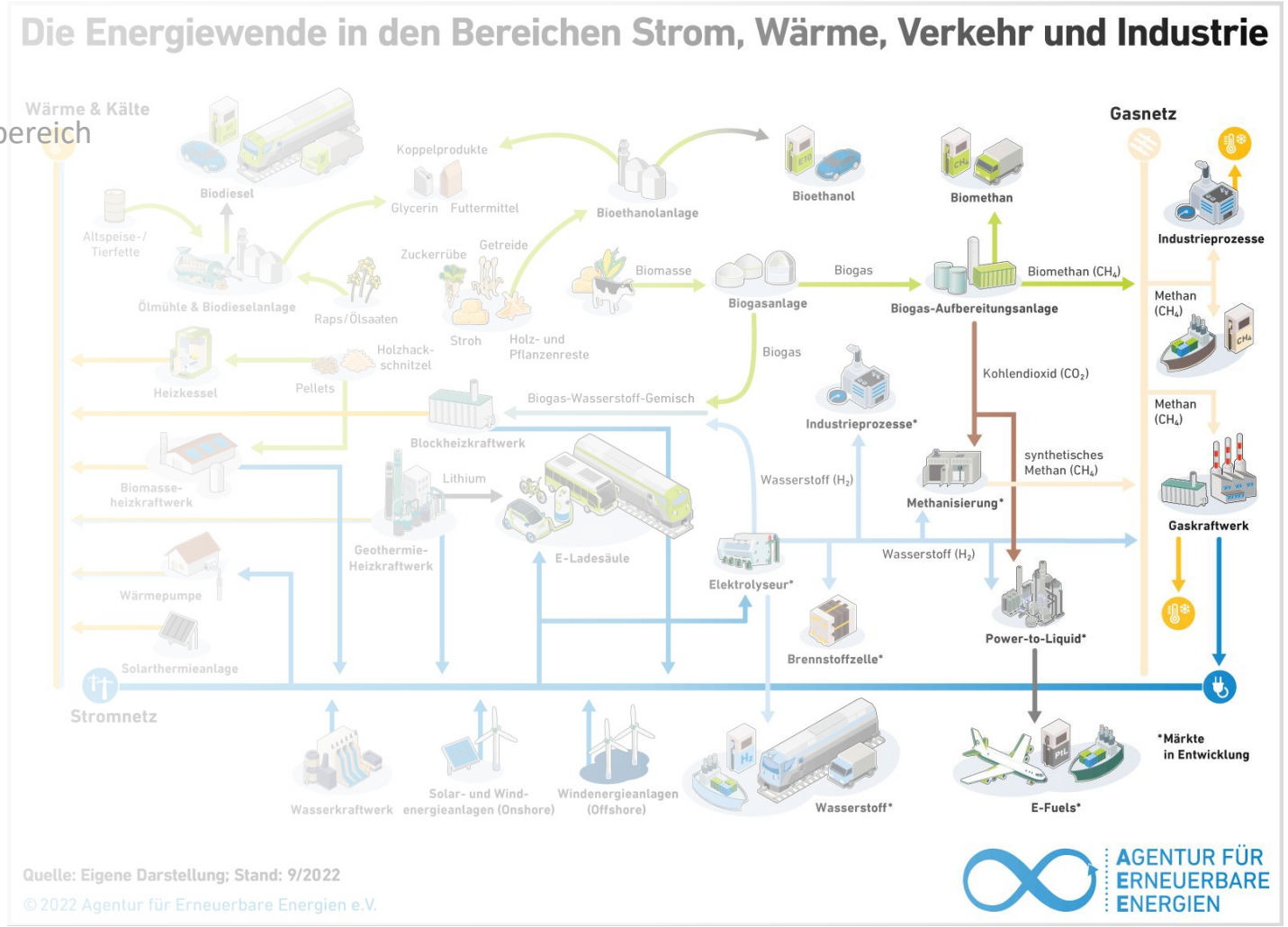
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften,
Salzdahlumer Straße 46-48, D – 38 302 Wolfenbüttel

Unternehmergespräch Energie in Goslar
Donnerstag, 12. März 2026, Am Stollen 19A , 38640 Goslar

Energie Ressourcen Agentur Goslar e. V. (ERA)
Am Stollen 19A, D – 38 640 Goslar

Inhalt

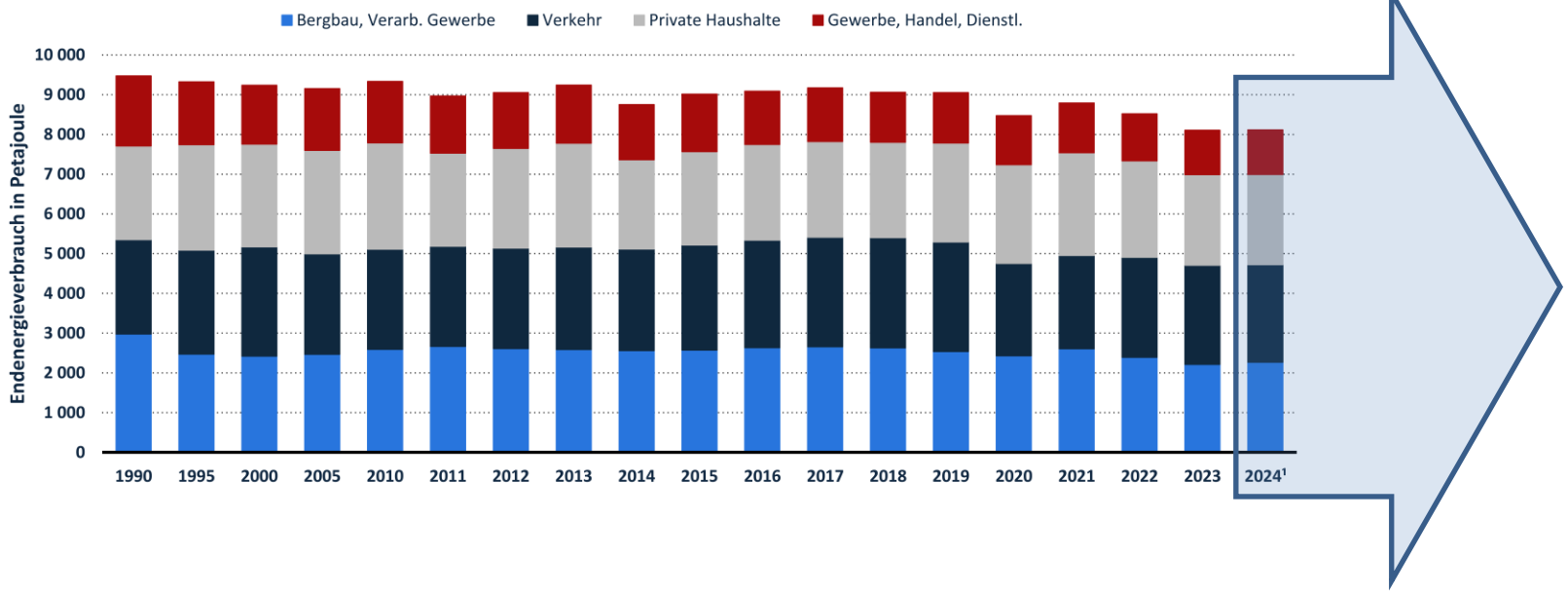
- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick

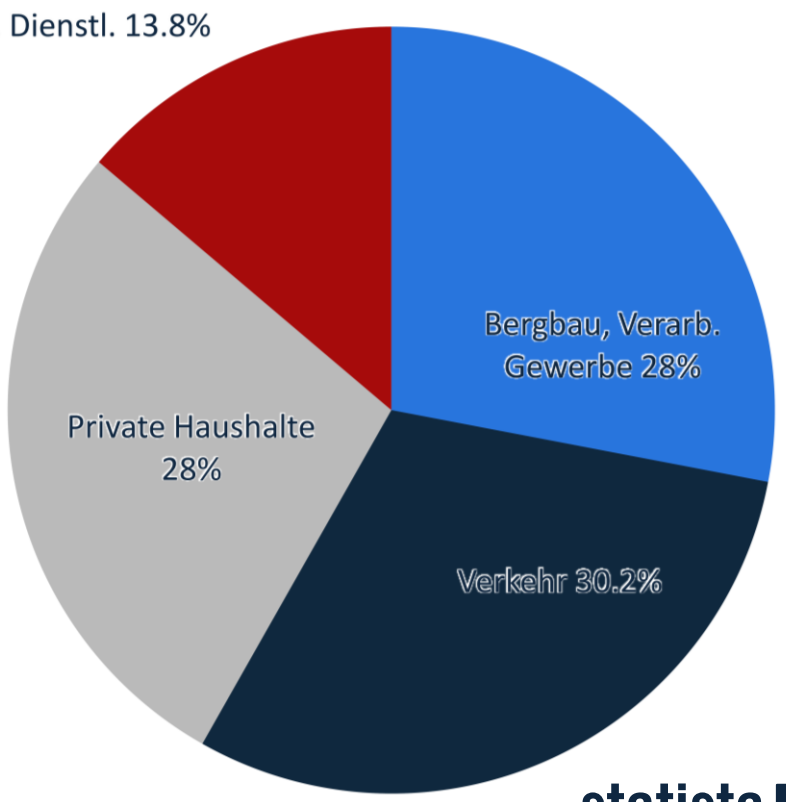


Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Endenergieverbrauch und Aufteilung auf Sektoren bis 2024

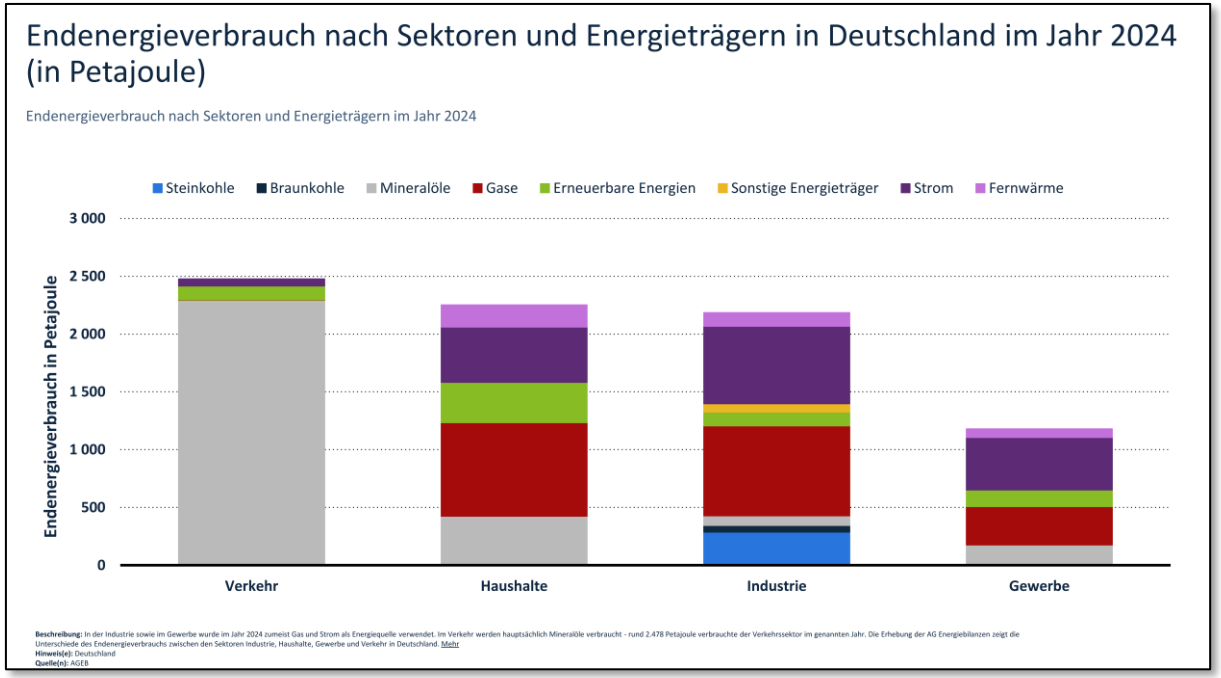
- Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs erfolgt etwa zu gleichen Teilen auf die Sektoren Private Haushalte, Bergbau/Verarbeitung/Gewerbe und Verkehr. Ein kleiner Teil entfällt auf den Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen – Gesamt-Endenergieverbrauch 2024 8.118 PJ (2.255 TWh)
- Der Endenergieverbrauch hat sich in den letzten 30 Jahre nur mäßig reduziert
- Weitere Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs sind erforderlich



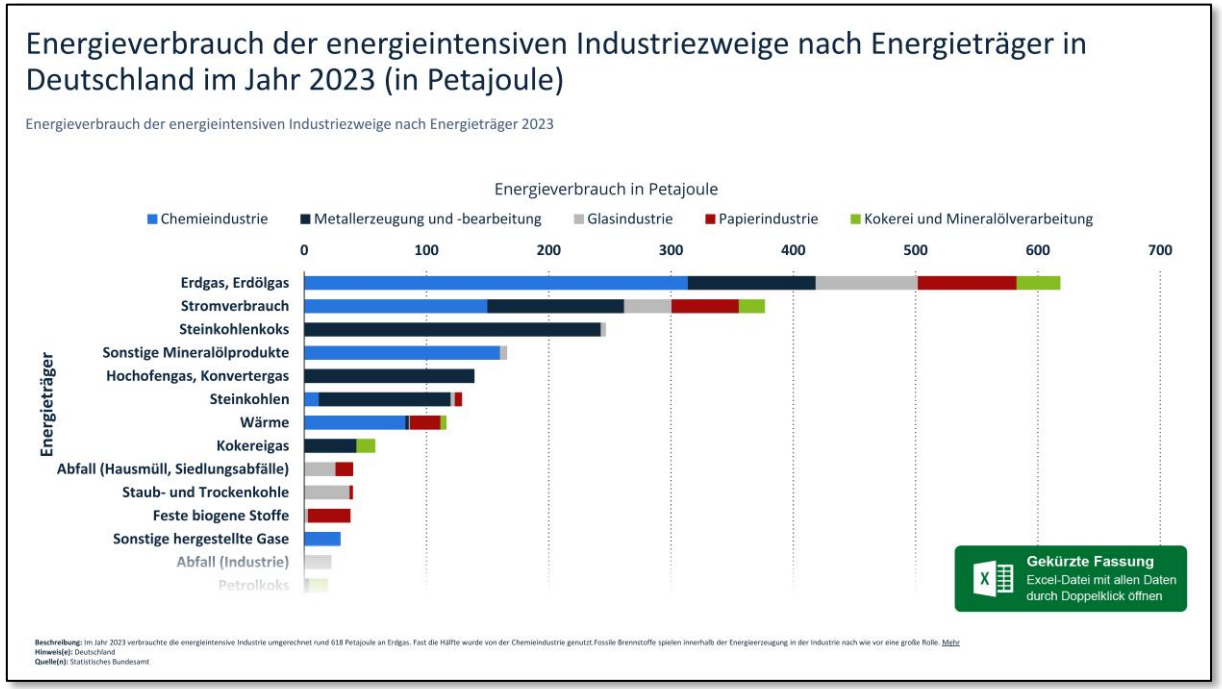


statista

Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern im Jahr 2024 und in energieintensiven Industriezweigen 2023



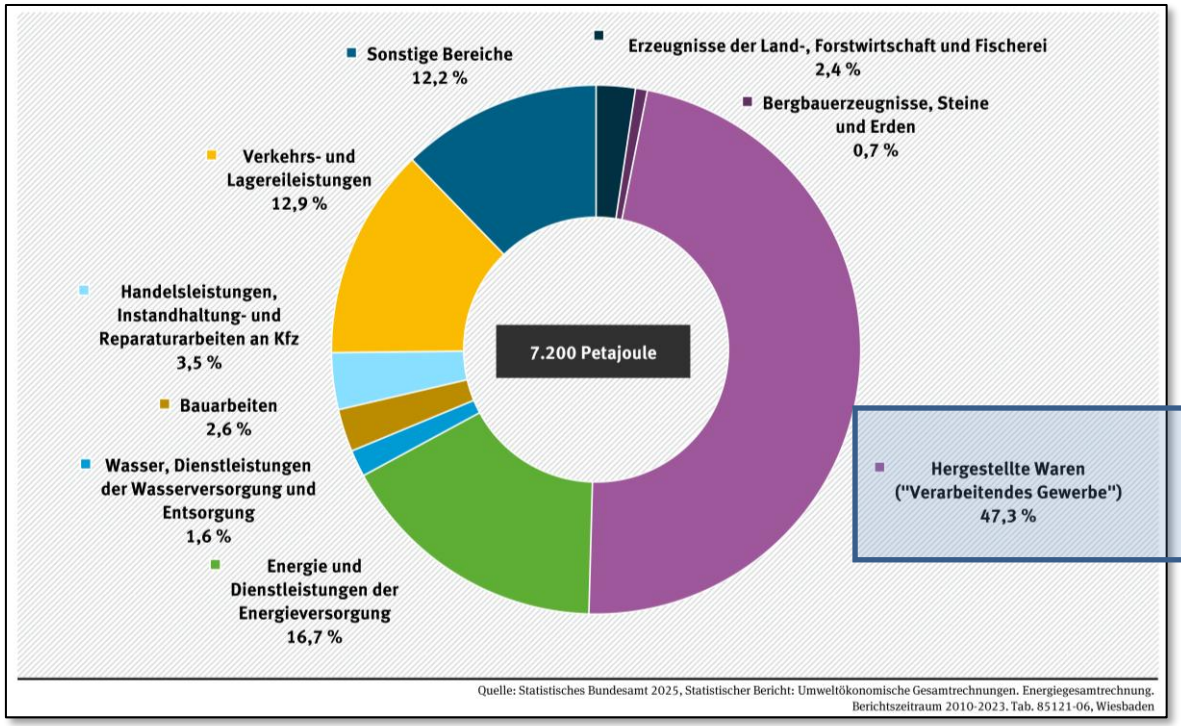
- Energieträger werden in den Sektoren allgemein und im gewerblichen Bereich nach Anwendung unterschiedlich eingesetzt
- Aufgrund der Verbrauchsstruktur und den Lastbedingungen ist im Sektor Haushalte eher der Einsatz regenerativer Energieträger möglich



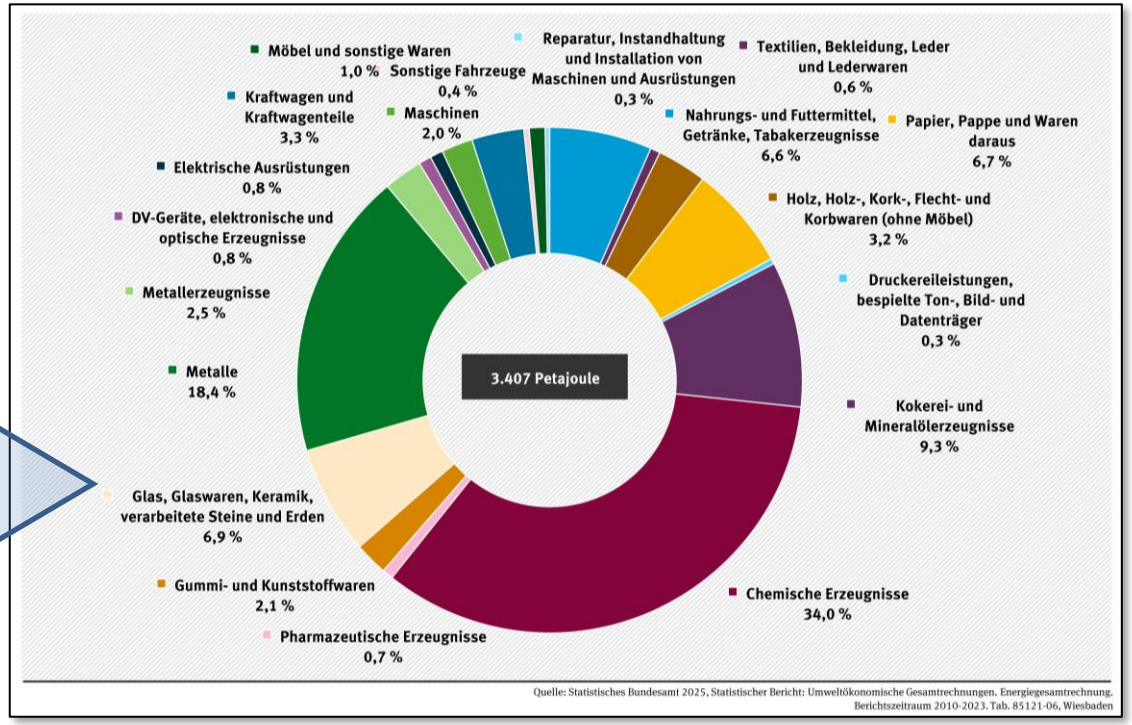
statista

Primärenergieverbrauch in Gewerbe und Industrie 2023

Anteil wirtschaftlicher Aktivitäten am Primärenergieverbrauch aller Produktionsbereiche 2023



Anteil der Sektoren am Primärenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes 2023

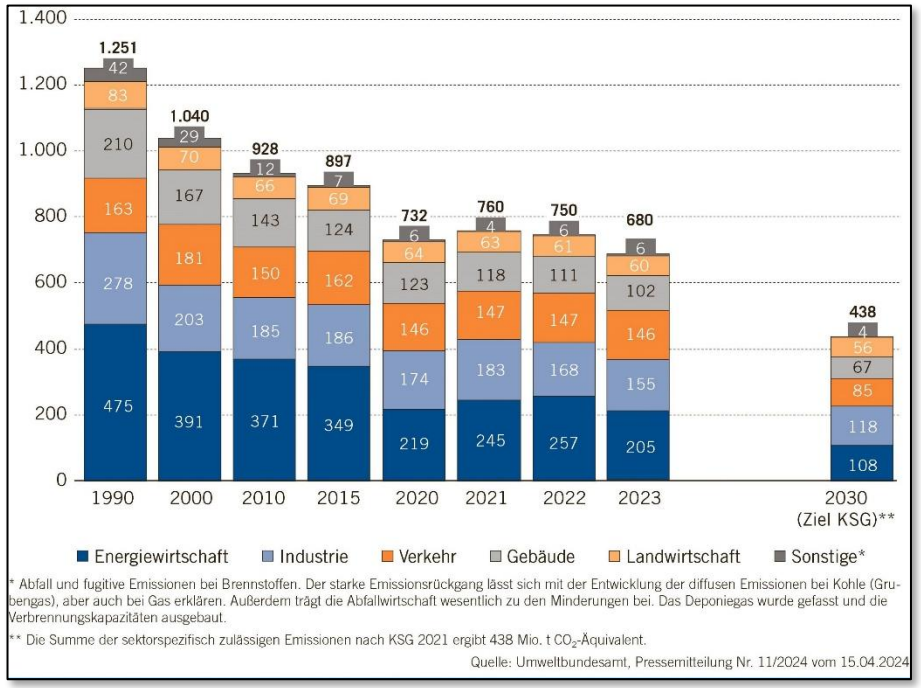


Quelle: Umweltbundesamt

- Das verarbeitende, Gewerbe weist von allen Produktionsbereichen im Jahr 2023 mit circa 3.407 PJ den größten Primärenergiebedarf auf
- Wesentliche Bereiche sind die Chemieindustrie, die Metallindustrie und die Hersteller von Glas, Glaswaren, Keramik, verarbeiteten Steinen und Erden
- Die Energie wird als el. Strom, Wärme (Dampf oder Thermoöl) sowie in Form von Brennstoffen (wie Erdgas, Kohle oder Biomasse) zur Verfügung gestellt.

