

BMWK-Fachtagung „Klimaschutz durch Abwärmenutzung“ | Düsseldorf

Wissenschaftliche Perspektiven und Ansätze für eine schnelle Umsetzung von Abwärmenutzungsoptionen

19. Oktober 2023

Dietmar Schüwer (Senior Researcher)

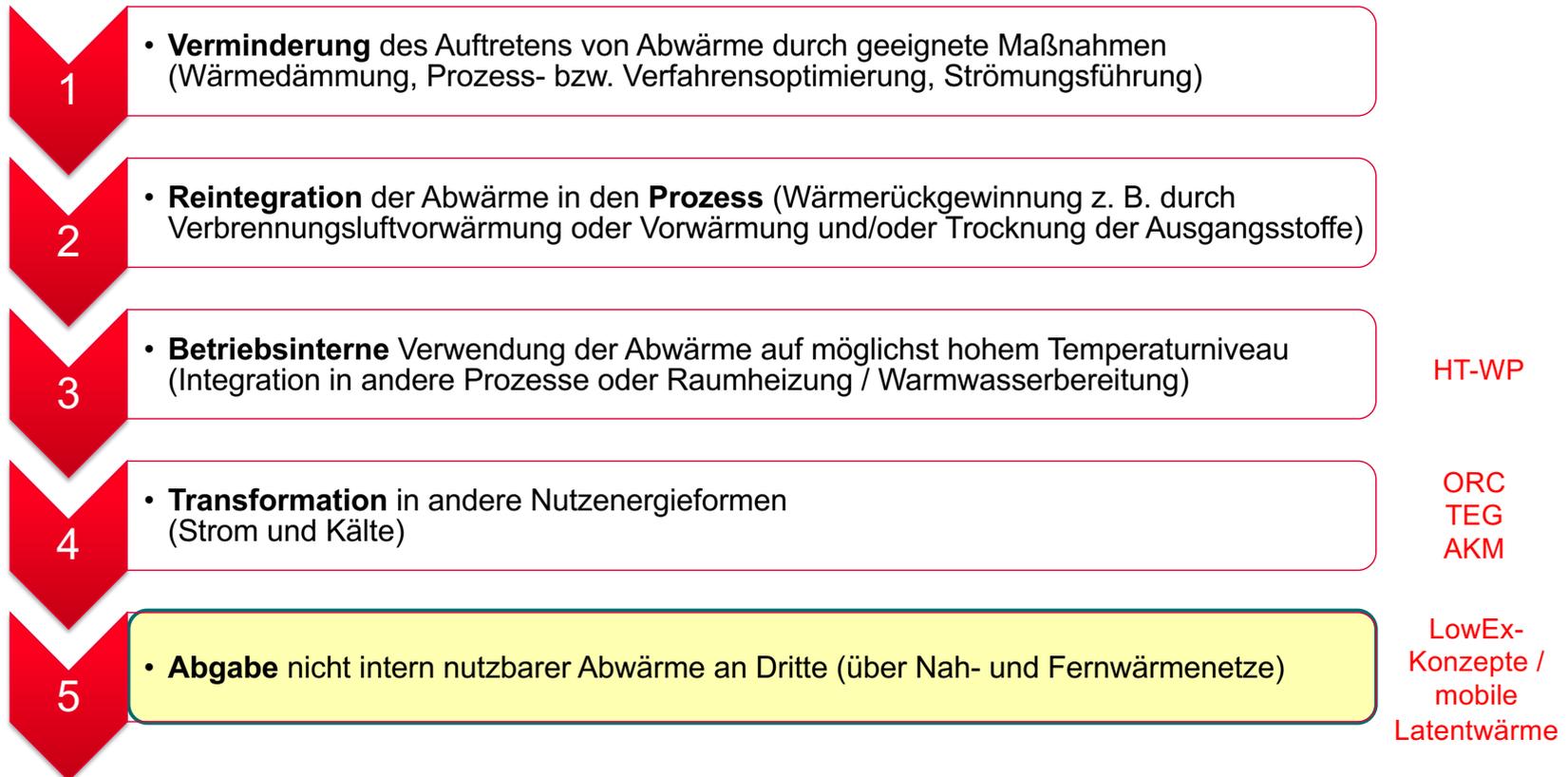
Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme

Prof. Dr. Manfred Fishedick (Präsident des Wuppertal Instituts)

Dr. Sascha Samadi (Co-Leiter des Forschungsbereichs Sektoren und Technologien)

Jenny Kurwan (Researcherin)

Priorisierung der Abwärmenutzung und Einsatz innovativer Technologien & Konzepte



Quelle: Eigene Darstellung (nach SAENA 2012)

