

Webinarreihe: Erneuerbare Prozesswärme

CO₂-arme Prozesswärme in der Dampferzeugung

Herzlich willkommen: Wir starten 9 Uhr.

Weitere Termine: 24.09.2024: CO₂-arme Prozesswärme in der Umformtechnik

27.09.2024: CO₂-arme Prozesswärme in der Trocknung

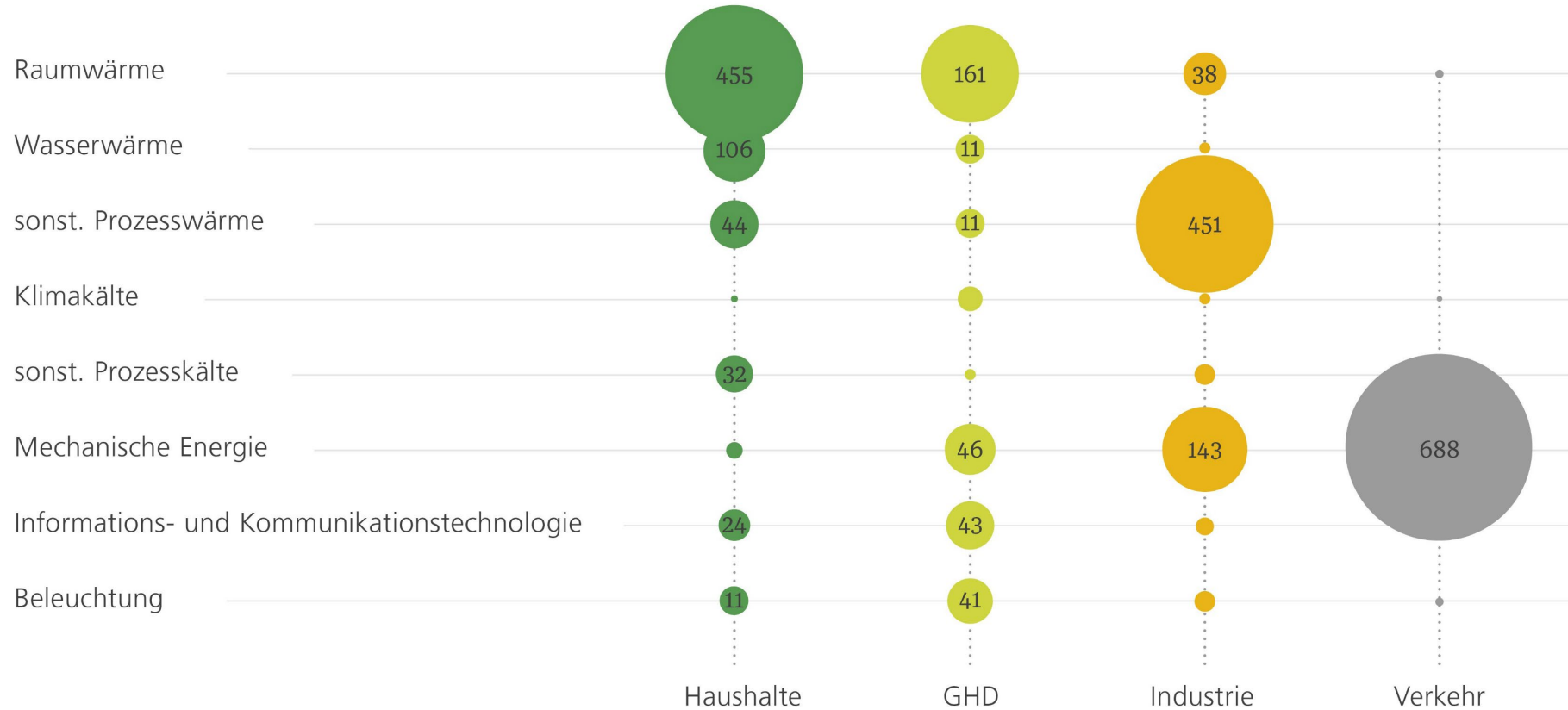
Hinweise zur Veranstaltung

- ✓ Sie erhalten die Präsentationen im Nachgang.
- ✓ Für Fragen nutzen Sie bitte die Chat-Funktion oder das Handzeichen.
Wir rufen Sie dann auf.
- ✓ Energieberater erhalten „dena-Punkte“:
Bitte achten Sie hierfür darauf, dass Ihr Name vollständig angegeben ist.
- ✓ Die Veranstaltung wird für interne Zwecke aufgezeichnet.



Prozesswärme

Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen und Verbrauchssektoren



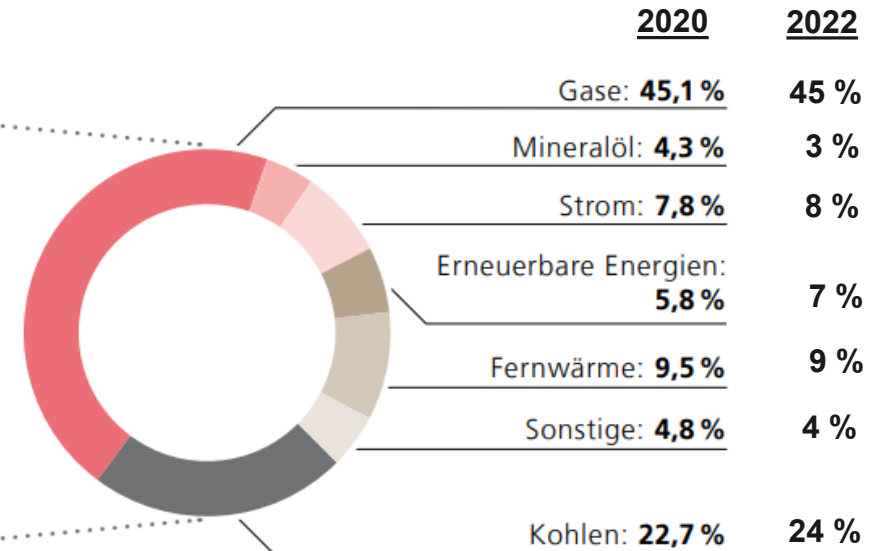
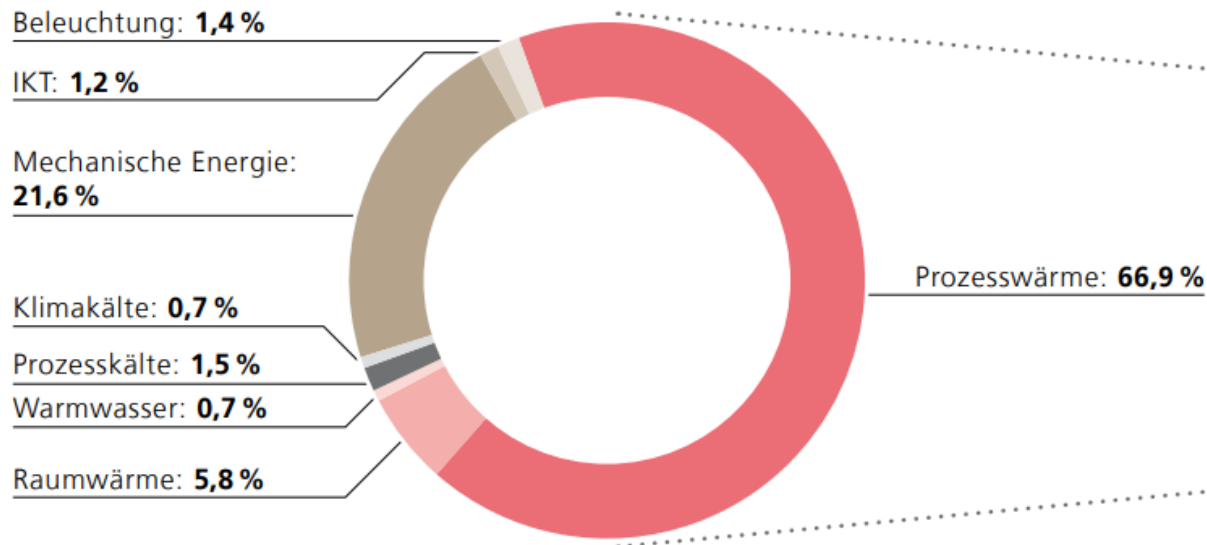
Terawattstunden/Jahr

Datenquelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. – Anwendungsbilanzen 2022 (Stand: 12/2023); Darstellung: KEAN

