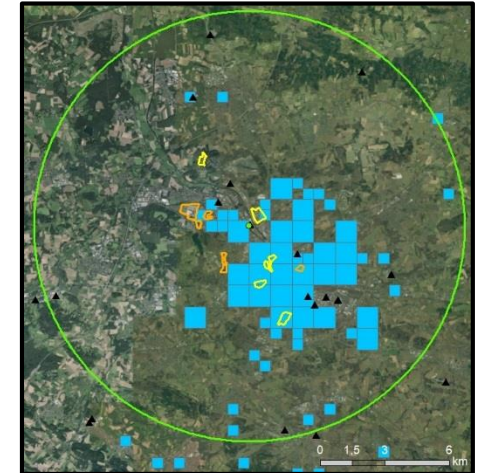
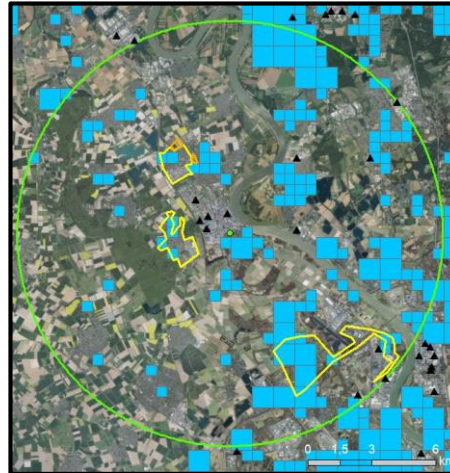
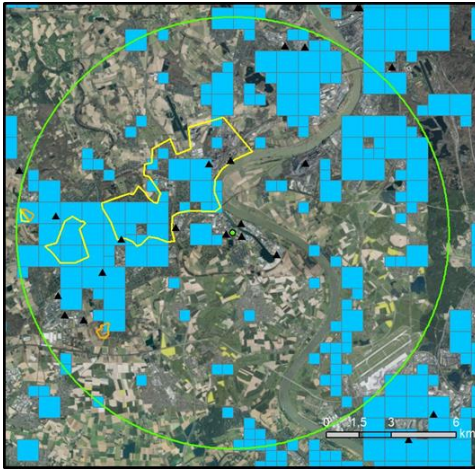




INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG



© Satellitenbilder: GoogleMaps/Digital Globe 2018

# Potenziale und Hemmnisse außerbetrieblicher Abwärmennutzung in Deutschland

Ergebnisse des Verbundvorhabens

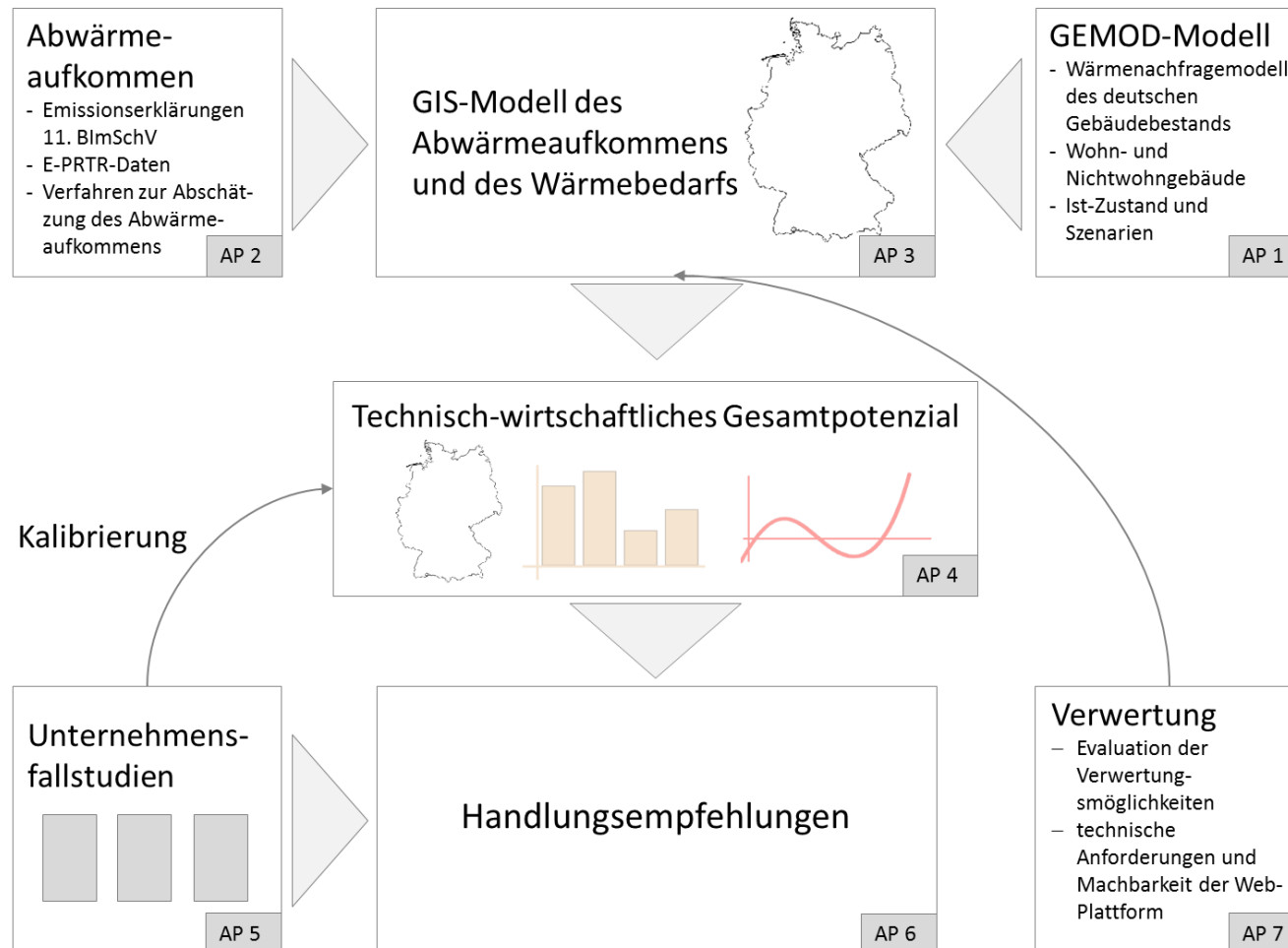
„EnEff:Wärme: Netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA)“

Sebastian Blömer, 4. BMUB-Fachtagung Klimaschutz durch Abwärmennutzung, 18.10.2018, VKU-Forum Berlin



# Projekt NENIA

© ifeu, GEF, indevo, geomer 2017



# Wärmebedarfsmodell: Wärmeatlas<sup>2.0</sup>

## Bund

Neubauraten Gebäude nach Szenario GEMOD

Entwicklungsfaktor  $Q_{h,RW}$  spezif. Szenarien 2030/2050

## Klimazone

Klimatische Einflüsse auf Heizwärmebedarf GEMOD

Differenzierung  $Q_{h,RW}$  spezif. pro Gebäudetyp

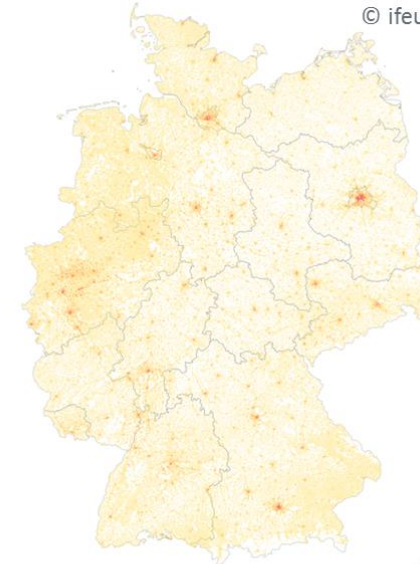
## 100m-Raster

Anteile Baualtersklassen Wohngebäudebestand

Gewichtungsfaktor  $Q_{h,RW}$  spezif. pro Gebäudetyp

Top-Down Kalibrierung

© ifeu 2018



## Geodatenbank energetisch typisierter Einzelgebäude Deutschland

### Energetischer Gebäudetyp

#### Wohngebäude

- Ein- & Zweifamilienhaus (EZFH)
- Reihenhaus (RH)
- Mehrfamilienhaus (MFH)
- Großes Mehrfamilienhaus (GMH)