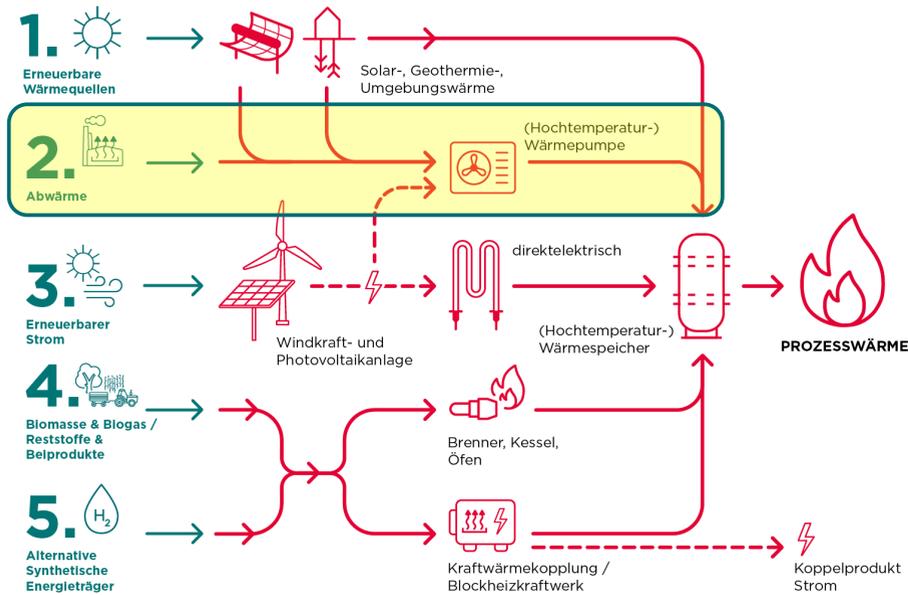
Abwärmennutzung (industriell / kommunal / gewerblich) erfordert eine ganzheitliche Bewertung und eine sorgfältige **SWOT-Analyse**

INTERN	<ul style="list-style-type: none">› (Bilanziell) CO₂-freie und kostenlose/günstige Wärmequelle, sofern sie als ein unvermeidbares Nebenprodukt eines ohnehin notwendigen Prozesses entsteht und genutzt werden kann› Sehr große theoretische Potenziale aus kommunalen (Abwasser, Klärwerke...), gewerblichen (Rechenzentren...) und industriellen (Prozesswärme) Quellen› Nur relativ geringer (zusätzlicher) Flächenbedarf für Wärmetauscher, Filter, Pumpen und Leitungen	Stärken	<ul style="list-style-type: none">› Quellen-Senken-Beziehung:<ul style="list-style-type: none">• Ggf. kostenintensive Transportleitung erforderlich• Ggf. Mismatch von Temperaturen oder Lastprofilen (z.B. durch Schicht- oder diskontinuierlichen Betrieb) -> Investitionen in Wärmespeicher, Booster und/oder Backup-Systeme erforderlich› Ggf. abrasive oder korrosive Abwärmeströme -> teure Wärmetauscher bzw. Filter› Strahlungswärme technisch schwierig nutzbar	Schwächen
	EXTERN	<ul style="list-style-type: none">› Nutzung kann aktive und kostenintensive Kühlung und ökologische Gewässerbelastung durch Wärmeeintrag verringern› Innovationen zur Nutzung von Strahlungswärme wie z.B. Thermo-elektrische Generatoren (TEG)› Mit Wärmepumpen auch Niedertemperaturabwärme nutzbar› Chance zur Imageverbesserung eines Abwärme liefernden Unternehmens› Hohe politische und gesellschaftliche Akzeptanz	Chancen	<ul style="list-style-type: none">› Potenziale vor Ort häufig im Detail unbekannt› Potenzielles Ausfallrisiko (in Menge, Leistung oder Temperatur) durch Produktionsausfall, Produktionsverlagerung oder Produkt- bzw. Prozesswechsel› Fehlendes Interesse seitens der Industrie, Abwärme zu liefern (bislang keine Abwärmennutzungspflicht)