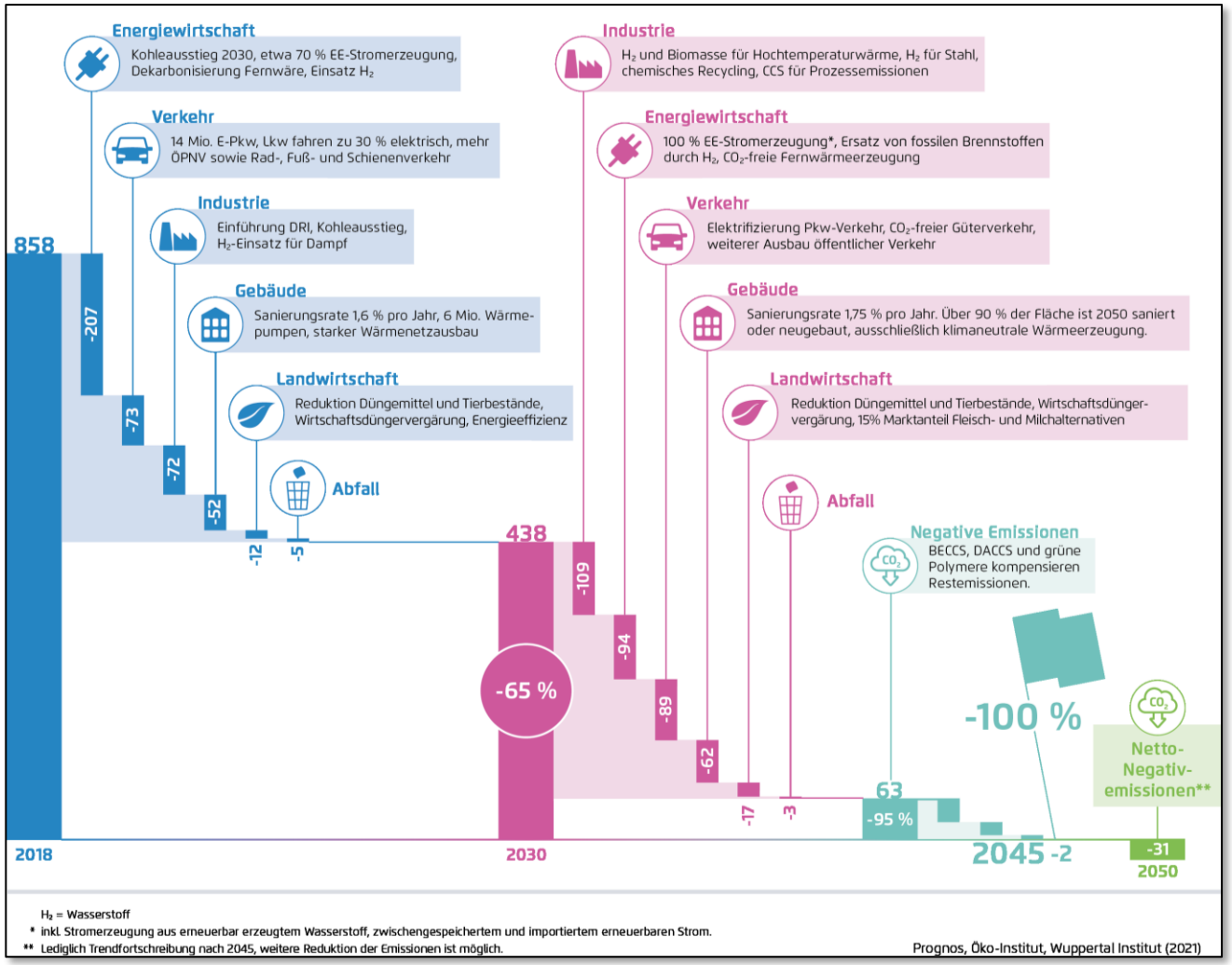
Maßnahmen zur Erreichung der CO_2-Neutralität

- Mit dem Klimaschutzgesetz (KSG) soll das Ziel einer Klimaneutralität bis 2045 (bzw. eine 65%ige Reduktion der CO2-Emissionen in Bezug auf 1990) erreicht werden
- Flexibilisierung der Zielwerte in den Sektoren im Jahr 2024, um sektorübergreifende Bewertung und Anpassungen durchführen zu können



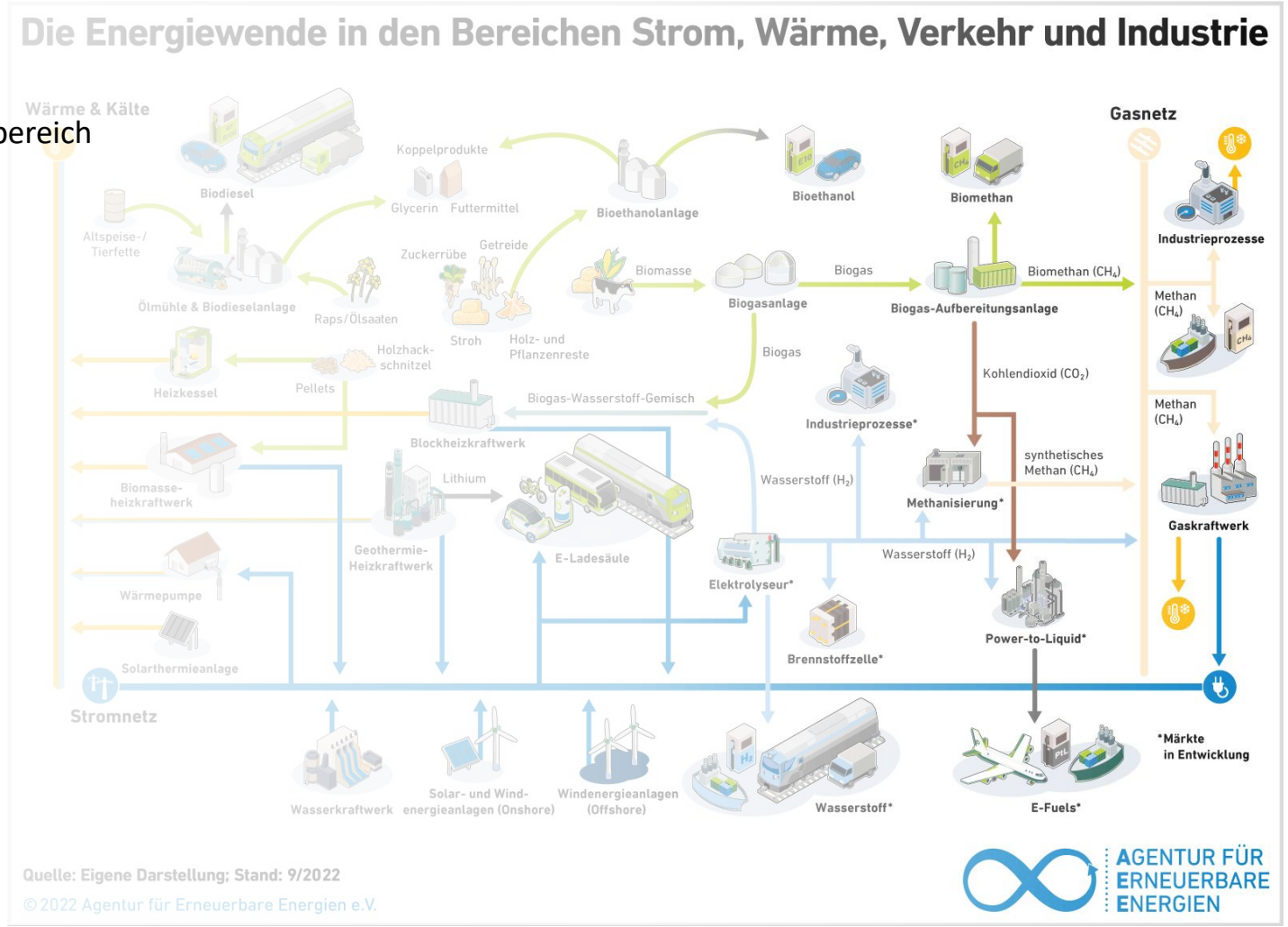
Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2030 nach Sektoren (Treibhausgas-Emissionen in Mio. T CO_2-Äqu.)

Maßnahmen im Szenario Klimaneutral 2045 (Treibhausgas-Emissionen in Mio. T CO_2-Äqu.)



Inhalt

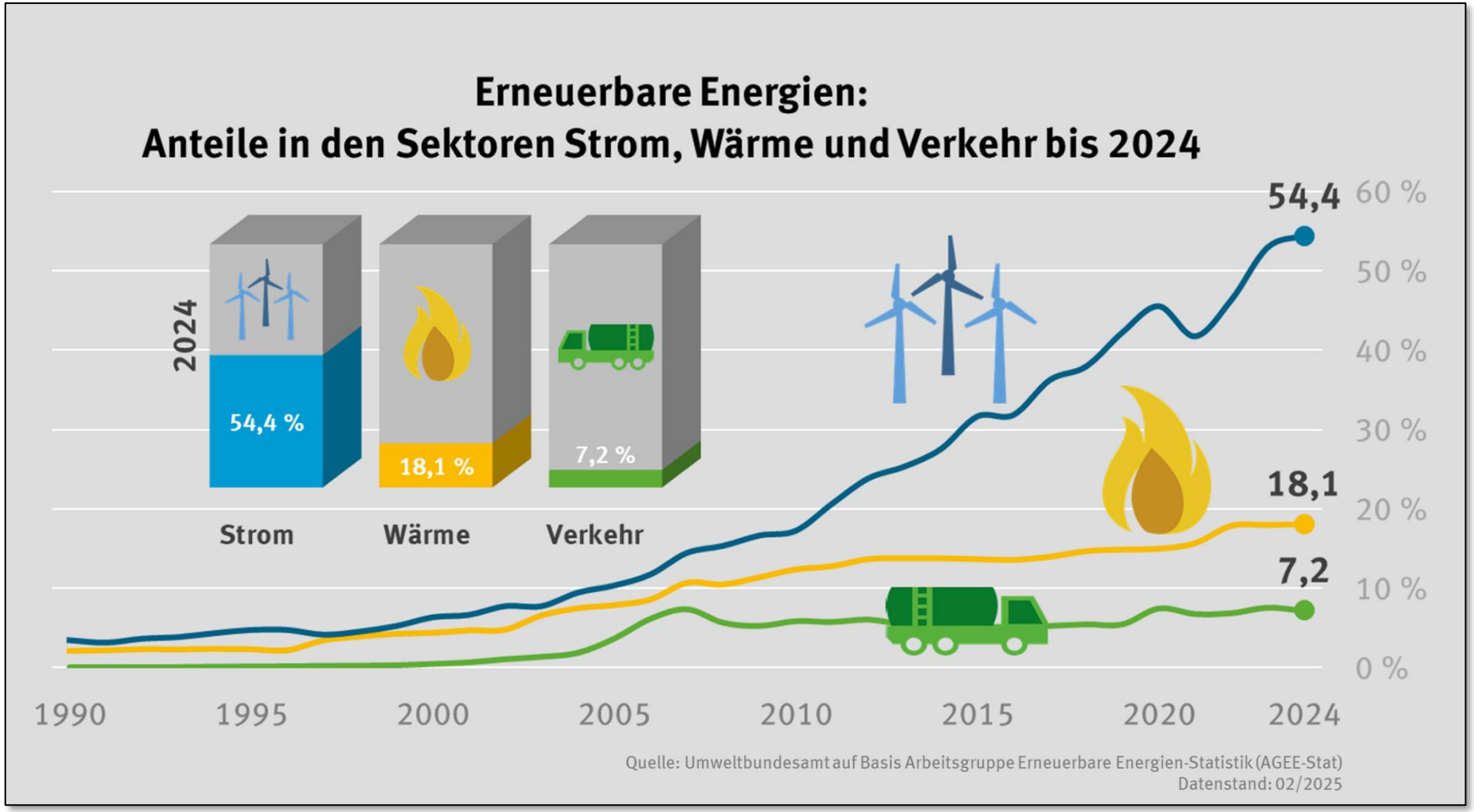
- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Beiträge erneuerbarer Energien in Strom- und Wärmelieferung sowie im Verkehr bis zum Jahr 2024

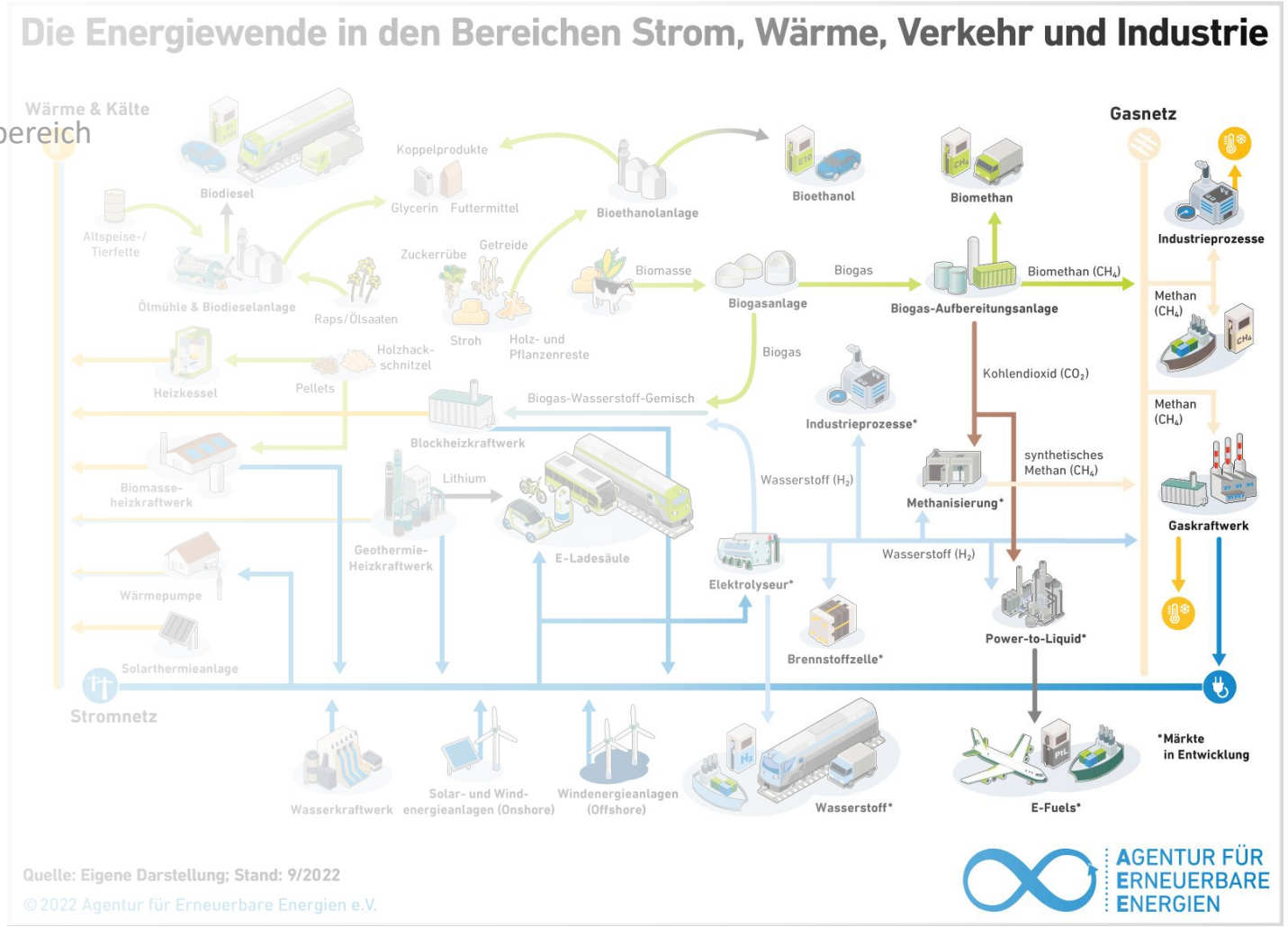
- Den weitaus größten Anteil trägt der Strombereich
- Wärme und Verkehr weisen ein deutlich herabgesetztes Niveau auf
- **Für den Wärmesektor sind entsprechende Potenziale zu erschließen**



Quelle: Umweltbundesamt
www.umweltbundesamt.de,
Stand 02.2025

Inhalt

- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick

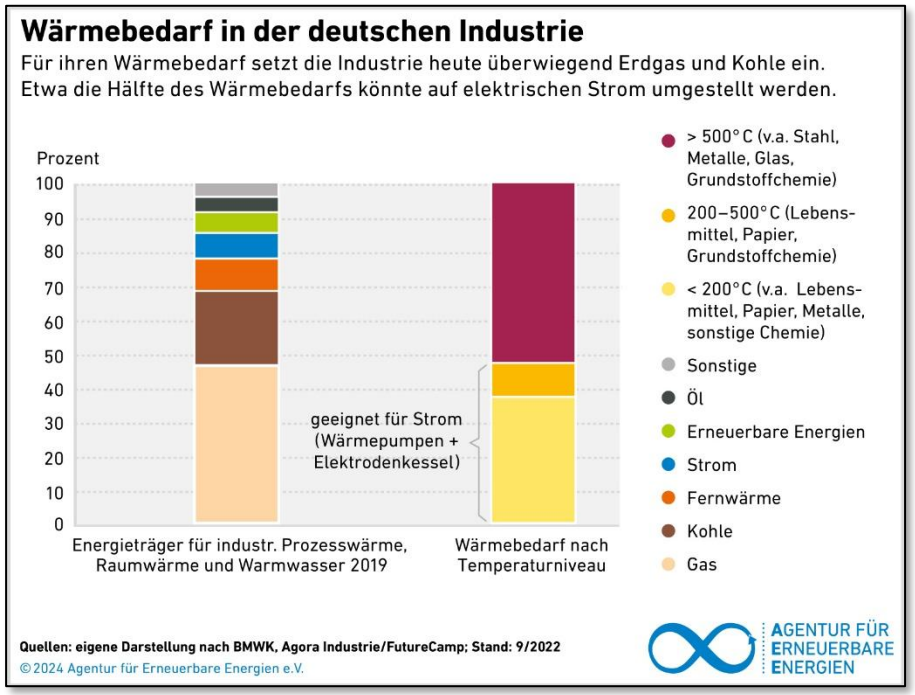


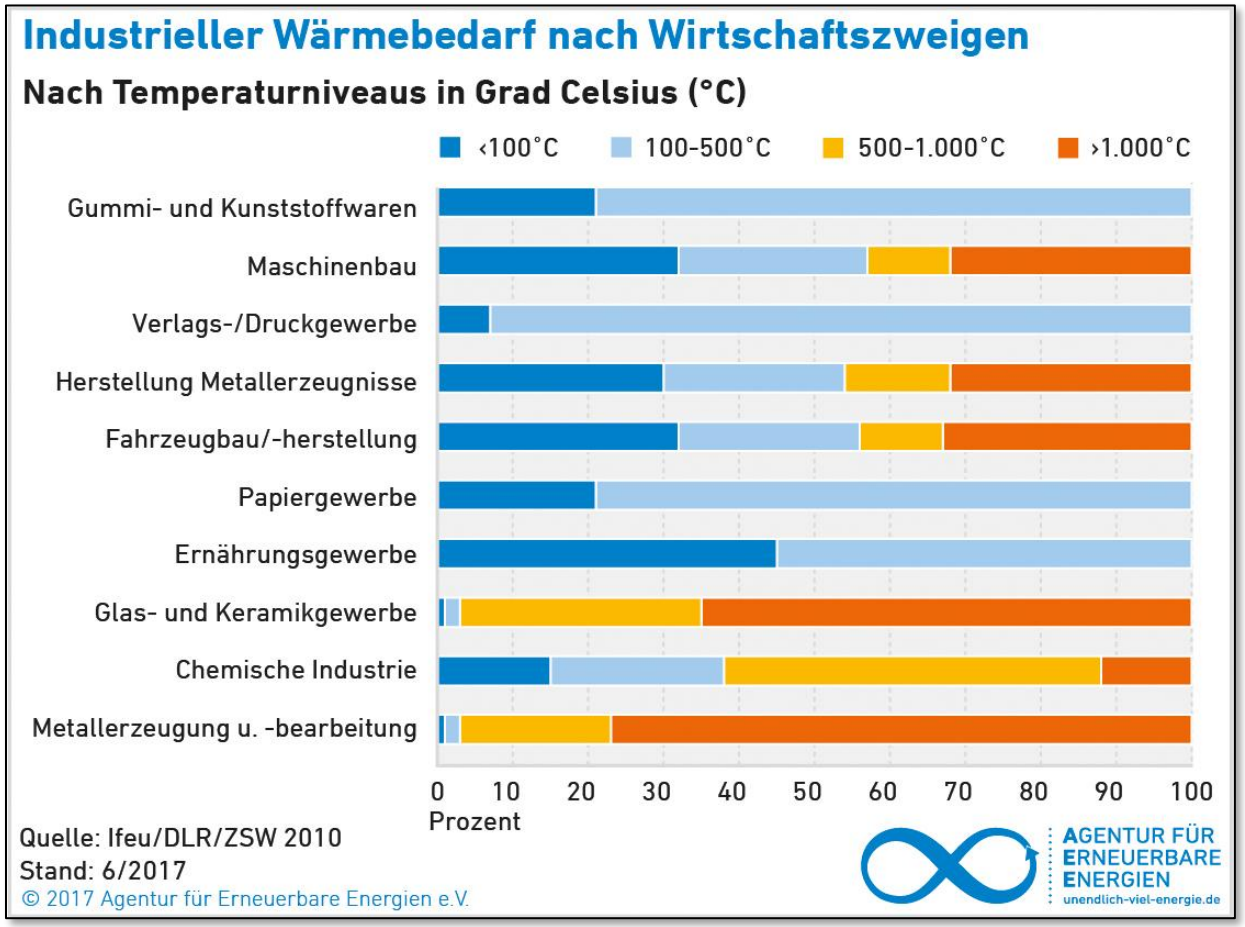
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Temperaturniveau des industriellen Wärmebedarfes

Die Aufteilung des Wärmebedarfs in Abhängigkeit des Temperaturniveaus ergibt sich für den industriellen Wärmebedarf branchenabhängig:

- Insbesondere im Bereich der Metall-, Glas- und Keramikindustrie wird Wärme auf sehr hohem Temperaturniveau benötigt (> 1.000 °C)
- In allen Wirtschaftszweigen beträgt der Anteil der Wärme auf einem Temperaturniveau > 100 °C mindestens 55 %, meist deutlich mehr



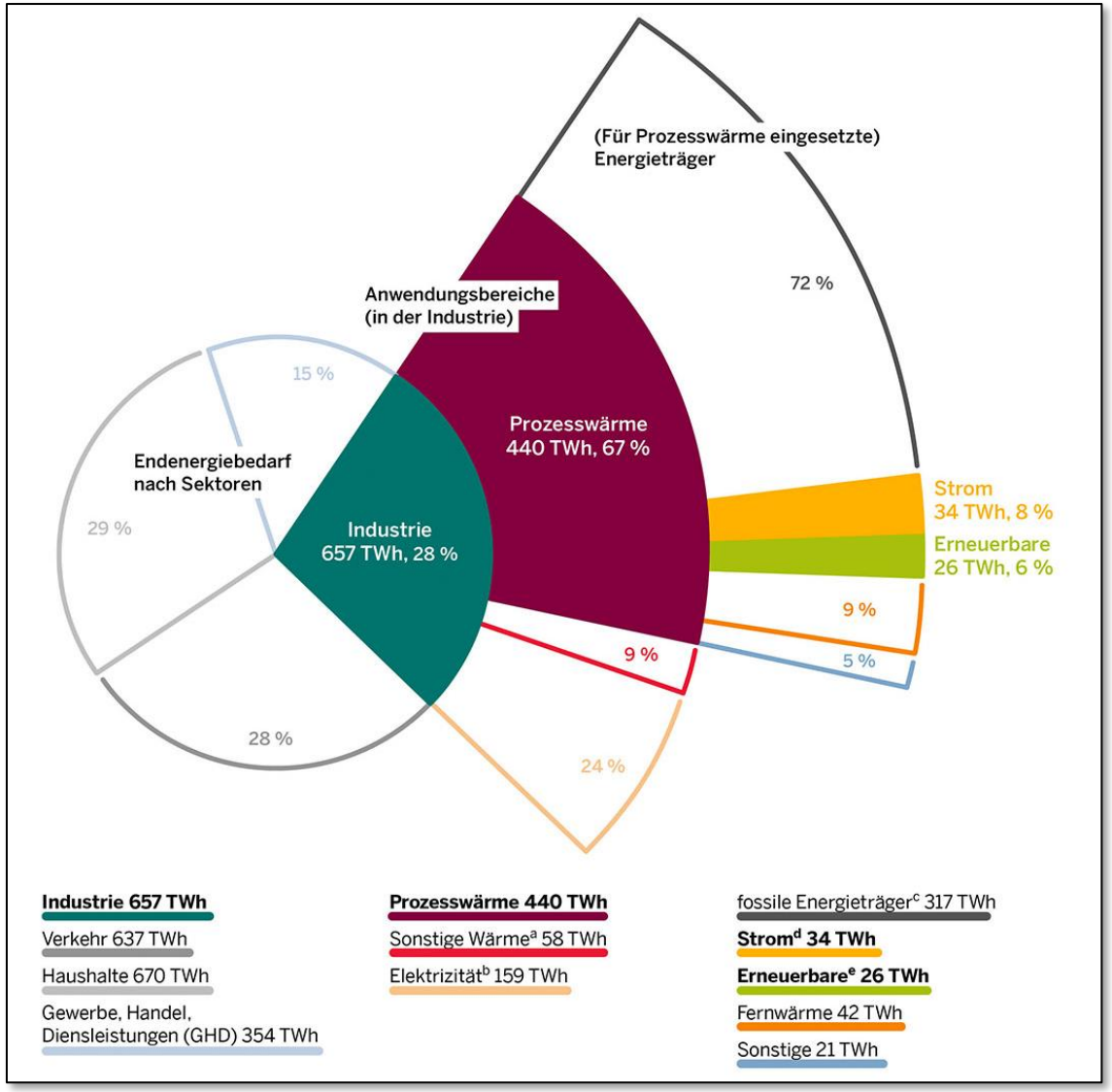


Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Energiebedarf in der Industrie – Wärme als maßgebende Einflussgröße

- der Energiebedarf des Sektors Industrie besteht zum größten Teil aus Prozesswärme
- die Deckung erfolgt zum wesentlichen Teil über fossile Energieträger
- Hochtemperatur Wärmepumpen oder Elektrokessel stellen mit der Nutzung regenerativ erzeugten Stroms einen Lösungsansatz zur Reduzierung der Emissionen dar

Quelle: www.bosch-industrial.com



Quelle: Quelle: www.umsicht.fraunhofer.de, 05.2022

[a] Hierunter fallen u. a. Raumwärme (z.B. Hallenbeheizung) und Warmwasser.
[b] Hierunter fallen z. B. mechanische Energie (für Pumpen oder Antriebe), Beleuchtung, Informationstechnik und Kommunikation.
[c] Mineralöl, Gas und Kohle
[d] Strom verursacht in der Anwendung keine Emissionen. Da es sich hierbei um den Strommix aus dem Netz handelt, sind allerdings der aktuelle EE-Anteil und die resultierenden CO_2-Emissionen bei der Stromerzeugung zu berücksichtigen.
[e] Unter Erneuerbare fallen z. B. Biomasse und Geothermie.