#### Nichtwohngebäude

- Beherbergung/Gaststätten
- Bildung
- Büroähnliche Betriebe
- Handel
- Herstellungsbetriebe/Handwerk
- Industrie/verarbeitendes Gewerbe
- Krankenhäuser
- Kultur
- Landwirtschaft
- Sport

Energetische Nutzfläche  $A_N$  EnEV [m<sup>2</sup>]

×

Spezifischer Raumwärmebedarf [kWh/m<sup>2</sup>\*a]

+

Spezifischer Warmwasserbedarf [kWh/m<sup>2</sup>\*a]

Nutzenergiebedarf Raumwärme und Warmwasser [kWh/a]

=



Nutzwärmebedarf [kWh]

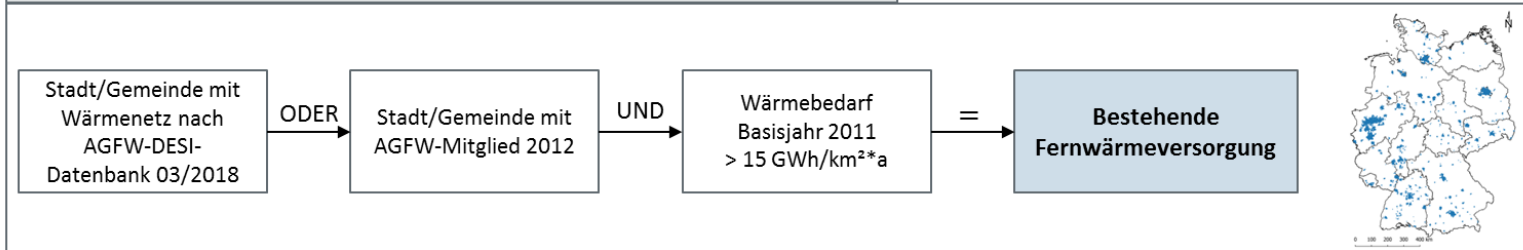
- < 11,000
- 11,000 - 17,000
- 17,000 - 24,000
- 24,000 - 35,000
- > 35,000

Bottom-Up Berechnung

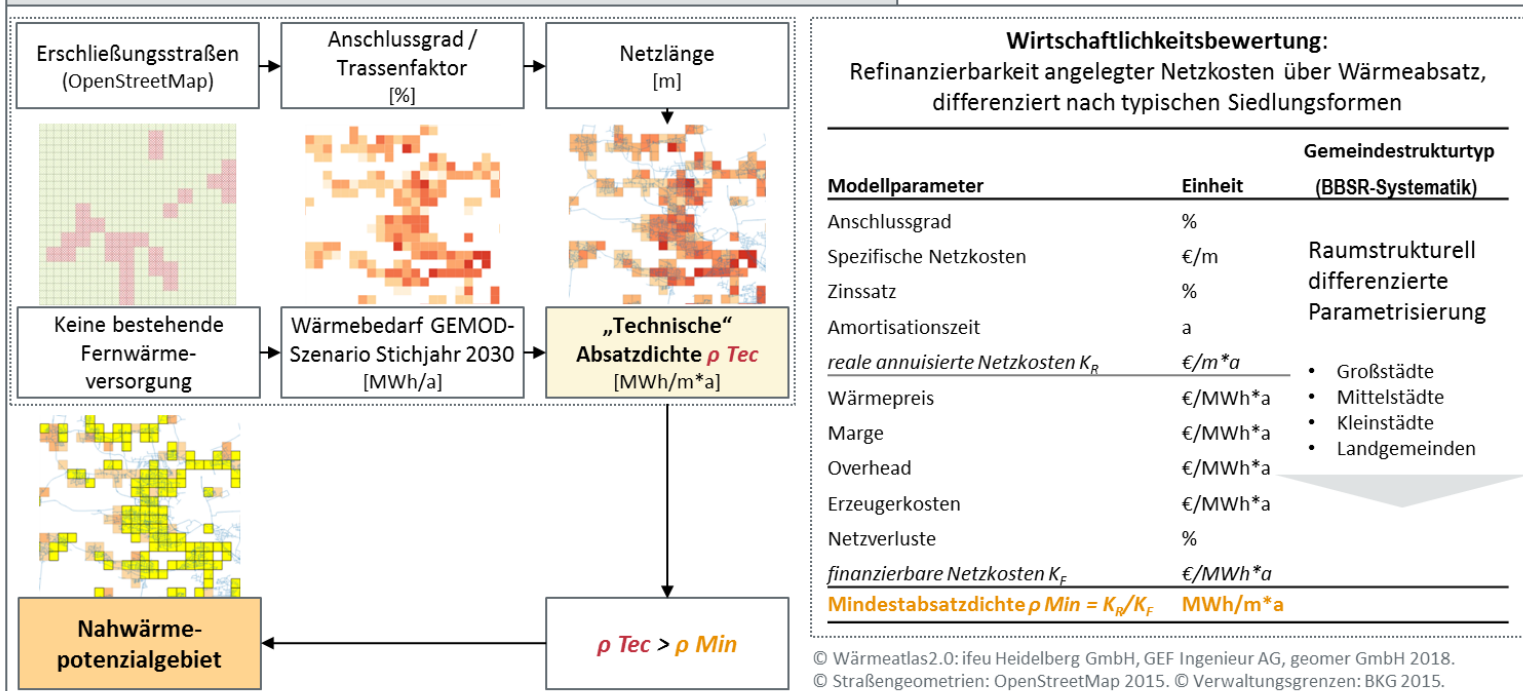
# Identifikation bestehender und potenzieller Wärmenetzgebiete

## 500m Analyseraster: Auswahl bestehender Fernwärmegebiete

© ifeu 2018



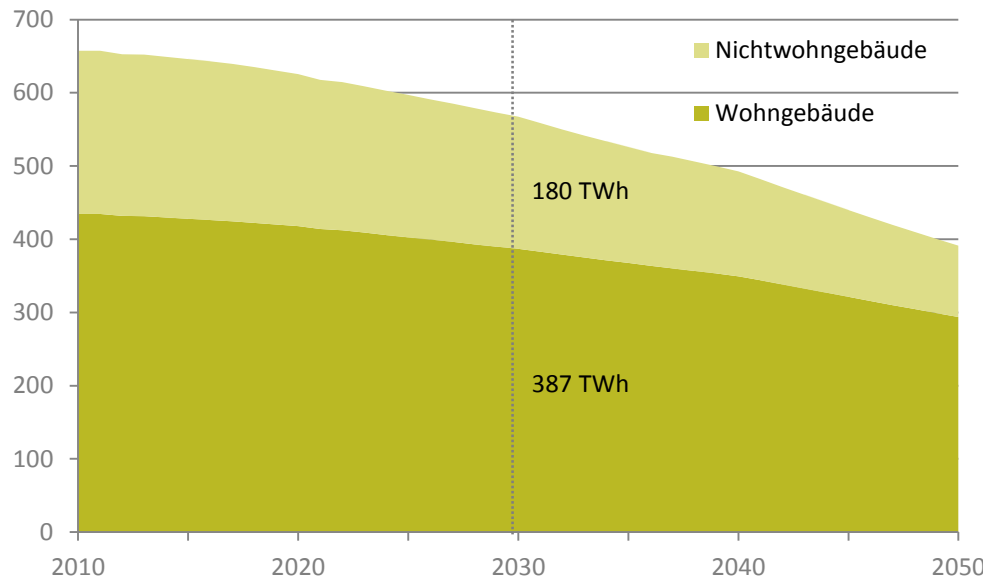
## 500m Analyseraster: Auswahl zusätzlicher Wärmenetzpotenzialgebiete



© Wärmeatlas2.0: ifeu Heidelberg GmbH, GEF Ingenieur AG, geomer GmbH 2018.  
© Straßengeometrien: OpenStreetMap 2015. © Verwaltungsgrenzen: BKG 2015.