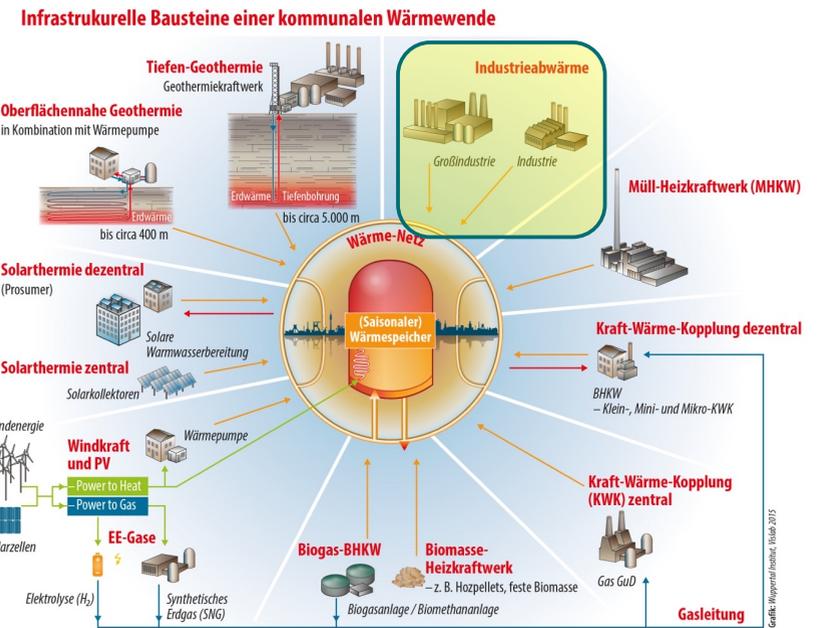
Abwärme kann ein bedeutender Baustein werden für die Dekarbonisierung...

... der industriellen Prozesswärmeversorgung

... UND der kommunalen Wärmeversorgung



Quelle: Schüwer und Holtz in et 10/2023



Quelle: Wuppertal Institut

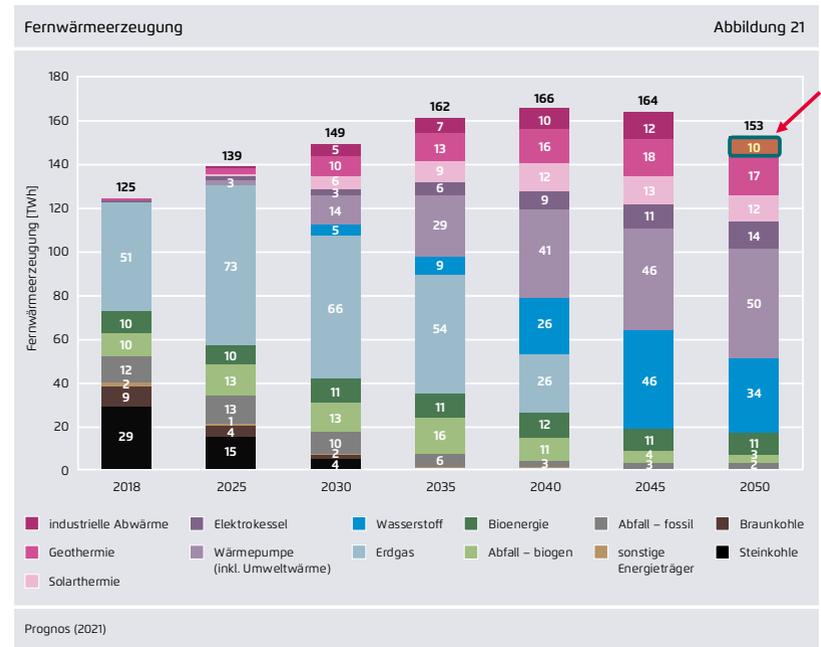
Abwärme kann ein bedeutender Baustein werden für die Dekarbonisierung...

... der industriellen Prozesswärmeversorgung



Agora et al.: Breaking free from fossil gas (Mai 23)