Groß-Wärmepumpen für den industriellen Anwendungsfall

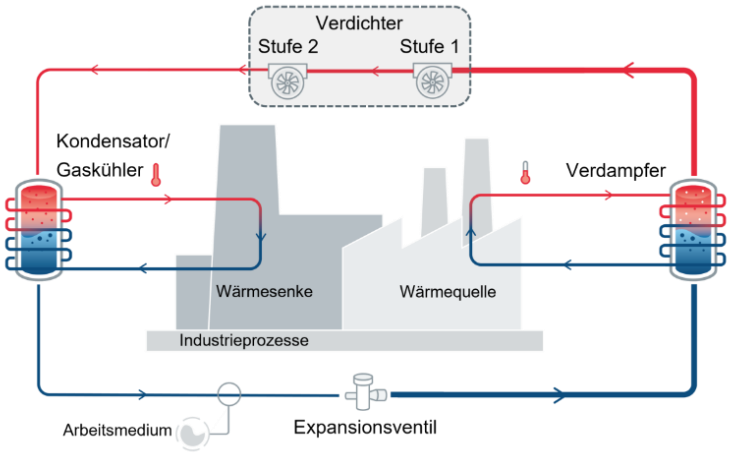
Erreichbare Temperaturniveaus von Hochtemperatur-Wärmepumpen

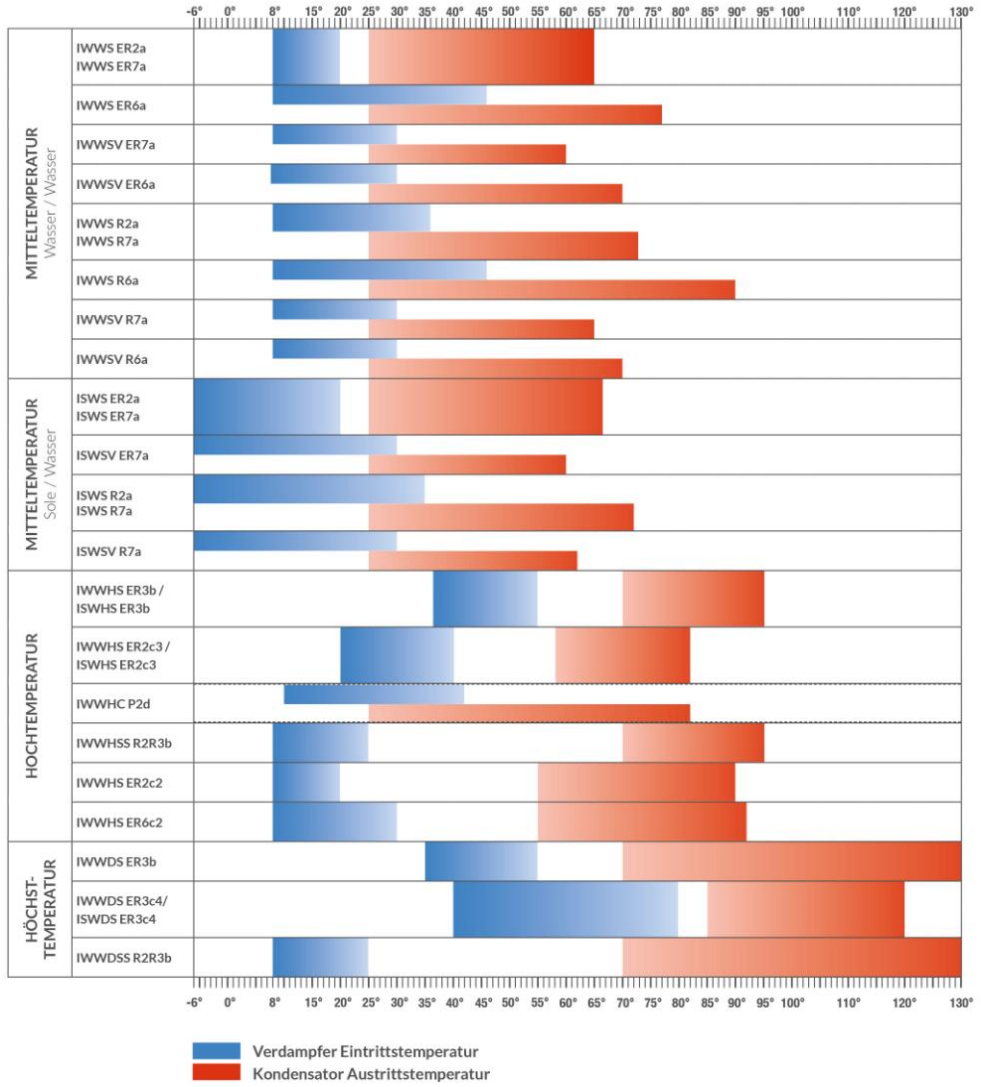
Zweistufige Wärmepumpen im Industrieeinsatz

Quelle: www.kka-online.info, Helminger, F. et al. „Machbarkeit industrieller Hochtemperaturwärmepumpen bis zu 250 °C“

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

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





Quelle: OCHSNER Energie Technik GmbH

Entstehungsmöglichkeiten von Abwärme

- Wärmebedarf auf höherem Temperaturniveau führt in der Regel zu Abwärme, die auf den jeweiligen Temperaturniveaus wieder nutzbar gemacht werden kann.
- Die Identifikation und Erschließung der Potenziale schafft die Voraussetzung dafür
- Die Anwendung kann in- und außerhalb des Unternehmens erfolgen

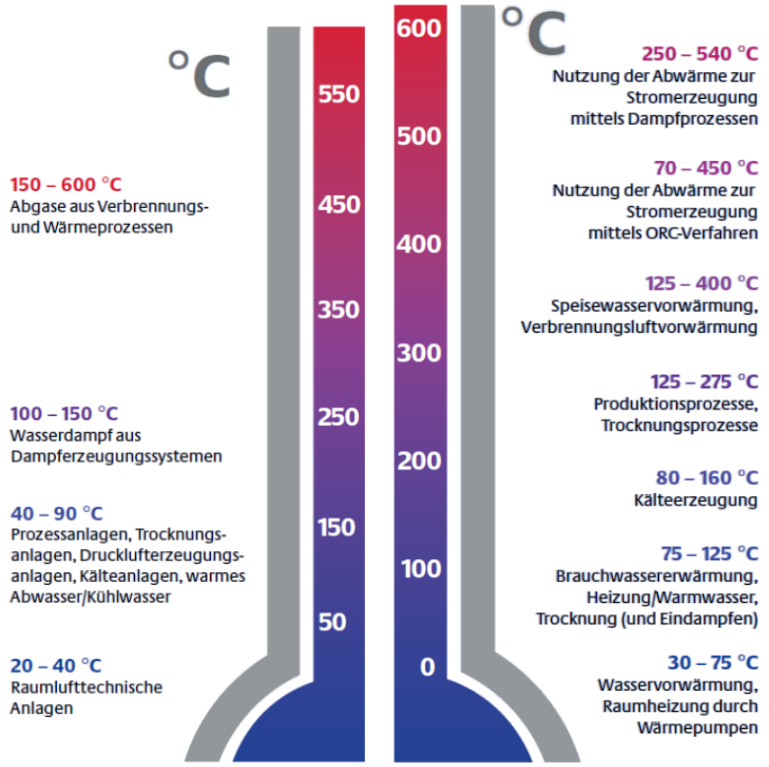
Abwärmequellen.

Prozessabluft.
30 bis 90 % der Abwärme können zur Vorwärmung der Frischluft oder zur Heiz- bzw. Prozesswärmeerzeugung genutzt werden.

Kälteanlagen/Kühlsysteme.
35 bis 95 % der Abwärme können zur Heiz- oder Prozesswärmeerzeugung genutzt werden.

Drucklufterzeugung.
Bis zu 90 % der elektrischen Antriebsleistung von Druckluftkompressoren sind zur Heiz- oder Brauchwassererwärmung nutzbar.

Raumlufttechnische Anlagen.
35 bis 90 % der Abluftwärme können zur Vorwärmung der Frischluft zurückgewonnen werden.



Abwärmesenken und Nutzungsmöglichkeiten.

Stromerzeugung.
500 kW Abwärmeleistung können eine elektrische Leistung von 50 kW erzielen (Basis: ORC-Anlage mit 10 % Wirkungsgrad).

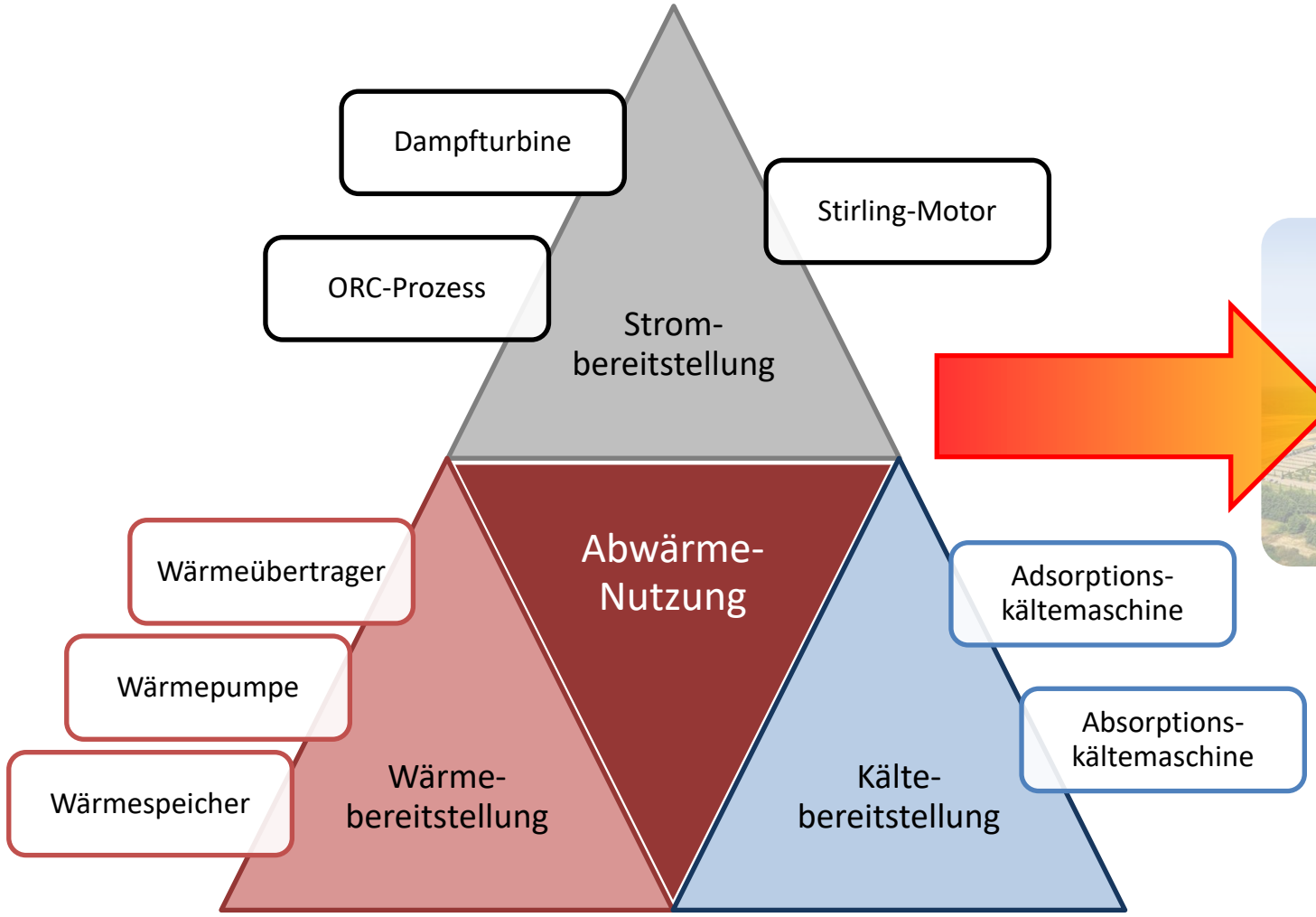
Kälteerzeugung.
20 kW Abwärmeleistung können eine Kälteleistung von 12 bis 15 kW erzielen (Basis: Absorptionskältemaschine mit Leistungszahl 0,6 – 0,75).

Raumwärme- und Warmwassererzeugung.
Abwärmenutzung kann abhängig vom Wärmebedarf ein Raumwärme- und Warmwassersystem komplett ersetzen.

Externe Nutzung.
Ausreichende Abwärmemengen ab ca. 90 °C können in das Nah- bzw. Fernwärmenetz eingespeist werden oder Nachbarbetriebe versorgen.

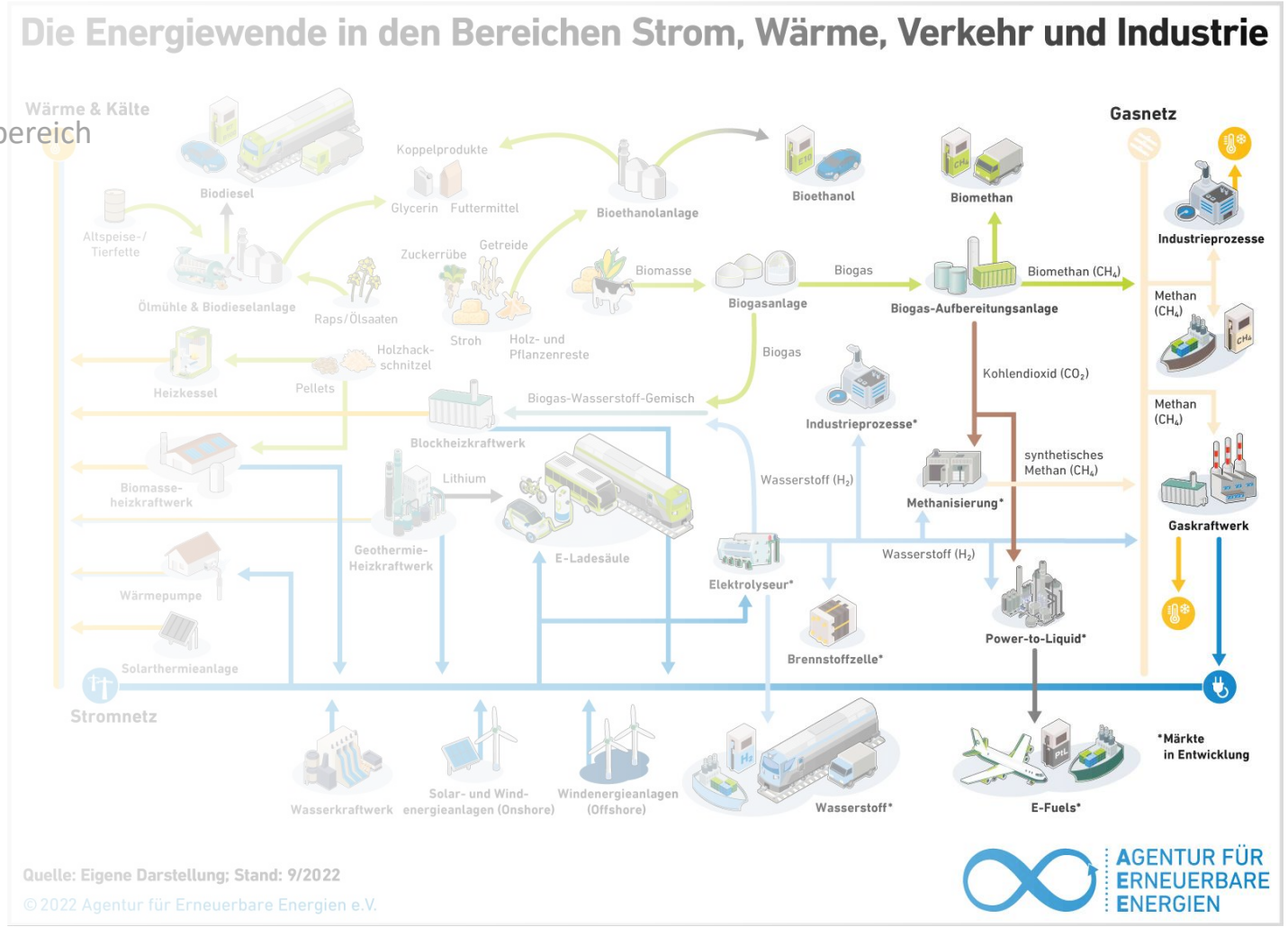
Quelle: Armin Kühn, DEA: Multivalente Wärmenetze zur Integration Industrieller Abwärme, 7.11.2017

Verwertungsmöglichkeiten industrieller Abwärme



Inhalt

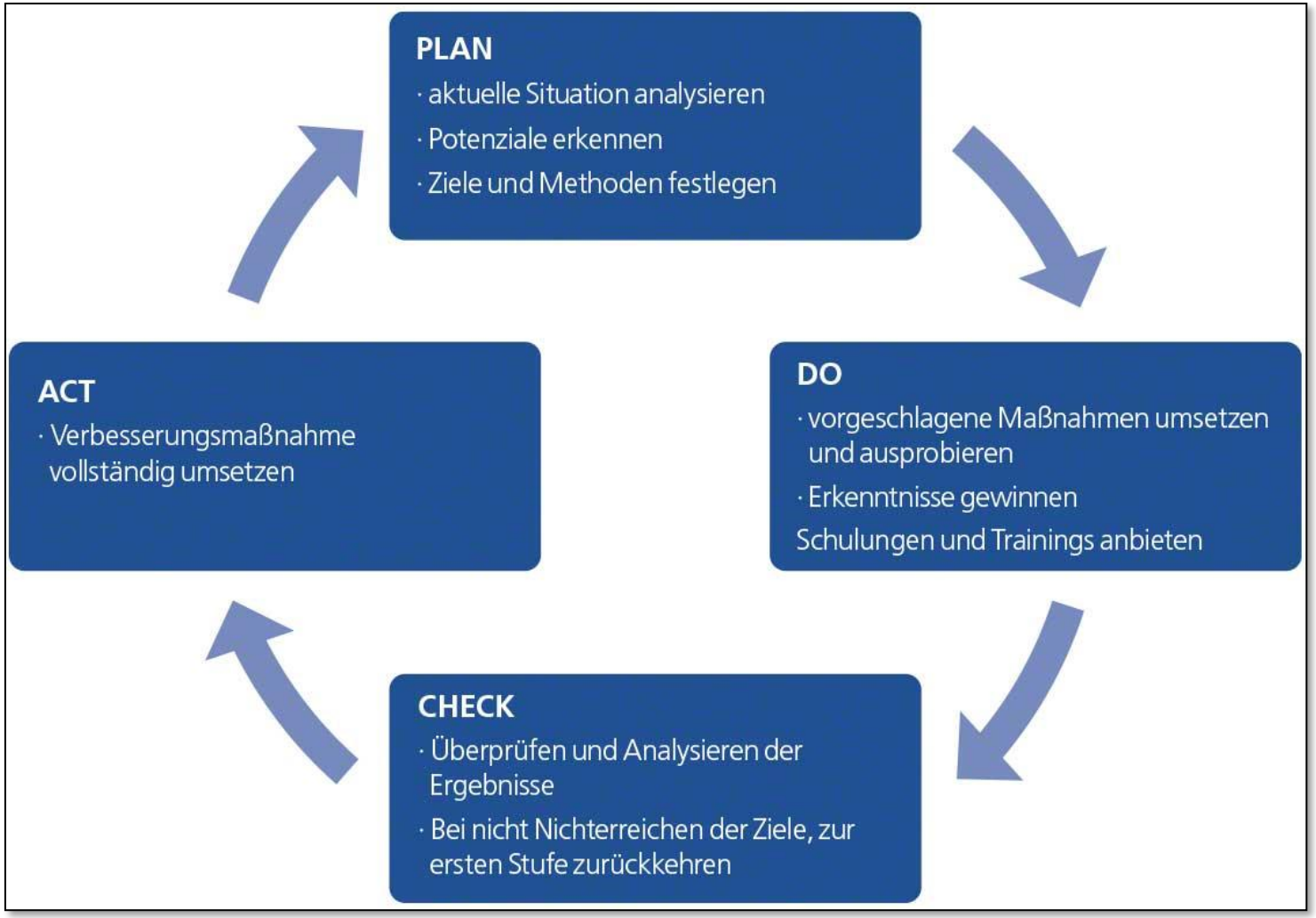
- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

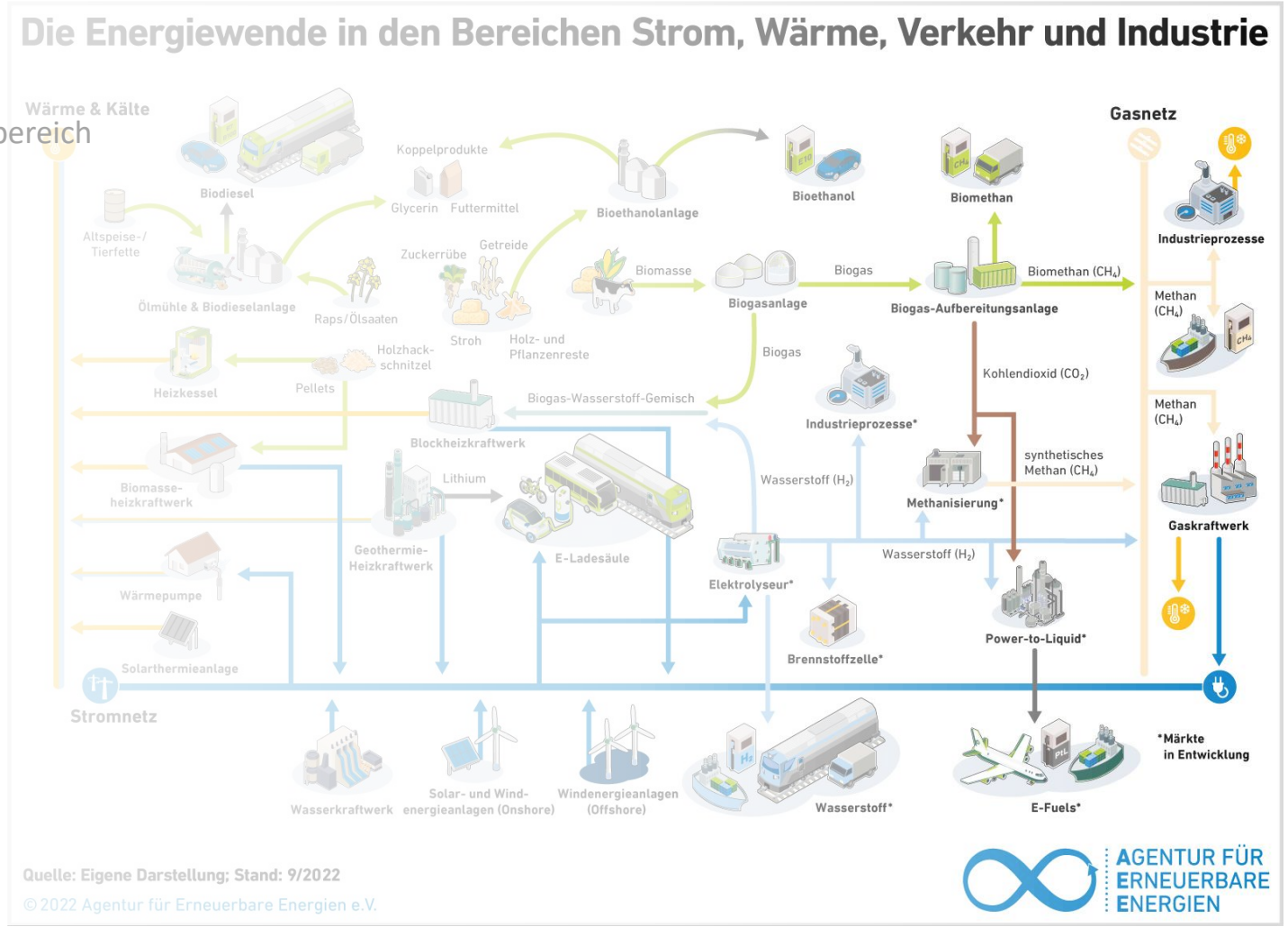
Strategisches Vorgehen bei der energetischen Verbesserung / Optimierung

- **PDCA-Zyklus** als Grundlage der energetischen Optimierung von Gebäude-/ Prozessbetrieb
- Definition von Vorgaben / Systenmanalyse
- Simulationsgestützte Konzeptentwicklung
- Priorisierung der Maßnahmen
- Umsetzung incl. Qualitätssicherung
- Betriebsbegleitung, Monitoring
- Analyse und Bewertung
- Maßnahmen definieren oder Wechsel von Intensiv- auf Langzeitmonitoring



Inhalt

- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Projektbeispiel

Potenzialanalyse und Konzeptentwicklung in bestehenden Produktionsstandorten - Großbäckerei

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
- Bruttogrundfläche ca. 73.000 m²
- Nutzfläche ohne Verkehrsfläche ca. 62.000 m²

Produktionskennwerte

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

Energiekennwerte

- Erdgasverbrauch ca. 50.000 MWh/a -
  - Heißwasserkessel (Kesselhaus) 28%, Dampfkesselanlage 6%, Backöfen 66% (2/3)
- Stromverbrauch ca. 18.000 MWh/a
- Wasserverbrauch ca. 120.000 m³/a

Quelle: M. Leichtenberger

Energieeffizienz und regenerative Energie in der Produktion

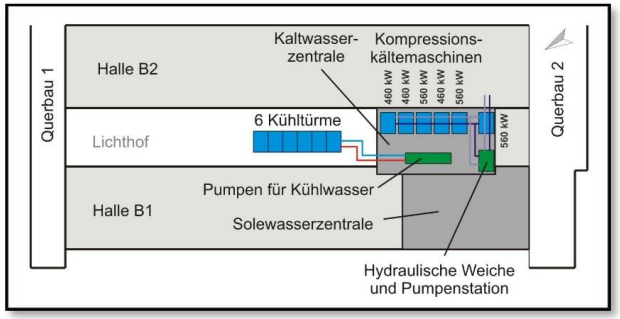
Durchführung einer **Bestandsanalyse** mit

- 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

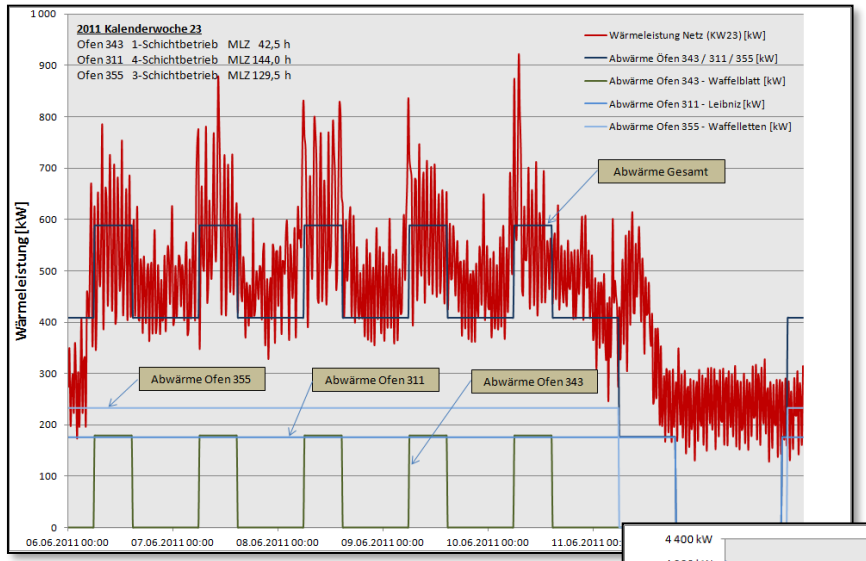
Kälteerzeugung 6/12°C über 6 Hubkolben-KKM

Pumpen in der Kälteverteilung



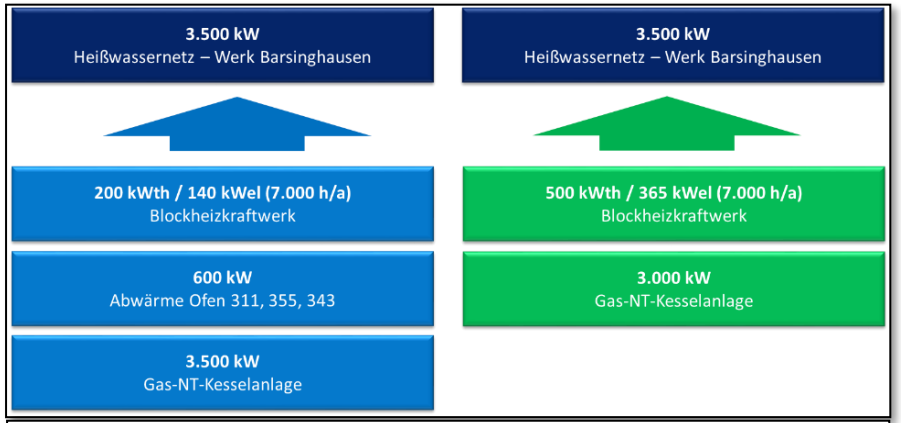
Erstellung von Schemen (hier Kälte) in der Bestandsanalyse