# Wärmebedarfsmodell: Szenario moderater energetischer Sanierung im Stichjahr 2030

Nutzenergiebedarf  
Raumwärme &  
Warmwasser [TWh]



194 TWh potenzieller Wärmenetzabsatz  
34% des Nutzenergiebedarfs RW & WW



	2011
Nutzwärmebedarf gesamt [TWh]	213
Bei Anschlussgrad pauschal 30% [TWh]	64

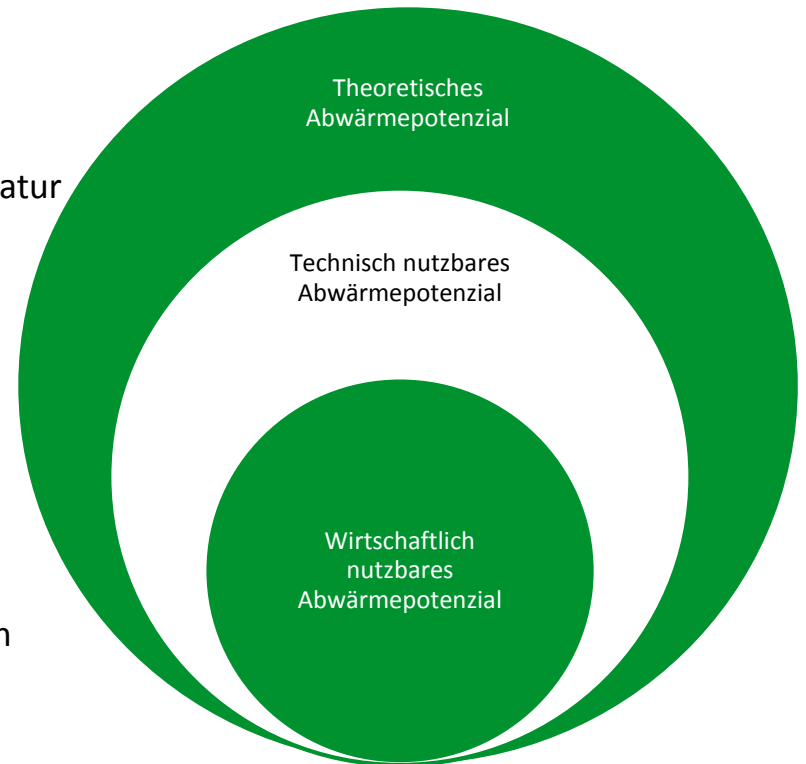


	2030
Nutzwärmebedarf gesamt [TWh]	219
Bei Anschlussgrad urban 50%, ländl. 70% [TWh]	130

# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials

**[Abwärme bezeichnet]** „die eine Anlage verlassende Wärme, ausgenommen die Wärme, dessen Erzeugung der Zweckbestimmung der Anlage entspricht“

- **Theoretisch nutzbares Abwärmepotenzial:**  
Theoretisch auskoppelbare Abwärmemengen bei Annahme einer konstanten, minimalen Wärmesenktemperatur (unter Vernachlässigung technischer Restriktionen)
- **Technisch nutzbares Abwärmepotenzial:**  
(Extern, leitungsgebunden) auskoppelbare Abwärmemengen unter Berücksichtigung „realer“ Wärmesenken und -temperaturen sowie entsprechend einzusetzender Technologien
- **Wirtschaftlich nutzbares Abwärmepotenzial:**  
Anteiliges technisches Abwärmepotenzial, das unter Berücksichtigung allg. anlegbarer Preise und Kostenstrukturen alternativer Erzeugungstechnologien bzw. Wärmequellen wirtschaftlich erschlossen und genutzt werden kann



# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials



## Datengrundlagen:

Beschränkung auf industriellen Sektor bzw. energieintensivste Branchen nach WZ2008:

Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B05-B09)

**Verarbeitendes Gewerbe (C10-18, C19\*, C20-C33)**

Energieversorgung (D35)

Baugewerbe (F41-F43)

## Primär:

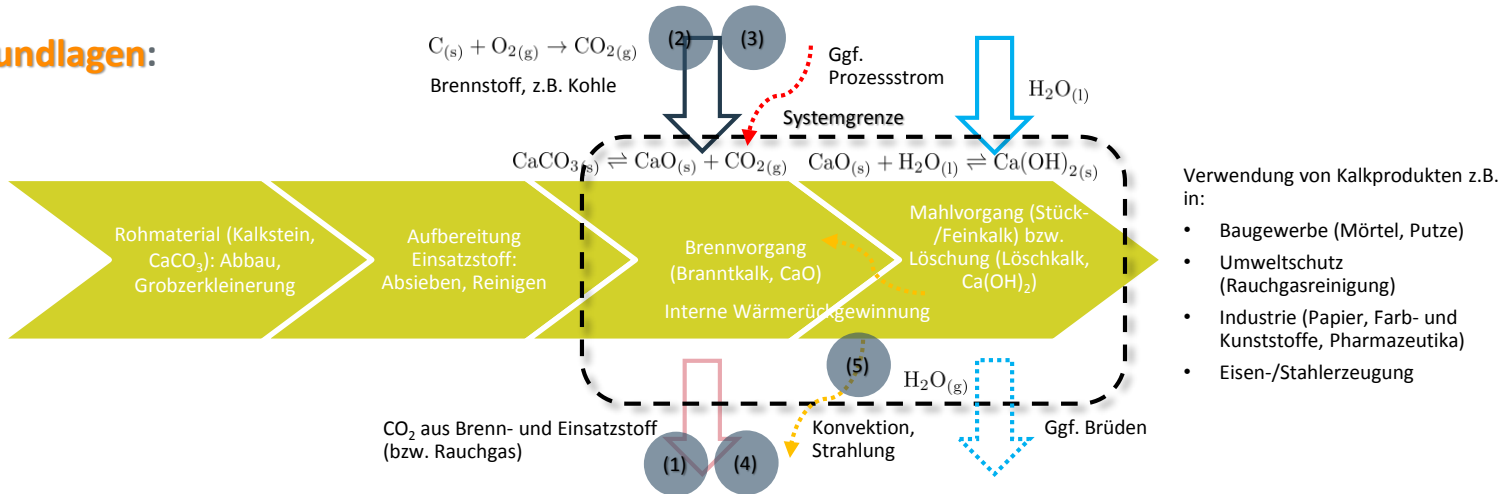
- (1) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Abgasströme (C10-C18, C20-C33)

## Sekundär:

- (2) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze ohne zuordenbare Abgasströme (C10-C18, C20-C33)
- (3) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze mit unvollständig zuordenbaren Abgasströmen (C10-C18, C20-C33)
- (4) Europäisches Schadstoffregister E-PRTR: CO<sub>2</sub>-Emissionen (C23-C24)
- (5) ifeu-Recherchen zu Prozessstromeinsatz: Aluminium-/Stahlerzeugung, Glasschmelze...

# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials

## Datengrundlagen:



## Primär:

(1) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Abgasströme (C10-C18, C20-C33)

## Sekundär:

(2) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze ohne zuordenbare Abgasströme (C10-C18, C20-C33)

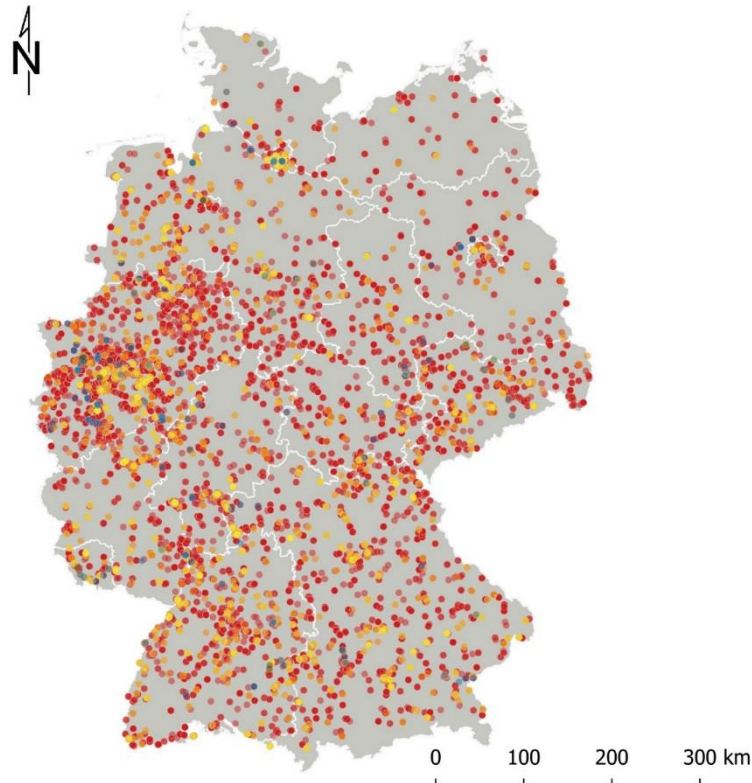
(3) Emissionserklärungen nach 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze mit unvollständig zuordenbaren Abgasströmen (C10-C18, C20-C33)

(4) Europäisches Schadstoffregister E-PRTR: CO<sub>2</sub>-Emissionen (C23-C24)

(5) ifeu-Recherchen zu Prozessstromeinsatz: Aluminium-/Stahlerzeugung, Glasschmelze...