... UND der kommunalen Wärmeversorgung

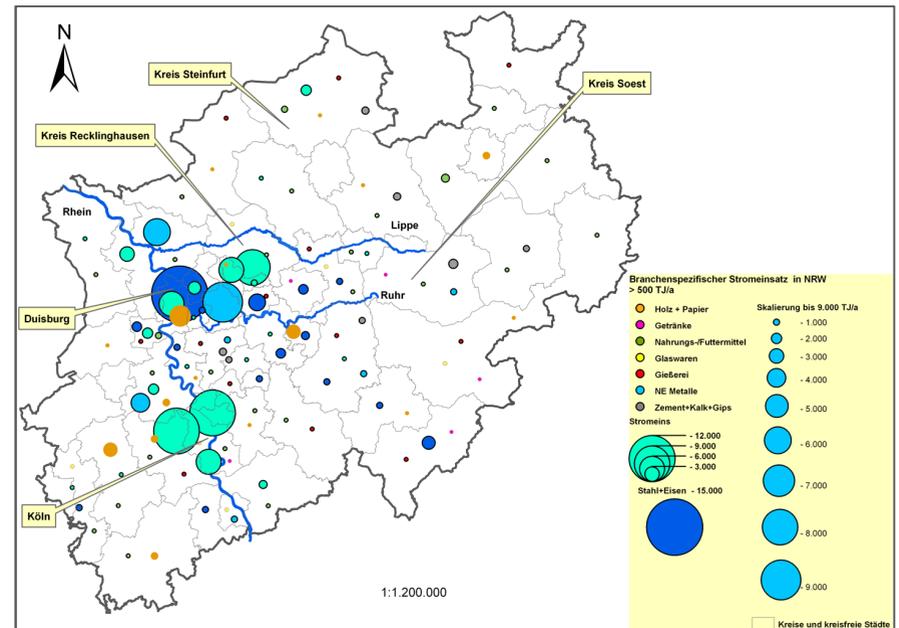
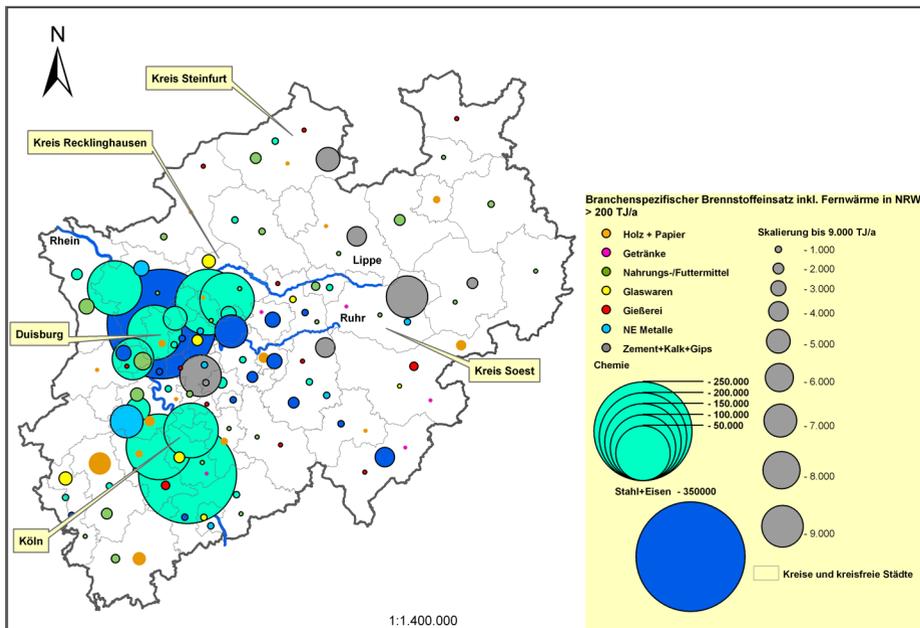


Prognos et al.: Klimaneutrales Deutschland 2045 (Jun 21)

Identifikation regionaler Abwärme-Hot Spots über branchenspezifische Energieeinsätze

Spez. Brennstoffeinsatz (inkl. Fernwärme) > 200 TJ/a (55,6 GWh)

Spez. Stromeinsatz > 500 TJ/a (138,9 GWh)

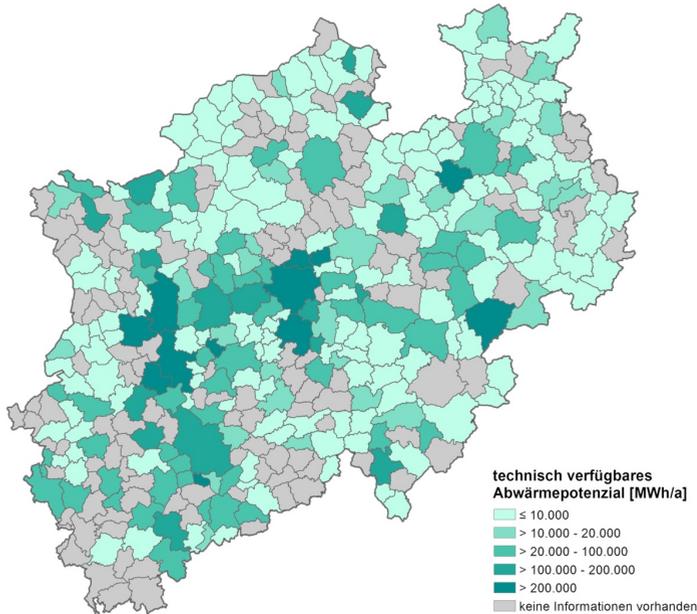


Abwärmennutzung kann helfen, den notwendigen Umbau auf grüne Fernwärme zu ermöglichen