Prozesswärme

% Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie 2020

% Anteil der Energieträger am Prozesswärmebedarf, 2020



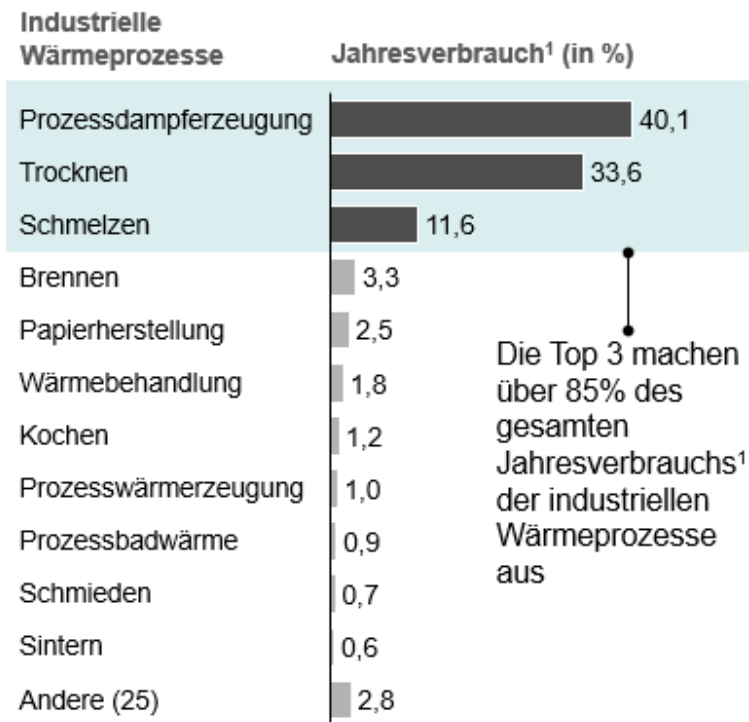
Quelle: Eigene Darstellung, (AG Energiebilanzen 2021a, 2021b); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

Prozesswärme

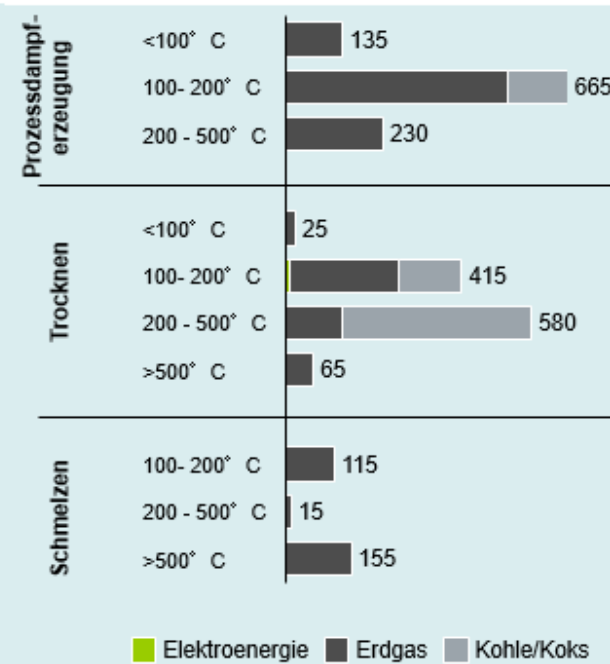
2022 Brennstoffe Gesamt (Summenwerte)	Mechanische Energie	Prozesswärme	Raumwärme	Warmwasser	Summe
	PJ/a				
Gew. v. Steinen u. Erden	0,1	5,1	0,6	0,1	5,8
Ernährung und Tabak	2,0	128,6	14,8	1,5	146,9
Papiergewerbe	1,4	137,4	3,0	0,3	142,0
Grundstoffchemie	5,7	303,6	3,8	0,4	313,5
Sonst. chemische Industrie	0,9	48,9	5,6	0,7	56,1
Gummi- u. Kunststoffwaren	0,4	24,0	9,1	0,9	34,5
Glas u. Keramik	0,9	62,7	1,9	0,2	65,7
Verarb. v. Steine u. Erden	2,9	155,1	2,5	0,3	160,7
Metallerzeugung	5,6	423,1	1,6	0,2	430,5
NE-Metalle, -gießereien	0,8	47,4	3,1	0,3	51,5
Metallbearbeitung	0,6	29,9	16,6	1,7	48,8
Maschinenbau	0,5	9,6	21,3	2,5	33,9
Fahrzeugbau	0,6	28,9	20,5	2,2	52,2
Sonst. Verarbeitendes Gewerbe	1,7	95,3	30,8	3,5	131,3
Industrie Gesamt	24,1	1.499,4	135,2	14,6	1.673,5

AG Energiebilanzen, Anwendungsbilanz, Brennstoffe

Befragung Mittelstand (150 Unternehmen, nicht repräsentativ)



Temperaturbereiche und Endenergieträger der Top 3 der industriellen Wärmeprozesse (in GWh)



Befragung von:

VEA – Bundesverband der Energie-Abnehmer

Leibniz Universität Hannover

1. Unter den ~150 teilnehmenden Unternehmen der Datenerhebung

CO₂-arme Prozesswärme in der Dampferzeugung

Agenda

- 9:00 Uhr** **Begrüßung & Einführung**
Ann Kruse, Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen
- 9:10 Uhr** **Technologien zur Dekarbonisierung der Prozesswärme:
Dampferzeugung**
Dr.-Ing. Christian Schwotzer und Katharina Rothhöft,
RWTH Aachen University
- 10:00 Uhr** **Pitch für klimafreundliche Dampferzeugung in der
Lebensmittelindustrie**
Robert Booms, TIBER
- 10:15 Uhr ≈ Ende**



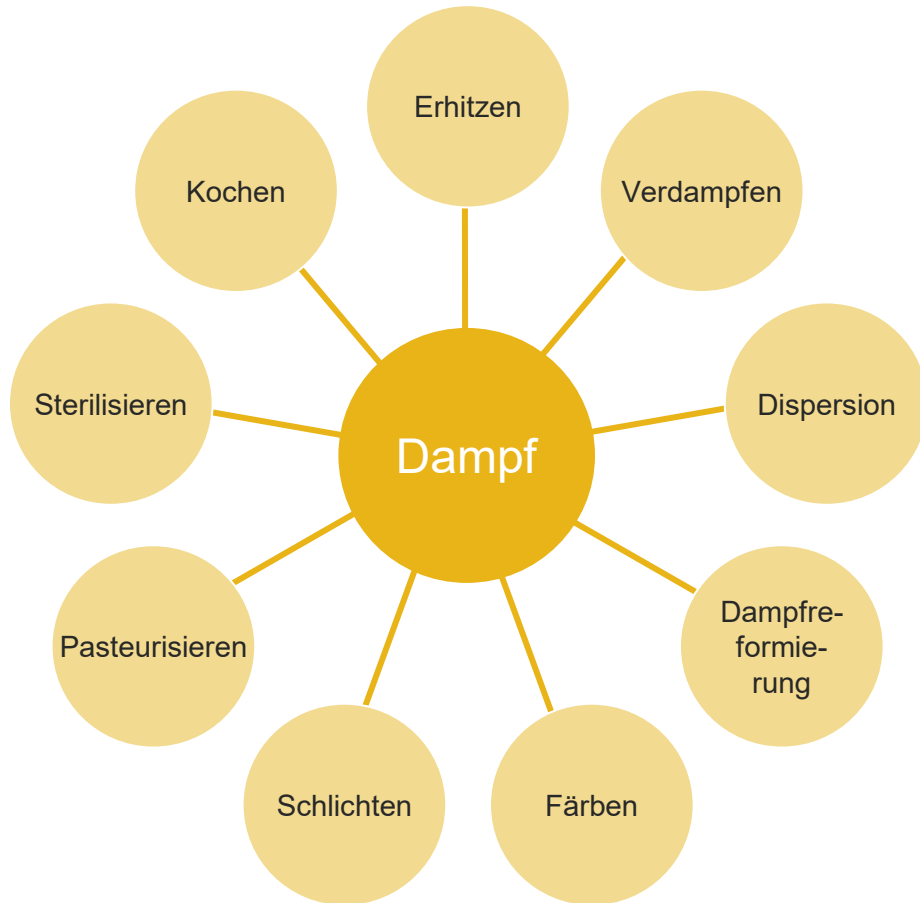
Technologien zur Dekarbonisierung der
Prozesswärme

Dampferzeugung

20. September 2024

Dr.-Ing. Christian Schwotzer, Katharina Rothhöft

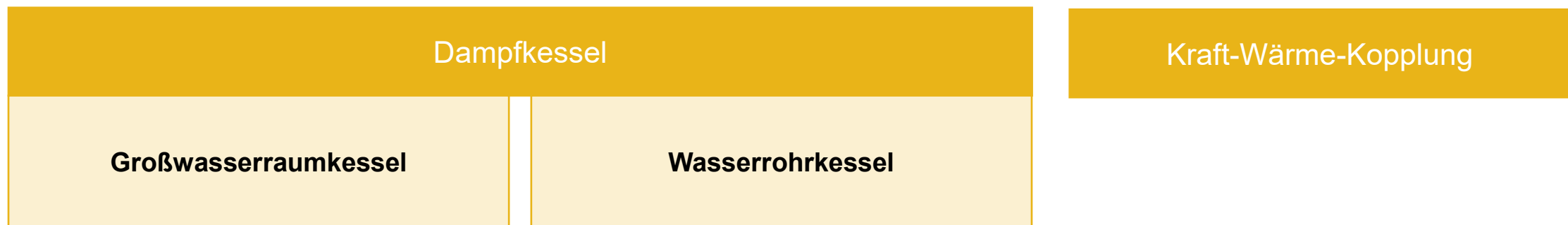
Anwendungsfelder für Dampf



- › Temperaturen meist zwischen 100 und 500°C
- › Wichtigste Industrien: Papier, Chemie, Textil, Lebensmittel
- › Wärmebereitstellung häufig durch die Verbrennung von Erdgas
- › Unterschiedliche Dampferzeugungssysteme

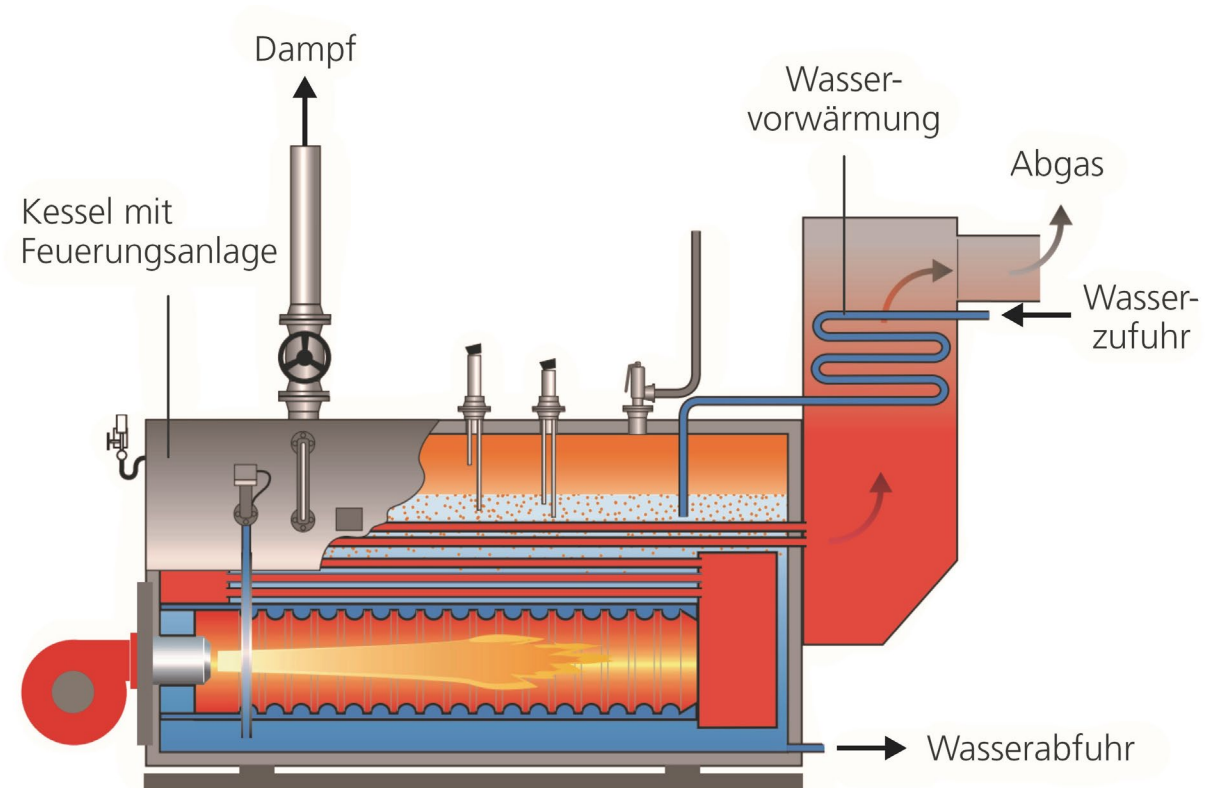
Bereitstellung von Dampf

- Dampferzeugungssysteme variieren nach Anwendungsgebiet
- Breites Leistungsspektrum: 100 kW bis circa 50 MW
- Dampferzeugungssystem meist aus Kessel, Dampfleitungssystem, Speisewasserbehälter, Wasseraufbereitungssystem und möglicher Abschlämmung



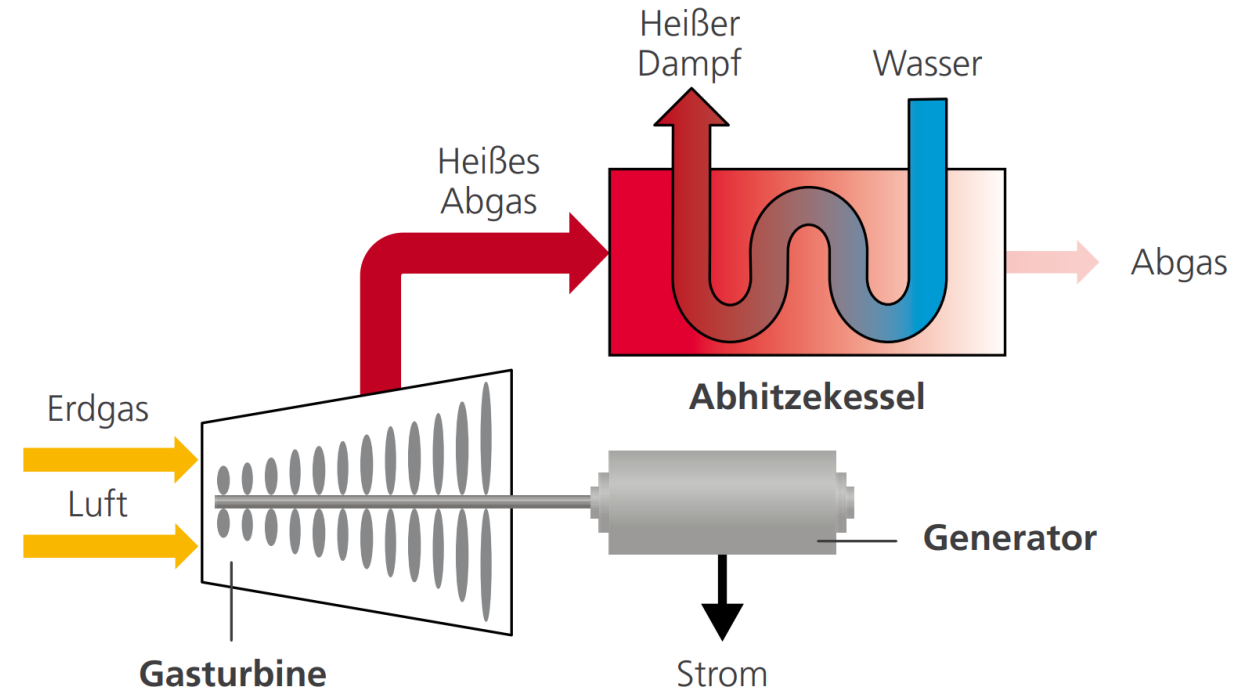
Großwasserraumkessel

- Heißgas wird durch Rauchrohre in Wasserbehälter geleitet
- Geringe bis mittlere Dampfkapazitäten (0,35–30 t/h) und Druckstufen (bis 30 bar)
- Typische Dampfdrücke: 7–25 bar.
- Vorteile:
 - Niedrige Kosten
 - kompakte Bauweise
 - einfache Wartung
 - hohe Effizienz.
- Einschränkung: Nicht für Hochdruckanwendungen geeignet.



Kraft-Wärme-Kopplung

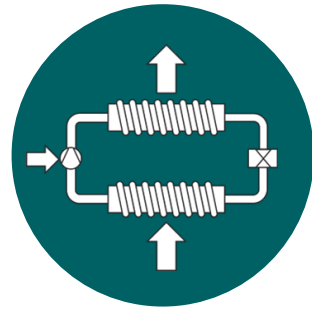
- › Kombinieren Erzeugung von mechanischer/elektrischer Energie und nutzbarer Wärme
- › Techniken: Verbrennungsmotoren, Gas- und Dampfturbinen
- › Nutzung der Abwärme durch Wärmetauscher zur Erhitzung von Wasser und Dampferzeugung
- › Vorteile:
 - Gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme
 - Hohe Effizienz durch viele Volllaststunden
- › weit verbreitet in der Industrie



Technologien zur Dekarbonisierung



**Elektrische
Kessel**



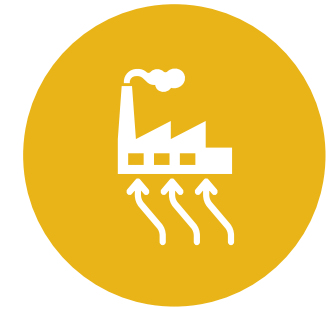
**Hochtemperatur-
wärmepumpen**



**Wasserstoffbe-
feuerte Kessel**



**Hybride
Konzepte**



**Tiefen-
geothermie**



Energieeffizienzmaßnahmen

Energieeffizienzpotentiale

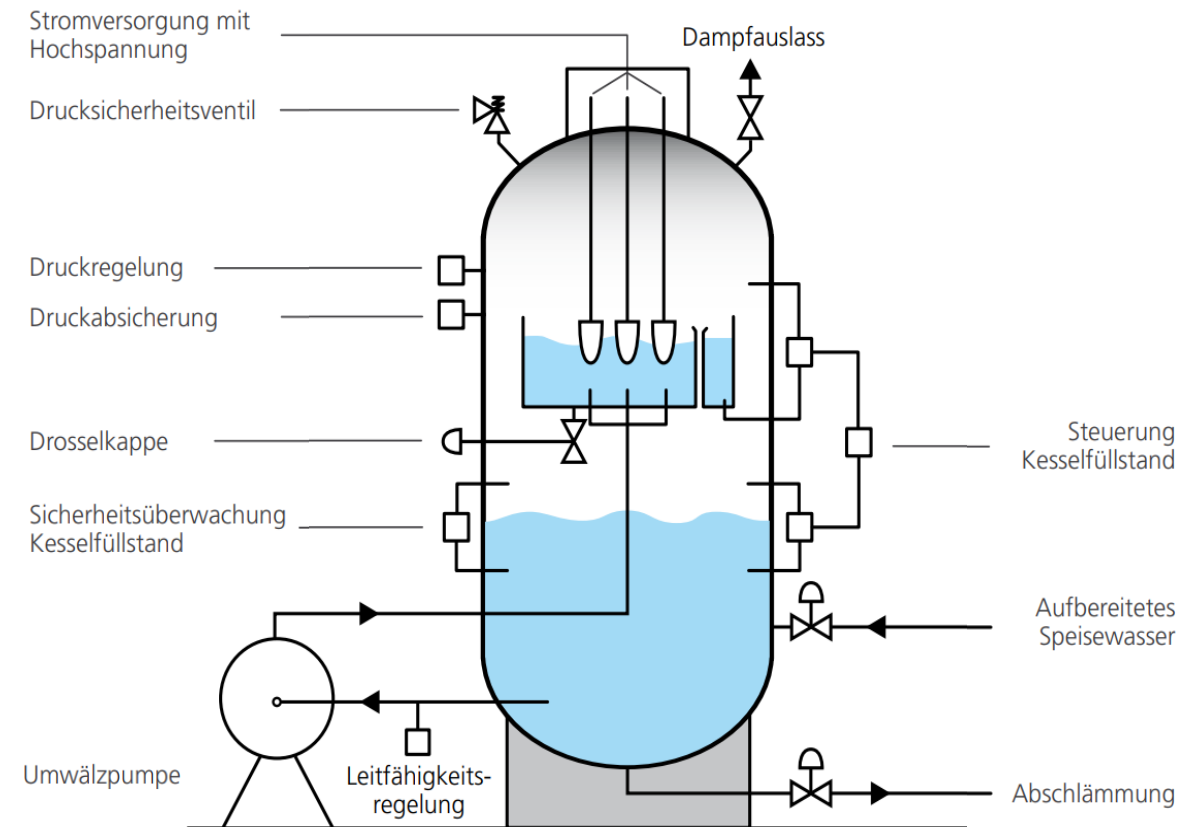
Viele Maßnahmen sind möglich.

- › Analyse des Anlagenbetriebes: Installation von Messstellen
- › Monitoring Temperatur, Druck und Durchfluss
- › Einführung eines Energiemanagementsystems
- › Einsatz Verbrennungskontrollsystem zur Reduzierung des Luftüberschusses
- › Installation von Frequenzumrichtern

Elektrische Kessel

- Elektrokessel oder Elektrodenkessel
- Elektrokessel nutzen Widerstandsleiter
- Elektrodenkessel: direkte Erwärmung

Eigenschaften	Details
Temperaturbereich	100–350 °C
Druckbereich	Max 85 bar
Dampfkapazität	Max 90 t/h
Energieträger	Strom
Wirkungsgrad	Bis zu 99 %
Anschlussleistung	100 kW – 60 MW
Betriebsdauer	Als Zusatz zum Gaskessel: >500 h/Jahr Ersatz des Gaskessels: >8.000 h/Jahr
Lebensdauer	20–30 Jahre
Investitionskosten Neubau	Ca. 150–350 €/kW



Marktübersicht

- Weit entwickelt und verfügbar
- Meist Zusatzkessel
- Schnellstartkessel zur Optimierung des Lastmanagements
- Auch Bereitstellung von Fernwärme möglich

Forschungsaktivitäten

- Dynamische Anwendung des Kessels
- Senkung der Anlagenkosten
- Weiterentwicklung des Materials

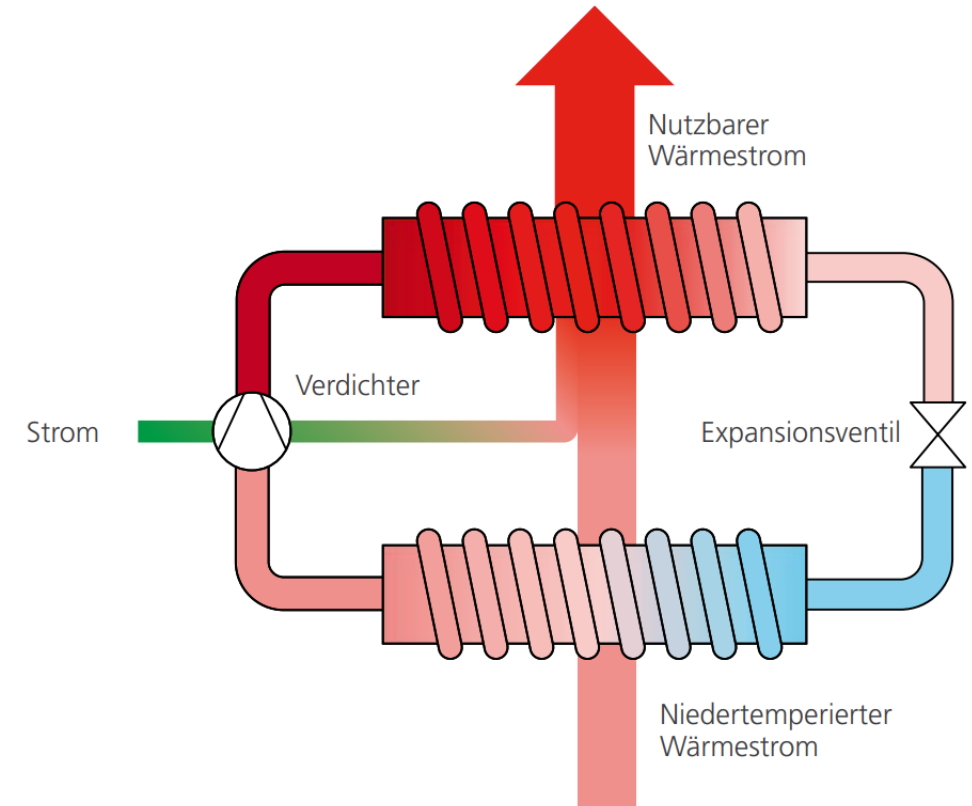
Einsatzpotential- und grenzen

- Schnellstartfähigkeit
- Netzdienlicher Betrieb möglich
- Hohe Abhängigkeit vom Strompreis
- Ggf. Ausbau Stromanschluss

Hochtemperaturwärmepumpen

- › Niedertemperierte Wärmeströme werden mit Strom auf nutzbare Temperatur angehoben
- › Nutzung von Abwärmeströme oder Umweltwärme

Eigenschaften	Details
Temperaturbereich	90–165 °C
Druckbereich	Max 80 bar
Dampfkapazität	Max 1 t/h
Energieträger	Strom
Wirkungsgrad/COP	1,0–2,5
Anschlussleistung	20 kW–20 MW
Betriebsdauer	7.000 bis >8.000 h/Jahr
Lebensdauer	20–25 Jahre
Investitionskosten Neubau	Ca. 400 – 800 €/kW



Hochtemperaturwärmepumpen

Marktübersicht

- Hohes Marktpotential
- Geringe Verbreitung

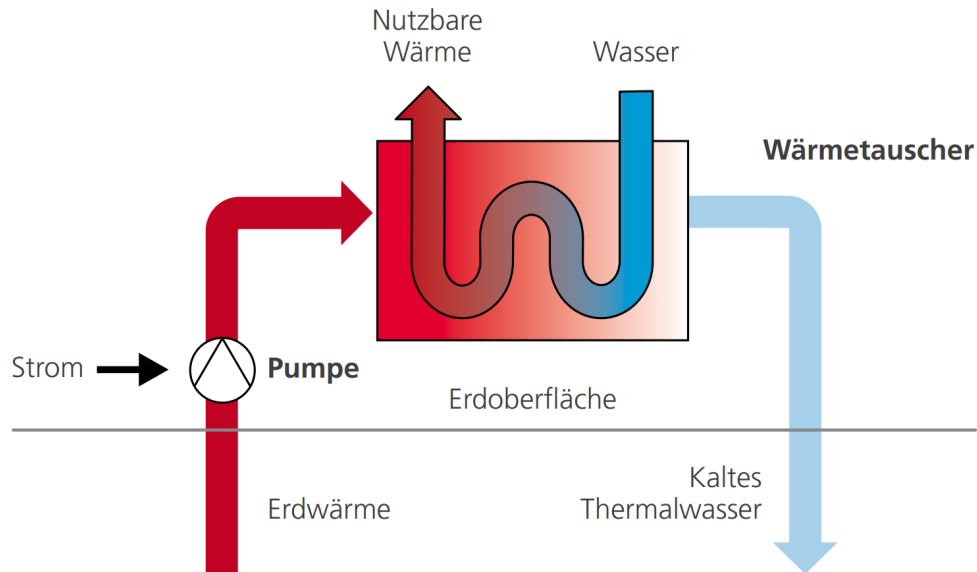
Forschungsaktivitäten

- Industrie- und Großwärmepumpen
- Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen

Einsatzpotential- und grenzen

- Starke Abhängigkeit vom Strompreis
- Maximale Nutztemperatur durch Kältemittel begrenzt
- Geringe Erfahrungswerte bei Integration in industrielle Prozesse

Tiefengeothermie



- Nutzung von Erdwärme aus einigen Kilometern Tiefe
- Thermalwasser (100-200°C) wird an die Oberfläche befördert
- Umwandlung in nutzbare Wärme mittels Wärmetauscher



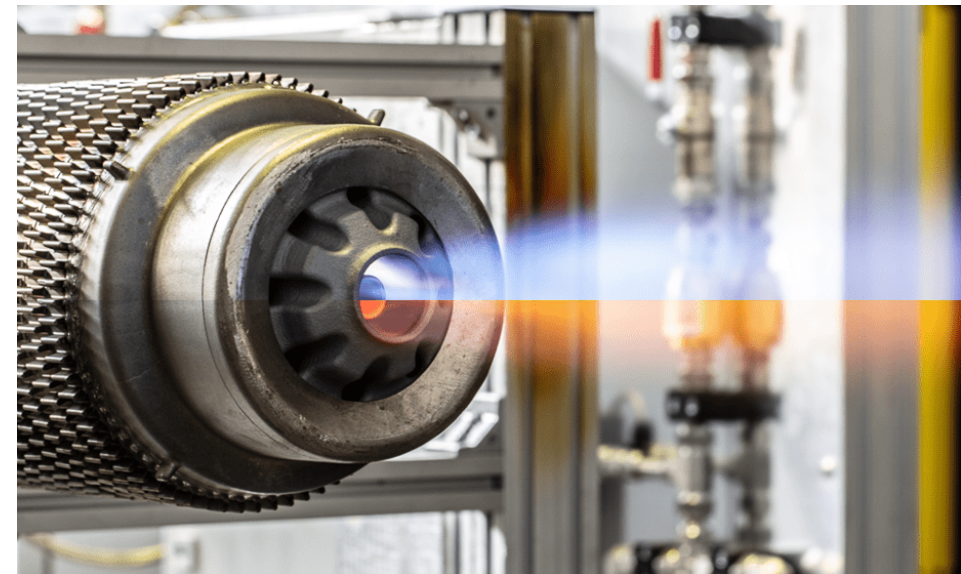
- Starke regionale Abhängigkeit
- Aufwändige Voruntersuchungen
- kapitalintensiv



- Kontinuierliche Versorgung: Grundlastversorgung
- Geringer Stromeinsatz bei hoher Wärmebereitstellung

Hybride Systeme

- › Kombination aus zwei oder mehr unterschiedlicher Techniken oder Energieträgern
- › Vollständige Ersetzung fossiler Systeme oder Ergänzung mit Teilsystemen
- › Vorteile:
 - Weiterbetrieb bestehendes System möglich
 - Flexibler bei Schwankungen



Marktübersicht

- Wenig verbreitet
- Einige Dampfkessel H2-ready
- Leuchtturmprojekte
- Hybridisierung von KWK-Anlagen

Forschungsaktivitäten

- Kombination verschiedener erneuerbarer Energiequellen
- Integration von Techniken in bestehenden Systemen
- Entwicklung und Optimierung von Steuerungssystemen

Einsatzpotential- und grenzen

- Flexibilisierung der Prozesse
- Steigerung der Effizienz
- Zusätzliche Kapazitäten nötig

Beispiel aus der Praxis

Nachhaltige Papierproduktion – Drewsen Spezialpapiere



Regenerative Brennstoffe

- KWK-Anlage auf Basis von regenerativen Brennstoffen
- Brennstoffe: Getreidestroh und Holzhackschnitzel
- 55 MW Feuerungsleistung, 55 t/h Dampf und bis zu 12,5 MW Strom
- Wird im Rahmen vom BAFA-Förderprogramm gefördert



Aufbau Solaranlage

- Bau einer werksnahen Solaranlage
- Erzeugung von 22.000 MWh Strom jährlich
- Deckt (22%) des Energiebedarfs
- Investition von 15 Mio. €

Handlungsempfehlungen



Energieeffizienzmaßnahmen dauerhaft prüfen und durchführen



Elektrifizierung bietet sich insbesondere bei vorhandener Infrastruktur und grünem Strom an



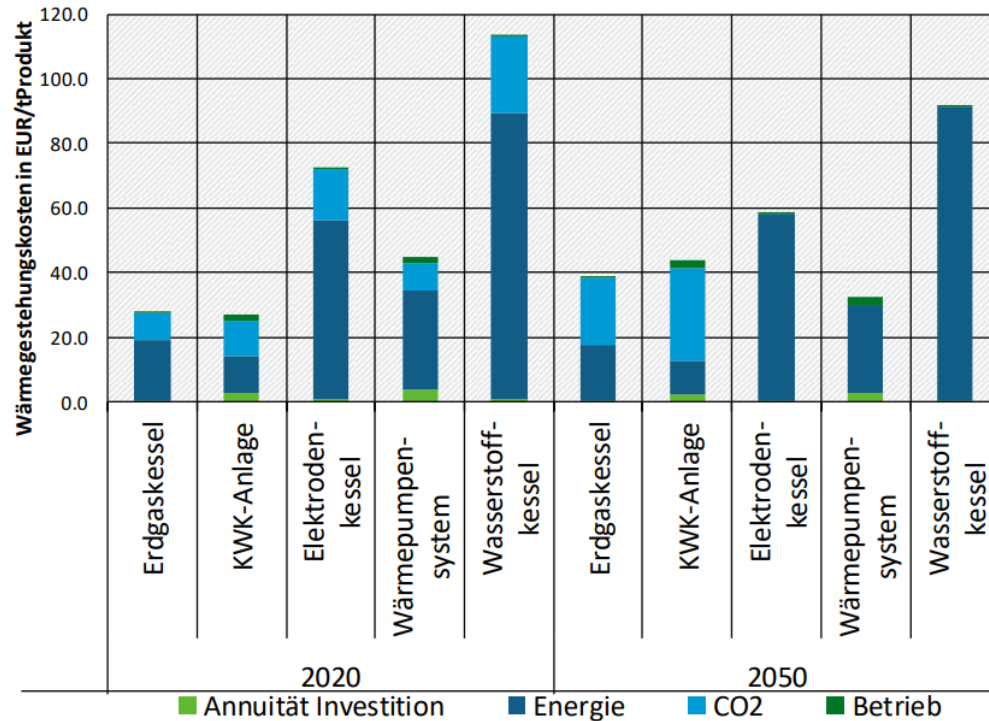
Koordinierte Transformation durchführen und Flexibilisierung betrachten



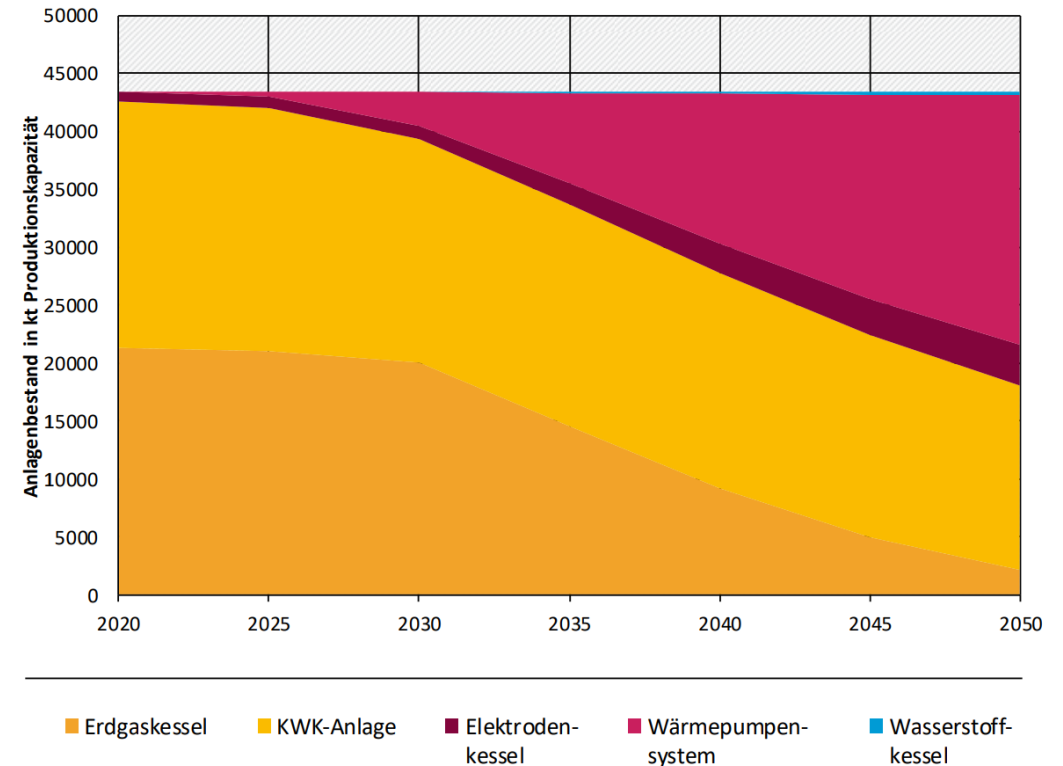
Eigene Standortbedingungen sind entscheidend

Referenzfall

Wärmegestehungskosten



Technikdiffusion

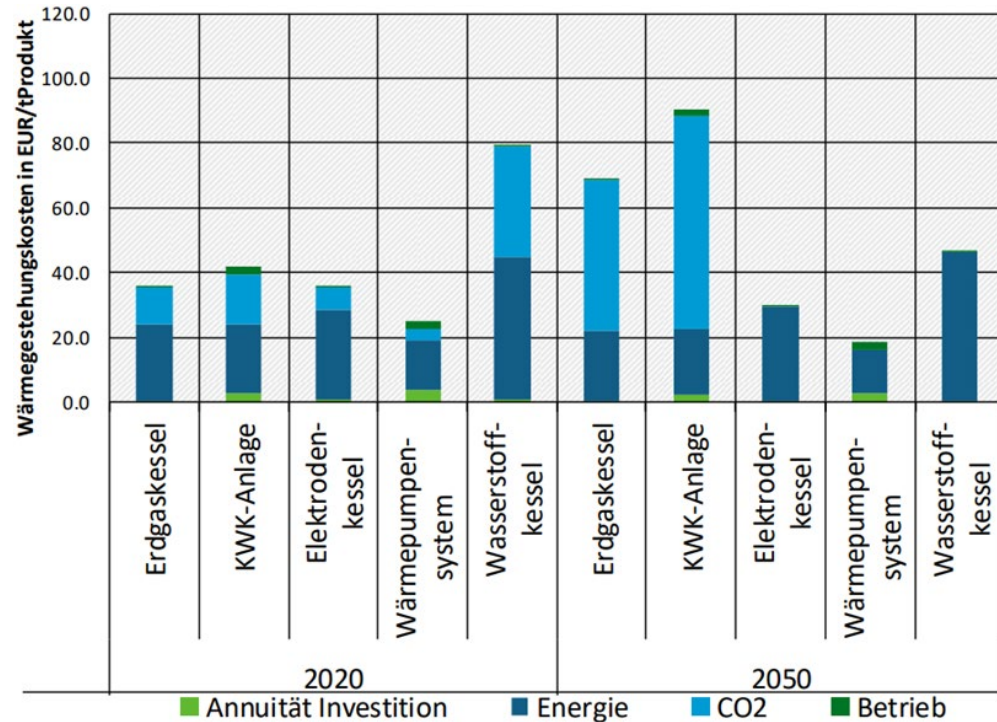


Annahmen (Auszug)

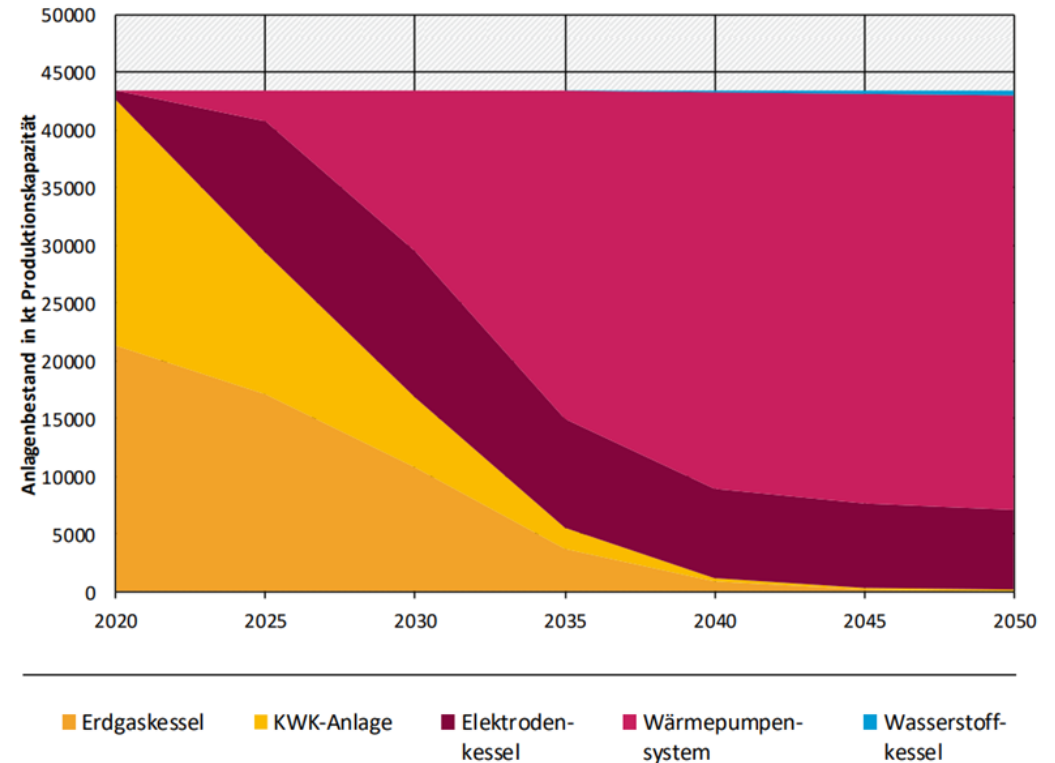
- CO₂-Preis: 55€/t (2020) steigt auf 150 €/t (2050)
- Erdgas: 27,40€/MWh (2020), 26,53€/MWh (2050), Strom: 110€/MWh (2020) auf 115 €/MWh (2050)

Referenzfall

Wärmegestehungskosten



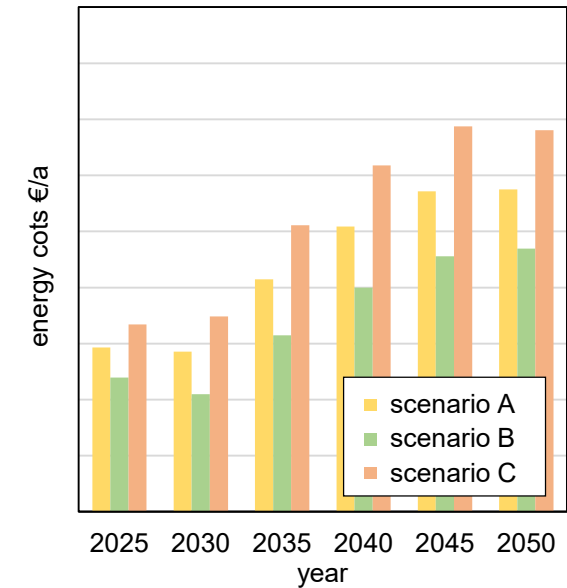
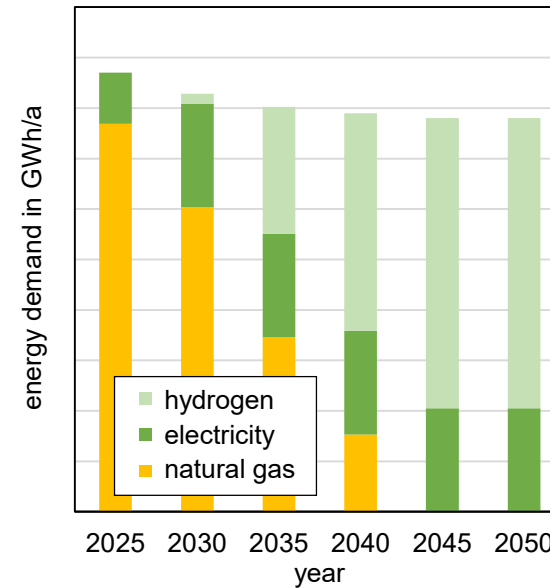
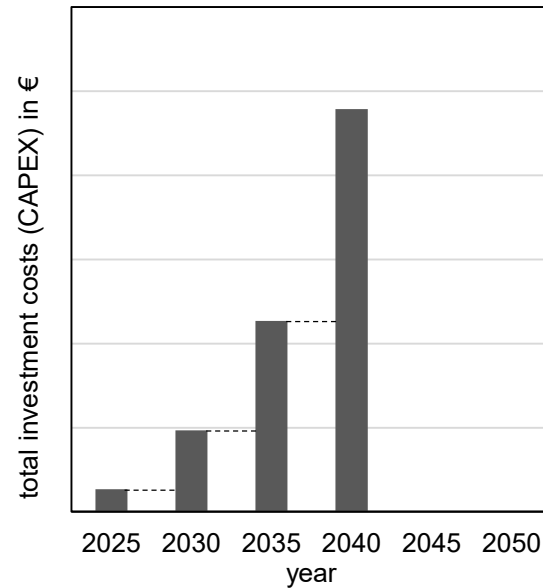
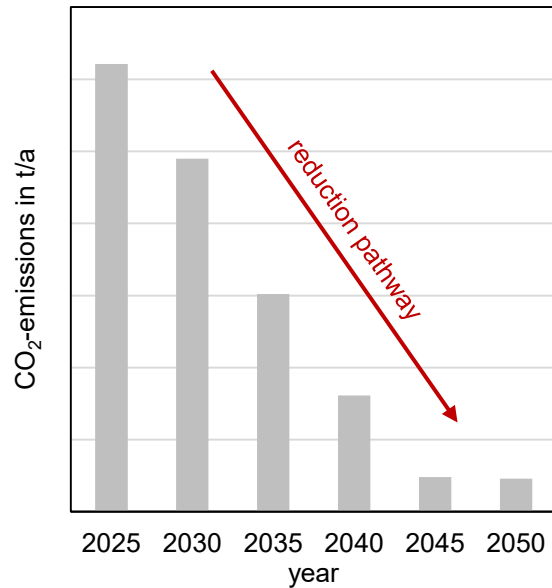
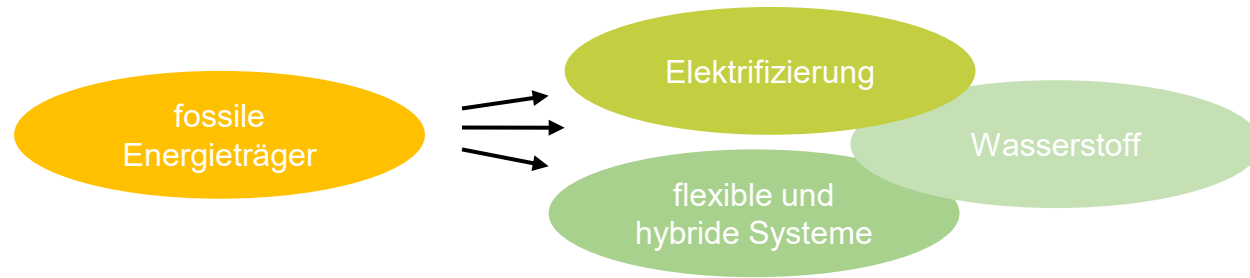
Technikdiffusion



Annahmen (Auszug)

- CO₂-Preis: 55€/t (2020) steigt auf 300 €/t (2050)
- Zusätzliche Maßnahmen wie Energiesteuersätze auf Erdgas, Entlastung Strompreis, leichtere Marktdiffusion

Nächste Schritte – Transformationspfade zur Umsetzung einer CO₂-neutralen Prozesswärmeerzeugung



Handlungsempfehlungen

Energieeffizienzmaßnahmen

- Optimierung bestehender Anlagen
- Brennstoffverbrauch optimieren
- Energierückführung Nebenprozesse

Koordinierte Transformation

- Insbesondere bei mehreren Dampferzeugungssystemen
- Ausbau Infrastruktur, Verfügbarkeit und Preisentwicklung der Energieträger beachten
- Flexibilisierung als strategische Entscheidung

Elektrifizierung

- Insbesondere bei Verfügbarkeit von grünem Strom und nötiger Infrastruktur
- Einsatz von Wärmepumpen und elektrischen Kesseln

Standortbedingungen beachten

- Eigenen Standort bewerten
- Frühzeitig Gespräche führen und gemeinsam Pläne erarbeiten
- Relevante Akteure: Netzbetreiber, Energieversorger und Kommunen (kommunale Wärmeplanung)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehen wir gerne bereit.

20. September 2024

Dr.-Ing. Christian Schwotzer, Katharina Rothhöft



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



NACHHALTIGE WÄRME- UND PROZESSDAMPF- ERZEUGUNG

Für Industrie und Gewerbe

Digital | Adaptiv | Hybrid

Großwasserraumkessel sind Stand-der-Technik



- Leistungsgrößen zwischen 1 – 25 Megawatt
- Fossil befeuert (Erdgas, Erdöl)
- Ca. 15.000 Bestandsanlagen im deutschsprachigen Raum (D-AT-CH)

Herausforderungen für die Betreiber

Sicherheit und Verfügbarkeit	Kosten
Bestandsanlagen im letzten Drittel des Lebenszyklus	Hohe Betriebskosten
Betrieb, Wartung, Service und Ersatzteilversorgung dadurch immer anspruchsvoller	Explodierende Energiekosten
Zunehmender Fachkräftemangel für Betriebspersonal	Steigende Ausgleichsabgaben z.B. für Umweltauflagen

Heizwärme | Prozessdampf als Modul

Digital

Industrial Analytics

- Data Generierung
- Monitoring
- Visualisierung
- Auswertung
- Predictive Maintenance



Hybrid

Unterschiedliche Energiequellen

- Strom aus Wind und Sonne
- Pellets
- Wasserstoff
- Biogas

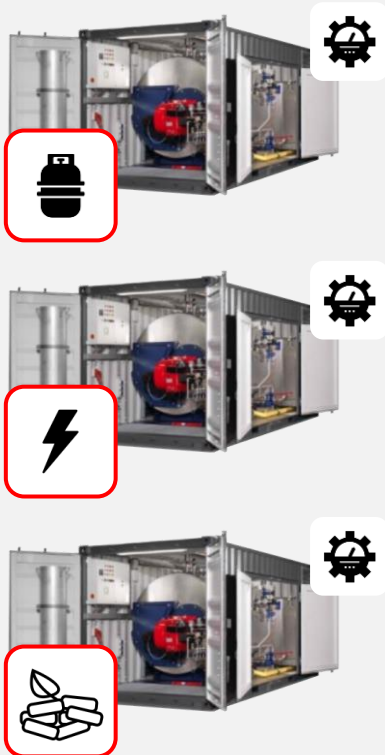
Adaptiv

Standardisierte Leistungsgrößen

- 1 Megawatt
- 2 Megawatt
- ...

Digitales Energiemanagementsystem zur Optimierung hybrider Wärmeerzeugungsanlagen (wissenschaftlich auf TU Campus erprobt)

Datenerfassung vor Ort

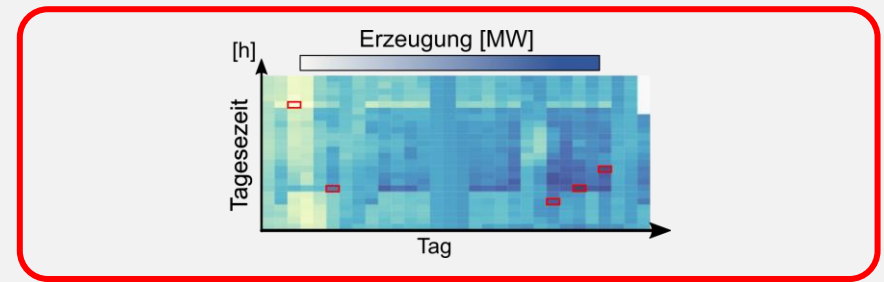


Cloud-Speicherung und web-basierte Energiemanagement Plattform

Übersicht auf OpenStreetMap

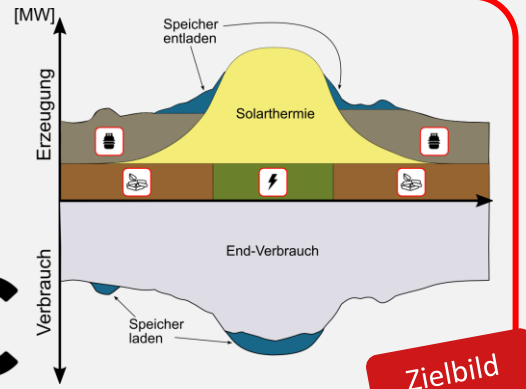


Algorithmen gestützte Detailanalyse



Automatisierte Berechnung optimaler Betrieb

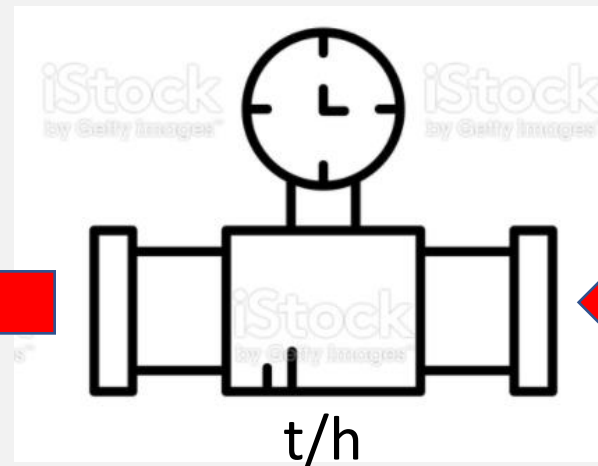
- Machine Learning
- Mathematische Optimierung



Zielbild

Unsere Lösung – Heat | Steam-as-a-Service

Kunde bzw.
Nutzer kauft
Wärme /
Prozessdampf



Wir sind die
Experten für
den effizienten
Betrieb von
Wärme- /
Dampfanlagen

Planung, Bau und Betrieb einer Modellanlage

- Errichtung einer hybriden Wärmeerzeugungsanlage
- Applikation eines digitalen Energiemanagementsystems
- Kooperationspartner für die Umsetzung
- Ziel: Nachweis der Machbarkeit (PoC)
- Kapitalbedarf: nach Absprache

Gerne beantworten wir Ihre Fragen

Robert Booms

Co-Gründer

Fon:

+49 170 810 9003

Mail:

robert.booms@kraftwerksmeister.com

Industrie- und Gewerbebetriebe gesucht als Teilnehmer für Forschungsprojekt (Start 08/2024)

Wärmeeffizienz durch Industrie Transformation



Als Industrie- und Gewerbebetrieb voran gehen

z.B. aus dem Bereich der Lebensmittelherstellung, die sich bereits für eine Dekarbonisierung der Erzeugung von Prozesswärme (Prozessdampf) entschieden haben und nun die Transformation starten wollen von der Modellbildung bis zur Umsetzung.

Brauereien



Fleischverarbeitung



Milchverarbeitung



Mit einer renommierten deutschen Forschungsgesellschaft

1. Unterstützung bei der Analyse von Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Prozess-Wärmeerzeugung inkl. der Erstellung eines EnPI- und Messkonzeptes zur Bewertung der angewendeten Technologien bzw. Systeme, sowie die Begleitung und Unterstützung bei der Umsetzung des Messkonzeptes.
2. Bereitstellung einer Effizienzcontrolling-Lösung zur Bewertung des Nutzens und der zuverlässigen (ggf. flexiblen) Betriebsweise des Systems über die Vorhabenlaufzeit von 3 Jahren inkl. Ableitung von Optimierungspotenzial zur Steigerung der Anlageneffizienz.
3. Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen zur Steigerung der Kosteneffizienz.
4. Platzierung als Vorreiter bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bei Politik und Öffentlichkeit durch Teilnahme am geförderten Forschungsvorhaben
5. Bis zu 140.000,- Euro an Fördermitteln

Hintergrund und Ziel

Das Forschungsvorhaben WEIT

- DENEFF, ÖKOTEC und Fraunhofer ISI haben im Rahmen des Förderaufrufs “Klimaneutrale Wärme und Kälte” der Bundesregierung das Projekt „**WEIT: Wärme-Effizienz durch Industrie-Transformation**“ konzipiert
- Das Projekt soll die Energiewende durch die Förderung einer schnelleren und breiteren Diffusion energieeffizienter, klimaneutraler Prozesswärmelösungen in der Industrie beschleunigen
- Dazu sollen drei (ggf. vier) Industriepartner bei der Umstellung auf klimaneutrale Lösungen begleitet und gezielt unterstützt werden

An wen richtet sich das Angebot?

Gründe für eine Teilnahme als Industriepartner

Ihr Unternehmen plant **Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Prozesswärmeerzeugung**

- Sie suchen **Unterstützung bei der Realisierung** komplexer Maßnahmen an bestehenden oder neuen Systemen
- Sie möchten ein neuartiges System messtechnisch begleiten (**Pilotierung**), um den Einsatz auf weitere Standorte/ Anlagen ausweiten zu können
- Sie benötigen **aussagekräftige Kennzahlen** auf deren Basis der **Nutzen** des neuen Systems für Ihr individuelles Projekt **belegt** werden kann
- Sie planen Optimierungsmöglichkeiten im Rahmen der ersten Betriebsphase zu identifizieren und zur **Steigerung der Kosteneffizienz** umzusetzen
- Sie wollen **digitale Technologien der Optimierung** und Analyse durch ein bewährtes Effizienzcontrolling nutzen
- Ihr neues **System soll optimal mit dem Strommarkt operieren** können

Nutzen für beteiligte Unternehmen

Durch Unterstützung auf mehreren Ebenen

Beratung durch ÖKOTEC-Experten z.B. bei der Inbetriebnahme und Einregelung der Technologie und:

- Unterstützung bei der Analyse von Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Prozess-Wärmeerzeugung
- Erstellen eines EnPI- und Messkonzeptes zur Bewertung der angewendeten Technologien bzw. Systeme
- Begleitung und Unterstützung bei der Umsetzung des Messkonzeptes
- Bereitstellung der Effizienzcontrolling-Lösung (EnEffCo[®]) zur Bewertung des Nutzens und der zuverlässigen (ggf. flexiblen) Betriebsweise des Systems über die Vorhabenlaufzeit
- Begleitung der Umsetzung der Maßnahmen zur Steigerung der Kosteneffizienz
- Ableitung von Optimierungspotenzial zur Steigerung der Anlageneffizienz
- Platzierung als Vorreiter bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bei Politik und Öffentlichkeit durch Teilnahme am geförderten Forschungsvorhaben
- **Bei einem Saldoaufwand von ca. 100 T€ für einen Industriebetrieb werden Leistungen für ca. 200 T€ erbracht plus Messtechnik im Umfang von ca. 40 T€ bezahlt**

**Nutzen Sie jetzt diese einmalige Gelegenheit
und positionieren Sie Ihr Unternehmen
für nachhaltige Wärmeeffizienz ganz vorne.**

Für weitere Details zur Teilnahme sprechen Sie uns gerne direkt an.

Robert Booms

Fon:

+49 170 810 9003

Mail:

robert.booms@tiber.biz