# Standort-Datenbank



223 PJ (62 TWh)  
theoretisches  
Abwärmepotenzial  
in Abgasströmen

ca. 4000  
Industriestandorte

>90% des  
industriellen  
Brennstoffeinsatzes  
für Prozesswärme

75% des thermisch  
relevanten Prozess-  
stromeinsatzes

## Datenquellen industrielle Abwärme

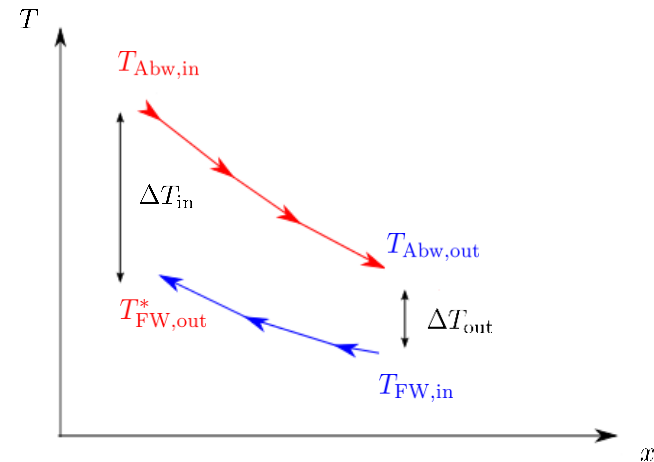
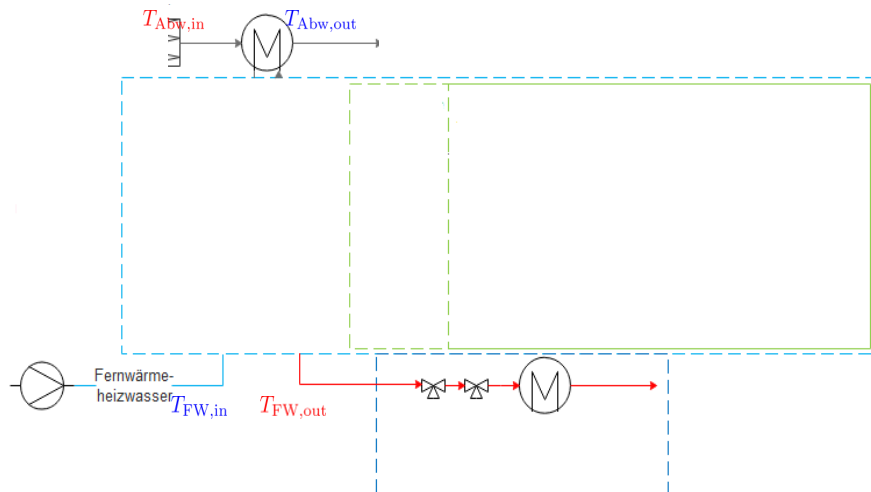
- (1) 11. BImSchV: Abgasströme (C10-C18, C20-C33)
- (2) 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze ohne zuordenbare Abgasströme (C10-C18, C20-C33)
- (3) 11. BImSchV: Brennstoffeinsätze mit unvollständig zuordenbaren Abgasströmen (C10-C18, C20-C33)
- (4) E-PRTR: CO<sub>2</sub>-Emissionen (C23-C24)
- (5) Prozessstromeinsatz: Aluminium-/Stahlerzeugung, Glasschmelze, Chloralkalielektrolyse u.a.

# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmenutzungspotenzials

## Passive Wärmeauskopplung aus gebundener Abwärme:

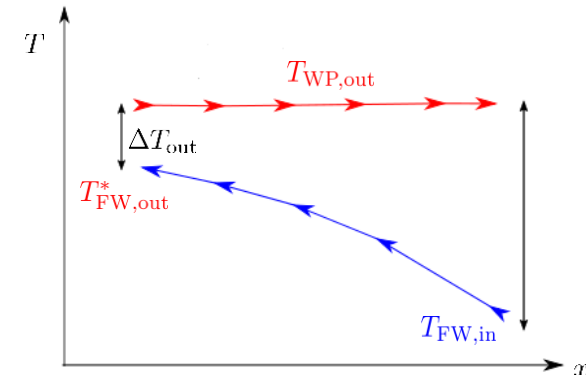
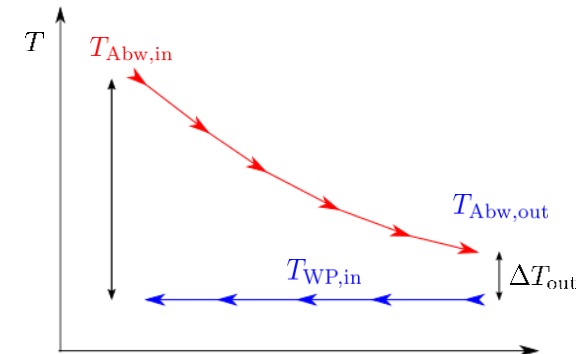
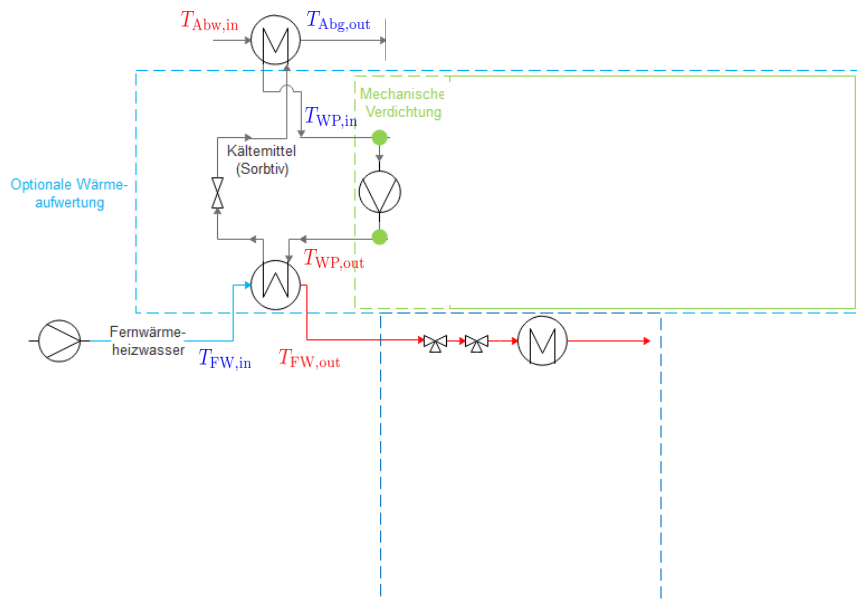
Im Regelfall im häufig verfügbaren Mitteltemperaturbereich (ca. 80-300 °C) technisch bzw. wirtschaftlich interessant