Abwärmepotenziale NRW 2019

Aggregation der standortscharfen Abwärmepotenziale je Gemeinde

Summe: 88 bis 96 TWh technisch verfügbar
davon ca. 50% verwendbar: 44 bis 48 TWh



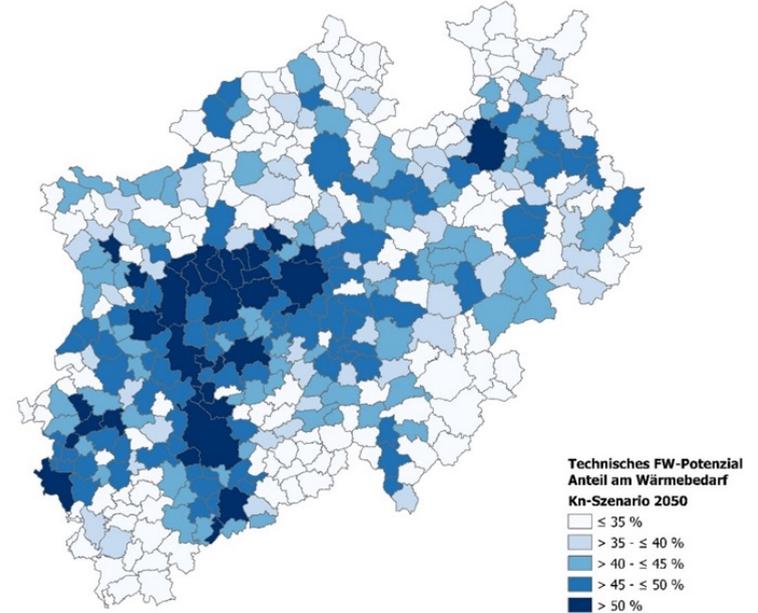
LANUV 2019: Potenzialstudie Industrielle Abwärme - LANUV-Fachbericht 96

Technische FW-Potenziale NRW im Klimaschutzscenario Kn 2050

in % Anteil am Gesamtwärmebedarf
(Mindest-Wärmeliniendichte: 750 kWh/m·a, Anschlussgrad: 50 - 70%)

Summe: 46 TWh (= 44 % vom Gesamtwärmebedarf 2050)

zum Vergleich Potenzial aus Projekt „Strom zu Gas und Wärme“ 2018:
28 bis 84 TWh (> 30 bzw. 10 GWh/km²a, Szenario mit 50% Wärmebedarfsreduktion)



LANUV 2021: Potenzialstudie Kraft-Wärme-Kopplung - LANUV-Fachbericht 116

Screening von „Abwärme“ in neun aktuellen Klimaneutralitäts-Studien (Jun 21 bis Mai 23)

Studie	Datum	Kontext / Kapitel	Anzahl Nennung	Quantitative Aussagen 2045	Qualitative Aussagen	Impact industr. Transformation
Ariadne-Report	Okt. 21	Wärmewende (Instrumente und Maßnahmen)	1	k.A. (ggf. unter 30 - 50% für Wärmepumpe)?	Vorschlag, sukzessive anwachsende Mindestanteile an erneuerbaren Energien und Abwärme in Fernwärmesystemen einzuführen (S. 106)	Kein Stichwort "Abwärme" in Industriekapitel
BMWK Langfrist-szenarien Foliensätze a) Energie b) Industrie c) Wärme	Nov. 22	a) Szenarienvergleich Wärmenetze (D/Europa) b) Methodik c) k.A.	1 1 0	k.A. (ggf. unter 116 - 138 TWh für Groß-Wärmepumpe)?	a) Foliensatz Energiewirtschaft: „Andere Wärmequellen wie industrielle Abwärme könnten den Bedarf an Großwärmepumpen weiter reduzieren “ (F56) b) Foliensatz Industrie: Graphik zur Methodik des Simulationsmodell FORECAST: Industrie mit (nicht näher erläuterten) Auswirkungen auf die "Interfaces" "Abwärmepotenziale" (sowie weitere "CCS, regionale Analyse und stündliche Lastkurve & DSM") c) Begriff „Abwärme“ kommt nicht vor	s. qualitative Aussage b)
dena-Leitstudie	Okt. 21	Energiesektor (FW-Nachfrage und -Erzeugung)	3 (+5 in Kurzgutachten)	2030: 7 TWh (von 124 TWh) 2045: 14 TWh (von 109 TWh) 2050: 14 TWh (von 101 TWh) bei HT-Groß-WP >130°C: 20% Abwärme (pdf-S. 769)	"Um langfristig klimaneutrale Fernwärme bereitzustellen, werden individuelle Kombinationen neuer Wärmequellen wie Geothermie, Solarthermie, industrielle Abwärme , Großwärmepumpen und Power-to-Heat (Elektrodenkessel) sowie Biomasse und Wasserstoff eingesetzt." (S. 110) Kurzgutachten " Technische Senken ": Temperaturniveau von NT-DAC-Anlagen (80–120°C) kann durch entweder Abwärme von Industrie- und Kraftwerksanlagen oder von HT-Wärmepumpen bereitgestellt werden (pdf-S. 575 f.) Kurzgutachten " Innovative Technologien ": Gesamtwirkungsgrad von HT-Speichern (30-80%) abhängig vom Grad der Abwärmenutzung (pdf-S. 748) Abwärme und Abwasser als nicht-erneuerbare Wärmequellen für Groß-WP (pdf-S. 769)	Kein Stichwort "Abwärme" in Industriekapitel
		Szenario-Metaanalyse:			Verstärkte Nutzung von Fernwärme insbesondere in Ballungsgebieten ; neben erneuerbaren Wärmequellen können diese auch Abwärme einbinden, vor allem aus Industrie & Abwasser. " (S. 49) Keine Graphik zur Fernwärmestruktur , nur Fußnote zu 2045:	