Energieeffizienz und regenerative Energie in der Produktion



Anlagenauslegung Variante 4 – Beispiel Jahresdauerlinie

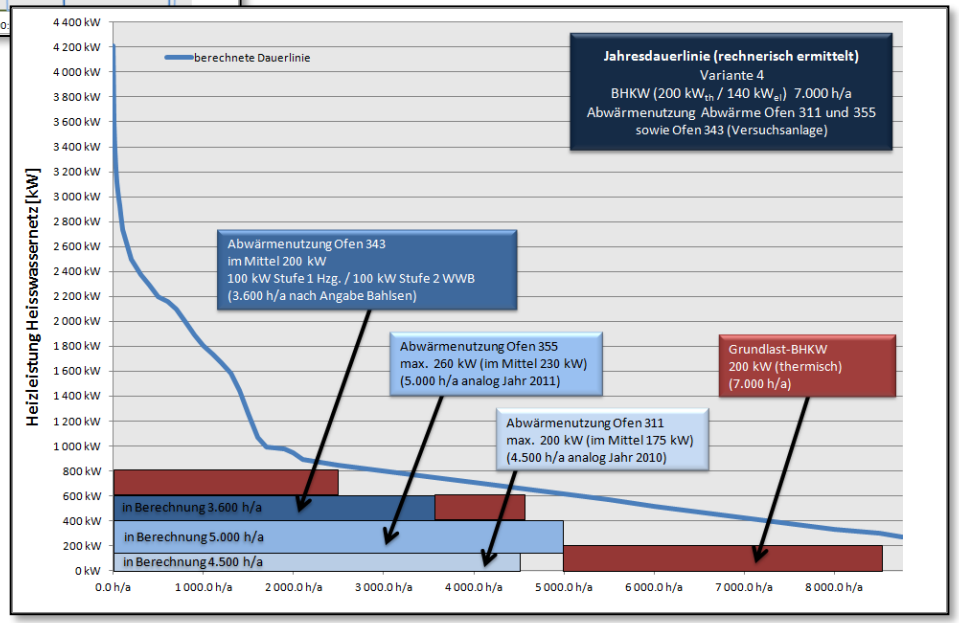
- Generierung einer Jahresdauerlinie aus Messdaten
- Aufteilung der jeweiligen Anteile der Wärmebereitstellung

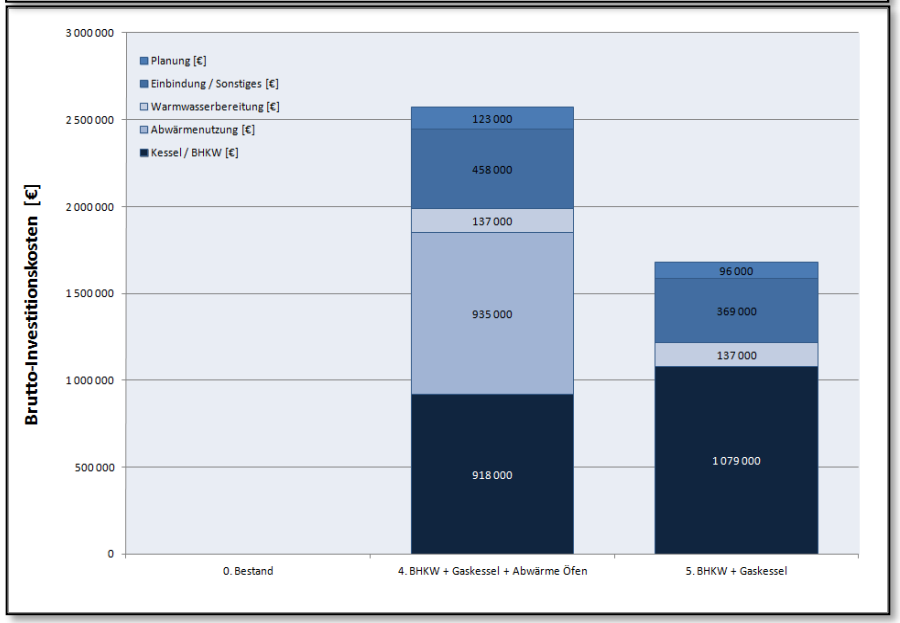


Konzeptentwicklung und Bewertung

Analyse Leistungsbedarf Wärmeversorgung Sommer (1 Woche)

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



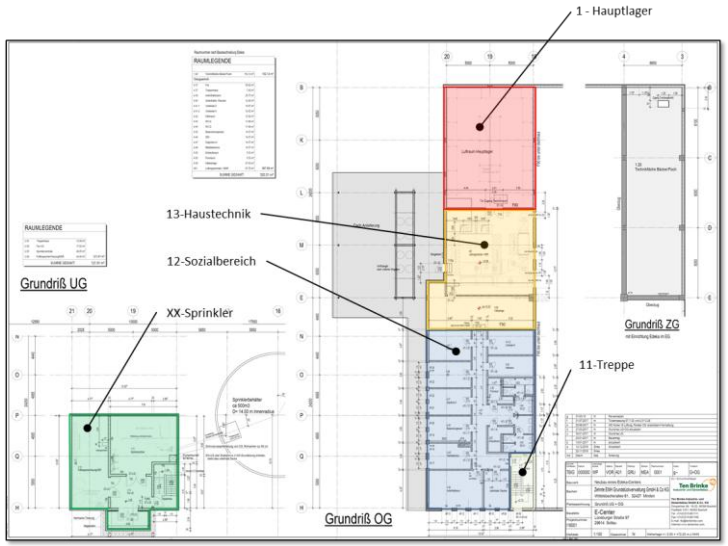


Projektbeispiel

Simulationsgestützte Konzeptentwicklung zur Emissionsreduktion - Einzelhandel

Wärmeverschiebung

Ehlers Center GmbH
Lüneburger Str. 97, D - 29614 Soltau,
www.edekaehlers.de



Dachgeschossbereich mit Zonierung

Erdgeschossbereich mit Zonierung

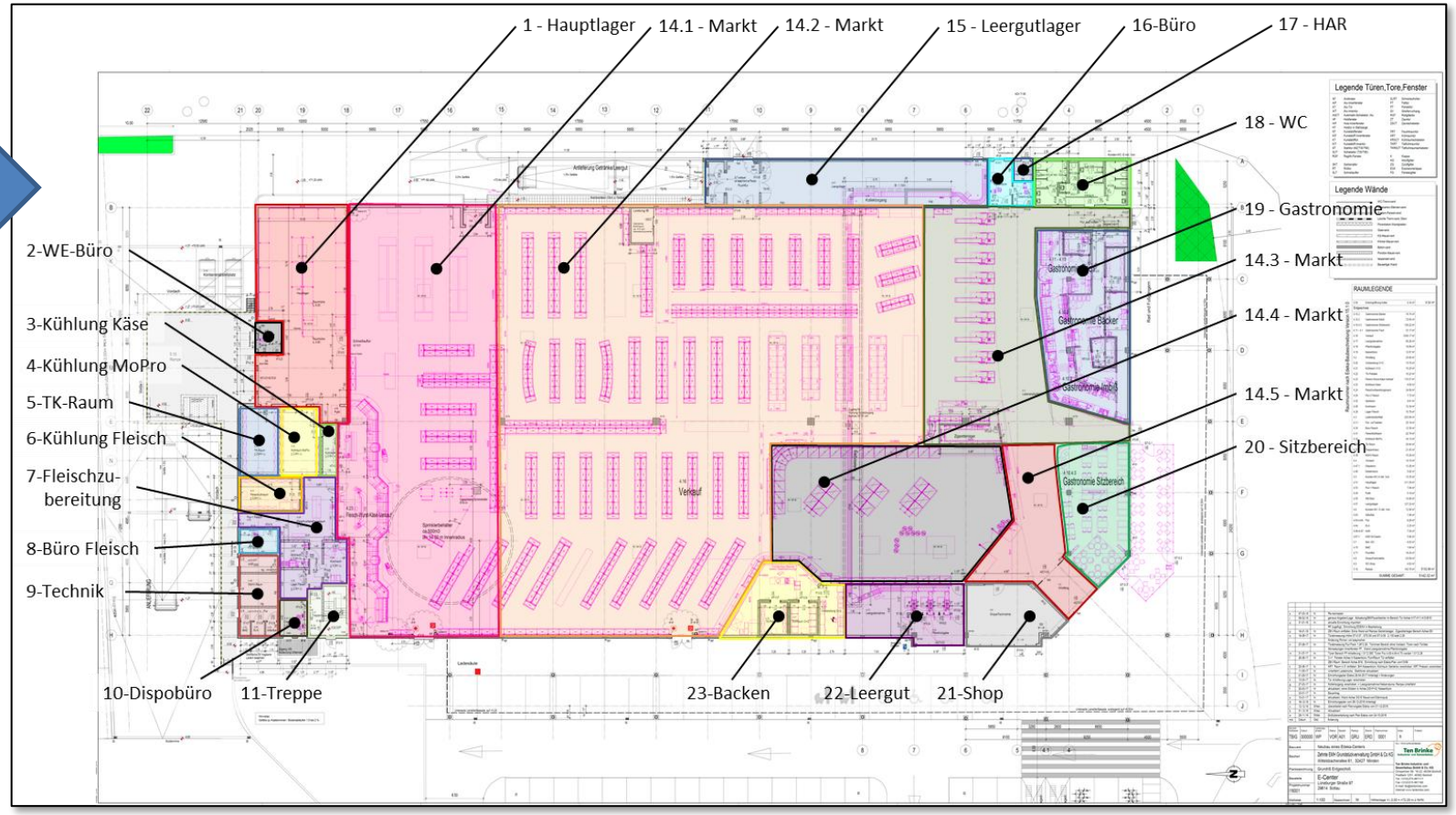
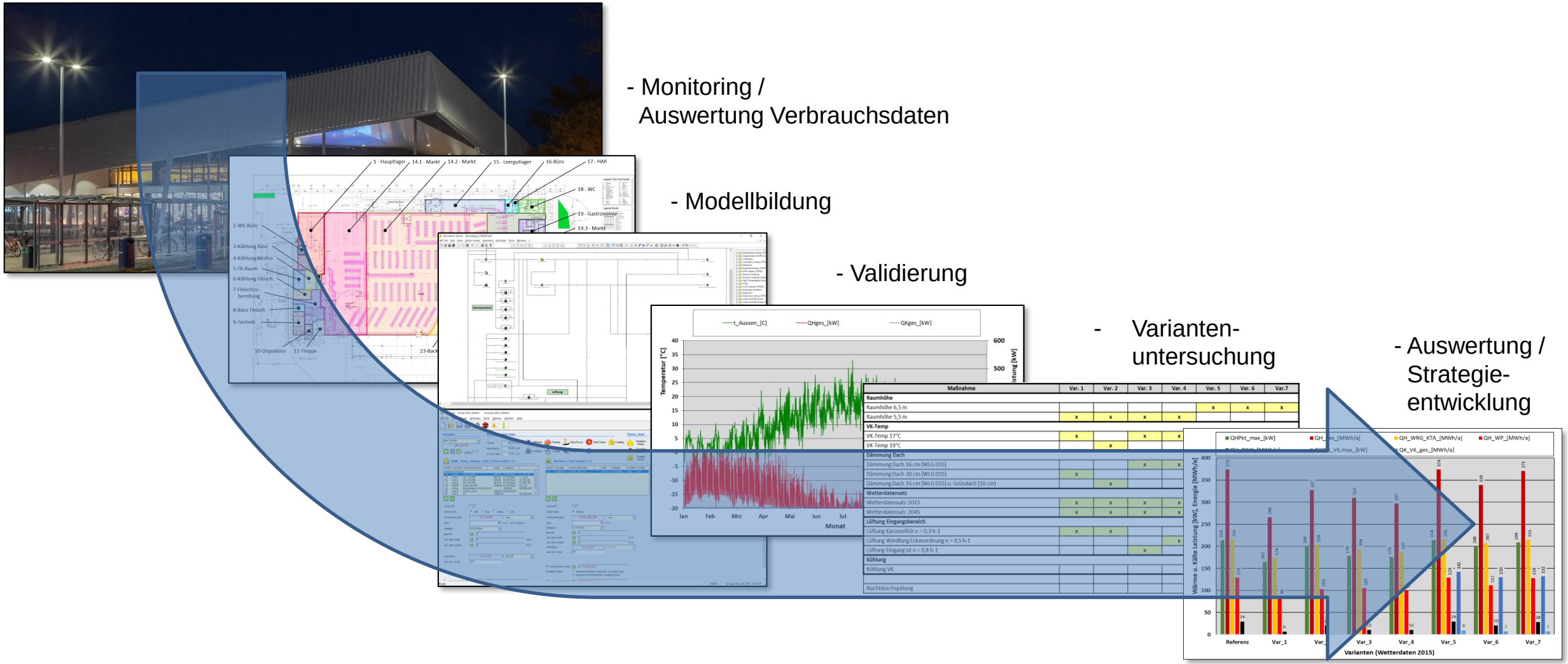
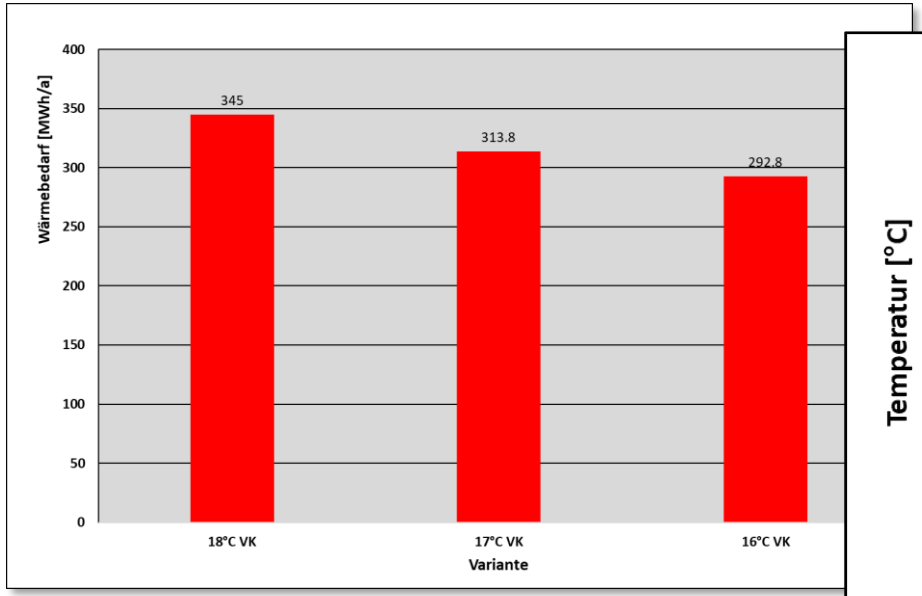


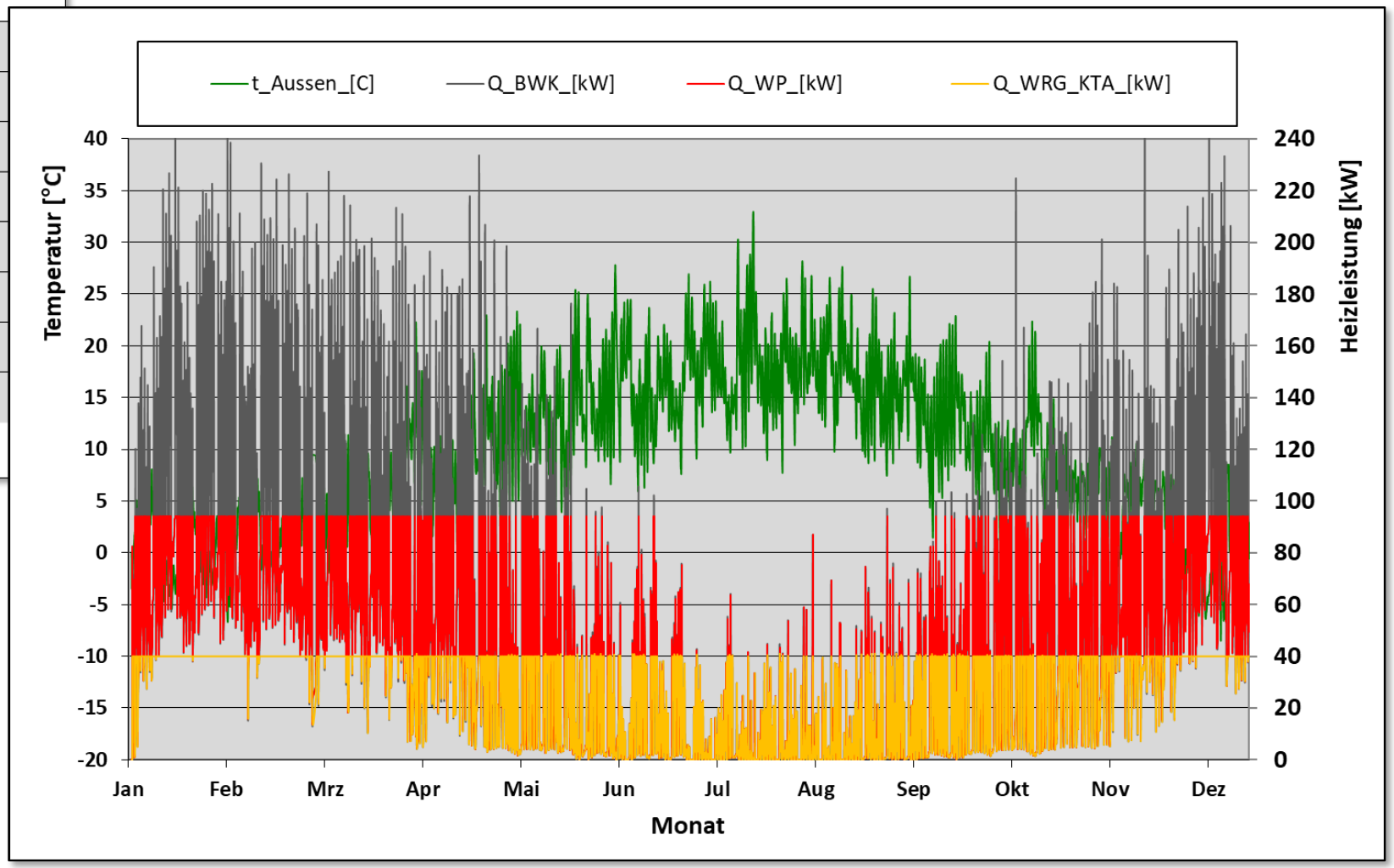
Abbildung der Last-/Versorgungsstruktur im Simulationsmodell, Bewertung von abgestimmten Effizienzmaßnahmen



Variantenuntersuchung, Systemoptimierung, Bewertung von abgestimmten Effizienzmaßnahmen



Reduzierung des Wärmebedarfs in Abhängigkeit der Temperatur im VK-Bereich



Anteilige Wärmelieferung durch WRG, WP und Gas-BWK

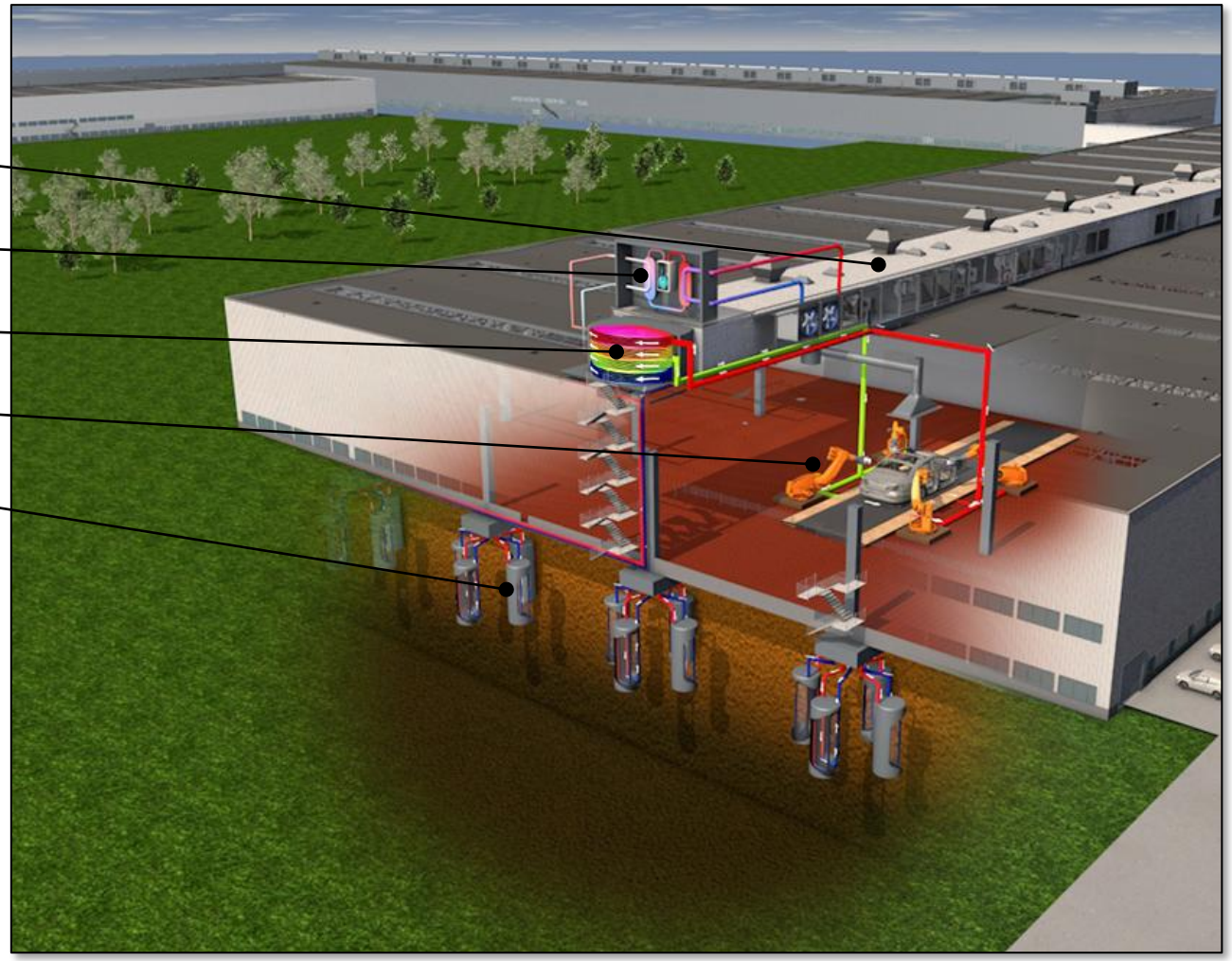
Projektbeispiel

Geothermie zur Heizung und Kühlung in der Metallindustrie

VW AG Standort Emden, Halle 18 – Projekt geo-base

Produktionsgebäude der Volkswagen AG in Emden

- Produktionshalle zur Herstellung von Karosserieteilen in der PKW-Fertigung mit anteiligen Bürobereichen
- Thermische aktivierte Pfahlgründung des Hallenbaus mit 64.000 m² Grundfläche
- Integration der Energiepfähle in die Wärme- und Kälteversorgung der Halle und der Produktion



Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

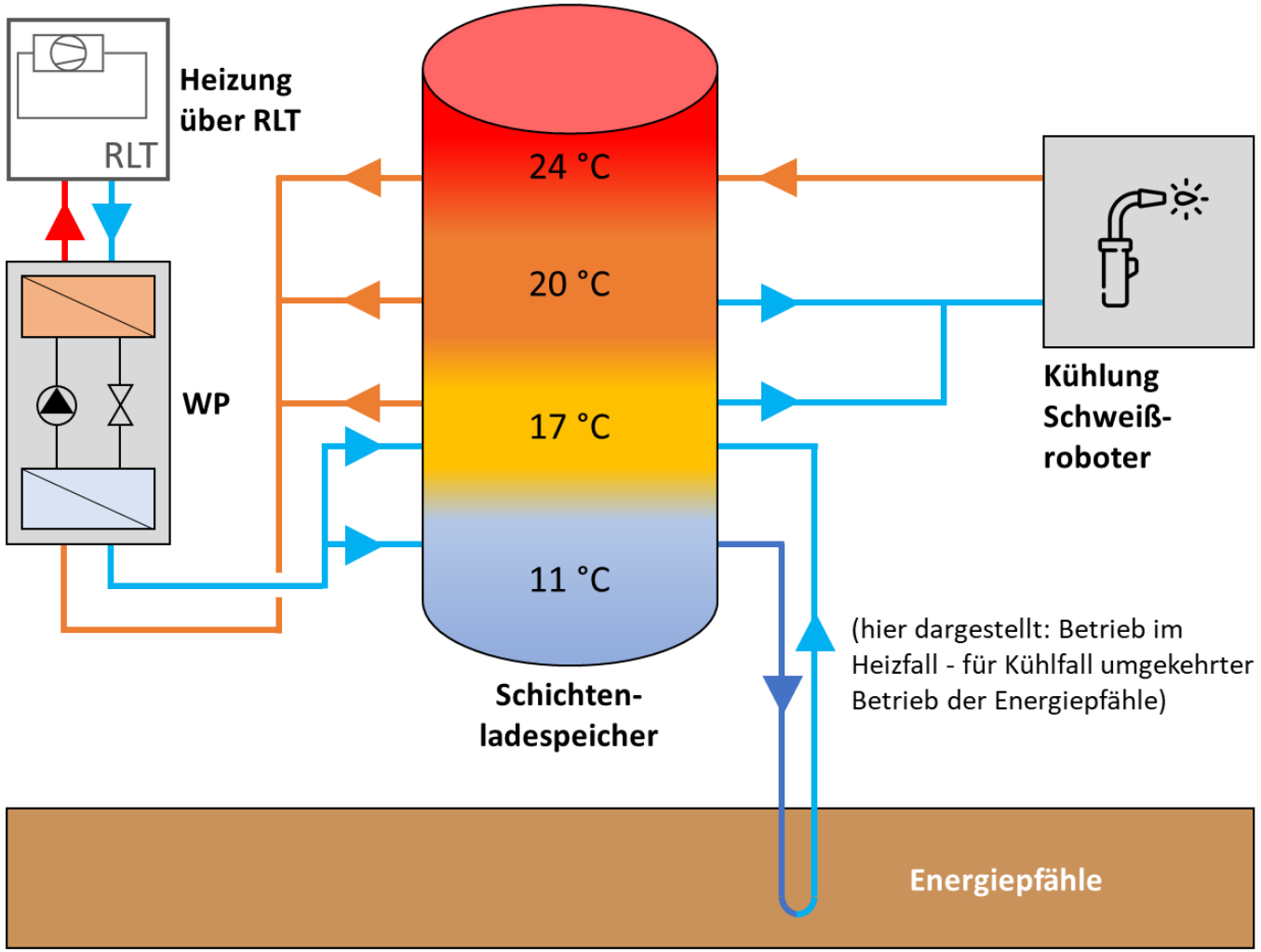
VW AG Standort Emden, Halle 18

- Produktionshalle mit 64.000 m² Grundfläche (ca. 530 x 120 m)
- Pfahlgründung mit ca. 5.000 Pfählen (Durchmesser: 40 cm) mit einer Tiefe von 17,5 m
- 3.300 Pfähle sind als Energiepfähle integriert
- Die von den Schweißrobotern erzeugte Wärme wird im Untergrund gespeichert und kann über 4 Wärmepumpen (je 1,43 MW, 45/33°C) in 4 Hallenteilen zum Heizen genutzt werden
- Zur Beheizung der Halle sind zentrale Lüftungsanlagen mit 45 °C Wasservorlauftemperatur installiert
- Die Energiepfähle enthalten ein Doppel-U-Rohr aus PE 100, 25 x 2,3
- Eine weitere Komponente ist ein geschichteter Wasserspeicher (Zortström-Verteiler), der unterschiedliche Temperaturniveaus in verschiedenen Höhen bietet