Verstromung hier nach wie vor herausfordernd bzw. vergleichsweise ineffizient

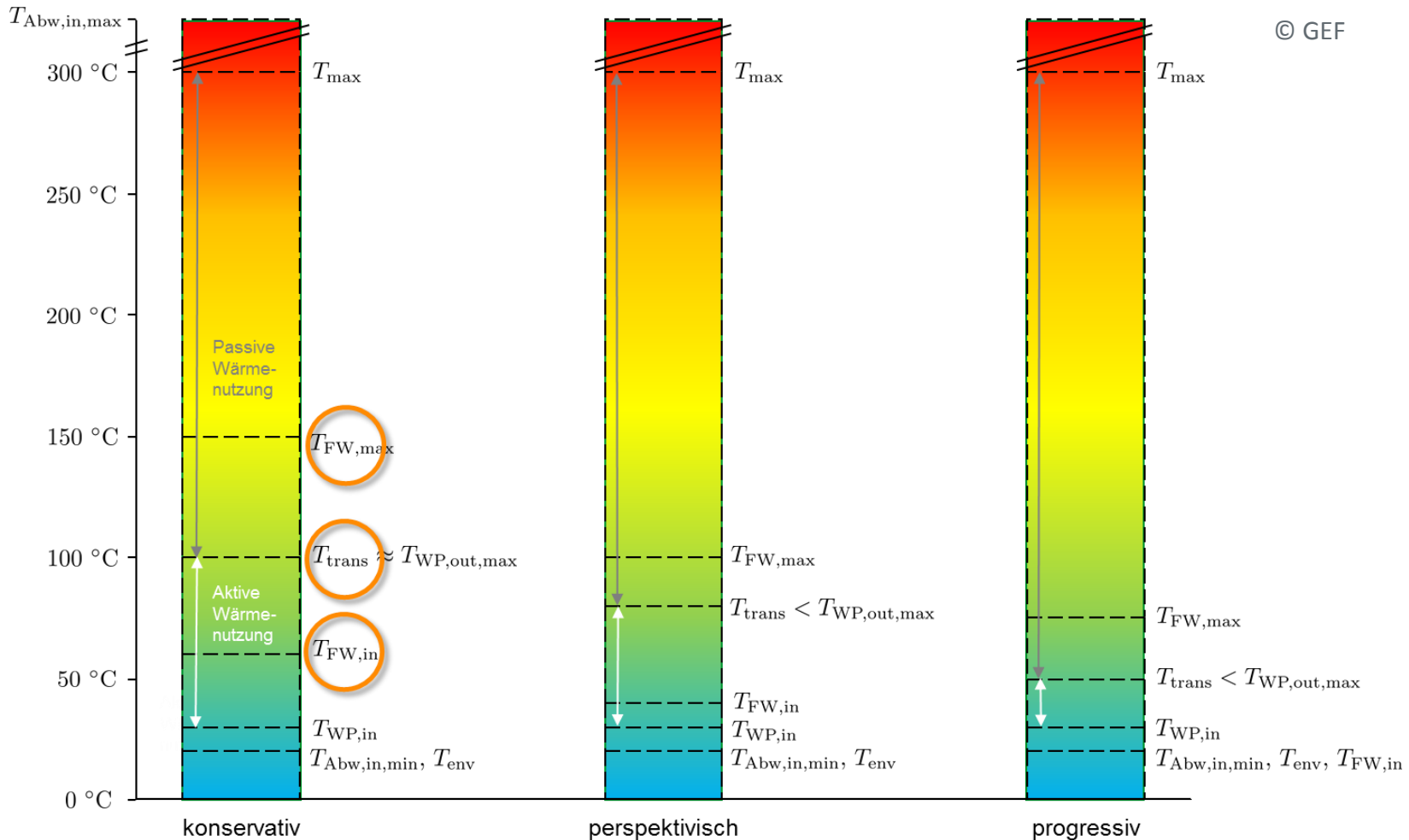


# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials

**Aktive Wärmeauskopplung** aus gebundener Abwärme:  
 Im Niedertemperaturbereich (ca.  $< 80\text{ °C}$ ),  
 im Modell mit Kompressionswärmepumpe,  $\text{COP}_{el} 4.0$

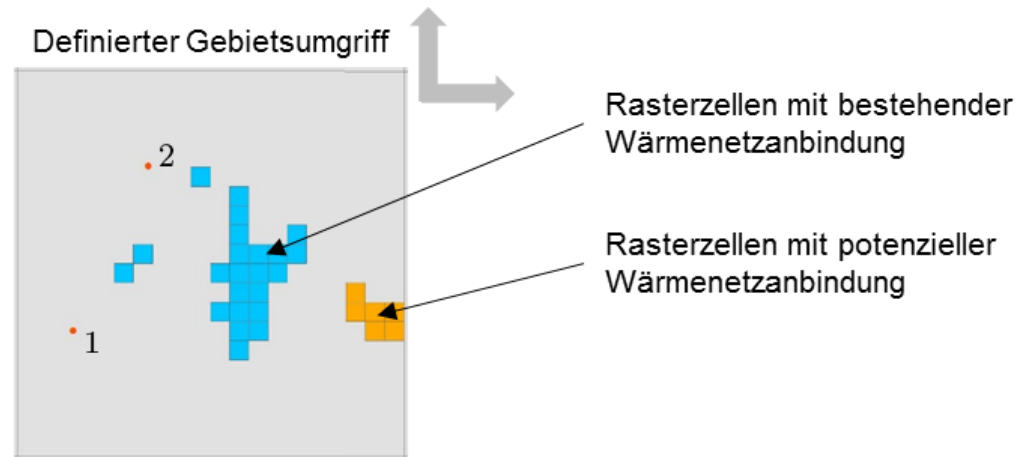


# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials



# Methodik zur Abschichtung des technisch-wirtschaftlichen Abwärmepotenzials

Festlegung eines Gebietsumgriffs (10x10 km) zur Einkopplung des ermittelten Abwärmepotenzials

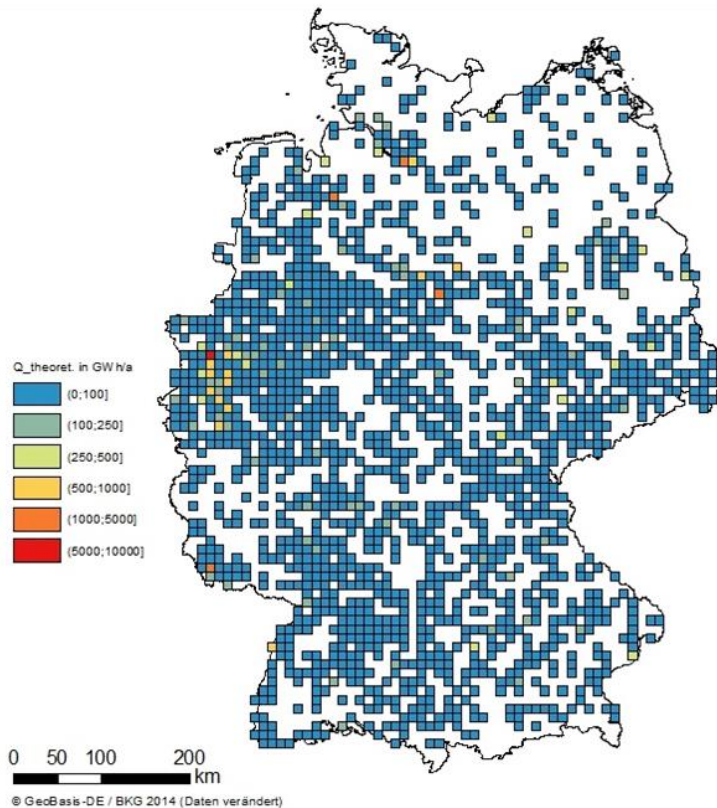


Aufteilung des Wärmesenkenpotenzials, Gewichtung über  $g_m$ :

$$Q_{\text{Senke},m} = Q_{\text{Senke}}^* g_m, g_m = \frac{Q_{\text{FW,agg},m}}{\sum_m Q_{\text{FW,agg},m}}$$