Screening von „Abwärme“ in neun aktuellen Klimaneutralitäts-Studien (Jun 21 bis Mai 23)

- › **Häufigkeit** der Nennung des Begriffs „Abwärme“:
zwischen „0“ (Treibhausgasneutrales Deutschland bis 2045) und „10“ (Klimapfade 2.0)
- › Nur 4 Studien mit **quantitativen Aussagen** zur Abwärmenutzung in der FW bzw. 2 Studien in der industriellen Prozesswärme:

Abwärme / Fernwärme / Prozesswärme in TWh	2018	2030		2045		2050	
	Abwärme	Abwärme	Anteil an FW/PW	Abwärme	Anteil an FW/PW	Abwärme	Anteil an FW/PW
Dena Leitstudie: Fernwärme	-	7	6 % (von 124)	14	13 % (von 109)	14	14 % (von 101)
GExit (EU 27!)¹⁾: Fernwärme	2	48	7 % (von 710)	133	22 % (von 615)	154	26 % (von 585)
Prozesswärme	0	250	8 % (von 3.050)	300	10 % (von 3.150)	400	12 % (von 3.300)
Klimapfade 2.0: Fernwärme	-	5	3 % (von 157)	10	6 % (von 163)	-	-
Prozesswärme ²⁾	-	36	8 % (von 444)	15	4 % (von 366)	-	-
KNDE: Fernwärme	2	5	3 % (von 149)	12	7% (von 164)	10	7% (von 153)

¹⁾ GExit-Studie: *Ambient and waste heat* gemeinsam ausgewiesen

²⁾ Klimapfade 2.0: *Fernwärme und Abwärme* gemeinsam ausgewiesen

- › Insgesamt nur **wenige (detaillierte) Aussagen** zur Abwärme, quantitativ teilweise unscharf (z.B. subsummiert unter „Wärmepumpe“)
- › Kontext der Nennung i.d.R. **Energiesektor (Senke)**, nicht Industriesektor (Quelle), eine Studie (SCI4Climate.NRW) nennt Kontext Nutzung von Abwärme zur energieeffizienten CO₂-Abscheidung in der Zementindustrie (Aminwäsche)
- › I.d.R. **keine Aussagen** über **Impact** der **Industrie-Transformation** (Dekarbonisierung) auf zukünftige Abwärmepotenziale

Mögliche Auswirkungen der Industriedekarbonisierung auf die Nutzung industrieller Abwärme - eine erste qualitative Einordnung