VW AG Emden – Energieversorgungsschema

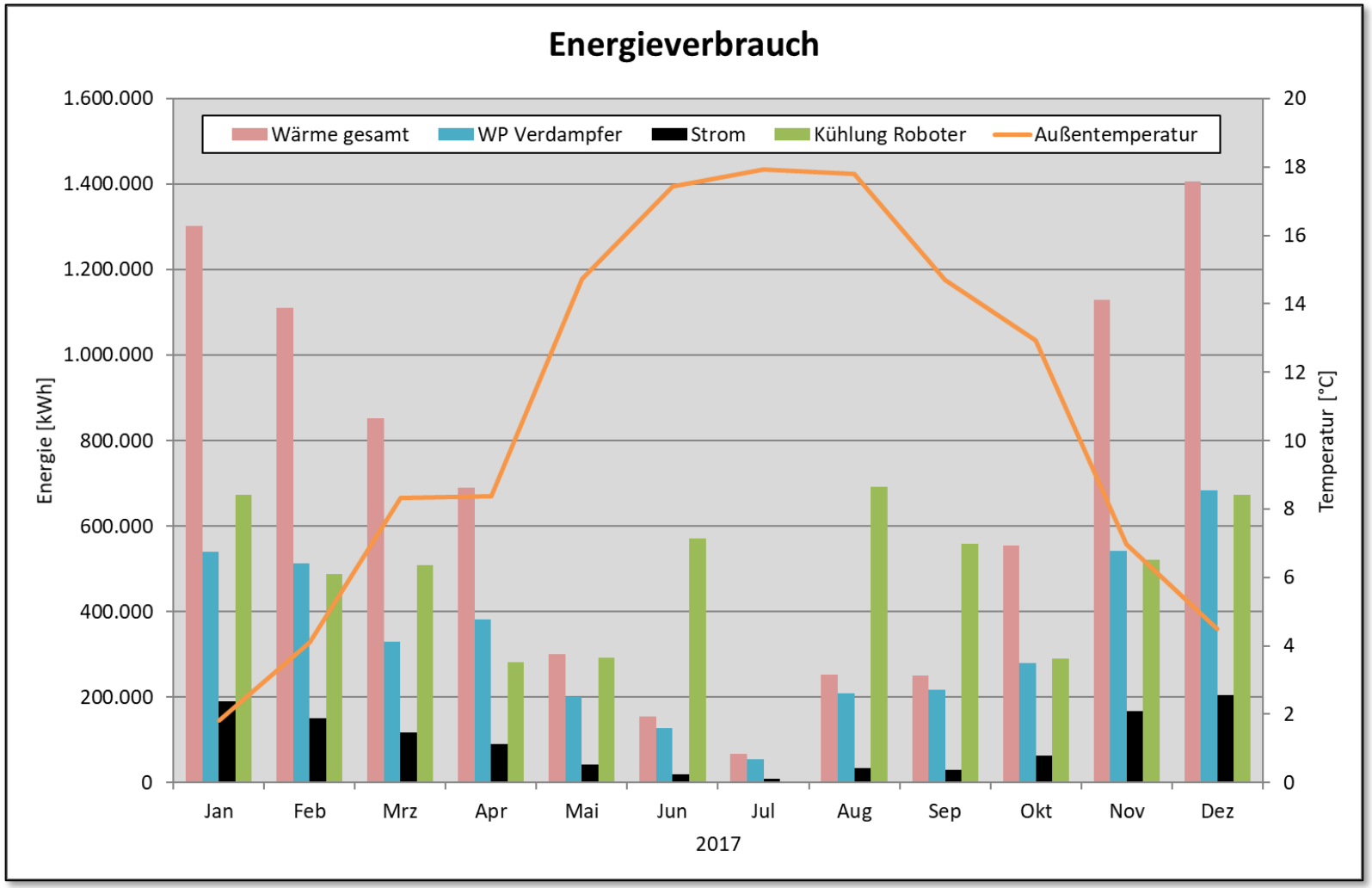
- geschichteter Wasserspeicher (Zortström-Verteiler) als hydraulische Weiche
- Wärmepumpe hebt Temperatur auf 45 °C Vorlauftemperatur für die RLT-Anlagen an
- Schweißroboter werden mit ca. 20 °C Vorlauftemperatur gekühlt, Abwärme wird in Speicher eingespeist
- Die Energiepfähle im Erdreich dienen je nach Bedarf als Wärmequelle oder -Senke

Am Standort in der Halle 18 im VW Werk Emden umgesetzter „flinker Speicher“



VW AG Emden – Monitoring Energieverbräuche – Jahresbilanz

- Wärmemenge aus der Roboterkühlung ist nicht jahreszeitlich abhängig, sondern annähernd konstant über das ganze Jahr (im Juli gering wegen Werksferien)
- Wärmebedarf zur Beheizung des Gebäudes ist abhängig von den Außentemperaturen

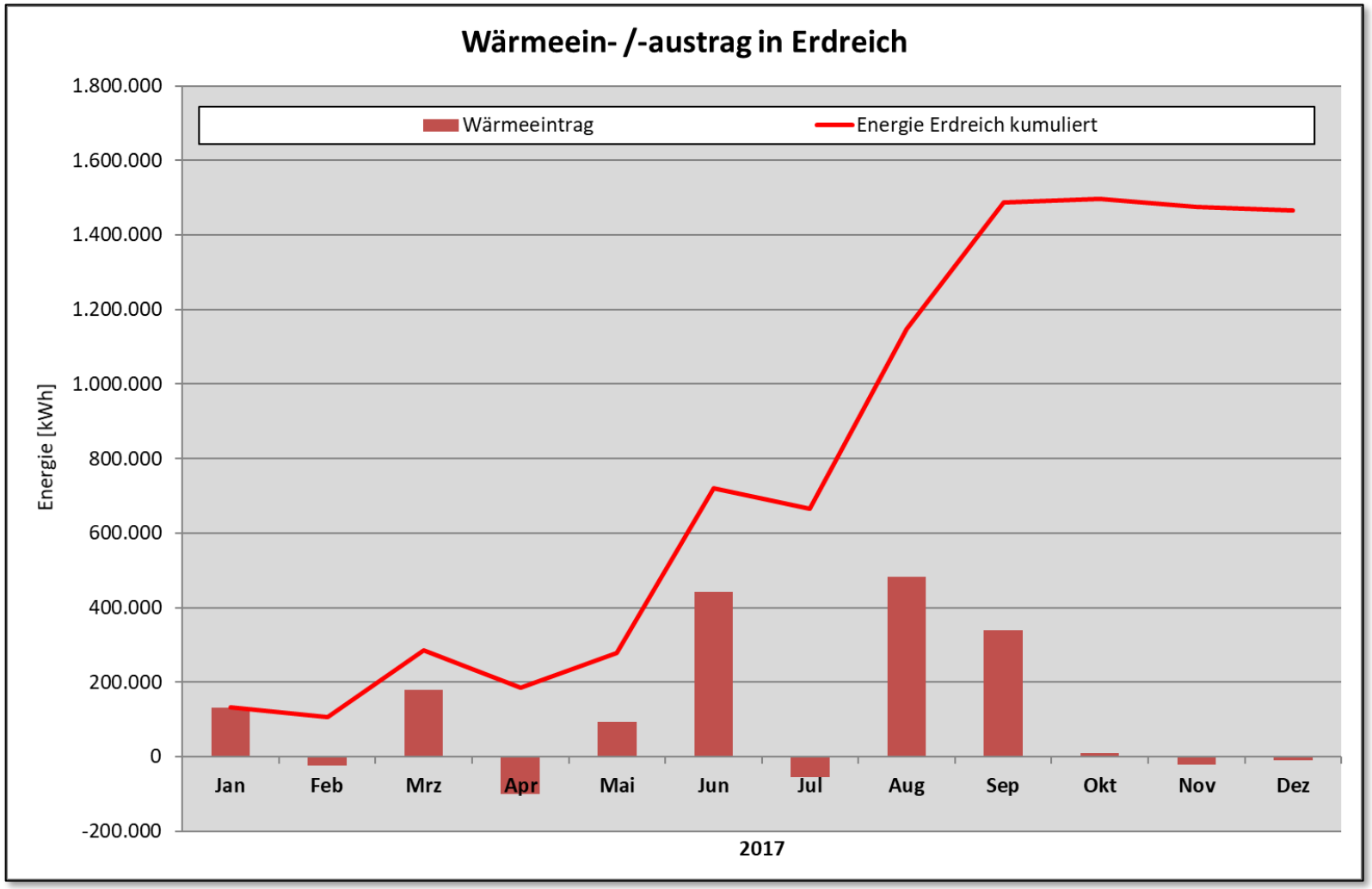


Verlauf des Wärme- und Kältebedarfs der Halle 18 im VW Werk Emden

VW AG Emden – Monitoring Energieverbräuche – Bilanz Erdreich

- im Sommer werden die größten Wärmemengen in das Erdreich eingespeist
- in den Wintermonaten wird jedoch nicht die gleiche Wärmemenge entnommen
- sogar in einigen Wintermonaten erfolgt Einspeisung
- rote Linie zeigt die sich daraus ergebende Summe der Energie, die im Erdreich gespeichert ist
- bei ausgeglichenem Betrieb wäre ein annähernd sinus-förmiger Verlauf der kumulierten Energie zu erwarten, der nach einem Jahr etwa den gleichen Wert anzeigt
- im gesamten Jahresverlauf wurden ca. 1.500 MWh Abwärme aus den Robotern in die Erde eingespeichert

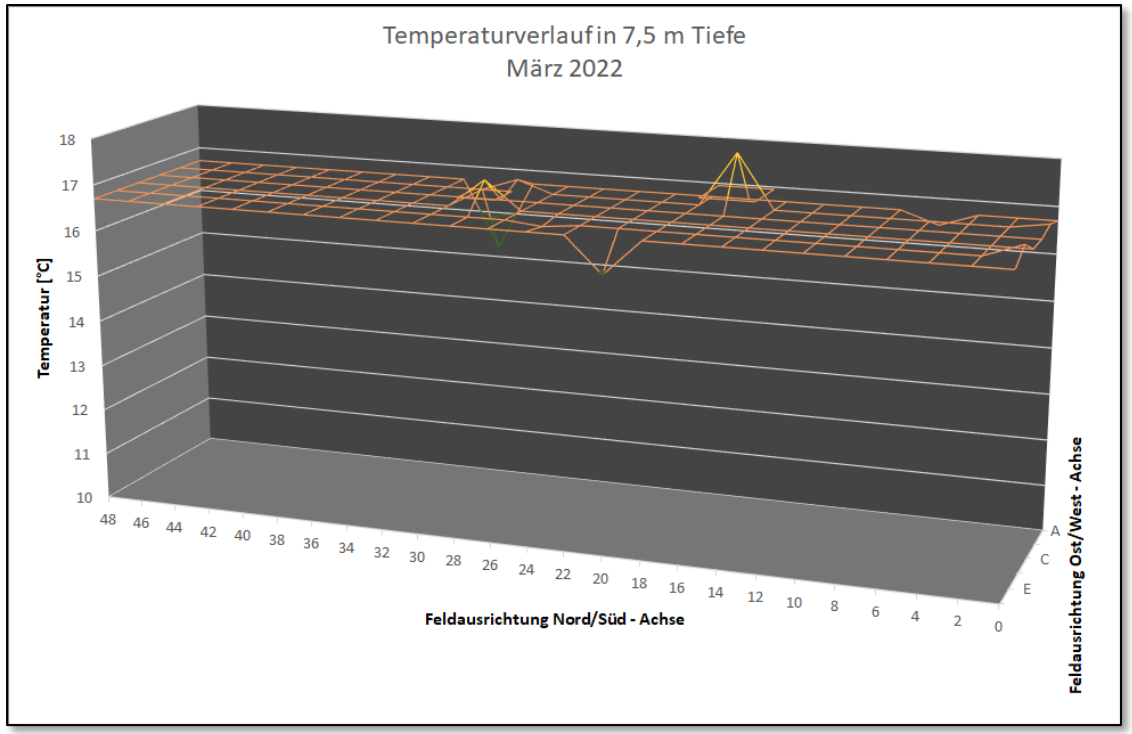
Verlauf des Wärmeentzugs bzw. der Wärmeeinspeisung ins Erdreich der Halle 18 im VW Werk Emden



VW AG Emden – Monitoring Temperaturverlauf im Erdreich

– Dauerhaft größerer Wärmeeintrag als -Entzug führt zu einer Erhöhung der Erdreichtemperatur

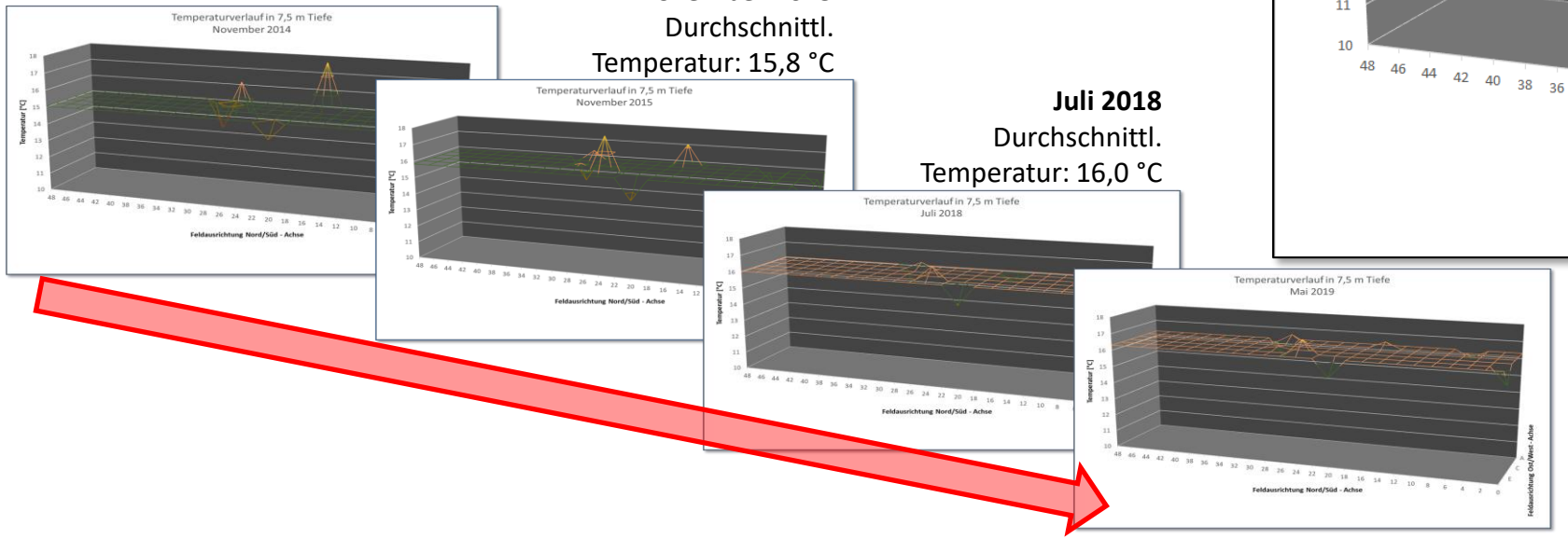
März 2022
Durchschnittl.
Temperatur: : 16,7 °C



November 2014
Durchschnittl. Temperatur: 15,0 °C

November 2015
Durchschnittl.
Temperatur: 15,8 °C

Juli 2018
Durchschnittl.
Temperatur: 16,0 °C

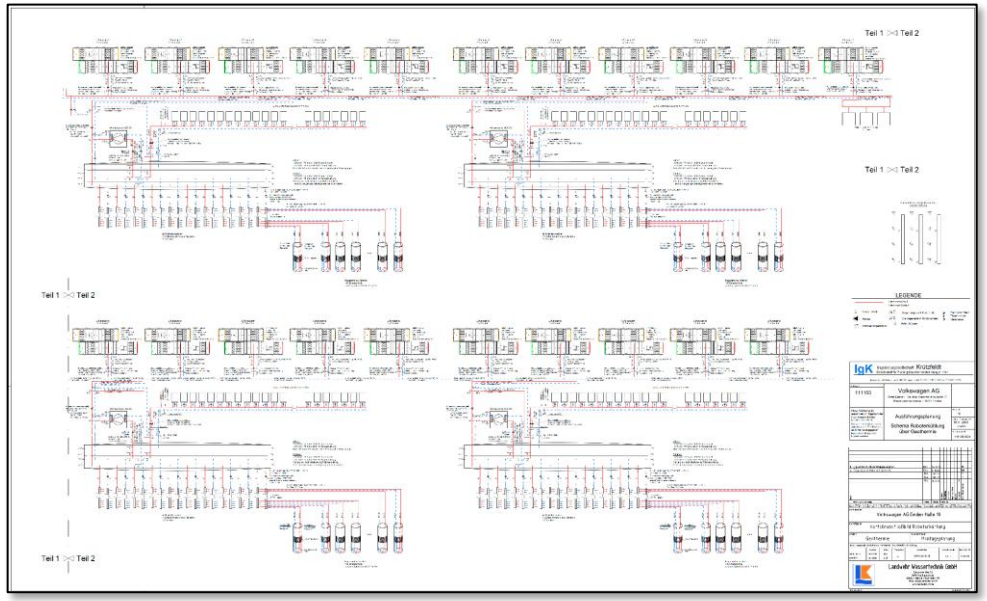


Mai 2019
Durchschnittl.
Temperatur: 16,3 °C

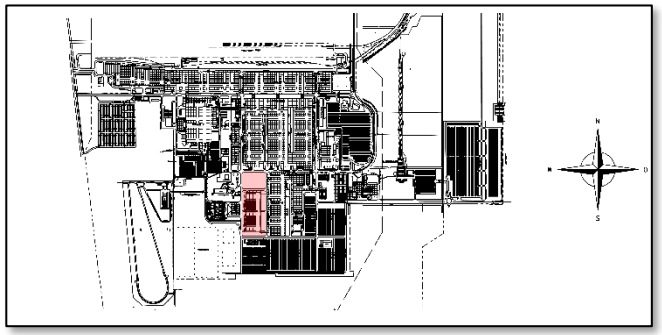
VW AG Emden - Abbildung des Gebäudes und der Anlagentechnik im Simulationsmodell

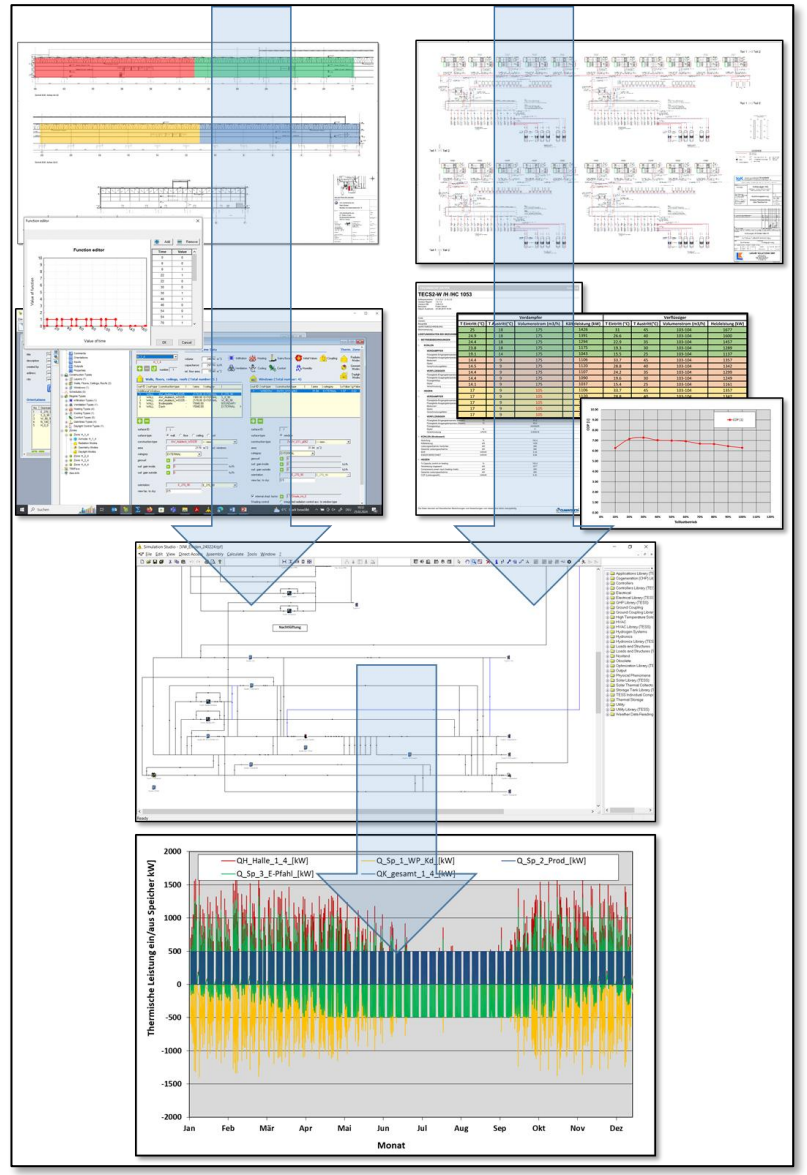
- Modellierung nach Planungsunterlagen mit Anpassung an die Ausführung
- Abbildung in 4 Zonen entsprechend der ursprünglichen Zuordnung der Wärmepumpeneinheiten
- Anpassung von internen Lasten und Randbedingungen in der Produktion

Anlagenschema Heizung/Kühlung für Halle 18 im VW Werk Emden



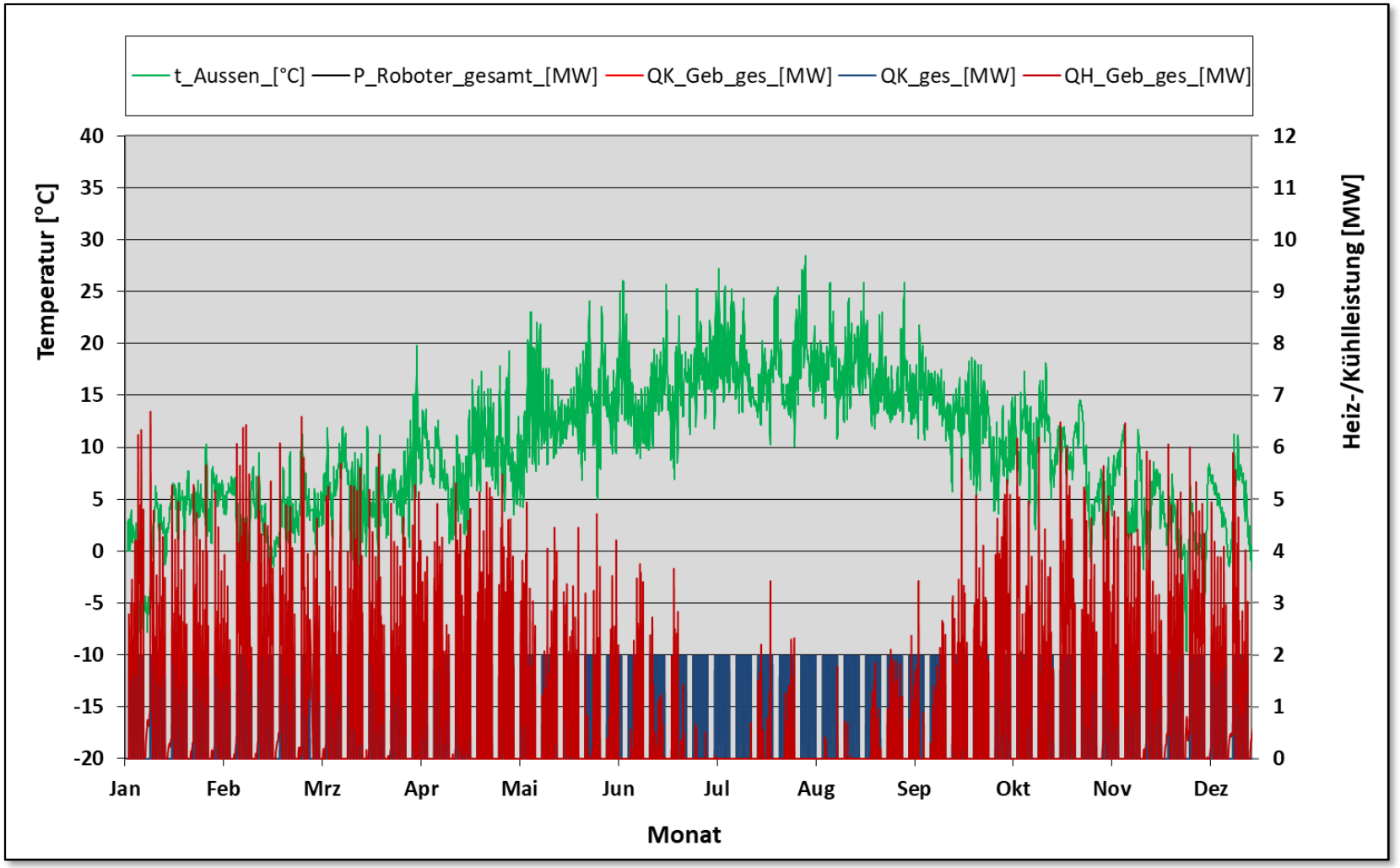
Lage der Halle 18 im VW Werk Emden





VW AG Emden – Simulationsergebnisse – Jahresverlauf des Kälte- und Wärmebedarfs

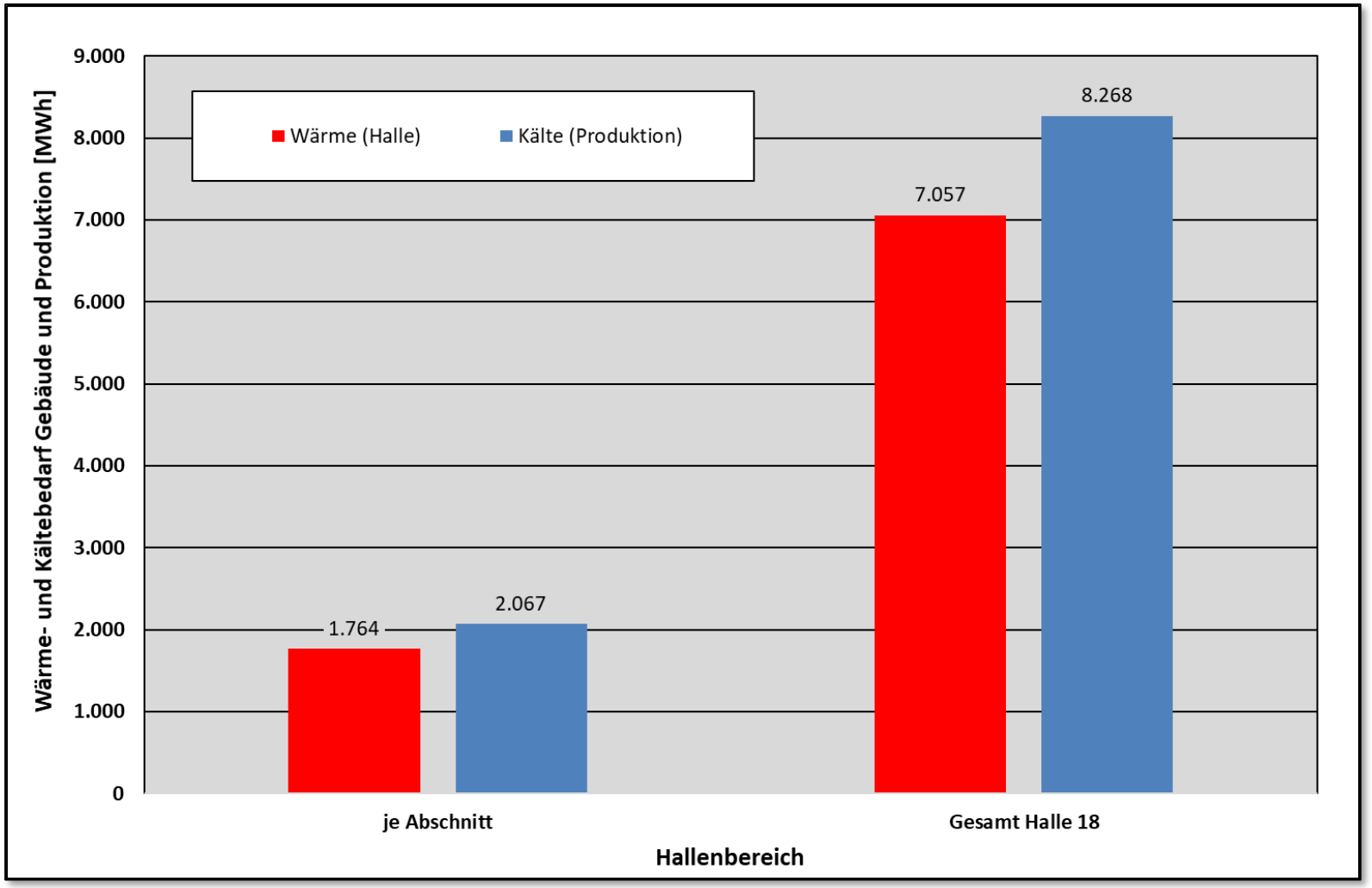
- konstanter Betrieb der Schweißroboter mit entsprechendem Kältebedarf
- außentemperaturabhängiger Wärmebedarf zur Beheizung des Gebäudes