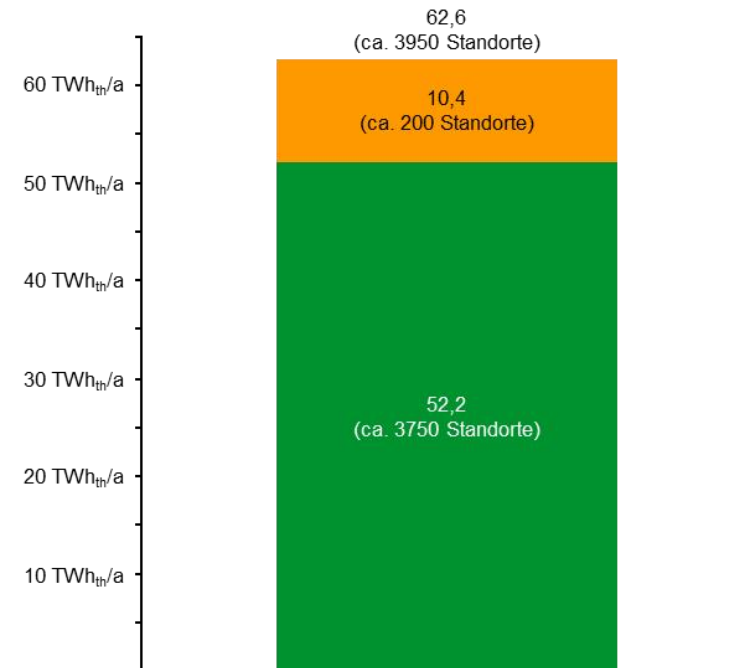
# Ergebnisse der Potenzialabschichtung

## Theoretisches Potenzial:



© GEF

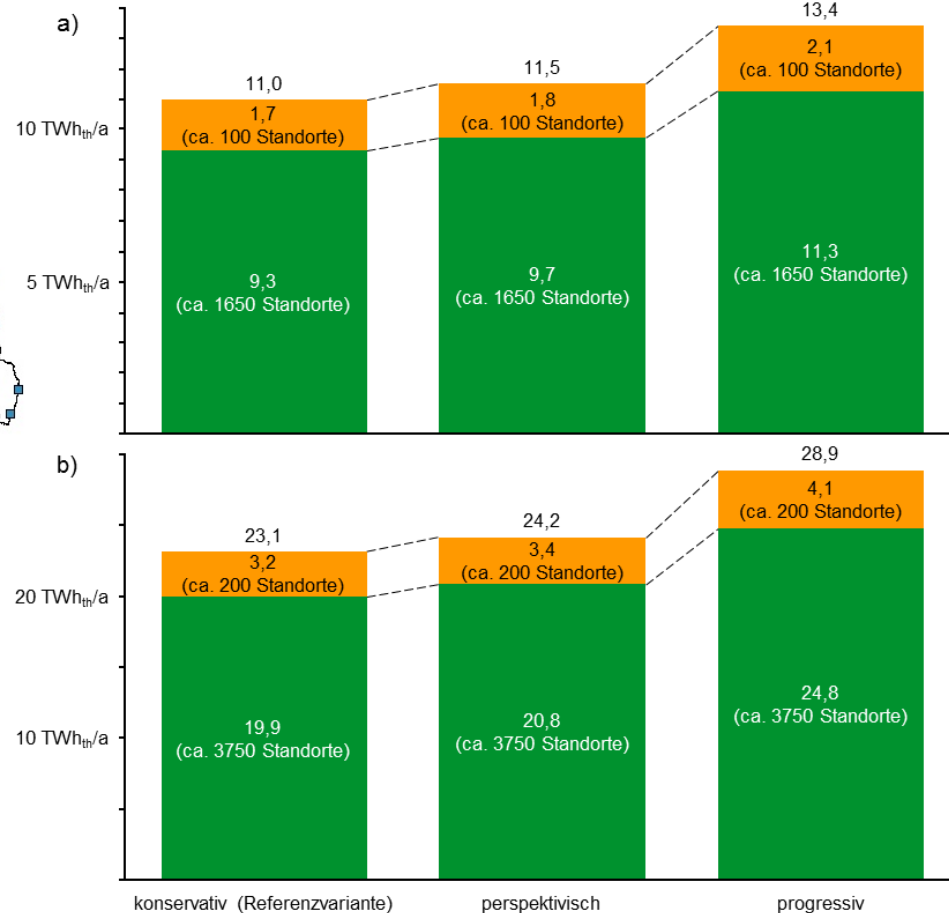
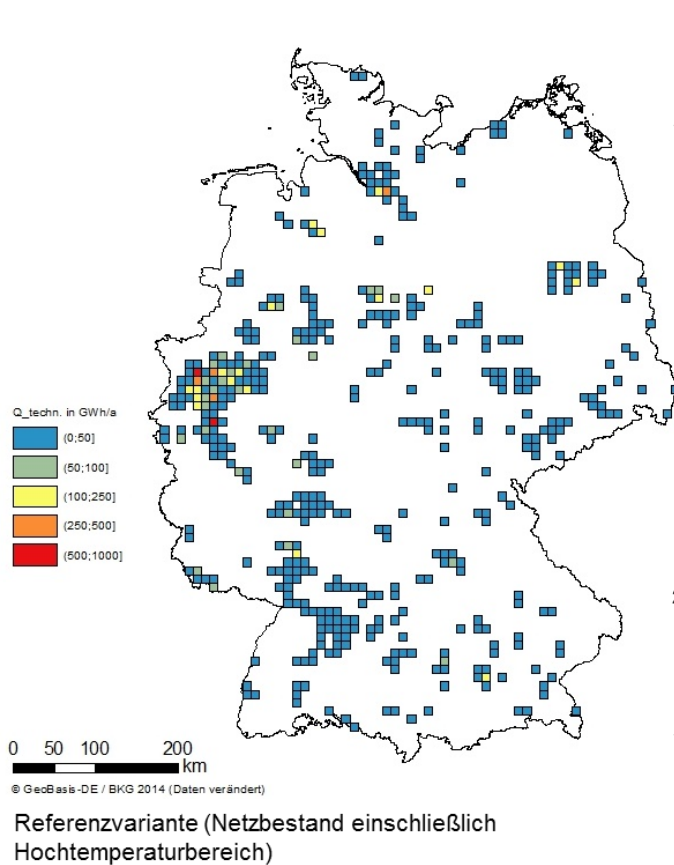
- Hochtemperatur
- Nieder- und Mitteltemperatur



# Ergebnisse der Potenzialabschichtung

Technisches Potenzial – a): Netzbestand, b): Netzbestand und Potenziale:

■ Hochtemperatur © GEF  
■ Nieder- und Mitteltemperatur

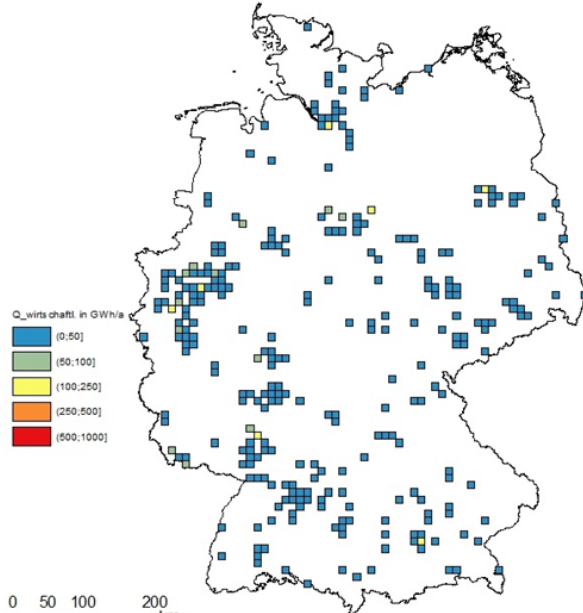


# Ergebnisse der Potenzialabschichtung



## Wirtschaftliches Potenzial bei übl. Wärmegestehungskosten

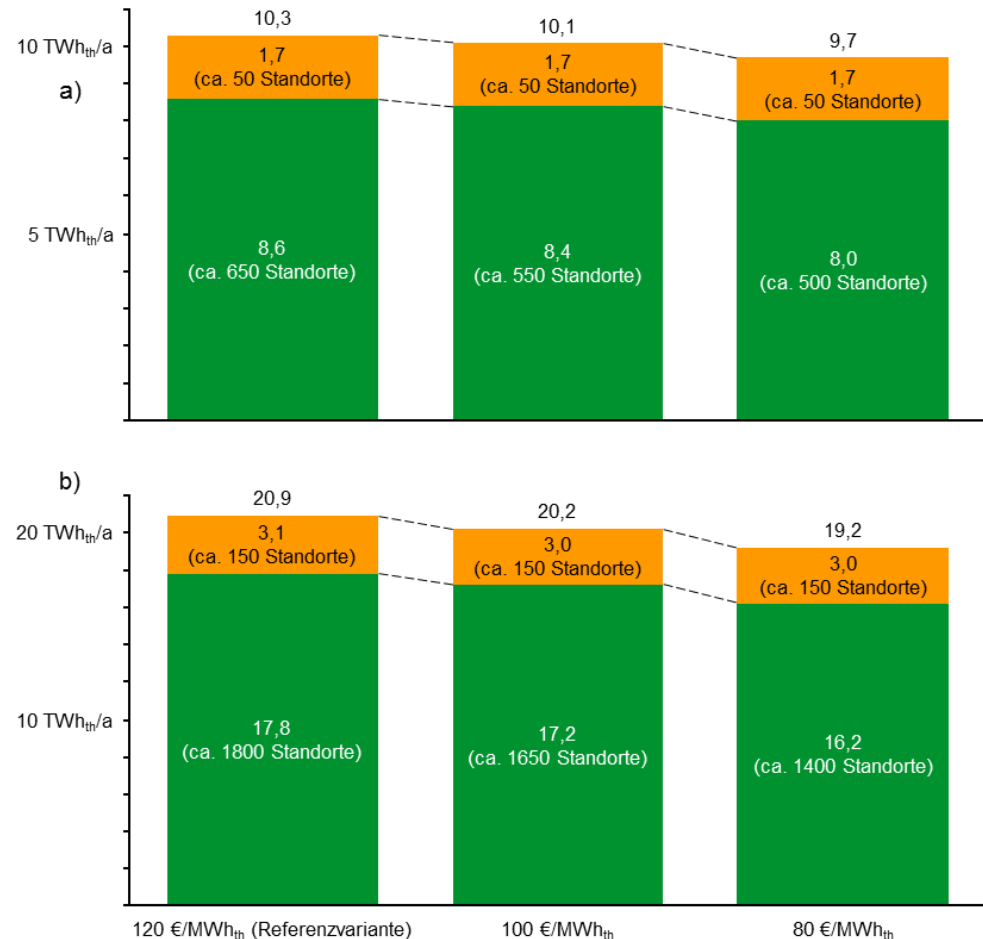
$$w_{th} \in [80, 100, 120] \frac{\text{€}}{\text{MWh}_{th}}$$

– a): **Netzbestand**, b): **Netzbestand und Potenziale**:



Referenzvariante (Netzbestand einschließlich Hochtemperaturbereich)

 Hochtemperatur  Nieder- und Mitteltemperatur © GEF



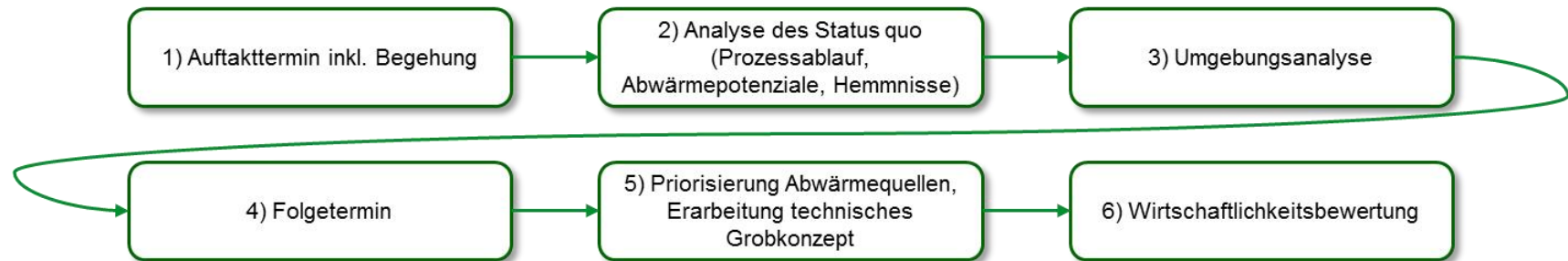


# Ergebnisse der Potenzialabschichtung

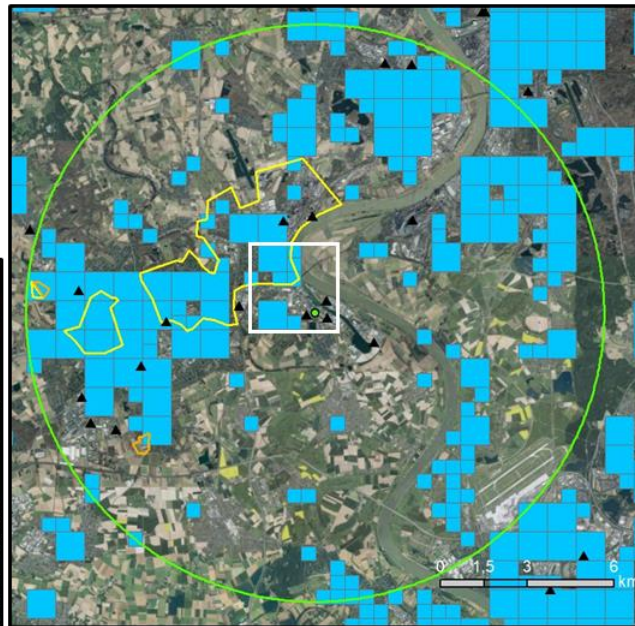
---

- Technisches Potenzial v.a. im Hochtemperaturbereich nahezu vollständig erschließbar:
  - Korrelation zwischen entsprechenden Unternehmensstandorten und Netzgebieten
  - Wertigkeit/Menge (sowie Zeitcharakteristik)
- Im Mittel-/Niedertemperaturbereich wirtschaftlich erschließbarer Anteil ca. 80-90 %
- **Hohe Relevanz leitungsgebundener Abwärmenutzung** im Hinblick auf Dekarbonisierung des Wärmesektors

# Praxiserhebungen: Fallstudien an sechs Industriestandorten



Bestehende Netze —  
 Netzpotenziale ■  
 Neubau —  
 Industriestandorte ▲  
 Trassenverlauf —



Trassenverlauf zur externen, netzgebundenen Nutzung (links) sowie Umgebungsanalyse zu externen Wärmesenken (rechts)

- **Abwärmequelle: Kondensat** aus Sammelschiene
  - $T_{Abw} \approx 90 \text{ °C}$  im Mittel
  - Diskontinuierlicher Anfall ( $> 90 \text{ (m}_n\text{)}^3/\text{h}$ , ca. 8.100 h/a)
- Einkopplung in Wärmenetz der Stadtwerke
- **Technisches Potenzial** ca. **25 GWh/a**
- Geschätzte Investitionen ca. 3,8 Mio. €
- Überschlägige **Wärmegestehungskosten** ca. **25 €/MWh**

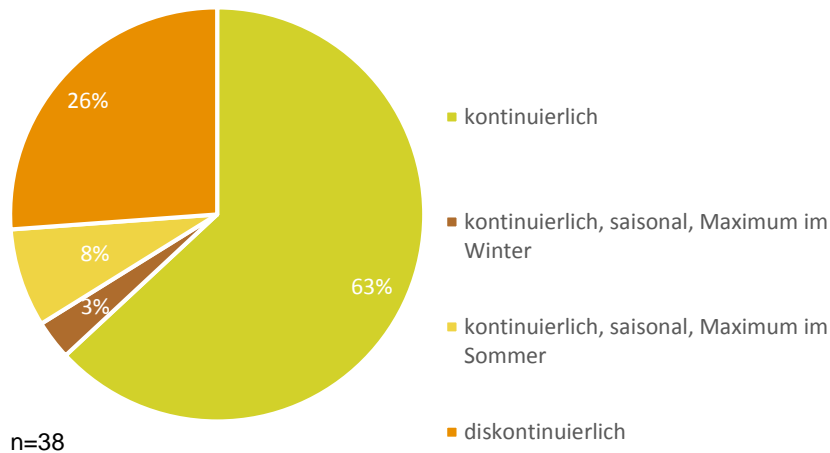
# Praxiserhebungen: Fallstudien an sechs Industriestandorten

Firma	Branchencode (NACE 2008)	Branchenbezeichnung (NACE 2008)	Theoretisches Potenzial in MWh <sub>th</sub> /a	Validiertes theoretisches Potenzial in MWh <sub>th</sub> /a	Priorisiert erschließbares technisches Potenzial in MWh <sub>th</sub> /a*	Kurzbeschreibung des Grobkonzepts	Investitionen in Mio. €	Wärmegestehungskosten in €/MWh <sub>th</sub> *
1.	1062	Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnisse	59.300	59.200	25.000	Einspeisung von Abwärme aus Wasserdampf in Bestandsnetz	3,8	<b>25</b>
2.	2451	Eisengießereien	9.900	15.900	2.000	Versorgung eines Nachbarbetriebs mit Abwärme aus Thermalölkreislauf	0,3	<b>25</b>
3.	2014	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalie	784.000	784.000	25.000	Einspeisung von Abwärme aus Wasserdampf in Bestandsnetz	4,7	<b>25</b>
4.	1712	Herstellung von Papier, Karton und Pappe	40.000	37.500	< 4.000	Einspeisung von Abwärme aus Abluft in Bestandsnetz	2,5	<b>50 / 140</b>
5.	1081	Herstellung von Zucker	32.500	30.400	4.500	Versorgung eines Freizeitbads mit Abwärme aus gereinigtem Rauchgas	1,3	<b>35</b>
6.	2399	Herstellung von sonstigen Erzeugnissen aus nichtmetallischen Mineralien	56.000	2.200	3.200	Versorgung eines Neubauwohngebiets mit Abwärme aus Kühlwasser	2,6	<b>165</b>