Indikator	Auswirkungen	Tendenz Abwärmepotenzial
Produktwechsel	<ul style="list-style-type: none"> Phase-out fossiler Produkte (z.B. Heizöl, Benzin) 	↓
Prozesswechsel	<ul style="list-style-type: none"> Phase-out abwärmeintensiver Prozesse (z.B. Ersatz Hochofenroute durch H₂-DRI) 	↓
Elektrifizierung	<ul style="list-style-type: none"> Erhebliche Effizienzverbesserung (bessere Dosierung, keine Abgase, Bsp.: elektr. Kalzinator) Erhöhter Bedarf an Flexibilisierung (Strom schlechter speicherbar als Brennstoffe), aber gleichzeitig auch Potenzial für Flexibilisierung (PtH mit Wärmespeicher) 	↘
PtX	<ul style="list-style-type: none"> Gewisse Effizienzverbesserung im Bereich der Energienachfrage (Synthese angepasster und sauberer Brennstoffe) Ansonsten tendenziell eher gleichbleibende Abwärmeströme hinsichtlich Menge und Temperatur Aber: bei H₂-Produktion (Elektrolyse) sowie Bereitstellung synthetischer Kohlenwasserstoffe (Methanol-Synthese, Fischer-Tropsch-Prozess) möglicherweise hohe zusätzliche Abwärmemengen 	↘ → ↑
iCCS/CCU-Route	<ul style="list-style-type: none"> Effizienzverluste (je nach Prozess höherer Dampf- oder Strombedarf) bzw. Nutzung (bisher ungenutzter) interner Abwärmeströme anstelle von Abwärmeabgabe an Dritte (z.B. Post-Combustion-CCS) Ansonsten etwa gleichbleibende Abwärmeströme hinsichtlich Menge und Temperatur 	↘ →

iCCS: industrielles Carbon Capture and Storage, CCU: Carbon Capture and Usage, DRI: Direct Reduced Iron

Quelle: Wuppertal Institut

Handlungsvorschläge für Abwärmenutzung

WI-Studie 2015 zu Treibern & Hemmnissen industrieller Abwärmenutzung in NRW

- was hat sich geändert?

	übergreifend	Wärme-Einspeisung	NT-Wärme	Innovative Technologien
technisch	<ul style="list-style-type: none"> Förderung einzelbetrieblicher Untersuchungen 	<ul style="list-style-type: none"> Netzausbau 	<ul style="list-style-type: none"> Konzepte zur Minderung der Wärmenetz-Temp. (inkl. Low-Ex) Berücksichtigung Abwasser-Abwärmenutzung bei Kanalsanierungen WT-Vorrüstung bei Kanalsanierungen 	<ul style="list-style-type: none"> Forschungsprojekt mobiler Transport von (Latent-)Wärme Weiterentwicklung ORC / Stirling / TEG in Pilotanlagen Potenzialanalyse & Feldtest HT-Wärmepumpen
wirtschaftlich	<ul style="list-style-type: none"> Planbare energiepolitische Rahmenbedingungen CO₂-Bepreisung fossiler Brennstoffe (→ externe Kosten) Investitionsförderung von Abwärmenutzungs-Projekten Einspeisegesetz für Abwärme 	<ul style="list-style-type: none"> Bürgschaften gegen Ausfallrisiko 	<ul style="list-style-type: none"> Förderung von NT- und Kalte-Nahwärme-Konzepten Investitionskostenzuschuss für Hausanschluss / Energiezentrale / Erschließung Wärmequelle 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionsförderung für innovative branchenspezifische Industrie-Prozesse Anschubfinanzierung für Verstromungs-Technologien
organisatorisch-strukturell	<ul style="list-style-type: none"> Zentrale koordinierende Stelle auf Landesebene (Netzwerk Abwärme NRW) Abwärme- bzw. Senkenkataster Info-Kampagne 	<ul style="list-style-type: none"> Meldepflicht Abwärmepotenziale -> Neue Plattform im EnEFG 	<ul style="list-style-type: none"> Systematische Prüfung auf Eignung von Abwasser-Wärmenutzung bei Neubau & (Quartiers-)Sanierung Entwicklung von Dargebotskarten 	
rechtlich	<ul style="list-style-type: none"> Sukzessives Verbot fossiler Einzelfeuerstätten (Bsp. Dänemark) 	<ul style="list-style-type: none"> Straffung Genehmigungsverfahren Klare Regelungen zur Einspeisung / Entnahme aus Wärmenetzen Wärmeeinspeise bzw. -aufnahmepflicht FW-Anschlusszwang 		<ul style="list-style-type: none"> Einspeisevergütung für Abwärmeverstromung im KWKG Verbindliche Abwärmenutzung (Verstromung)

Handlungsvorschläge für Abwärmenutzung

WI-Studie 2015 zu Treibern & Hemmnissen industrieller Abwärmenutzung in NRW
- was hat sich geändert?

umgesetzt
teilweise umgesetzt
offene Baustelle



	übergreifend	Wärme-Einspeisung	NT-Wärme	Innovative Technologien
technisch	<ul style="list-style-type: none"> Förderung einzelbetrieblicher Untersuchungen 	<ul style="list-style-type: none"> Netzausbau 	<ul style="list-style-type: none"> Konzepte zur Minderung der Wärmenetz-Temp. (inkl. Low-Ex) Berücksichtigung Abwasser-Abwärmenutzung bei Kanalsanierungen WT-Vorrüstung bei Kanalsanierungen 	<ul style="list-style-type: none"> Forschungsprojekt mobiler Transport von (Latent-)Wärme Weiterentwicklung ORC / Stirling / TEG in Pilotanlagen Potenzialanalyse & Feldtest HT-Wärmepumpen
wirtschaftlich	<ul style="list-style-type: none"> Planbare energiepolitische Rahmenbedingungen CO₂-Bepreisung fossiler Brennstoffe (→ externe Kosten) -> ETS & BEH Investitionsförderung von Abwärmenutzungs-Projekten Einspeisegesetz für Abwärme -> in EnEg (Rechenzentren) 	<ul style="list-style-type: none"> Bürgschaften gegen Ausfallrisiko 	<ul style="list-style-type: none"> Förderung von NT- und Kalte-Nahwärme-Konzepten Investitionskostenzuschuss für Hausanschluss / Energiezentrale / Erschließung Wärmequelle -> BEW & BEG 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionsförderung für innovative branchenspezifische Industrie-Prozesse Anschubfinanzierung für Verstromungs-Technologien
organisatorisch-strukturell	<ul style="list-style-type: none"> Zentrale koordinierende Stelle auf Landesebene (Netzwerk Abwärme NRW) Abwärme- bzw. Senkenkataster -> LANUV Wärmekataster Info-Kampagne 	<ul style="list-style-type: none"> Meldepflicht Abwärmepotenziale -> Neue Plattform im EnEg 	<ul style="list-style-type: none"> Systematische Prüfung auf Eignung von Abwasser-Wärmenutzung bei Neubau & (Quartiers-)Sanierung Entwicklung von Dargebotskarten 	
rechtlich	<ul style="list-style-type: none"> Sukzessives Verbot fossiler Einzelfeuerstätten (Bsp. Dänemark) -> GEG 2024 	<ul style="list-style-type: none"> Straffung Genehmigungsverfahren Klare Regelungen zur Einspeisung / Entnahme aus Wärmenetzen Wärmeeinspeise bzw. -aufnahmepflicht FW-Anschlusszwang 		<ul style="list-style-type: none"> Einspeisevergütung für Abwärmeverstromung im KWKG Verbindliche Abwärmenutzung (Verstromung)

- › **Große** theoretische und technische **Abwärmepotenziale** vorhanden
- › Abwärme - neben erneuerbaren Wärmequellen - ein zentraler Baustein sowohl für **kommunale Wärmewende** als auch für **klimaneutrale industrielle Prozesswärmeversorgung**
- › Potenziale können aber nur gehoben werden, wenn **alle Akteure** (Industrie, Kommunen, Politik, EVU, Wärmenetzbetreiber...) **gemeinsam** an einem Strang ziehen
- › Viele, seit langem bekannte **Hemmnisse** (Ausfallrisiko, hohe Erwartungen an ROI-Zeiten, Unkenntnis über tatsächliche Abwärmepotenziale vor Ort, Mangel an Kompetenz und Personal...) und **Vorschläge zur Abhilfe** (Ausfallbürgschaft, Garantiefond, Push- und Pull-Maßnahmen...) bleiben relevant
- › Technische Optionen & Hemmnisse sind i.d.R. schon bekannt, aber **Druck jetzt höher** (Kohleausstieg, THG-neutrale Industrie, Verpflichtung Wärmenetze 30 % bis 2030 (80 % bis 2040) klimaneutral, CO₂-Bepreisung etc.)

- › **Forschungsbedarf** zu Auswirkungen der **industriellen Transformation** (inkl. Renewables Pull) auf Abwärmennutzungspotenziale
- › **Niedertemperatur-Potenziale** und deren Nutzung mit (HT-)Wärmepumpen können eine wesentliche Rolle spielen
- › Zusätzlich Erweiterung der Potenziale, wenn es (mittel- bis langfristig) gelingt, das Temperaturniveau von Wärmenetzen weiter abzusenken (**LowEx-Konzepte**)
- › **Ausbau Wärmenetze** ist Enabler
 - > Ausbau steht und fällt auch mit dessen **Akzeptanz**
 - > Transparente Preisgestaltung und **Schutz vor Monopolmissbrauch** essentiell!
(Good Practice aus DK: genossenschaftlicher Betrieb von Wärmenetzen, Partizipation und finanzielle Beteiligung der angeschlossenen Haushalte an der eigenen Wärmeversorgung)

Dietmar Schüwer | dietmar.schuewer@wupperinst.org

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit**

Weitere Informationen:

www.wupperinst.org