Verlauf des Wärme- und Kältebedarfs der Halle 18 im VW Werk Emden

VW AG Emden – Simulationsergebnisse – Jahresverlauf des Kälte- und Wärmebedarfs

Wärmeüberschuss in der Halle 18

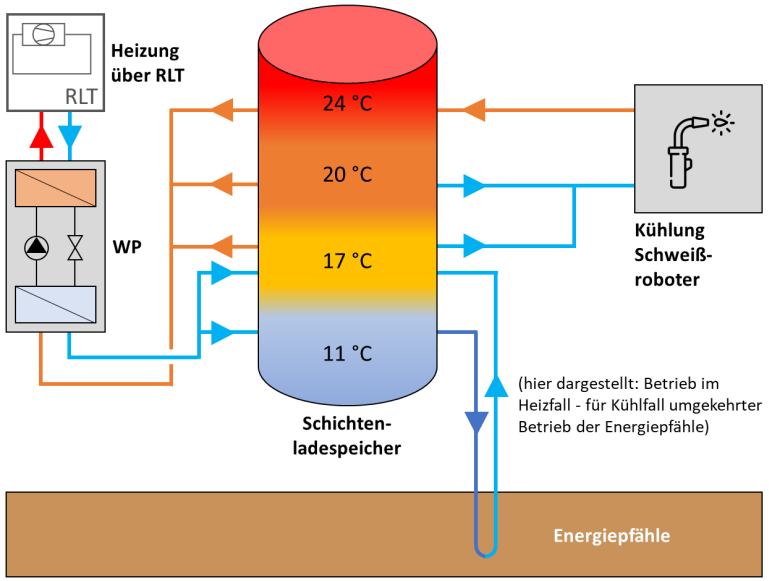


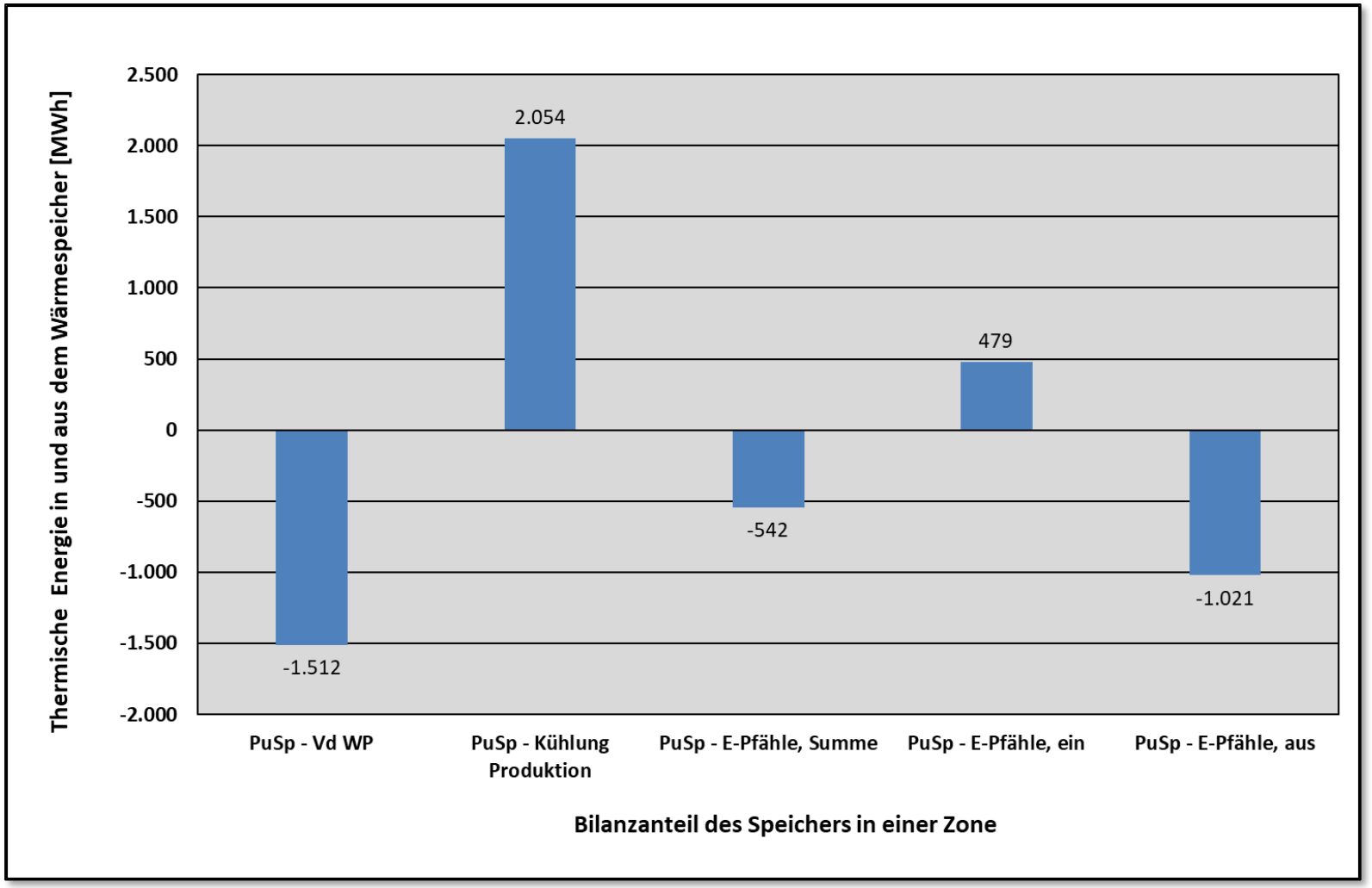
Gesamtbilanz der Wärme- und Kältebedarfs, je Abschnitt sowie für die gesamte Halle 18

VW AG Emden – Simulationsergebnisse – Jahresverlauf des Kälte- und Wärmebedarfs

Wärmeüberschuss in der Halle 18

Mit der sich so bilanziell ergebenden Überwärmung des Erdreichs ergibt sich eine Zunahme der Temperatur im Erdreich, die hier zu einem Wert von $\Delta\theta_{Erdreich}$ = 0,23 K im Betrachtungszeitraum eines Jahres führt.



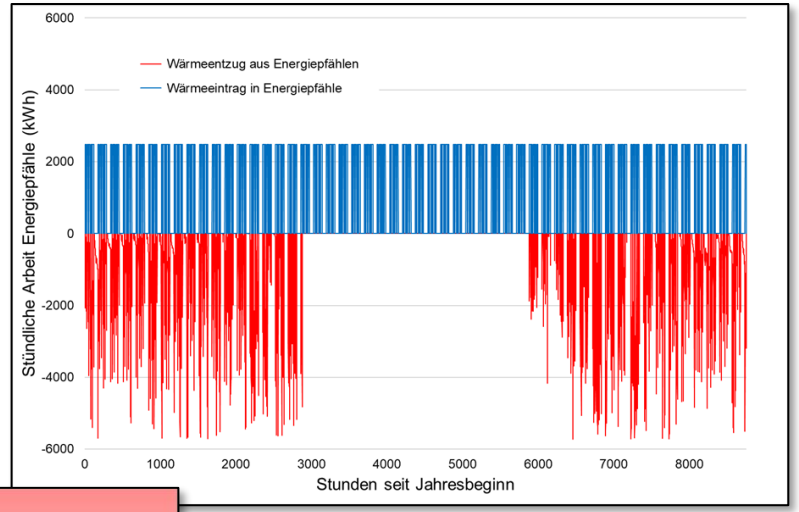


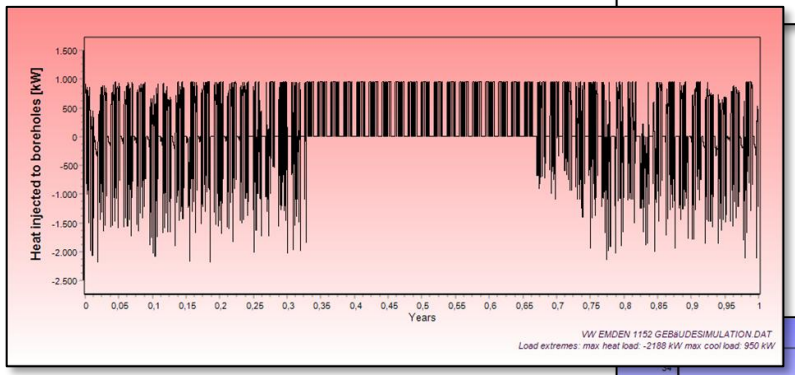
VW AG Emden – Erdreichsimulation

Simulation des geothermischen Feldes mit angepassten Parametern durch den Projekpartner UBeG Dr. Mands & Sauer GbR

- Die Energiemenge, die im Sommer aus dem Kühlsystem in den Untergrund eingespeist werden soll, soll im Winter zur Deckung der Heizlast wieder entnommen werden
- Berechnung auf Basis der Messwerte von 2017 (1.500 MWh jährlicher Wärmeüberschuss)
- Die Einhaltung der Untergrundtemperaturen zwischen den zulässigen Grenzen von 0 °C und 20 °C soll nachgewiesen werden
- Ausgehend von den Lastdaten aus der Gebäudesimulation wurde ein Szenario gesucht, bei dem die Temperaturen auch langfristig im Bereich von maximal 20 °C bleiben
- Dazu müssen die Kühllasten entsprechend begrenzt werden. Nach einigen Versuchen zeigte sich, dass bei einer Begrenzung des Wärmeeintrags auf maximal 1500 kW ein langfristiger Betrieb möglich wäre

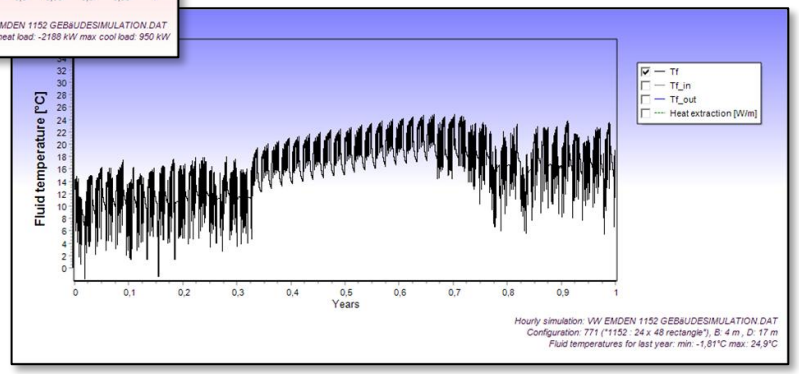
Lastdaten aus dem Gebäudemodell – erhöhte Wärmeeinspeisung



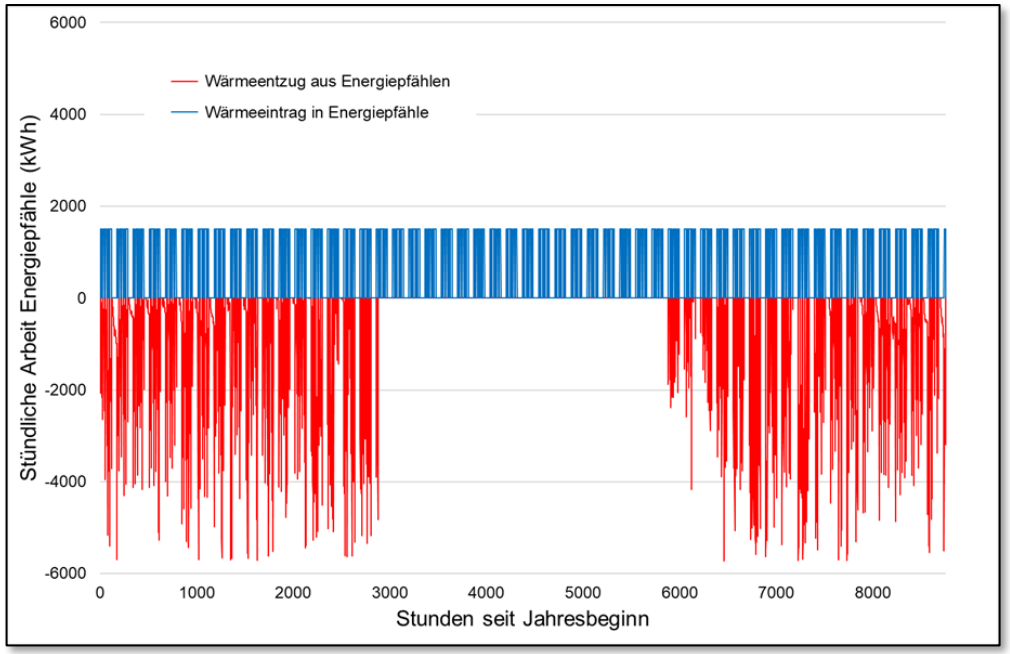


Umrechnung der Last auf die in EED abgebildete Feldgröße mit 1152 Pfählen in Anordnung 24 x 48

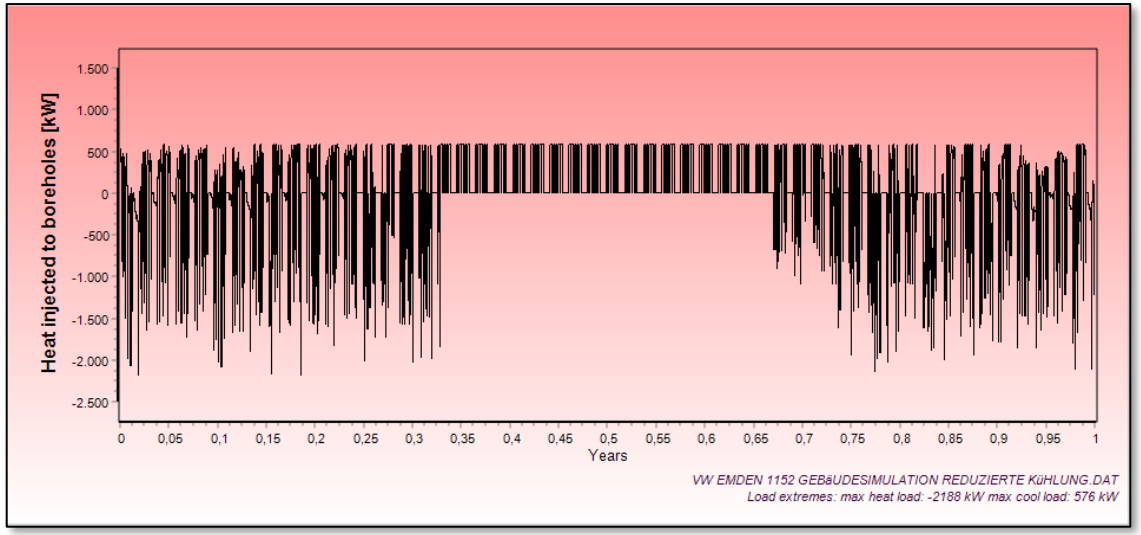
Temperaturen im ersten Jahr – Kühlbetrieb 25°C



VW AG Emden – Erdreichsimulation mit reduziertem Wärmeeintrag

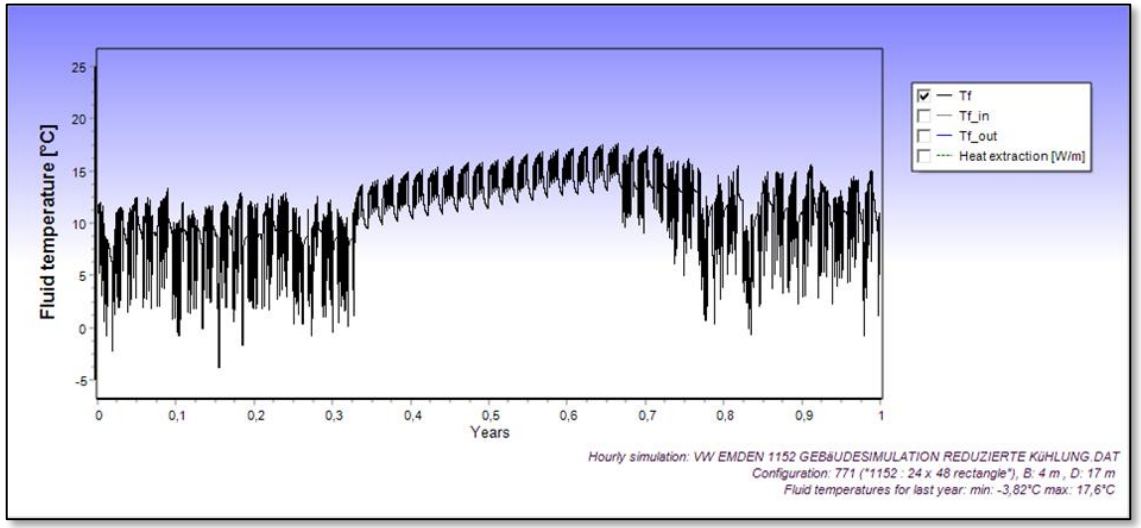


Stündlicher Wärmeentzug bzw. -eintrag an den Energiepfählen mit reduzierter Kühlleistung, berechnet auf 1152 Pfähle (24x48), Eingabedaten EED

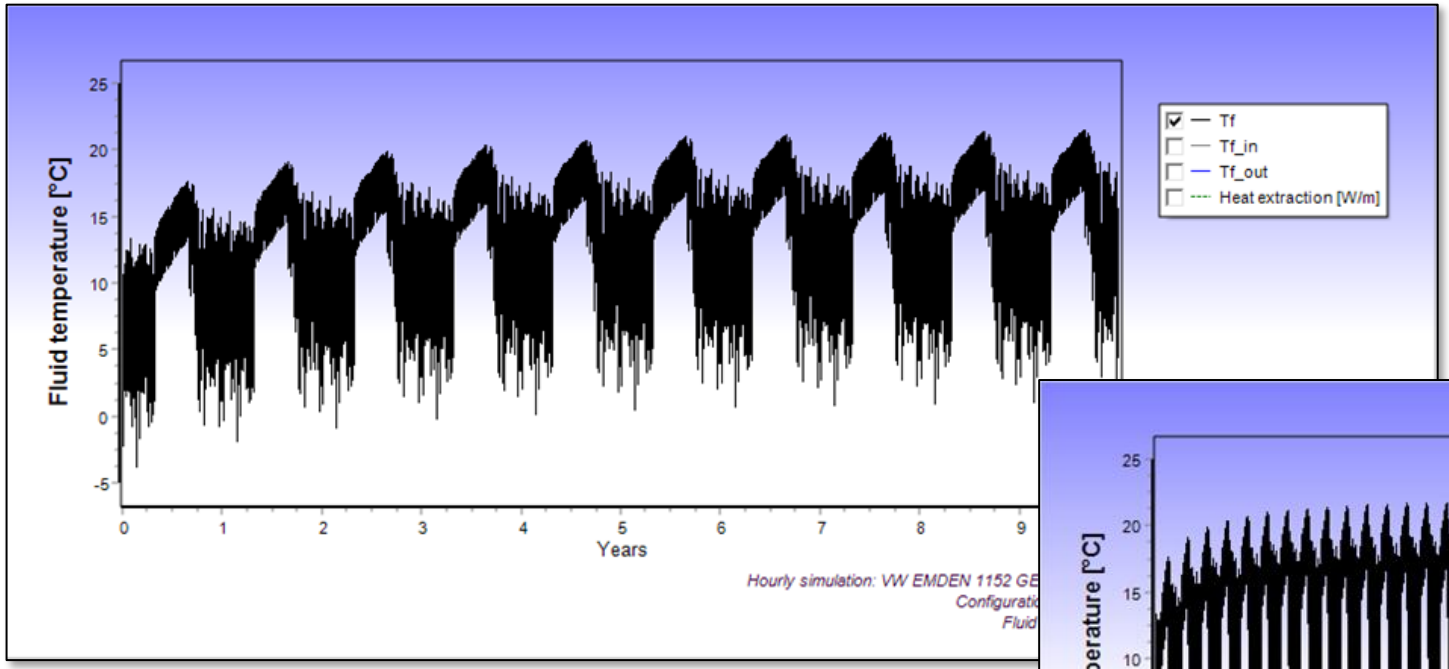


Stündlicher Wärmeentzug bzw. -eintrag an den Energiepfählen über ein Jahr, mit Wärmeeintrag auf max. 1500 kW reduziert

Temperaturentwicklung mit stündlichen Eingabedaten im ersten Betriebsjahr, reduzierte Kühlleistung – maximale Temperatur im Kühlbetrieb ca. 18°C

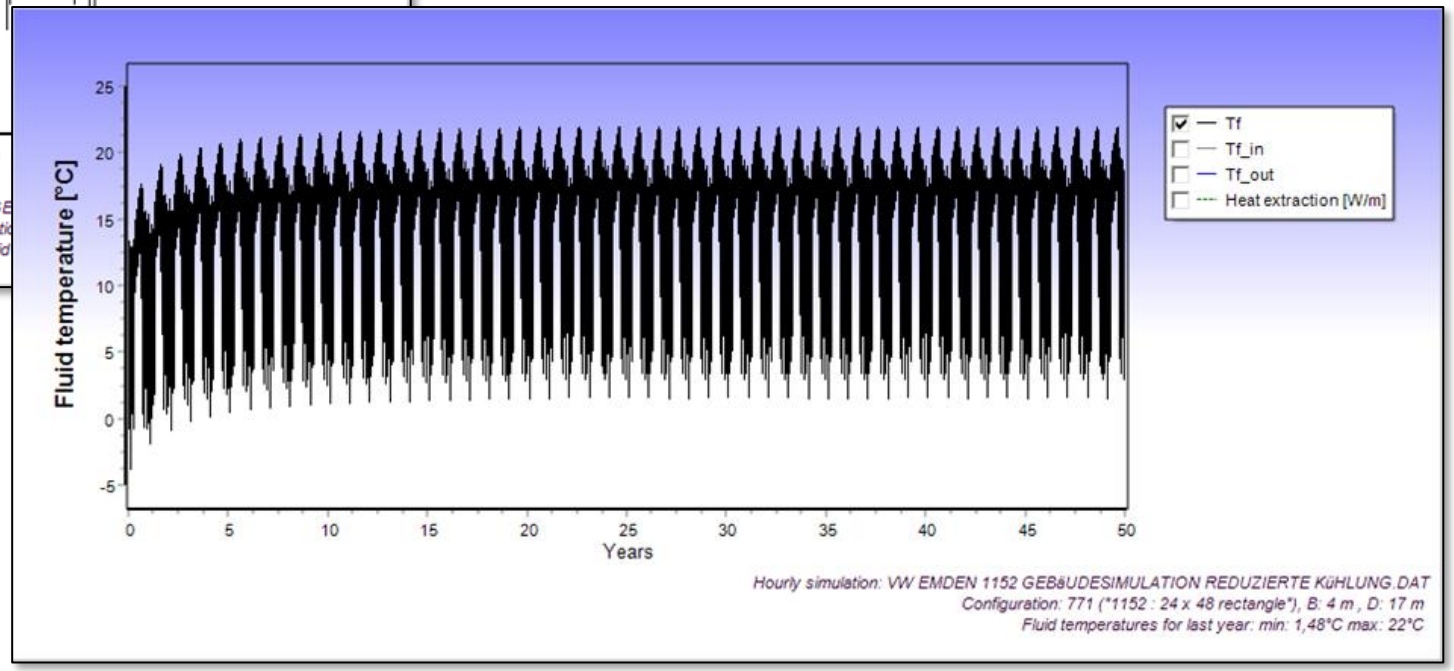


VW AG Emden – Erdreichsimulation mit reduziertem Wärmeeintrag – Ergebnis für 10 und 50 Betriebsjahre



Temperaturentwicklung mit stündlichen Eingabedaten über 10 Betriebsjahre, reduzierte Kühlleistung

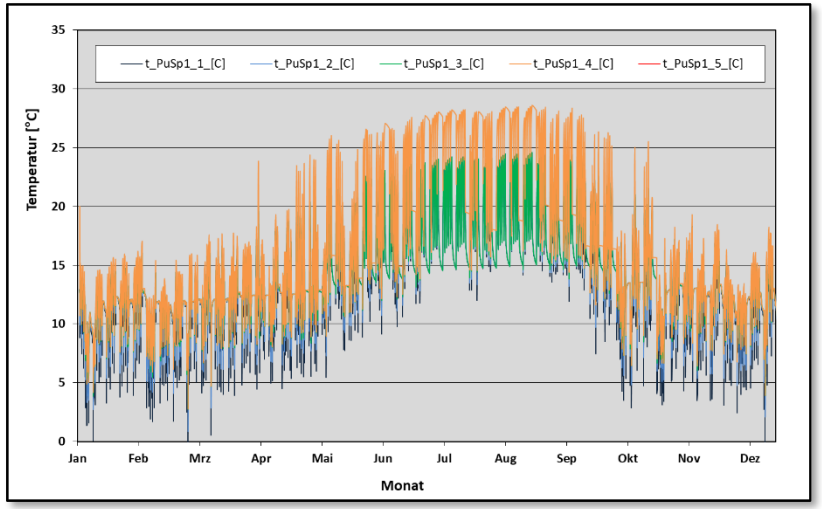
Temperaturentwicklung mit stündlichen Eingabedaten über 50 Betriebsjahre, reduzierte Kühlleistung