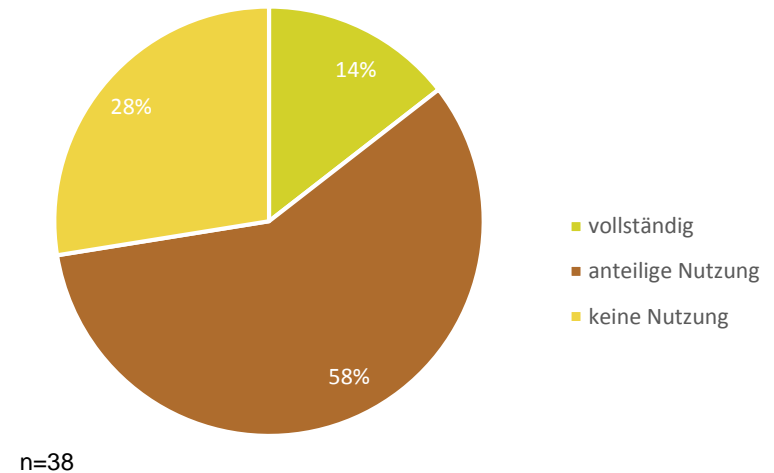
# Praxiserhebungen: Unternehmensumfrage zur netzgebundenen Abwärmennutzung

- Knapp **90 %** der befragten Unternehmen geben einen, auch nach betriebsinterner Wärmeintegration weiterhin **bestehenden Abwärmeüberschuss** an
- **40 %** schätzen das **Potenzial zur Abwärmelieferung** als „hoch“ oder „sehr hoch“ ein

a) Zeitliches Verhalten der Abwärmeströme



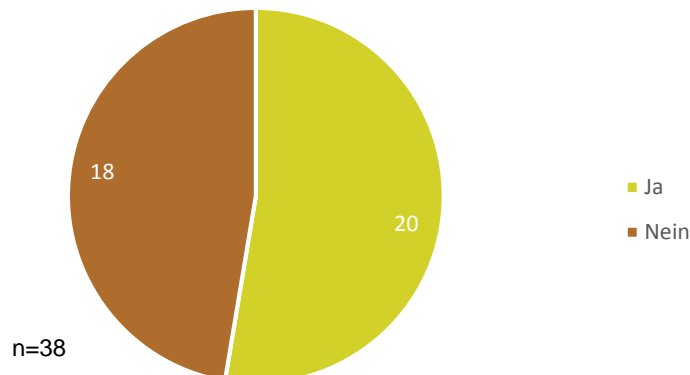
b) Nutzungsgrad des vorhandenen Abwärmepotenzials in der eigenen Betriebsstätte



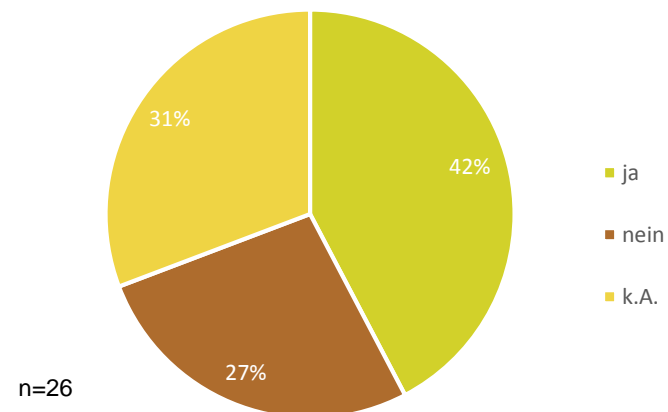
# Praxiserhebungen: Unternehmensumfrage zur netzgebundenen Abwärmennutzung

- **Unkenntnis über bestehende externe Wärmesenken** und Skepsis ggü. technisch-wirtschaftlicher Erschließbarkeit über Wärmenetze
- Zwei Drittel der genannten Hemmnisse bei der Vertragsgestaltung beziehen sich auf die **rechtliche Verbindlichkeit der Lieferung seitens der Unternehmen** (Lieferungsabsicherung, Vertragslaufzeit und Parametrierung der Wärme)

a) Anzahl Unternehmen, die "fehlende Wirtschaftlichkeit" als Hinderungsgrund zur Lieferung von Abwärme betrachten



b) Anteil Teilnehmer, die Erschwernisse im Rahmen der Vertragsgestaltung sehen



# Zusammenfassung

---

- Technisches Potenzial netzgebundener Abwärmenutzung von 23 bis 29 TWh/a, davon 11 TWh/a im Fernwärmebestand
- 80-90% der Quellen sind wirtschaftlich für eine Netzeinspeisung erschließbar
- Nutzungskonzepte sollten lokal überprüft werden – fehlende Wirtschaftlichkeit wird oftmals a-priori ohne genaue Prüfung als Hemmnis wahrgenommen

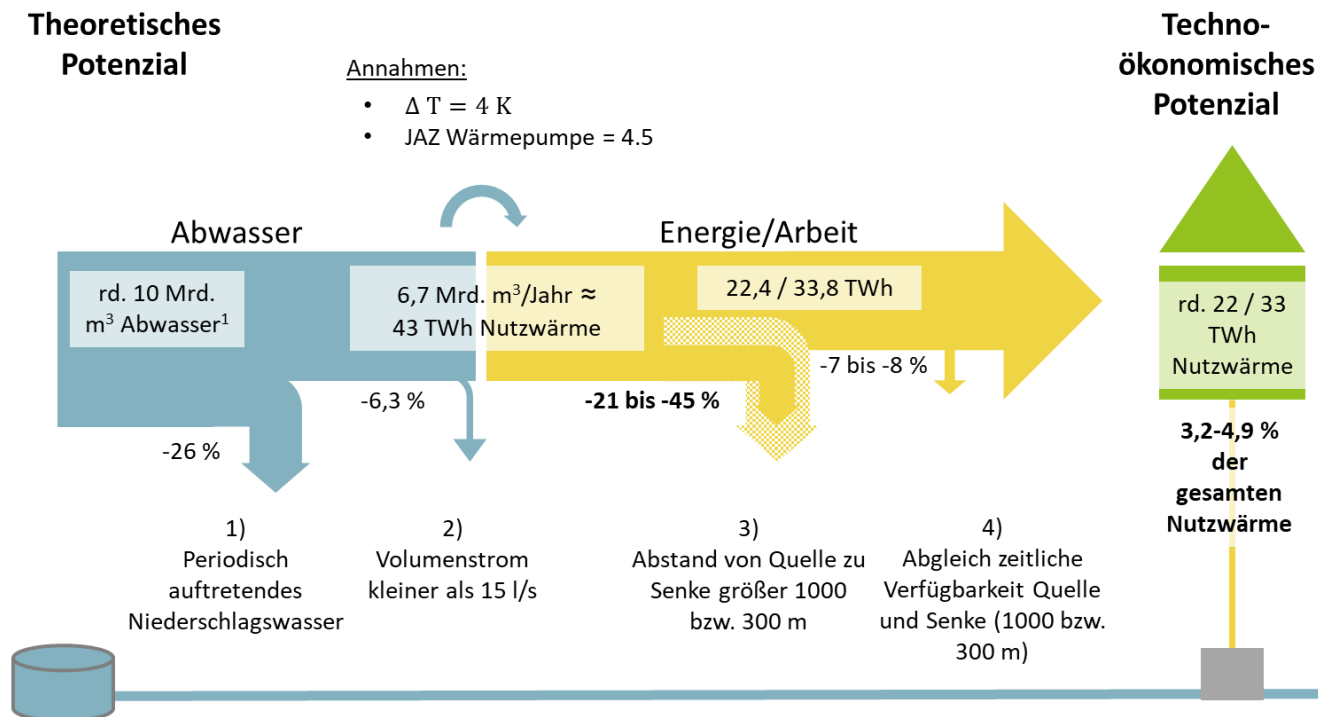
## Hebel:

- ❖ Förderung initialer Untersuchungen zur netzgebundenen Abwärmenutzung
- ❖ Systematisierte kommunale Wärmeplanung
- ❖ Abwärmenutzungsgebot
- ❖ Wärmesammelschienen/Wärmeverbände zur Minimierung des Ausfallrisikos
- ❖ EVUs / Contractoren als qualifizierte Akteure und als Intermediär zur Absicherung und Verstetigung von Wärmelieferungen
- ❖ Risikoabsicherungsfonds

# Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?

Neue Kurzstudie des ifeus zur Quantifizierung des energetischen Beitrags von Energie aus Abwasser für Heizzwecke.

Downloadbar unter: <https://www.ifeu.de/kommunale-abwaesser-als-potenzial-fuer-die-waermewende/>





INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

---

# Für Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung

**Sebastian Blömer**

[Sebastian.bloemer@ifeu.de](mailto:Sebastian.bloemer@ifeu.de) , Tel. +49 6221 4767-28

---

Projektinfos NENIA: <https://www.ifeu.de/projekt/nenia/>



Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 Telefax +49 (0)6 221. 47 67 - 19 [www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)