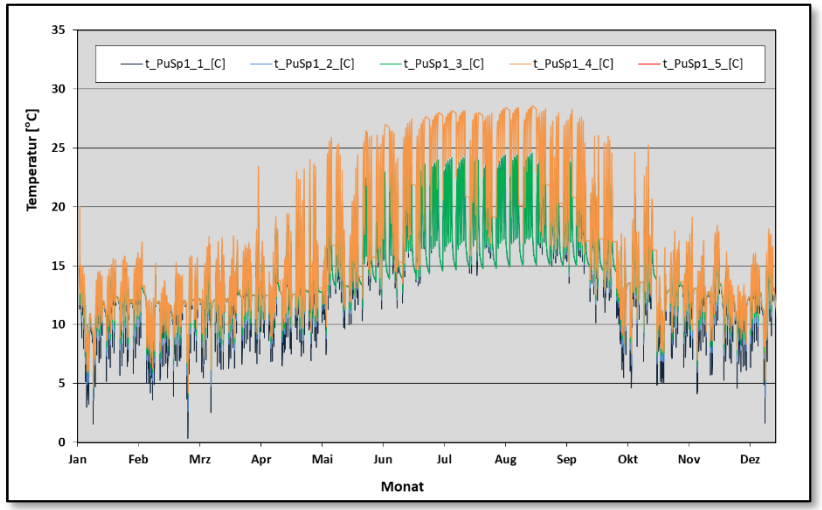


VW AG Emden – Simulationsergebnisse – Speichervariationen

- Umgesetztes Volumen/Leistungs-Verhältnis von unter 5 l/kW (1.677 kW WP / 7,5 m³ Volumen)
- erscheint sehr gering, zeigt sich aber in der Praxis als taugliche Größe in Kombination mit einer funktionierenden Schichtenladeeinrichtung
- Variationen von bis zu 35 l/kW Speichervolumen haben keine signifikante Veränderung von Temperaturverlauf und Speicherbilanz ergeben *(siehe Bilder rechts – oben: 5 l/kW, unten: 35 l/kW)*
- Speicher übernimmt damit im System lediglich die Funktion einer hydraulischen Weiche und einer temperaturgeführten Verteileinrichtung der ein- und austretenden Wärmeströme
- **im Gegensatz zur Erhöhung der Speichergröße hat sich im Betrieb die Notwendigkeit der Integration einer Schnittstelle am Speicher zur Auskopplung überschüssiger Wärme aus der Produktion in das Verteilnetz am Standort ergeben**
- **ermöglicht über Anhebung des Temperaturniveaus über die Wärmepumpe die Nutzbarmachung von überschüssiger Produktionsabwärme für andere Bereichen des Standortes**
- **Anhebung des Temperaturniveaus im Erdreich sowie in der Rückspeisung von Kühlwasser in die Produktion kann wirksam vermieden werden**

➢ **wesentlicher identifizierter Verbesserungspunkt im Bereich der Wärmeversorgung an diesem Standort und zur Optimierung der Nutzung des trägen Speichersystems**





Quervergleich der Konzeptansätze flinker und träger Speichersysteme

geothermische Anlagen als träge Speichersysteme	herkömmliche Pufferspeicher als flinke Speichersysteme
geringes Temperaturniveau ➢ Option des „direct-cooling“-Betriebes ➢ bei Benötigung von höheren Temperaturniveaus ist die Einbindung von Wärmepumpen notwendig	höheres Temperaturniveau ➢ keine Option des „direct-cooling“-Betriebes ➢ höhere Temperaturniveaus ohne Einbindung von Wärmepumpen direkt nutzbar
großes Volumen benötigt, jedoch „nur“ unterirdisch	oberirdischer Platzbedarf im Gebäude bzw. auf dem Gelände der Liegenschaft
Option der saisonalen thermischen Energiespeicherung/Wärmeverschiebung ➢ Reduzierung der Energiekennwerte	nur kurzzeitige Speicherung
Notwendigkeit der Kombination mit einem „flinken“ Speicher als Bindeglied zwischen den auftretenden Wärmeströmen	eigenständiges Speichersystem
Grundlastfähigkeit bei großen umzusetzenden Wärmemengen	

→ **Im direkten Vergleich stellt das träge Speichersystem insbesondere für Gewerbe- oder Produktionsgebäude das geeignetere Speichersystem dar.**

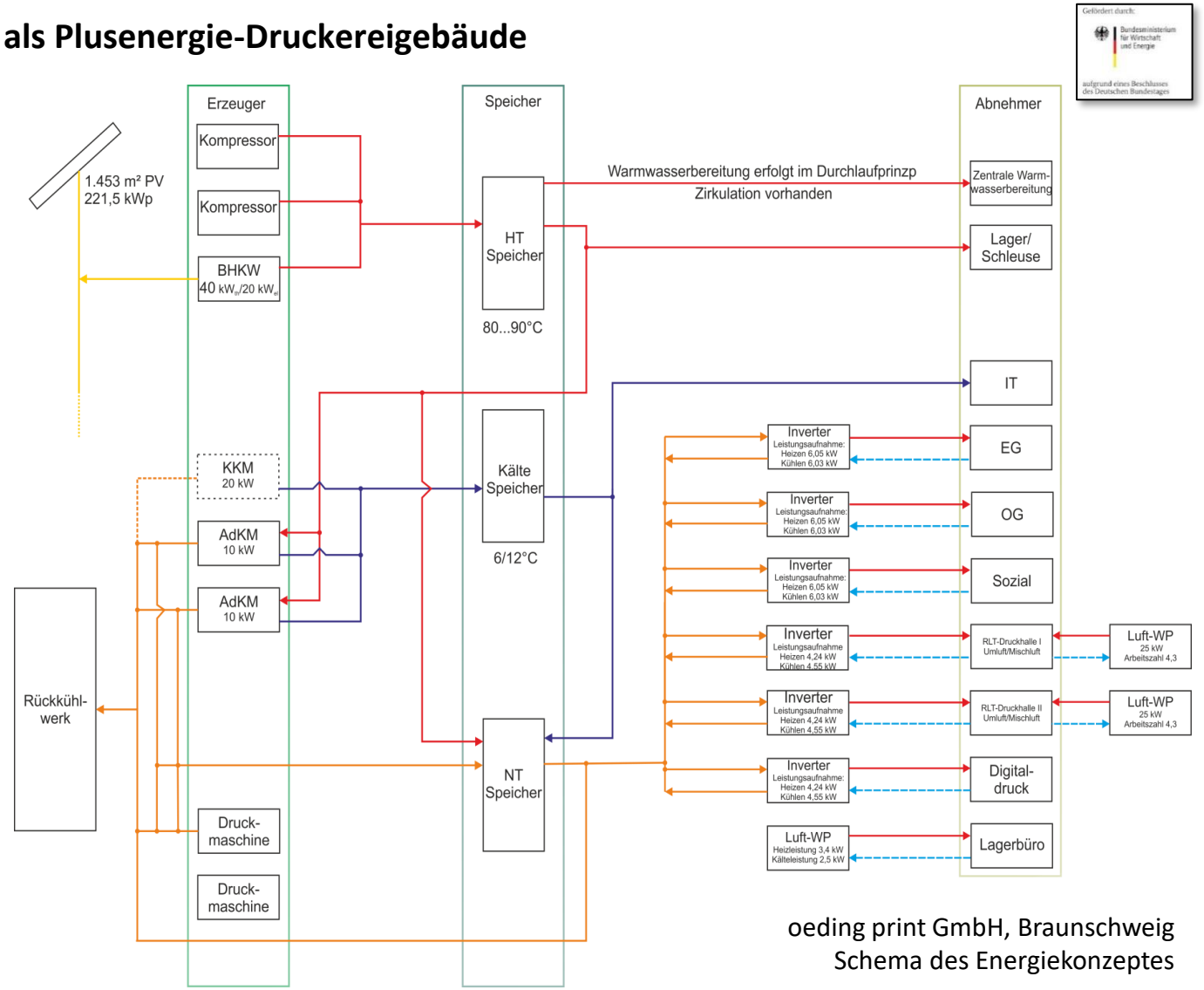
Projektbeispiel

Plusenergie Druckereigebäude mit simulationsunterstützt entwickeltem Energiekonzept und nachgeschaltetem Monitoring

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

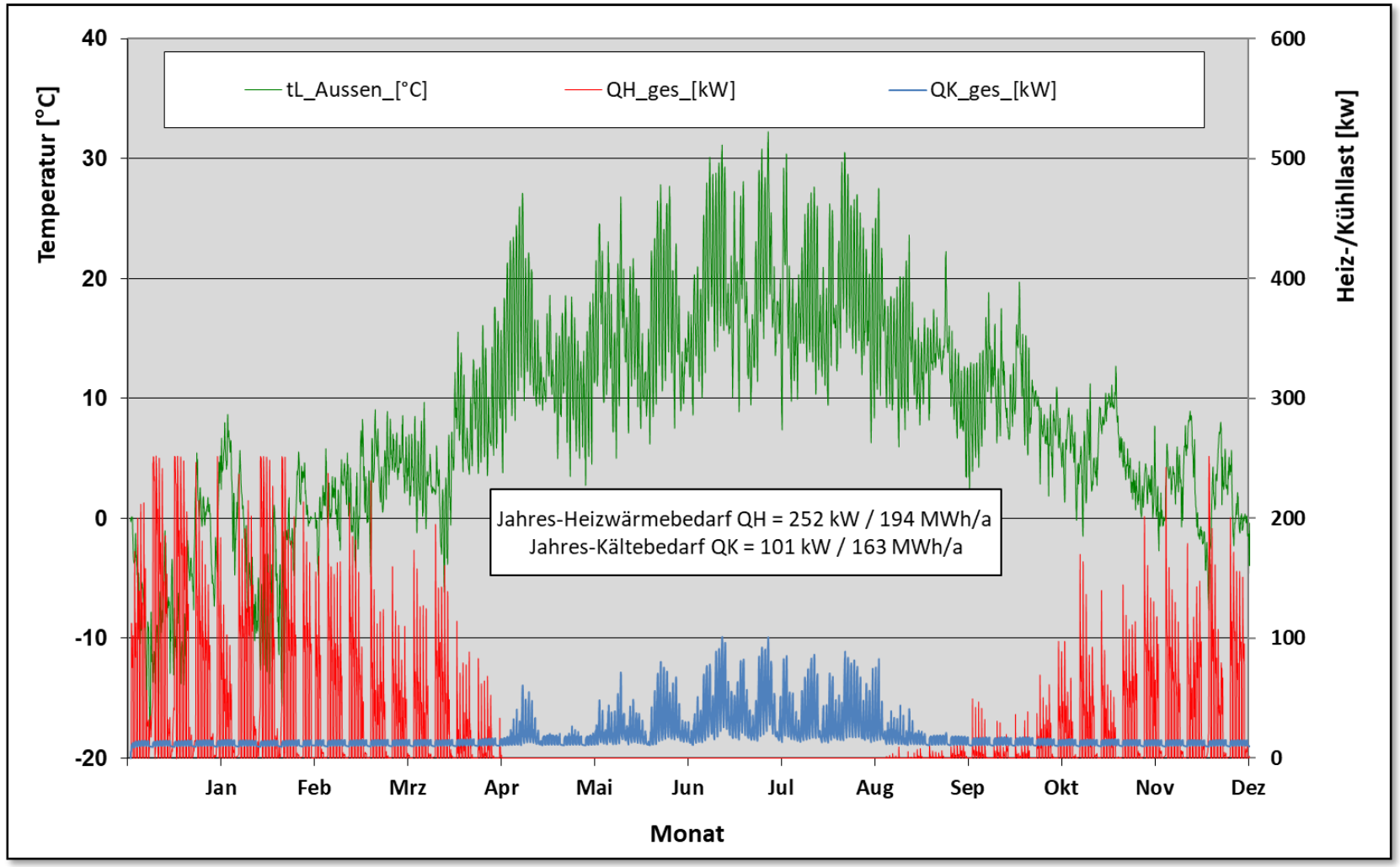
- Optimierung von Produktionsprozessen
- Einsatz effizienter Technik in Energieversorgung und Produktion
- Energie- bzw. Wärmerückgewinnung
- Nutzung regenerativer Energieträger
- Integration von Energiemanagement-systemen, Online-Betriebs- und Prozessmonitoring

Oeding print Gmbh, Braunschweig
Nullemissionsdruckerei im Plusenergie-Gebäude



oeding print GmbH, Braunschweig
Schema des Energiekonzeptes

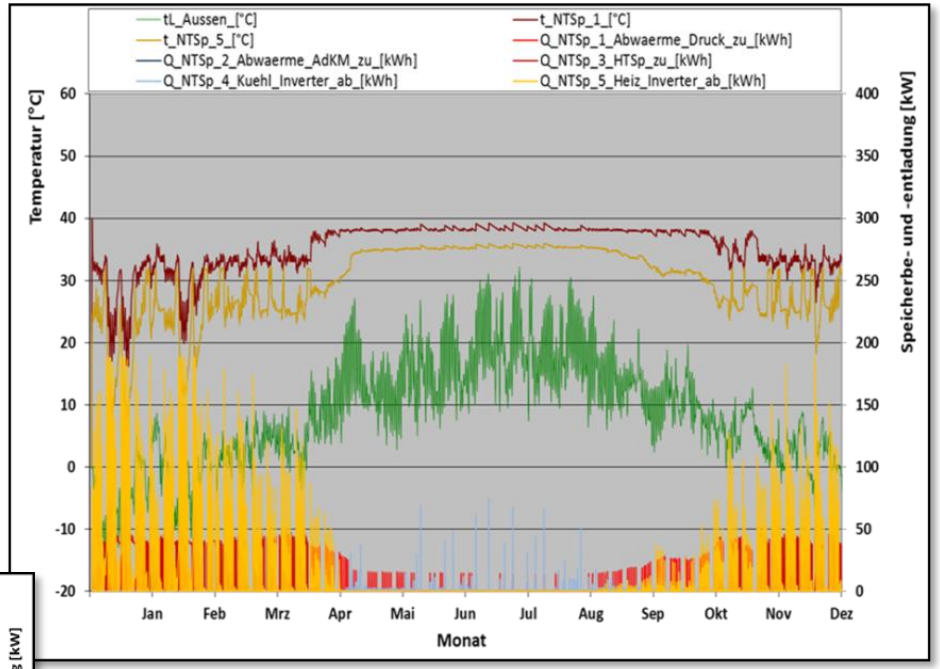
oeding Braunschweig – Simulationsergebnisse – Lastgang Wärme und Kälte

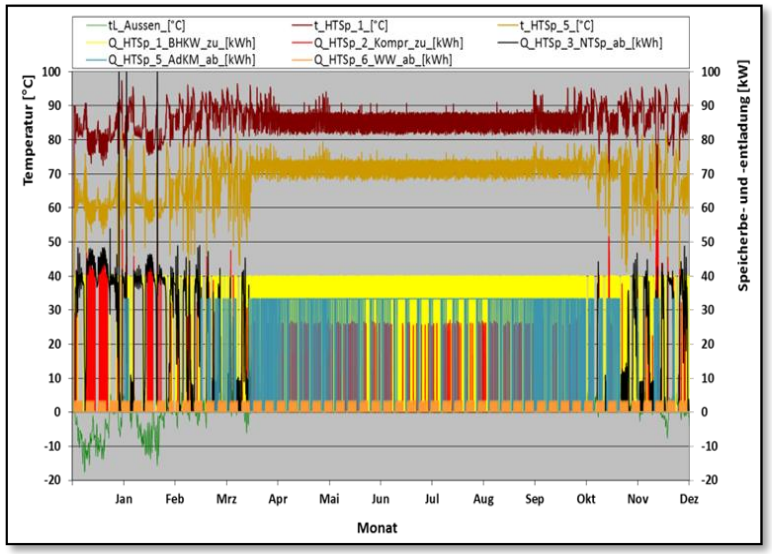


Simulationsergebnisse

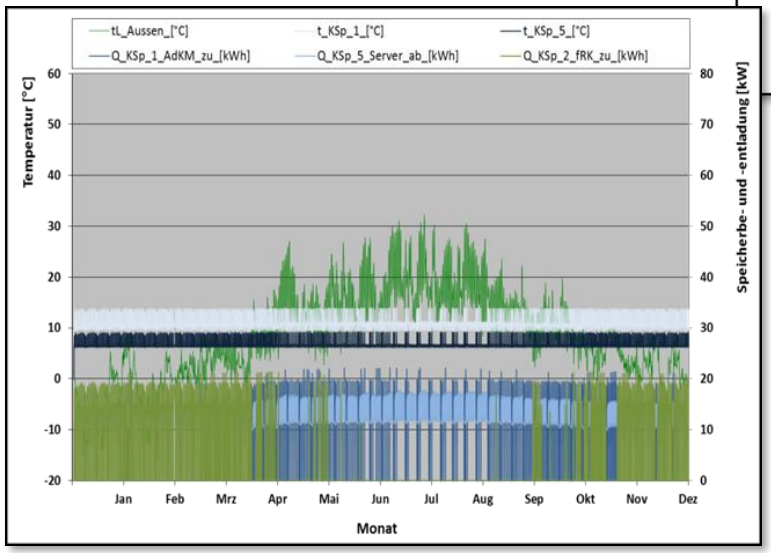
- die notwendigen Speichergrößen werden über die Simulation von Gebäude- und Anlagenbetrieb ermittelt
- die Randbedingungen basieren auf Betriebsprognosen und Messungen im Bestand
- die Kühlung des NT-Speichers über die Rückkühler ist notwendig, um die Temperatur von max. 40°C nicht zu überschreiten

NT-Speicher





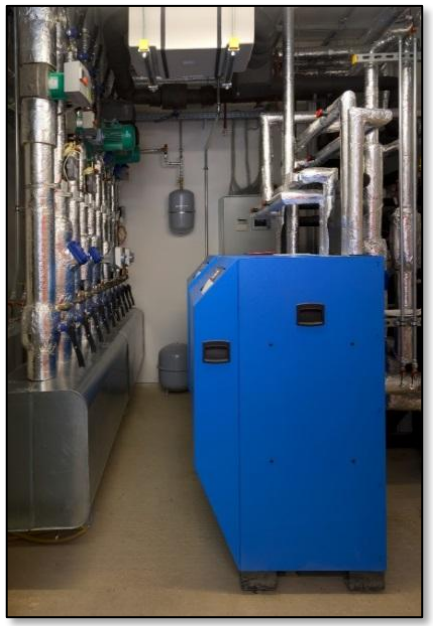
HT-Speicher



Kälte-Speicher

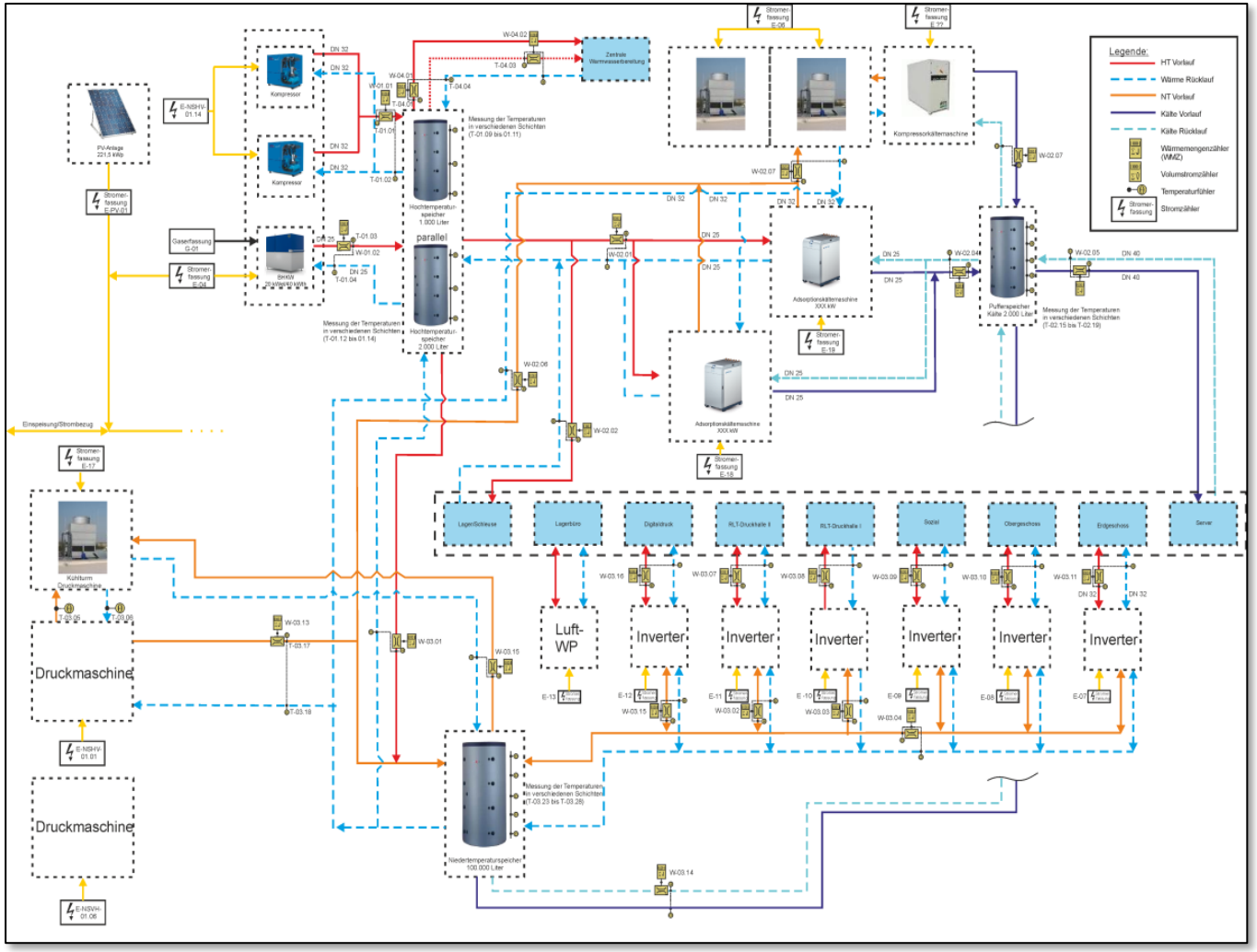
Plusenergie-Druckereigebäude Oeding print GmbH – Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung sowie Speicherung

- BHKW mit 20 kW_{el}/40 $kW_{therm.}$
- 2 AdKM mit jeweils 10 kW
- Integration der Abwärme der Drucklufterzeugung
- Temperierung der Räume mittels VRF- System
- Insgesamt wurden 1.453 m² PV-Module mit einer Leistung von 221,5 kWp installiert
- HT- (2 m³) u. NT- (100 m³) sowie Kältespeicher (2 m³)



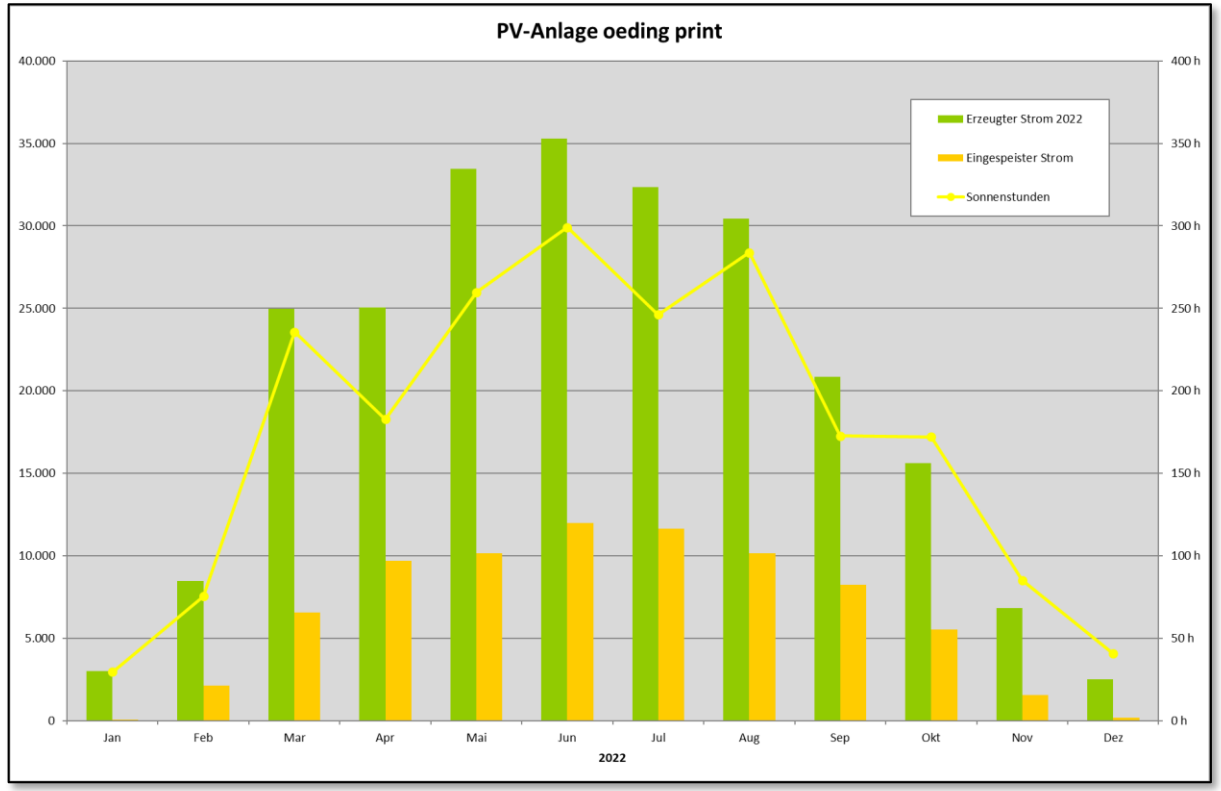
Umsetzung des Monitorings

- Konfiguration und Einbau der Messtechnik
- Einfahren der Messanlage
- Identifikation von Optimierungspotentialen
- Betriebsoptimierung, Überprüfung der Sollvorgaben aus der Simulation
- 2-Jahres-Betriebsmonitoring
- Überführung in ein „Low-Level“-Monitoring



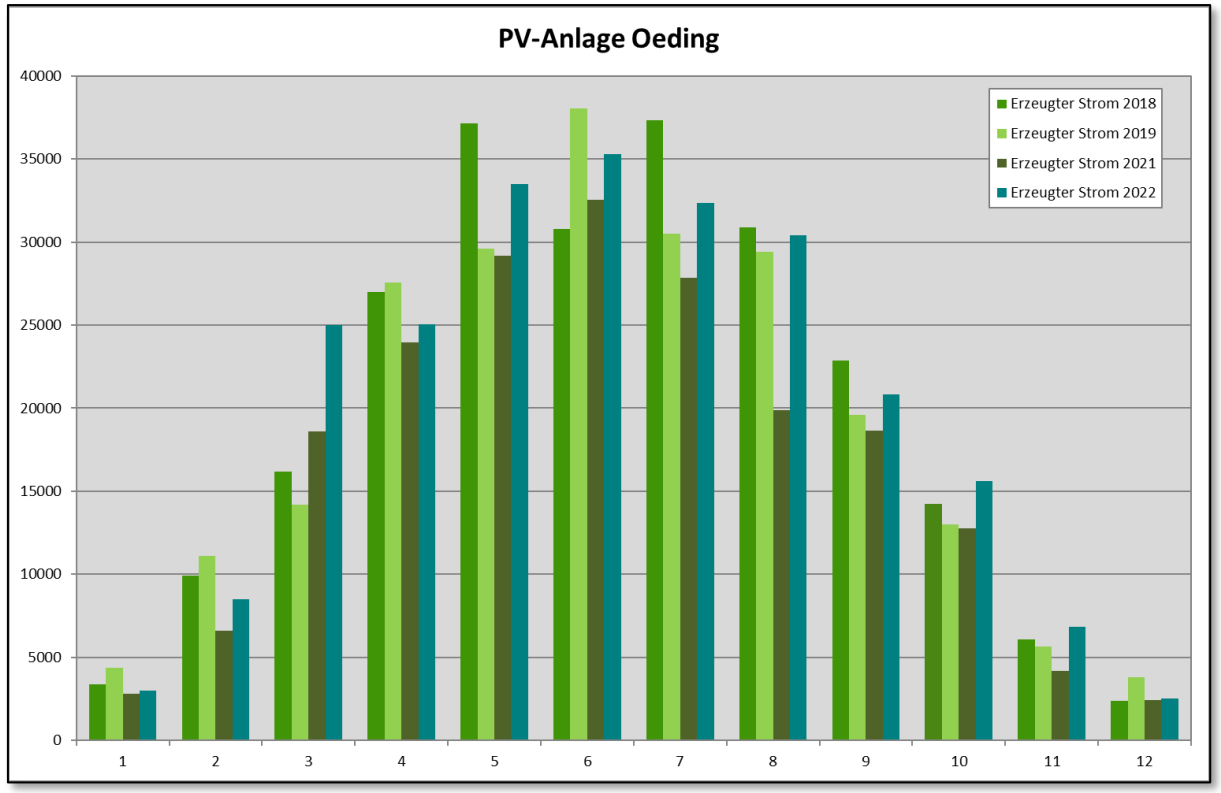
Messkonzept

Messwerte PV-Anlage 2022

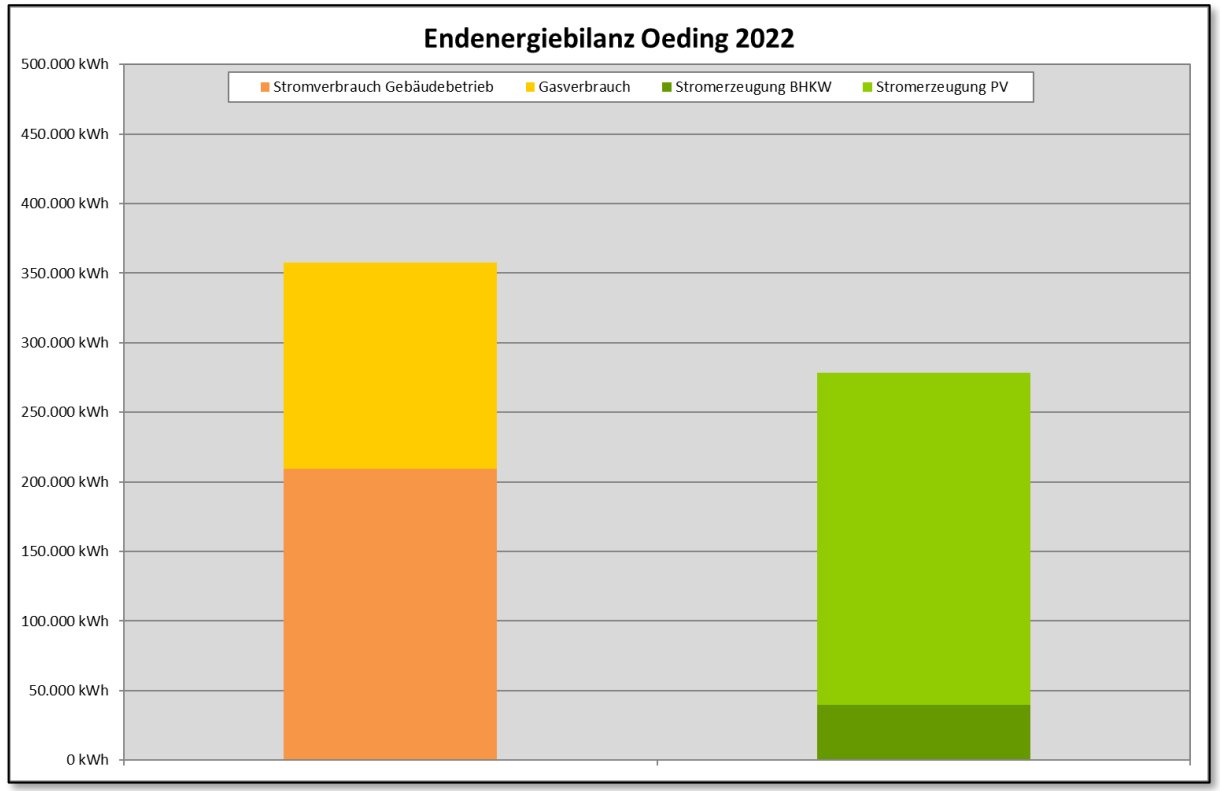


- von der PV- Anlage wurde über das ganze Jahr kontinuierlich Strom geliefert
- ein Großteil des erzeugten Stroms wird direkt vor Ort genutzt.

- der Anteil der durch die PV – Anlage erzeugte Strom fällt in den Jahren 2018 bis 2022 witterungsbedingt unterschiedlich aus
- die erzeugte Strommenge schwankt zwischen 199.281 kWh/a und 238.843 kWh/a.



Endenergie- und Primärenergiebilanz 2022

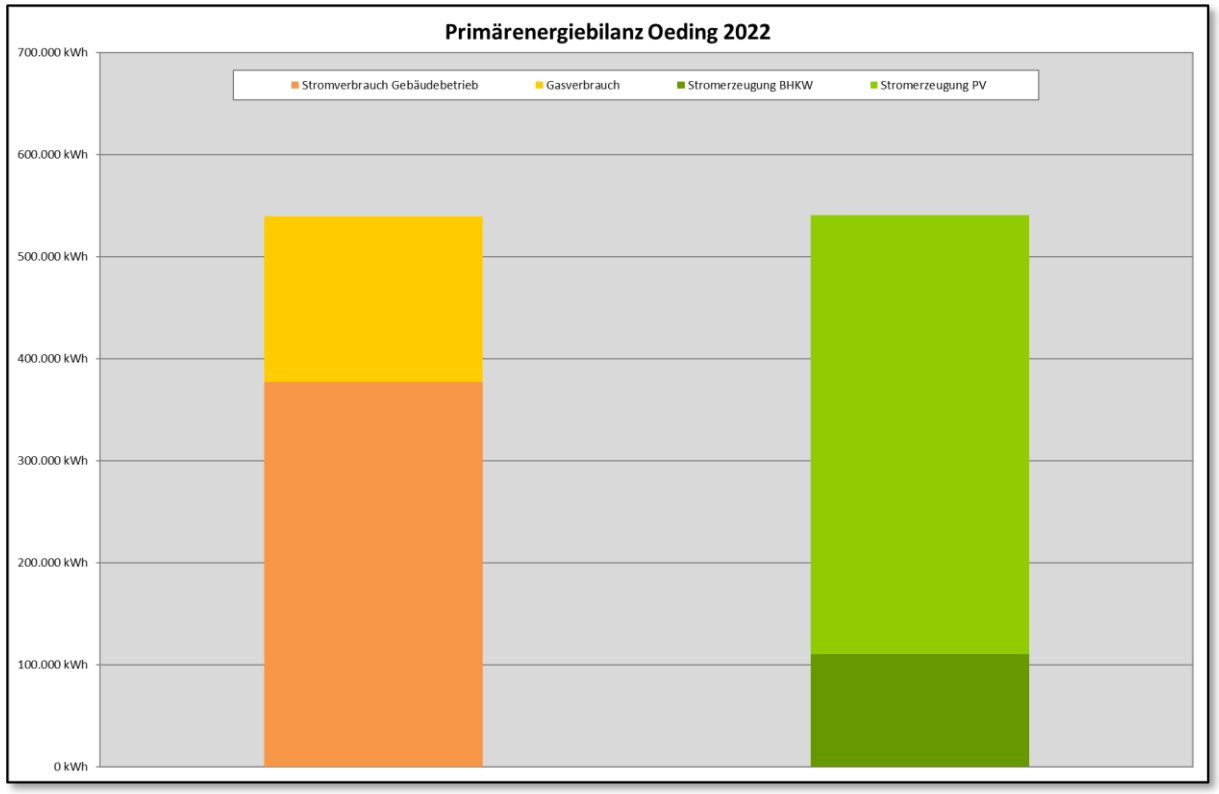


- für den Stromverbrauch wurde der Verbrauch für den Gebäudebetrieb anhand der Stromzählerstände ermittelt
- der erzeugte Strom sowie das verbrauchte Erdgas wurde anhand von Abrechnungen berücksichtigt.

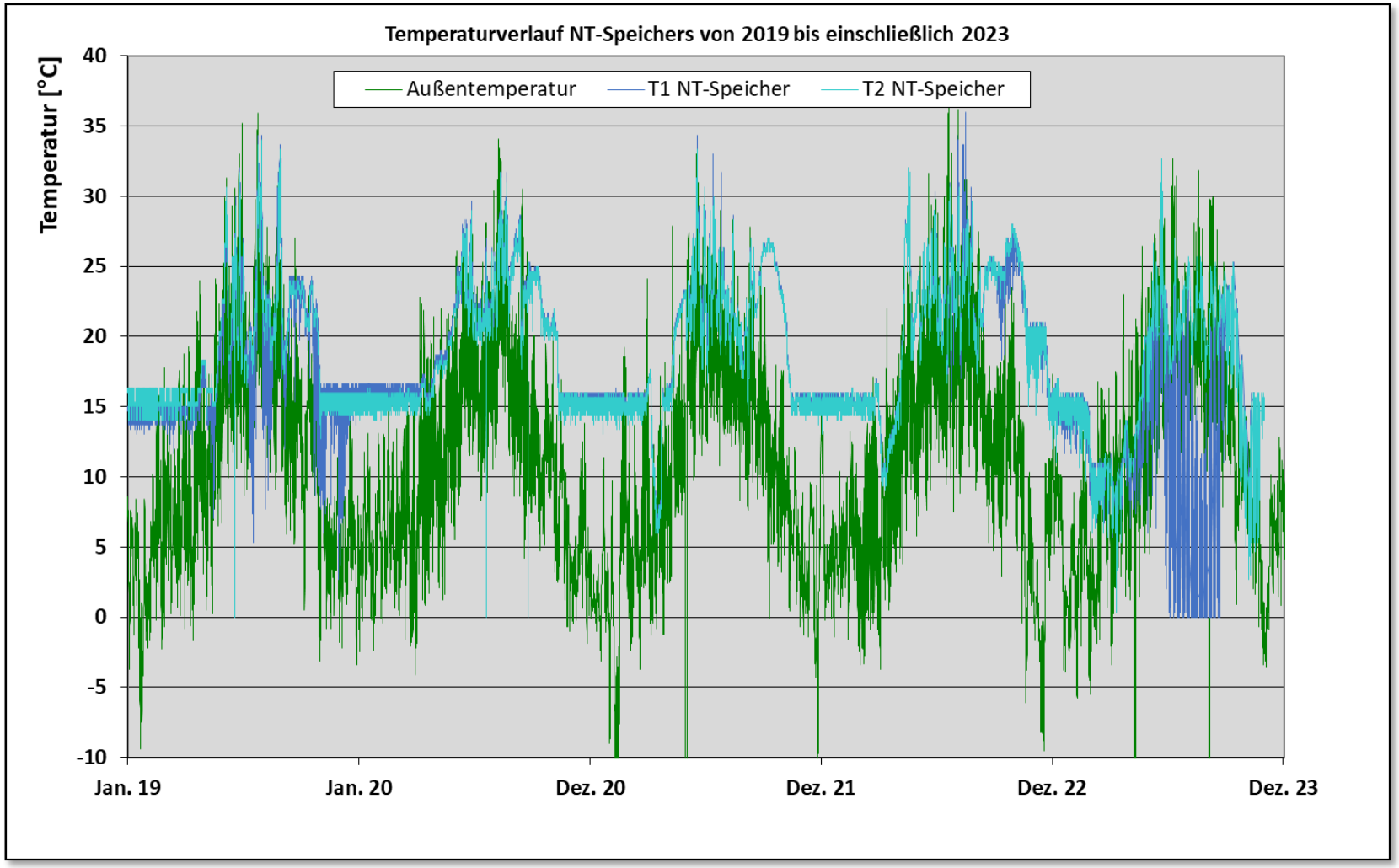
Angesetzte Primärenergiefaktoren:

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

- für das Jahr 2022 wurde knapp eine positive Primärenergiebilanz erreicht



oeding Braunschweig – Monitoring – Speichertemperaturen NT-Speicher



Ausblick

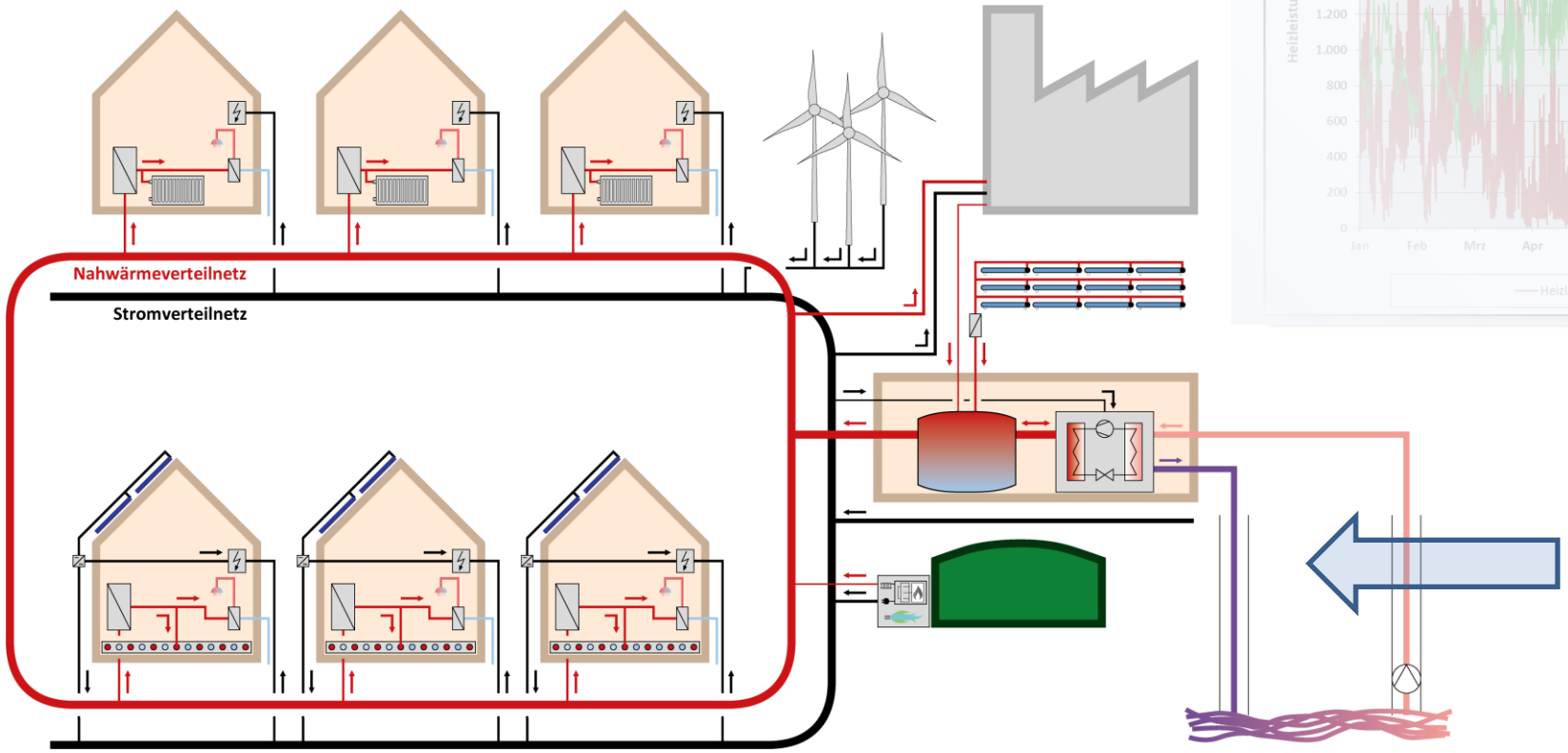
Integration von Produktionsstandorten in die Wärmeplanung

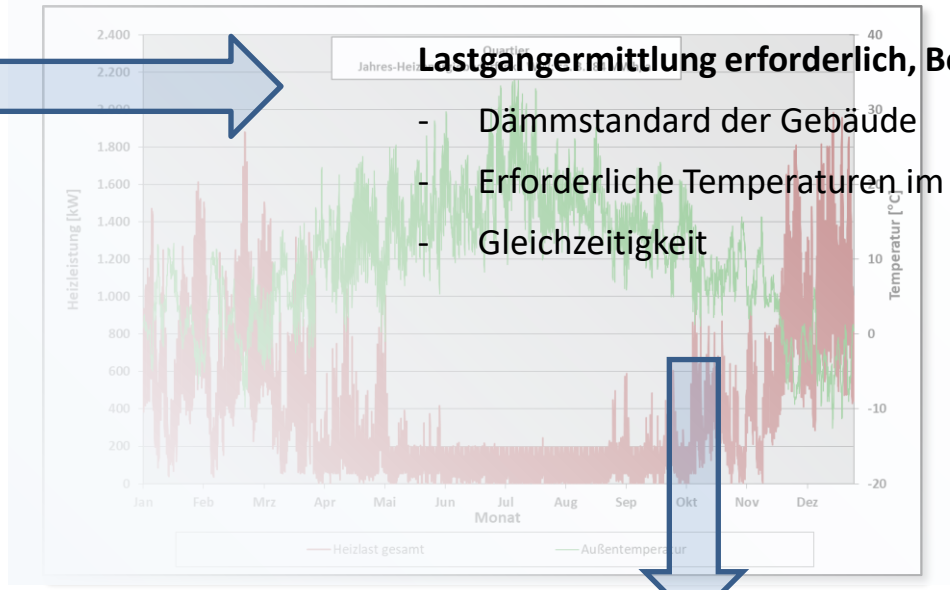
Wärmenetze im Quartiersbereich – Integration von Industrie und Gewerbe

- Industrie- und Gewerbe-Standorte mit hohem Energiebedarf stellen für zentrale Versorgungssysteme wichtige Quellen und Senken dar
- Integration von Großverbrauchern in die Wärmeplanung in Städten und Kommunen ist im Wärmeplanungsgesetz (WPG §7 Beteiligung) gefordert, in Potenzialanalysen für die Wärmeplanung ist die Bewertung der Verfügbarkeit von unvermeidbarer Abwärme verpflichtend (WPG § 16 Potenzialanalyse)
- Industrie- und Gewerbe-Standorte stellen mit dem Abwärme-Potenzial Ausgang für die Umsetzung kaskadierter Wärmeverteilsysteme im Quartier dar
- Entscheidend für die direkte Nutzung von erzeugter Wärme ist das erforderliche Temperaturniveau
- Das Abwärmepotenzial ist hinsichtlich standorteigener Verwertbarkeit Temperaturniveau und zeitlicher Verfügbarkeit zu bewerten

	31	minimales Wärmetemperaturniveau	°C				
	32	maximales Wärmetemperaturniveau	°C				
	33	zeitlicher Verlauf des Prozesswärmebedarfs	-	saisonal □	kontinuierlich □	schwankend □	Kommentar
	34	Abwärme verfügbar	-	ja	□	nein	□
			-	Quelle			
			°C	mittlere Temperatur			
			°C	maximale Temperatur			
			°C	minimale Temperatur			
			MWh/a	Wärmemenge			
			kW	mittlere Leistung			
			-	zeitliche Verfügbarkeit			
			-	ja, vollständig □	ja, teilweise □	nein, aber geplant □	nein □

Integration von verschiedenen Wärmequellen in die Quartiersversorgung - Projekt GeoTES





Lastgangermittlung erforderlich, Beachtung von

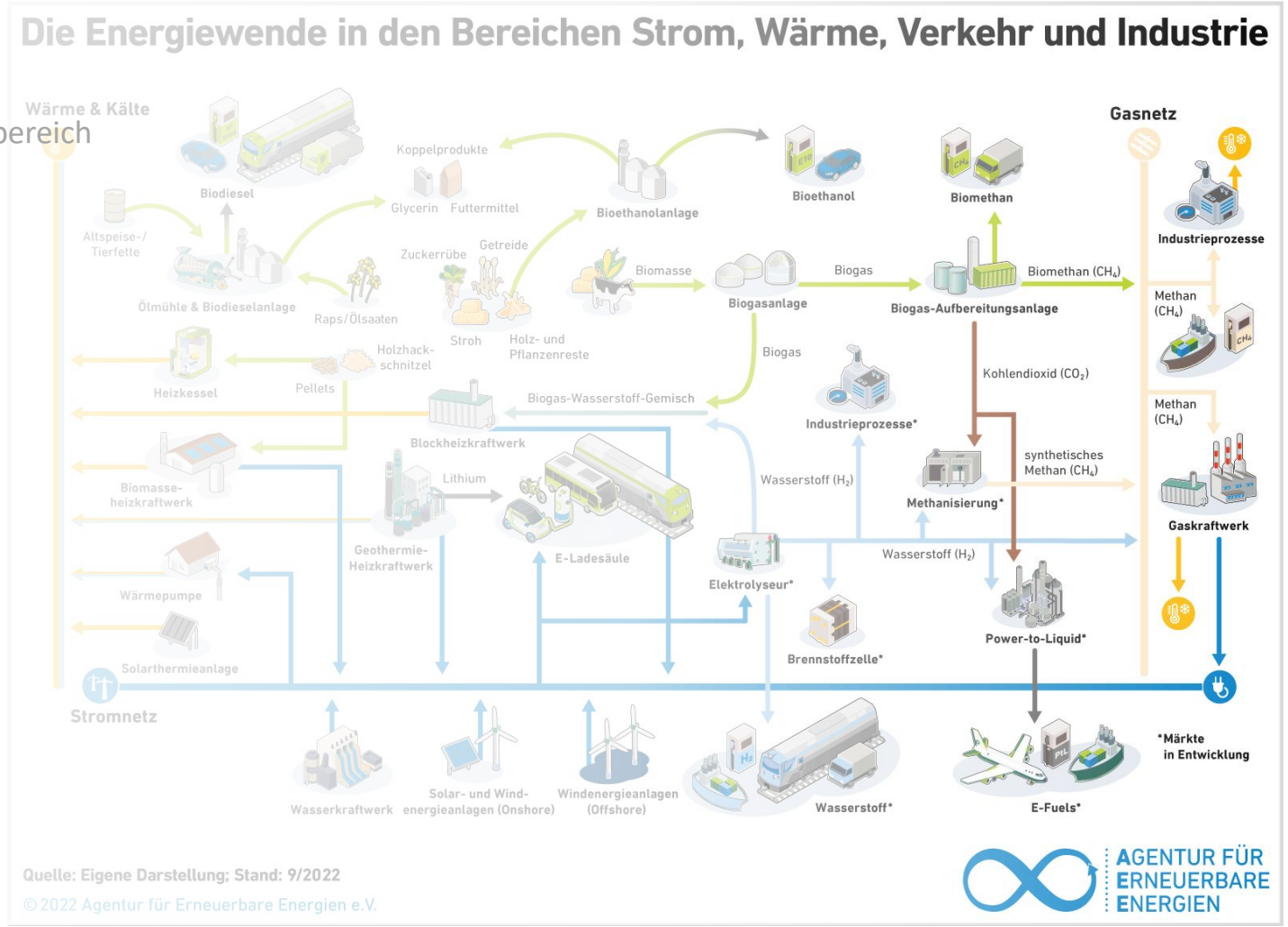
- Dämmstandard der Gebäude
- Erforderliche Temperaturen im Netz
- Gleichzeitigkeit

Systemauslegung

- Aufteilung Grundlast / Spitzenlast
- Integration weiterer regen. Energien sowie Abwärme aus Gewerbe und Industrie
- Ergänzung mit Speichern

Inhalt

- Energieverbrauch nach Sektoren und Anforderungen an die Emissionsreduktion
- Deckungsanteile Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich
- Energiebedarf in Industrie und Gewerbe – Wärmeverbrauch als maßgebende Einflussgröße
- Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Fazit

- Zur Erreichung der Nullemissions-Energieversorgung bis zum Jahr 2045 sind in allen Sektoren Maßnahmen zu treffen und die regenerative Energienutzung ist erheblich auszubauen
- Insbesondere im Wärmebereich werden die Zielvorgaben der regenerativen Energienutzung bis jetzt nicht erreicht
- Der Sektor Industrie und Gewerbe liegt im Vergleich zu den Privaten Haushalten im Zielbereich der Emissionsreduktion, weist aber insbesondere im Bereich Prozesswärme deutlichen Handlungsbedarf auf
- In der Industrie bestehen bedeutende Potenziale für die Senkung des Energiebedarfs auch durch Abwärmenutzung, die Bewertung der Nutzbarkeit erfolgt durch eine detaillierte Prozessanalyse und Potenzialanalyse
- Eine abgestimmtes Energiekonzept bietet deutliche Reduktionspotenziale für Energieverbrauch, Emissionen und Kosten
- Die oberflächennahe Geothermie ist eine interessante Option für die saisonale Verschiebung von thermischer Energie zur Abwärmenutzung im Heizfall
- Die mitteltiefe und tiefe Geothermie weist ein deutliches Potenzial in der Quartiersversorgung und damit auch der sektorübergreifenden Abwärmenutzung in der Industrie
- Über ein betriebsbegleitendes Monitoring können bestehende Probleme identifiziert und Optimierungsstrategien erarbeitet werden.
- Die Überwachung und Bilanzierung des Systemverhaltens in der frühen Betriebsphase helfen, Probleme, Fehlfunktionen und unausgewogenen Betrieb zu erkennen.
- Eine begleitende Systemsimulation in der Betriebsphase kann dabei helfen, weitere Optimierungsstrategien zu entwickeln.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit