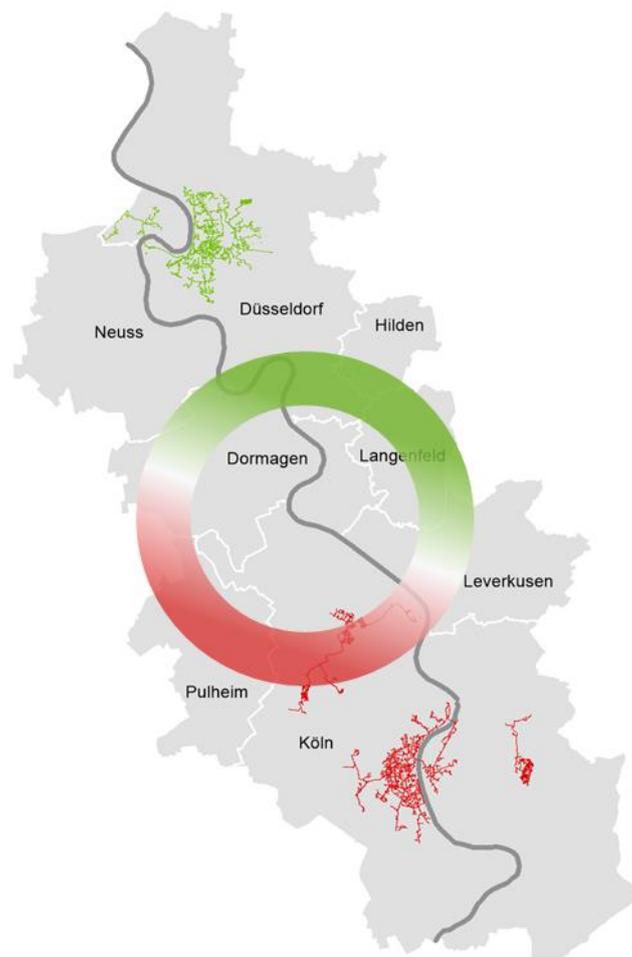


Machbarkeitsstudie Fernwärmeschiene Rheinland

Kurzfassung Endbericht



Auftraggeber: **RheinWerke GmbH**



Bericht: **Machbarkeitsstudie Fernwärmeschiene Rheinland**

Autoren: Manuela Bücken
Stefan Kotzur
Dr. Armin Kraft
Dr. Marius Maximini
Sabine Milatz
Cordt Rohde
Karsten von Laufenberg

Bearbeitungszeitraum: September 2018 bis Oktober 2019

Gefördert durch EFRE-Mittel, Projekt EFRE-0200527 „Machbarkeitsstudie Fernwärmeverbindungsleitung zwischen Köln und Düsseldorf“



Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Veröffentlichung: 10.12.2019

**EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH in Zusammenarbeit mit
EES ENERKO Energy Solutions GmbH**

Adresse Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Telefon +49 (2464) 971-3
Internet www.enerko.de
E-Mail info@enerko.de

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung und Methodik	1
2 Ausgangssituation und Randbedingungen	3
2.1 Wärmeversorgung	3
2.2 Industriestrukturen	4
3 Bewertung und Ergebnisse	6
3.1 Fern- und Nahwärmeausbau	6
3.2 Abwärmepotenziale	10
3.3 Trassenkorridore	14
3.4 CO ₂ Einsparpotenzial.....	16
3.5 Kostenschätzung und wirtschaftliche Bewertung	19
4 Fazit und Ausblick	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Methodisches Vorgehen und Verknüpfung der Arbeitsschritte	2
Abbildung 2:	Wärmedichte (links) und Erdgas- und Wärmenetze im Untersuchungsgebiet.....	3
Abbildung 3:	Standort interkommunaler CHEMPARK Dormagen (vorne) mit INEOS (hinten): Bildquelle: Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen.....	5
Abbildung 4:	Anteil der Erschließungsklassen in den Städten.....	7
Abbildung 5:	Fernwärme-Absatzpotenziale und bestehende Fernwärmenetze.....	8
Abbildung 6:	untersuchte Trassenabschnitte Wärmeverbundleitung	15
Abbildung 7:	schematische Darstellung Wärmeverbund und Vorzugstrasse	17
Abbildung 8:	Einsparung an Treibhausgasemissionen im Wärmeverbund (positiv: Einspareffekt, negativ: zusätzliche Emissionen).....	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ergebnis der Strukturanalyse: Absatzpotenziale in den einzelnen Clustern.....	9
Tabelle 2:	Zusammenfassung Abwärmepotenziale	14

1 Aufgabenstellung und Methodik

Ein großer Anteil des Primärenergieeinsatzes in Deutschland wird zur Erzeugung von Raum- und Prozesswärme eingesetzt, der Wärmesektor ist somit mit rd. 1.200 TWh/a der größte Verbrauchssektor. Während der Anteil Erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung kontinuierlich bis auf 38 % in 2018 gestiegen ist, tragen erneuerbare Quellen und weitere CO₂-arme Erzeuger nur rund 14 % dazu bei, bei einer seit 10 Jahren fast stagnierenden Entwicklung.

Im Klimaschutzplan 2050 bestätigte die Bundesregierung 2016 die Minderungsziele von mindestens 55 % bis 2030 und von mindestens 70 % bis 2040, auch im Klimaschutzgesetz wurde das 55% Ziel bis 2030 noch einmal gesetzlich verankert. Um diese angesichts der Zielverfehlung für 2020 sehr ambitionierten Minderungsziele zu erfüllen, müssen alle Sektoren und alle Minderungsmaßnahmen herangezogen werden.

Dem Wärmesektor kommt somit eine besondere Bedeutung zu. Verschiedene aktuelle Studien gehen von einer deutlichen Steigerung der leitungsgebundenen Versorgung insgesamt, wie auch des Anteils erneuerbarer Energien in der Wärmeerzeugung aus. Auch in kleineren Städten und dem ländlichen Raum werden Ausbaupotenziale gesehen. In verdichtetem Ballungsraum, wie vielfach in NRW zu finden, ist die Dekarbonisierung der Fernwärme in Verbindung mit effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ein wesentlicher Baustein einer zukünftigen Wärmestrategie.

Aufgrund der in Großstädten immer vorhandenen Erzeugungsrestriktionen, wie z.B. Flächenbedarf, sind allerdings weitere Effizienzverbesserungen zunehmend nur in Kombination mit dem Umland zu erreichen.

Bei einer möglichen Verbindung der Fernwärmenetze der RheinEnergie in Köln und der Stadtwerke Düsseldorf sind weitere CO₂-arme Wärmeerzeugungsoptionen, wie z.B. industrielle Abwärme, Solarthermie oder Großwärmepumpen entlang einer möglichen Trassenverbindung wichtige Optionen. Besonders die Abwärmepotenziale sind in NRW angesichts eines hochgerechneten Potenzials von rd. 44 TWh/a in der 2019 abgeschlossenen Potenzialstudie das LANUV von besonderer Bedeutung.

Die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines rheinischen Fernwärmeverbundes ist in dieser Studie im Auftrag der RheinWerke als gemeinsame Tochter der RheinEnergie in Köln und Stadtwerke Düsseldorf untersucht worden.

Neben den Auftraggebern wurden weitere Akteure eingebunden, wie Industrieunternehmen oder lokale Energieversorger. Die Autoren danken den beteiligten Unternehmen¹ ausdrücklich für die sehr konstruktive Zusammenarbeit und Unterstützung der Machbarkeitsstudie.

¹ Zu nennen sind hier: evd Energieversorgung Dormagen, Stadtwerke Neuss, Energieversorgung Leverkusen, Currenta, Aluminium Norf, Hydro Aluminium Rolled Products/Werk Neuss, Ineos, Kronos Titan, Infineum

Die oben genannten Fragestellungen wurden in einer Projektstruktur bearbeitet, die aus den in Abbildung 1 dargestellten folgenden Teilprojekten besteht.

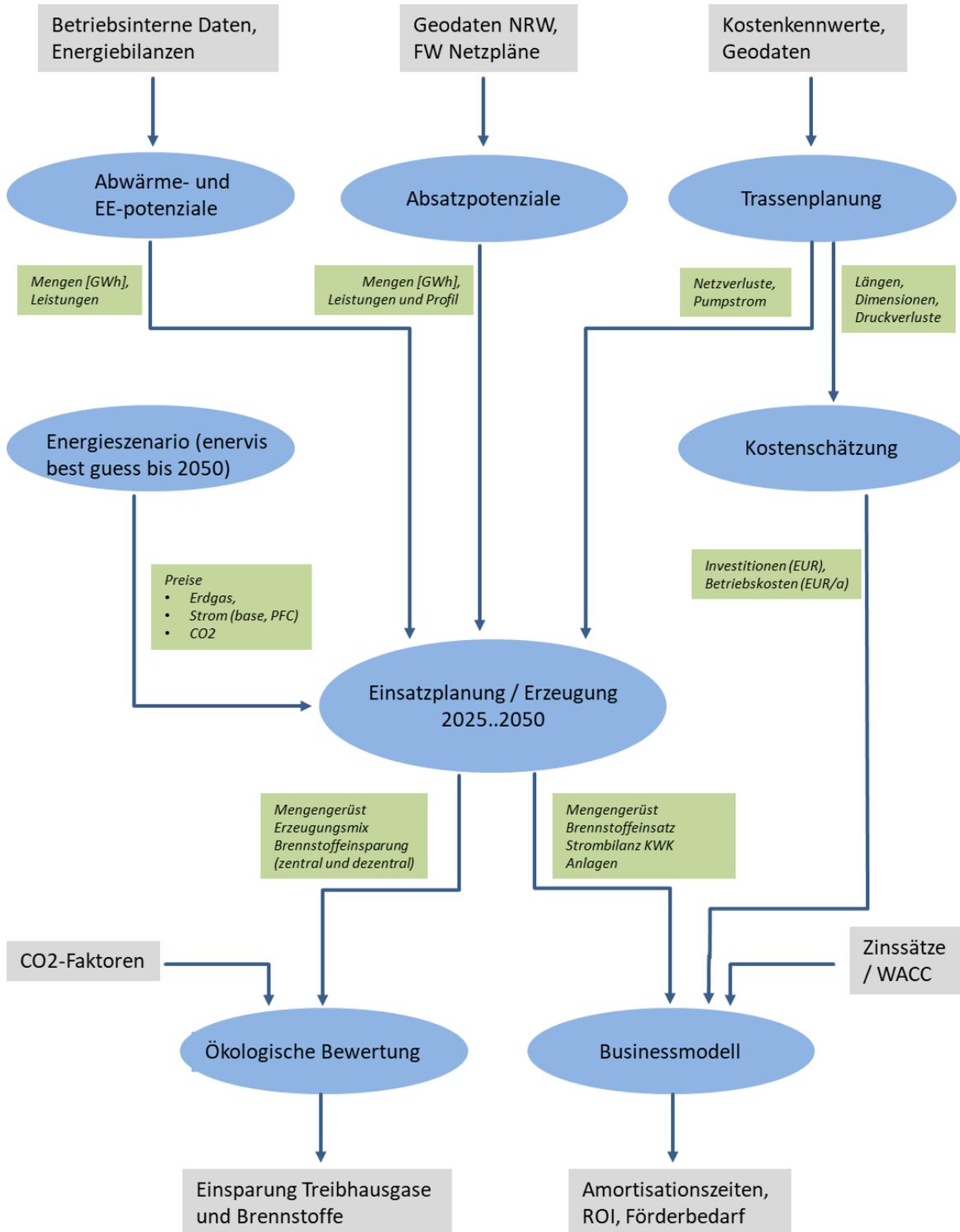


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen und Verknüpfung der Arbeitsschritte

2 Ausgangssituation und Randbedingungen

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von Köln entlang des Rheins über Pulheim, Dormagen und Neuss auf der linksrheinischen Seite, bis hin zu Düsseldorf über Leverkusen, Monheim, Langenfeld und Hilden auf der rechtsrheinischen Seite. Dieser Untersuchungsraum wurde vor Projektstart als sinnvoller räumlicher Rahmen festgelegt.

2.1 Wärmeversorgung

Im Untersuchungsgebiet gibt es einen Wärmebedarf für Heizen und Trinkwarmwasser in Höhe von rd. 19 TWh/a. Dieser Bedarf wird durch verschiedene Wärmequellen gedeckt. Zum einen erfolgt die Versorgung durch große Fernwärmenetze in den Städten Köln, Düsseldorf und Leverkusen. Hier stellen die RheinEnergie, Stadtwerke Düsseldorf und Energieversorgung Leverkusen jeweils rd. 20 % der Wärmeversorgung.

Alle Städte im Untersuchungsgebiet sind weitgehend durchgängig mit Erdgas erschlossen, wobei eine genaue adressscharfe Erfassung im Rahmen dieser Untersuchung nicht vorgenommen wurde. Die Wärmedichte sowie die Versorgungsstruktur des Untersuchungsgebietes mit Gas- und Fernwärmenetzen sind in der folgenden Karte dargestellt:

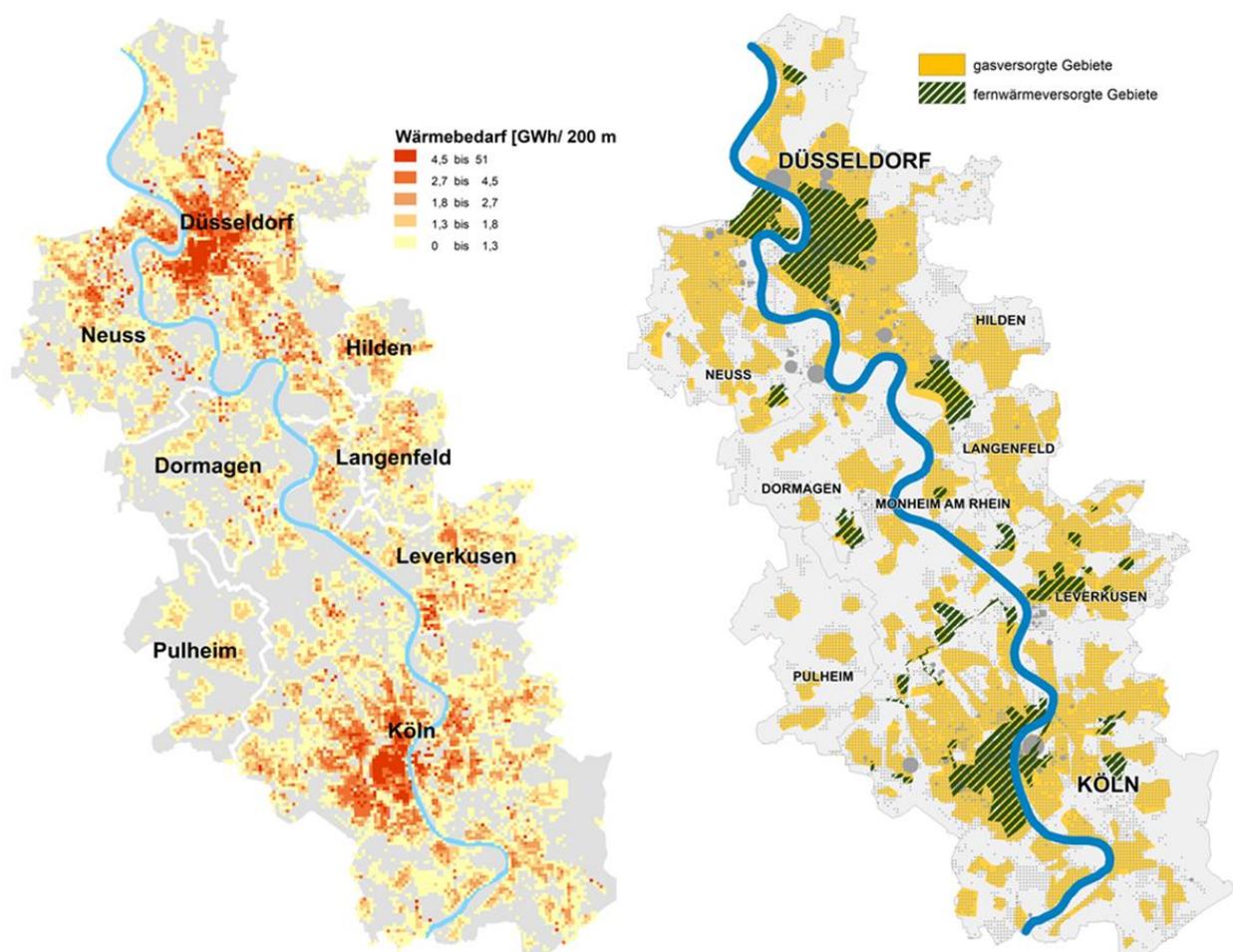


Abbildung 2: Wärmedichte (links) und Erdgas- und Wärmenetze im Untersuchungsgebiet

Die Stadtwerke Düsseldorf und die RheinEnergie in Köln versorgen Teile der jeweiligen Städte mit Fernwärme, mit einem Fernwärmeabsatz von jeweils rd. 1.200 GWh/a.

In Leverkusen wird ebenfalls ein Fernwärmenetz von der Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co. KG (EVL) betrieben und rd. 150 GWh/a Fernwärme an Kunden abgesetzt. Weitere, eher kleinere Nahwärmegebiete mit jeweils unter 30 GWh/a Wärmeabsatz, gibt es auch in Dormagen (z.B. Hackenbroich), Neuss (Allerheiligen) und Monheim (Oranienburger Str./Europaallee), welche von den jeweiligen lokalen Stadtwerken betrieben werden.

Sowohl die Stadtwerke Düsseldorf als auch die RheinEnergie haben in den letzten Jahren hochmoderne gasgefeuerte KWK-Anlagen in Betrieb genommen (GuD-Kraftwerk „Fortuna“, HKW Niehl 3 in Köln), zudem werden Abwärme aus Müllverbrennung (Heizkraftwerk Flinngern) und Heizwerke zur Spitzenlastdeckung genutzt.

Die GuD-Anlage in Düsseldorf ist mit rd. 600 MW elektrisch und einem elektrischem Nutzungsgrad von 60% eine der größten und effizientesten KWK-Anlagen überhaupt, hier können bis zu 300 MW KWK Fernwärme ausgekoppelt werden.

Die RheinEnergie betreibt in Köln ebenfalls zwei hocheffiziente GuD-Kraftwerke (Niehl 2 und 3) mit zusammen 500 MW thermischer Leistung bei maximaler Wärmeauskopplung. Diese drei Anlagen sind die Haupterzeuger der jeweiligen städtischen Fernwärmenetze, gleichzeitig dienen sie aber auch der Spitzenstromerzeugung und Regelleistungserbringung.

Weitere große Erzeugungsanlagen werden in Dormagen (GuD-Anlage für den Chempark Dormagen), Leverkusen (Müllverbrennungsanlagen, Industriekraftwerk der Currenta) sowie bei einigen anderen Industriestandorten betrieben.

2.2 Industriestrukturen

Das Rheinland, mit den Großräumen Köln und Düsseldorf, ist stark industriell geprägt und zählt zu den führenden Chemie-Regionen in Europa.

Über 200 Chemieunternehmen sind hier vertreten, vor allem im CHEMPARK in den beiden Standorten Leverkusen und Dormagen/Köln mit zusammen über 40.000 Mitarbeitern. Die beiden großen Chemiestandorte gehören zusammen mit dem Chemiestandort Krefeld-Uerdingen zum CHEMPARK, der von der Currenta GmbH & Co. OHG betrieben wird.

Neben der hier überwiegend vertretenen Spezialchemie und Polymerchemie sind in Köln auch petrochemische Unternehmen mit energieintensiven Produktionsstandorten zu finden. Zusätzliche Standorte sind hier der nicht weiter betrachtete Kölner Süden (Raffinerien in Godorf) sowie weitere Unternehmen.

Die Energieeffizienz steht bei allen Standorten wegen vieler energie- und wärmeintensiver Produktionsprozesse der Grundstoff- und Spezialchemie schon seit längerem im Fokus, z.B. im 2016 gegründeten "Energieeffizienz-Netzwerk@CHEMPARK".



Abbildung 3: Standort interkommunaler CHEMPARK Dormagen (vorne) mit INEOS (hinten); Bildquelle: Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen

Ein zweiter industrieller Schwerpunkt im Untersuchungsgebiet ist die Aluminiumindustrie am Standort Neuss-Uedesheim. Hier befindet sich mit der AluNorf GmbH das größte Aluminiumschmelz- und -walzwerk der Welt mit einer Jahresproduktion von rd. 1.5 Mio. t. Die Produktion umfasst die drei Bereiche Aluminiumschmelzwerk, Warmwalzen und Kaltwalzen sowie Neben- und Servicebetriebe.

Direkt angrenzend befindet sich das Rheinwerk der Hydro Aluminium Rolled Products GmbH. In diesem Werk produziert das Unternehmen vorwiegend Primäraluminium mittels sogenannter Schmelzflusselektrolyse. In zunehmendem Umfang werden darüber hinaus Aluminiumschrotte aufbereitet und eingeschmolzen. Beide Werke arbeiten in einem engen Verbund. Für die thermischen Prozesse (u.a. Schmelzen/Gießen) wird als Energieträger Erdgas eingesetzt. Für die Erzeugung von Primäraluminium im Elektrolyseprozess wird elektrische Energie im unteren einstelligen TWh Bereich benötigt.

In beiden Unternehmen sind zusammen rd. 2.800 Mitarbeiter beschäftigt, der Standort zählt damit zu den größten Arbeitgebern in Neuss sowie am mittleren Niederrhein.

Weitere Schwerpunktindustrien sind die Automobilindustrie mit den Fordwerken in Köln-Niehl und dem Daimler Werk in Düsseldorf-Derendorf, die Papier- und Ölverarbeitung im Neusser Hafen sowie das Hauptwerk der Firma Henkel in Düsseldorf.

3 Bewertung und Ergebnisse

Die Untersuchung der Potenziale zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Untersuchungsraum ist wesentlicher Aspekt der vorliegenden Studie. Dabei lassen sich die Ergebnisse in fünf Teile untergliedern, die gegenseitig wechselwirken:

- **Potenziale Wärmenetzausbau:** hier wurden mögliche Ausbaugebiete innerhalb eines Trassenkorridors zwischen Köln und Düsseldorf untersucht. Bestehende Nahwärmenetze wurden hier erfasst und auch mögliche Erschließungsgebiete ausgewiesen.
- **Potenziale industrielle Abwärme:** Konkretisierung der Abwärmepotenziale im Industriebereich, die zur Wärmeversorgung im näheren oder weiteren Umfeld genutzt werden können.
- **Bewertung möglicher Trassenkorridore,** um die Wärmenetzpotenziale, Abwärmquellen und die bestehenden Fernwärmenetze zu verbinden.
- **Effizienzsteigerungen und Treibhausgasminderung:** Die CO₂-seitigen Effekte eines Wärmeverbundes sind durch eine integrierte Systemmodellierung abgebildet. Netzverluste und Hilfsstromeinsatz wurden ebenso modelliert wie die Erschließung bisher dezentral versorgter Objekte im Trassenumfeld.
- **Die Ökonomische Bewertung** umfasst die Abschätzung der Investitionskosten der Erschließung sowie die darauf basierende Herleitung von Förderbedarf und Treibhausgasvermeidungskosten.

3.1 Fern- und Nahwärmeausbau

Die Untersuchung des Fernwärmeausbaus soll aufzeigen, in welchen Gebieten im Untersuchungsgebiet über die Bestandsverdichtung hinaus der Ausbau des Fernwärmenetzes wirtschaftlich möglich ist. Die verwendete Kennzahl zur Wärmenetzpotenzialbewertung errechnet sich aus dem jährlichen Wärmebedarf der Gebäude und den Investitionskosten zur Bereitstellung der benötigten Wärme bzw. dem Verhältnis von Erschließungsinvestitionen zu Wärmemenge.

Die Abschätzung des Wärmebedarfs basiert auf einer Analyse eines integrierten Wärmeatlases, der im Rahmen des Projektes erstellt wurde. Hierzu werden alle Wärmebedarfe, sowie die Leistungen nach Gebäudenutzung und Volllaststunden, auf Straßenabschnitte aggregiert.

Die Abschätzung der Kosten für die Wärmeinfrastruktur wurde dann über die Längen der Straßenabschnitte, der angeschlossenen Leistung und Anzahl der Hausanschlüsse modelliert. Die Kosten für die Hauptverteilungen werden mit 1.000 EUR/m angesetzt. Die Kosten der Hausanschlussleitungen und Hausübergabestationen wird in Abhängigkeit der Anschlussleistungen bestimmt.

Der Quotient aus jährlichem Wärmebedarf und Investitionskosten je Straßenabschnitt repräsentiert die jährliche erschließbare Wärmemenge MWh/a pro Investitionskosten in EUR. In den weiteren Untersuchungen wird der Kennwert der spezifischen Erschließungskosten wie folgt bewertet:

- Gut - bis 200 EUR*a/MWh
- Mittel – bis 400 EUR*a/MWh
- Schlecht – bis 600 EUR*a/MWh
- Sehr schlecht – über 600 EUR*a/MWh

Dieser Kennwert ist ein guter Indikator für die grundsätzliche wirtschaftlich vertretbare Erschließbarkeit eines Straßenabschnittes durch Fernwärme. Liegen die Kosten bei mehr als 400 EUR/MWh, so bedeutet dies eine hohe Belastung der Wärmeversorgungskosten durch den Kapitaldienst (CAPEX) von Leitung, Hausanschluss und Hausstation. In den schlechten und sehr schlechten Kategorien ist ein Kapitaldienst von mehr als 4 ct/kWh zu erwarten, wodurch Endkundenpreise benötigt würden, die jenseits der Anlegbarkeit zu Gas- und Ölheizungen liegen².

Der Anteil der vier Erschließungsklassen schwankt innerhalb der Städte und Gemeinden erheblich. Köln und Düsseldorf haben aufgrund ihrer hohen Siedlungsdichte einen sehr hohen Anteil von guten bis mittleren Erschließungskosten, im Gegensatz zu den Städten Pulheim und Langenfeld, die kleinteiliger bebaut sind.

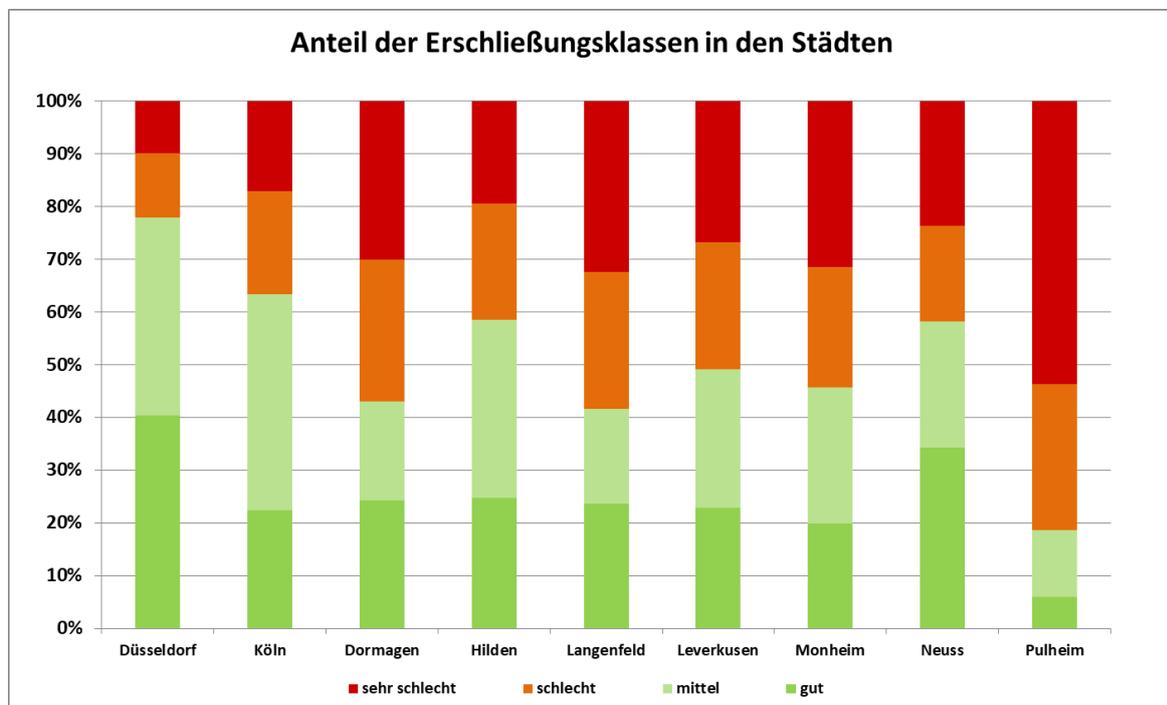


Abbildung 4: Anteil der Erschließungsklassen in den Städten

² Die Auswirkungen der zusätzlichen Belastung von Erdgas und Heizöl durch einen nationalen Zertifikatehandel ab 2021 wurden in dieser Untersuchung noch nicht berücksichtigt. Tendenziell verbessert sich dadurch aber die Wettbewerbsfähigkeit einer CO₂-armen Fernwärme.

Auf Basis der Straßenabschnitte und deren Erschließungsklassen wurden für die weiteren Auswertungen mögliche in sich geschlossene Erschließungsgebiete dargestellt ausgewertet.

Das Ergebnis der Analyse ist in folgender Abbildung dargestellt. Es wurden 47 Cluster in Wohnbereichen identifiziert, ein Areal im Gewerbegebiet.

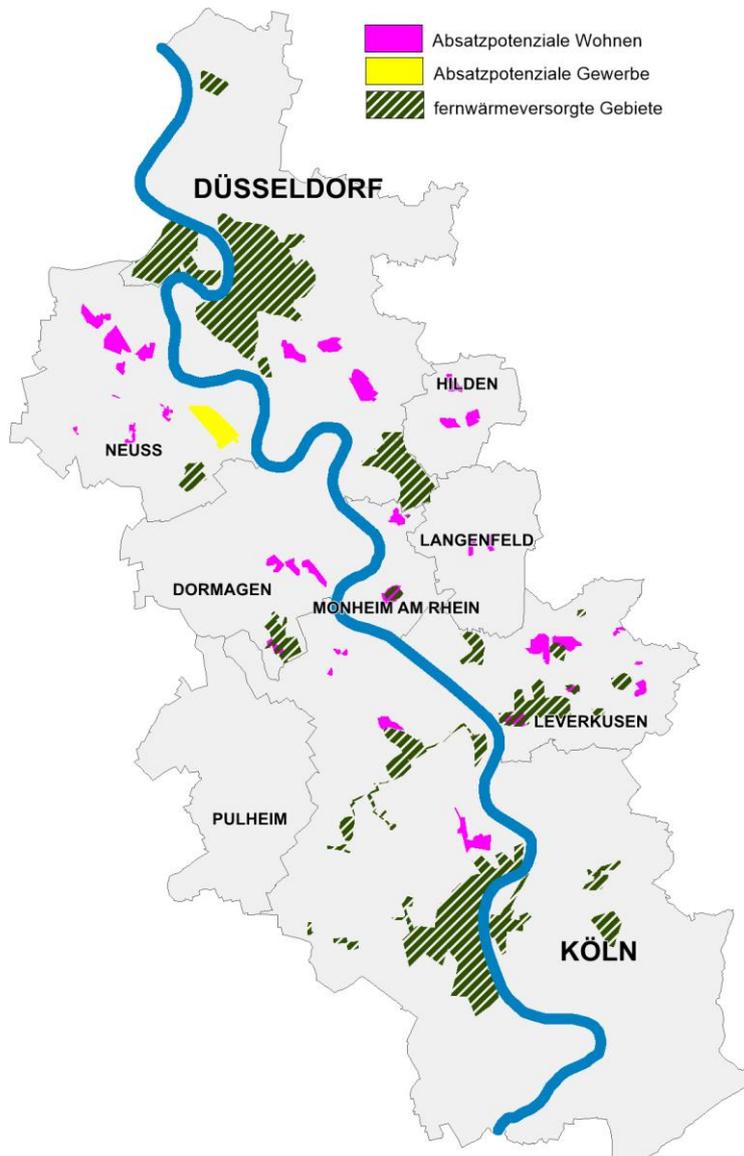


Abbildung 5: Fernwärme-Absatzpotenziale und bestehende Fernwärmenetze

In der folgenden Tabelle sind alle Cluster mit Wärmepotenzial, Trassenlängen und Investitionskostenschätzung abgebildet.

Tabelle 1: Ergebnis der Strukturanalyse: Absatzpotenziale in den einzelnen Clustern

		Trassenlänge	Adressen	Anschlussleistung	Wärme- potenzial	HA Kosten	Trasse Kosten	Kosten gesamt	spez. Kosten
		[km]	[Anzahl]	[MW]	[GWh]	[Mio. Euro]	[Mio. Euro]	[Mio. Euro]	[Eur/MWh]
1 Düsseldorf	Duesseldorf Alt Eller	6,1	560	26,3	38	4,27	6,13	10,39	274
2 Düsseldorf	Duesseldorf DRK	13,1	870	43,7	64	6,99	13,09	20,08	314
3 Düsseldorf	Duesseldorf Provinzial	4,7	298	25,5	37	2,79	4,69	7,48	203
4 Köln	Koeln Chorweiler Nord	4,3	172	13,9	19	1,65	4,28	5,93	309
5 Köln	Koeln Weidenpesch	13,8	1.091	58,0	79	8,74	13,76	22,50	283
6 Köln	Koeln Worringen	1,6	93	3,7	5	0,69	1,59	2,28	431
7 Köln	Koeln Worring Bruch	1,0	42	2,1	3	0,32	1,03	1,35	444
8 Dormagen	Dormagen Bahnhof Ost	2,5	131	7,4	11	1,15	2,51	3,66	345
9 Dormagen	Dormagen Bahnhof West	4,3	226	11,9	17	1,84	4,25	6,09	354
10 Dormagen	Dormagen Flora	4,3	424	15,9	21	3,04	4,29	7,33	343
11 Dormagen	Dormagen Hackenbroich	2,4	118	5,8	9	0,93	2,41	3,34	386
12 Dormagen	Dormagen Gewerbepark Top West	3,8	92	14,1	19	1,44	3,84	5,28	278
13 Hilden	Hilden Keef	4,0	229	12,5	18	1,87	3,96	5,83	321
14 Hilden	Hilden Stadtpark	3,5	266	13,6	19	2,13	3,51	5,63	301
15 Hilden	Hilden Walderstrasse	3,0	168	15,1	20	1,78	2,97	4,75	240
16 Langenfeld	Langenfeld Ost	4,6	205	9,3	14	1,54	4,65	6,19	454
17 Langenfeld	Langenfeld West	2,5	145	12,1	17	1,52	2,51	4,03	241
18 Leverkusen	Leverkusen Alkenrather Strasse	2,9	108	5,6	8	0,85	2,92	3,77	449
19 Leverkusen	Leverkusen Am Sonnenhang	1,6	135	5,8	8	1,00	1,64	2,64	311
20 Leverkusen	Leverkusen Am Steinberg	0,8	34	2,4	4	0,32	0,76	1,08	302
21 Leverkusen	Leverkusen Bahnhof Ost	8,7	454	22,0	31	3,56	8,72	12,28	390
22 Leverkusen	Leverkusen Bahnhof West	11,3	1.099	48,6	69	8,34	11,34	19,68	284
23 Leverkusen	Leverkusen Berliner Strasse	3,7	282	10,0	15	1,97	3,68	5,65	380
24 Leverkusen	Leverkusen Wiesdorf	5,6	447	31,8	44	4,20	5,56	9,77	223
25 Monheim	Monheim Nord	5,3	224	13,9	20	1,90	5,35	7,24	356
26 Monheim	Monheim Süd	7,9	383	22,5	33	3,28	7,92	11,20	343
27 Neuss	Neuss Erfttal	2,8	139	7,9	11	1,17	2,76	3,93	343
28 Neuss	Neuss Holzheim	0,8	32	1,9	3	0,29	0,82	1,11	398
29 Neuss	Neuss Rennbahn Ost	3,8	44	27,8	36	1,54	3,80	5,34	148
30 Neuss	Neuss Rennbahn Süd	1,9	264	7,7	11	1,75	1,92	3,66	338
31 Neuss	Neuss Rennbahn West	12,9	1.402	63,3	86	10,78	12,92	23,70	277
32 Neuss	Neuss Reuschenberg	0,4	28	1,5	2	0,25	0,41	0,65	287
33 Neuss	Neuss Weckhoven	3,5	181	6,5	10	1,31	3,50	4,81	499
34 Neuss	Neuss Weissenberg	8,0	795	26,3	37	5,44	8,02	13,46	361
35 Neuss	Neuss Gewerbegebiet Bonner Straße	10,3	191	91,6	134	4,19	10,32	14,51	108
	GESAMT	172	11.372	688	973	95	172	267	

Neben den Bestandspotenzialen wurden auch größere Neubauvorhaben bewertet. Diese wurden durch Recherche zu Stadtplanungen sowie durch Gespräche mit den Auftraggebern und lokalen Stadtwerken (SW Neuss, Energieversorgung Dormagen, Energieversorgung Leverkusen) ermittelt.

Neubaugebiete sind als Absatzgebiete einerseits wegen der viel niedrigeren Wärmedichte schwieriger zu erschließen, andererseits ist hier aber oft eine kostengünstigere Verlegung von Wärmeleitungen mit niedrigeren Systemtemperaturen zusammen mit anderen Medien möglich. Neubaugebiete sollten daher bei der Wärmeplanung mitberücksichtigt werden, insbesondere wenn wie hier, durch die Möglichkeit der Ankopplung an regionale Abwärme ein weitgehend CO₂-freies Medium zur Verfügung steht.

Ein weiterer Vorteil im Kontext einer möglichen Abwärmenutzung ist, dass im Neubau deutlich niedrigere Vor- und Rücklauftemperaturen möglich sind, die sich positiv auf einen Systemverbund und die Nutzbarmachung von Abwärme und EE-Wärme auswirken.

Die erfassten Potenziale liegen mit rd. 48 GWh/a deutlich unter den Bestandspotenzialen, wobei in vielen Fällen nur Abschätzungen aufgrund der kommunizierten Gebietsgrößen ge-

macht wurden. Von größerer Relevanz sind die Neubauvorhaben Köln-Kreuzfeld, Dormagen Malerviertel und Beethovenquartier sowie Neuss Inbusviertel und Augustinus-Park.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es in den untersuchten Kommunen noch erhebliche Fernwärmeabsatzpotenziale gibt. Zwar liegt der Schwerpunkt auf den (schwieriger zu erschließenden) Bestandsarealen, aber auch im Bereich von Neubauquartieren und Einzelobjekten gibt es signifikante Anschlusspotenziale.

3.2 Abwärmepotenziale

Die Bewertung der Abwärmepotenziale wurde in mehreren Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurden alle Feuerungsstätten erfasst, die nach der 4., 13. oder 17. BImSchG gemeldet waren und deren Daten öffentlich verfügbar sind. Diese über den Untersuchungsraum verteilten Anlagen kommen zusammen auf eine CO₂-Emissionsmenge von 12,5 Mio. t, was einem Erdgasäquivalent von 62 TWh entspricht.

Die 241 Anlagen dieser „Long List“ wurden auf Firmenstandorte aggregiert, da sich oftmals mehrere meldepflichtige Feuerungsanlagen auf einem Werksgelände befinden.

Viele der Unternehmen sind Teil der großen Chemieparks in Dormagen oder Leverkusen, so dass sich die Anzahl der Standorte letztlich deutlich verkürzt.

Auf Basis dieser Liste wurden dann im Frühjahr und Sommer 2019 vertiefende Gespräche mit folgenden Unternehmen geführt:

- Aluminium Norf GmbH,
- CURRENTA GmbH & Co. OHG,
- INEOS Köln GmbH,
- Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Rheinwerk,
- Kronos Titan GmbH, Standort Leverkusen,
- Deutsche Infineum GmbH, Standort Köln .

Für etliche Prozesse konnte dies auf Basis von Voruntersuchungen oder auf Basis detaillierter Unternehmensdaten erfolgen. Diese Daten unterliegen einer vertraulichen Behandlung, so dass in den folgenden Abschnitten nur auf die grundlegende Situation ohne werkscharfe Daten oder Massenströme eingegangen wird.

AluNorf GmbH

Das Werk in Neuss ist ein Joint Venture der Novelis und Norsk Hydro und das größte Aluminiumwalz- und Schmelzwerk der Welt mit 2.200 Beschäftigten. Das Hauptprodukt sind Aluminiumcoils, also warm- und kaltgewalzte Bänder unterschiedlichster Qualitäten und Dicken.

Verarbeitet werden Walzbarren, die in zunehmendem Maße neben Primäraluminium Schrotte aus Recyclingprozessen enthalten.

Im Werk wird bereits Abwärme über zwei Thermoölkreisläufe aus zwei Gruppen von Schmelzöfen ausgekoppelt. Diese wird sowohl werksintern als auch extern zur Versorgung eines kleineren Nahwärmegebietes genutzt. Aufgrund der bei Schmelzprozessen üblichen Temperaturverhältnisse von über 1.000 °C gibt es trotz der bereits erfolgenden Wärmenutzung noch verbleibende Potenziale, die bei Anschluss weiterer Ofenlinien noch gesteigert werden könnten.

Ein zusätzliches und großes Potenzial ist in Form des Gießwassers verfügbar, das bei der Kühlung im Stranggussverfahren anfällt. Dieses Gießwasser, das mit rd. 50° C anfällt, muss über große Kondensationskühlanlagen rückgekühlt werden. Diese Wärme fällt ganzjährig an und könnte als gefasste Wärmequelle für Wärmepumpenprozesse genutzt werden.

CURRENTA GmbH & Co. OHG

Die Currenta GmbH & Co. OHG (im Folgenden „Currenta“) ist Standortbetreiber des CHEMPARK (Eigenschreibweise) mit Standorten in Dormagen, Leverkusen und Krefeld-Uerdingen und u.a. für die Medienversorgung zuständig. Zudem hat die Currenta das "Energieeffizienz-Netzwerk@CHEMPARK" mitgegründet, als Teil der bundesweiten Initiative Energieeffizienz Netzwerke, einer Initiative von Bundesregierung und Wirtschaftsverbänden.

Für diese Studie konnte auf Voruntersuchungen des Effizienznetzwerkes zurückgegriffen werden und die Abwärmethematik konnte in mehreren Netzwerktreffen diskutiert werden, so dass neben Currenta selbst auch die am Netzwerk beteiligten Unternehmen wie z.B. Covestro und Lanxess eingebunden waren.

Durch diese Zusammenarbeit, in Verbindung mit dem direkten Austausch mit weiteren Unternehmen außerhalb der CHEMPARK-Standorte, wurde eine hohe Abdeckung der vermuteten Potenziale erreicht und es konnten wesentlichen Produktionsprozesse, deren Einsatzenergiemengen und –arten sowie die Abwärmeströme erfasst werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es noch einzelne Potenziale im Temperaturbereich bis 120 °C gibt. Höhere Temperaturen sind aufgrund der dann möglichen werksinternen Verwendung nicht anzutreffen.

INEOS Köln

INEOS in Köln ist das größte Chemieunternehmen in Köln und beschäftigt rd. 2.200 Personen in sechs Geschäftsbereichen. Damit gehört INEOS in Köln bzw. Dormagen zu den größten Standorten der INEOS-Gruppe.

Betrieben werden Dampfnetze mit verschiedenen Druckstufen sowie mehrere Hoch-, Mittel- und Niederdruckdampfturbinen. Eigene Voruntersuchungen sowie Fallstudien im Rahmen

des NENIA-Projektes³ haben gezeigt, dass es Abwärmepotenziale sowohl aus Schwach- und Restdampf gibt, wie auch aus Abgasströmen und Kühlprozessen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Abgasströme teils aus Gründen der Betriebssicherheit und zur Vermeidung von Kondensation nicht beliebig weit herunter gekühlt werden können. Die Kühlprozesse sind sehr vielfältig und im Werk verteilt und umfassen Temperaturen von über 100 °C bis hinunter zu 30-40 °C.

Aufgrund der großräumigen und gleichzeitig sehr engen Werksstrukturen in Verbindung mit der Vielzahl an Prozessen ist eine externe Auskopplung von Wärme denkbar, aber auch eine technisch-wirtschaftliche Herausforderung, die geeigneter Randbedingungen (z.B. Mindestmenge) bedarf.

Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Rheinwerk

Im Rheinwerk in Neuss betreibt die Hydro Aluminium Rolled Products GmbH mit rd. 600 Mitarbeitern eine der effizientesten und größten Aluminiumhütten in Deutschland.

In derzeit zwei Elektrolyselinien wird aus Aluminiumoxid Primäraluminium produziert, das in der Gießerei des Werkes gemeinsam mit Flüssigmetall aus dem Umschmelzen von Schrotten im Stranggussverfahren zu Walzbarren vergossen und im benachbarten Werk, der 50 %-igen Tochtergesellschaft AluNorf, weiter verarbeitet wird.

Der Hauptprozess der Elektrolyse ist der stromgetriebene Hall-Héroult Prozess mit einem Stromeinsatz von derzeit mehr als 2 TWh/a. Zusätzlich wird auch Erdgas für thermische Prozesse (u.a. Schmelz-/Gießöfen; Brennen von Kohlenstoffformkörpern, allgemeine Wärmeversorgung) eingesetzt, allerdings weitaus weniger als im benachbarten Walzwerk der AluNorf.

Die Hauptabwärme im Elektrolyseprozess entfällt mit derzeit rd. 1,7 Mio. Normkubikmeter auf das Abgas (8.760 h im Jahr, rd. 90-100 °C). Die Nutzung des relativ großen Abgasstroms der Elektrolyse ist grundsätzlich zwar möglich, aber wegen der geringen Temperaturen und großen Massenströme sowie der Staubbelastung der Abgase (vor Filterung) aufwändig und nur bedingt zur Fernwärmeversorgung nutzbar.

Die Rest-Abwärmern der Schmelz-/Gießöfen nach Regeneration/Rekuperation eignen sich eher für eine Wärmeauskopplung, allerdings ist der Integrationsaufwand in das bestehende Anlagensystem hoch. Die Potentiale zur Abwärmernutzung sind oben hin begrenzt durch die Gasreinigungsanlagen (Abscheideeffizienz, Vermeidung von Taupunktunterschreitungen).

Darüber hinaus bestehen noch geringe Potentiale bei Hilfsprozessen (z.B. Kompressorenabwärme) sowie grundsätzlich auch die Nutzung von Niedertemperaturabwärmern (ca. 40-50°C) aus dem Kühlwasser der Gießanlagen.

³ Netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA). Kombinierte räumlich-zeitliche Modellierung von Wärmebedarf und Abwärmeangebot in Deutschland, Projekt im Auftrag des BMWi, 2019

Kronos Titan GmbH

Am Standort Leverkusen der Kronos Titan-Gruppe wird mit rd. 500 Mitarbeitern als Hauptprodukt Titandioxid mit einer Jahresproduktion von rd. 160.000 t in unterschiedlichen Produktformen hergestellt sowie mehrere Nebenprodukte. Titandioxid wird als Farbpigment vorwiegend in der Kunststoffverarbeitung sowie der Farb- und Lackherstellung eingesetzt.

Der vorherrschende Produktionsprozess ist ein quasi-kontinuierlich betriebener Chlorprozess, bei dem Prozessdampf und Erdgas als Energieträger eingesetzt werden. Das Chlor wird als Katalysator wieder rezykliert.

Mögliche Abwärmequellen sind im Werk vor allem eine Restdampf/Kondensatmenge mit rd. 80-95 °C, die kontinuierlich anfällt. Die ebenfalls anfallenden Abgasmengen sind nur schwer nutzbar, da hier aus Gründen der Kondensationsvermeidung nicht weiter heruntergekühlt werden kann.

Deutsche Infineum GmbH & Co. KG

Infineum ist ein Unternehmen, das in der Entwicklung und Herstellung von Additiven für Kraft- und Schmierstoffe tätig ist. Das Unternehmen wurde 1999 gegründet und ist ein Joint Venture von ExxonMobil und Shell.

Abwärmepotenziale gibt es nur im Bereich der Kühltürme und ggf. Restkondensatmengen aus der Behälterheizung, in beiden Fällen allerdings mit relativ geringen Temperaturen unterhalb der Fernwärmeverlauftemperatur.

Nouryon Germany GmbH

Bei Nouryon ist ein Abwärmepotenzial mit rd. 30.000 t/a überschüssigem Schwachdampf vorhanden, der z. Z. in einer 2012 errichteten Dampfmotoranlage weitgehend verstromt wird. Da diese Anlage wegen der niedrigen Dampfparameter nur eine geringe stromseitige Effizienz hat, ist eine direkte Abwärmenutzung als Alternative denkbar. Das Potenzial ist allerdings vergleichsweise gering und dürfte unter 25 GWh/a liegen.

Mit der Nouryon wurde als einziges der hier näher vorgestellten Unternehmen kein Vor-Ort Termin durchgeführt, die Bewertung erfolgte in diesem Fall anhand veröffentlichter Unterlagen.

Gesamtbewertung

Die vorgenannten Unternehmen und Standorte wurden hinsichtlich möglicher Abwärmeströme bewertet. Dabei wurden alle Teilströme erfasst, die über 1 MW lagen und eine technische Realisierbarkeit vermuten lassen. Kategorisiert wurden die Abwärmeströme als erstes Kriterium nach der möglichen auskoppelbaren Temperatur.

Auf Basis dieser Kategorisierung stellt sich folgendes Abwärmepotenzial von insgesamt rd. 1.900 GWh für alle oben genannten Standorte zusammen dar.

Tabelle 2: Zusammenfassung Abwärmepotenziale

	Kategorie		
	1	2	3
Temperaturbereich	>120°	80-120°C	30-60°C
Menge in GWh	Rd. 500	Rd. 670	Rd. 730
Hauptquellen	Abgas, Schwachdampf, Thermalölkreisläufe	Kondensatkühlung, Kühlkreisläufe (z.T. Wasser, Abgas oder Produkte)	Kühlkreisläufe, meist Wasser
Nutzbar durch:	<ul style="list-style-type: none"> Auskopplung bestehende Kreisläufe, Nachrüstung Abgaswärmetauscher, Nachrüstung Heizkondensatoren 	<ul style="list-style-type: none"> Vorh. oder neue Wärmetauscher (Wasser/Produkt/Abgas – Luft) Vorrangig nutzen zur Rücklaufanhebung, ggf. in Verbindung mit Kat 1 	<ul style="list-style-type: none"> El. Hochtemperatur-Wärmepumpen Thermische Wärmepumpen

Kategorie	Menge in GWh
Kat. 1	512
Kat. 2	674
Kat. 3	730

Das Gesamtpotenzial liegt mit über 1.500 GWh/a in einer durchaus signifikanten Größenordnung, entspricht aber trotzdem erst 4 % des für NRW hochgerechneten Abwärmepotenzials von rd. 44 TWh/a der aktuellen LANUV-Studie.

Der Schwerpunkt der Potenziale liegt auf dem linksrheinischen Bereich Köln Nord, Dormagen und Neuss aufgrund der bereits dargestellten Industriestrukturen.

3.3 Trassenkorridore

Die Erschließung von Wärmeerzeugungs- und Nutzungspotenzialen erfordert einen Ausbau der Wärmeinfrastruktur, um Wärmequellen und Senken zu verbinden und Synergiepotenziale im Verbund zu nutzen. In der Studie wurden verschiedene Netzvarianten der Fernwärmeschiene in Teilen und als Gesamtprojekt untersucht. Dabei wurde eine Dimensionierung mit

DN 500 (Durchmesser Innenrohr) vorausgesetzt, um eine Wärmeleistung von bis zu 100 MW transportieren zu können.

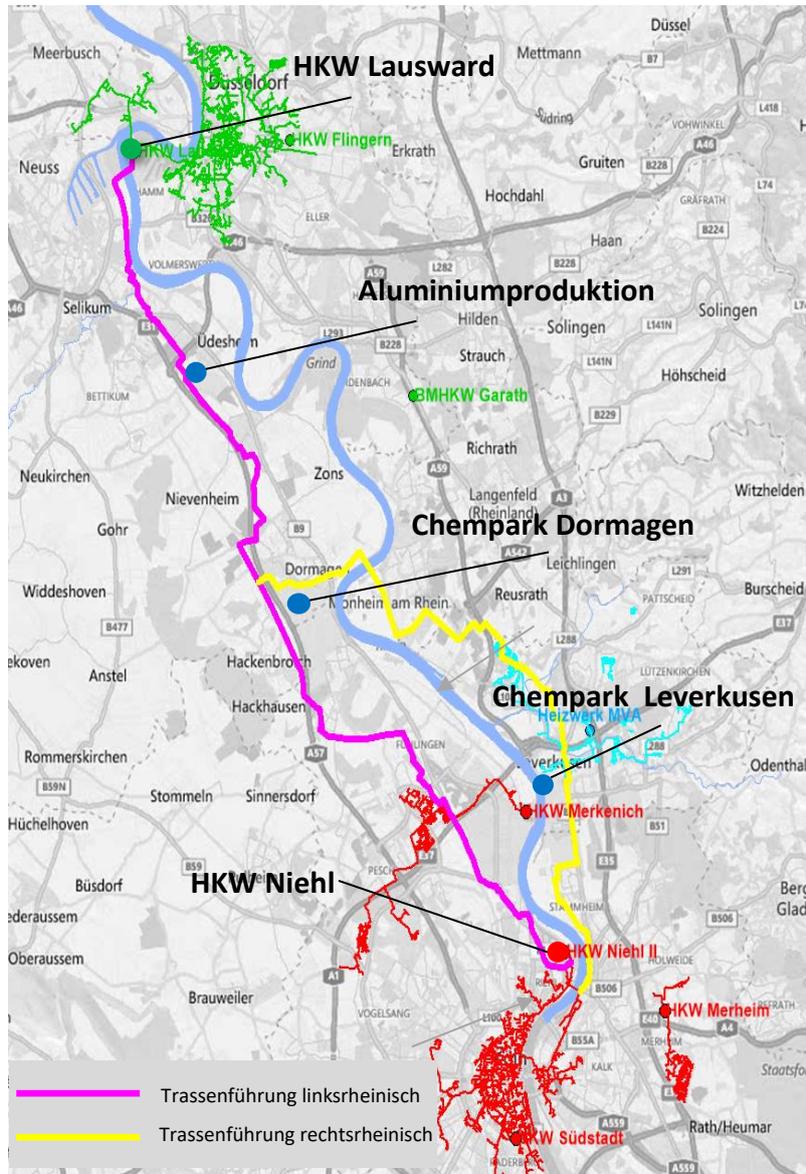


Abbildung 6: untersuchte Trassenabschnitte Wärmeverbundleitung

Für eine mögliche Gesamttrasse im Wärmeverbund Köln - Düsseldorf wird wegen der oben erläuterten Potenzialverteilung eine linksrheinische Trassenführung bevorzugt, die das HKW Lausward mit dem HKW Niehl verbindet.

Diese Gesamttrasse hat eine Länge von rd. 41 km und setzt sich aus den Trassenabschnitten HKW Lausward über den Standort der Aluminiumproduktion bis Chempark Dormagen und dann vom Chempark Dormagen bis HKW Niehl zusammen.

Die Gesamttrasse verläuft bei dem vorgeschlagenen Trassenweg mit rd. 23 km (56 %) in Feldern, Wiesen oder anderen unbefestigten Flächen, rd. 8,5 km (20%) in Straßenkörpern in-

nerorts und rd. 9,5 km (24%) in Straßen außerorts sowie sonstigen Gebieten. Dabei kreuzt die Trasse 81 Straßen, Wege und Bahnstrecken, sowie den Rhein und die Erft.

Für den Trassenabschnitt sind drei Druckerhöhungsstationen erforderlich, die jeweils etwa nach 10 km errichtet werden. Als Standorte sind folgende Trassenpunkte gewählt worden: km 10- AluNorf, km 20- Chempark Dormagen und km 30-Fühlingen. Die Netzverluste wurden mit maximal 4,5 MW (im Winter) berechnet.

Die Kosten für den Trassenabschnitt werden in Summe auf rd. 175 Mio. EUR, bzw. 4.300 EUR/m in der Basisvariante geschätzt. Aufgrund der vielen Unsicherheiten eines solchen Infrastrukturprojekt und des noch sehr frühen Planungsstandes (Machbarkeit bis Vorplanung) wurde eine Bandbreite der Unsicherheiten von $\pm 30\%$ veranschlagt.

3.4 CO₂ Einsparpotenzial

Auf Basis der Potenzialanalysen und der Auslegung der Wärmeleitung wird die Bewertung eines Wärmeverbundes vorgenommen. Die Bewertung fokussiert sich auf ein mögliches Gesamtprojekt als Verbund der beiden Stadtnetze unter Einbeziehung der Aufnahme von Abwärme aus Industrieclustern und der Abgabe von Fernwärme an mögliche Versorgungsgebiete im Trassenumfeld.

Bei den Abwärmepotenzialen wurden überwiegend Prozesse aus der Kategorie 1 (120°C oder mehr) berücksichtigt, die temperaturseitig kompatibel mit den Fahrkurven der Fernwärmenetze sind. Aus den Potenzialbereichen 2 und 3 wurden kleinere Anteile hinzugenommen, sofern sich diese Quellen am jeweiligen Standort mit höhertemperierten beimischen bzw. zusammenfassen lassen. Betrachtet wurden nur Quellen, die im linksrheinischen Bereich in unmittelbarer Nähe des Trassenkorridors liegen.

In Summe wurde eine Abwärmeleistung von maximal 80 MW angenommen und bei einer nutzbaren Menge im Jahresverlauf von 600 GWh/a. Das Gesamtpotenzial von rd. 1.900 GWh/a ist somit in diesem Szenario nur rd. 30% ausgeschöpft, die einfacher und kostengünstiger zu integrierenden Potenziale der Kategorie 1 allerdings bereits fast vollständig.

Neben den Abwärmeclustern wurden als zweiter wichtiger Baustein im Wärmeverbund Ausbacluster im Gebäudebestand und Neubau berücksichtigt mit einem Nah- und Fernwärmeausbauziel von 200 GWh/a. Dies entspricht einer auszukoppelnden Leistung von rd. 75 MW, da eine typische Abnahmestruktur, Gleichzeitigkeitsfaktoren sowie zusätzliche Netzverluste berücksichtigt werden müssen.

Technisch kann die Umsetzung sowohl durch Direktanbindung an die Trasse erfolgen, aber auch durch hydraulisch getrennte Nahwärmenetze, die sowohl ein anderes Temperaturregime haben können als auch andere Druckauslegungen oder Bauweisen.

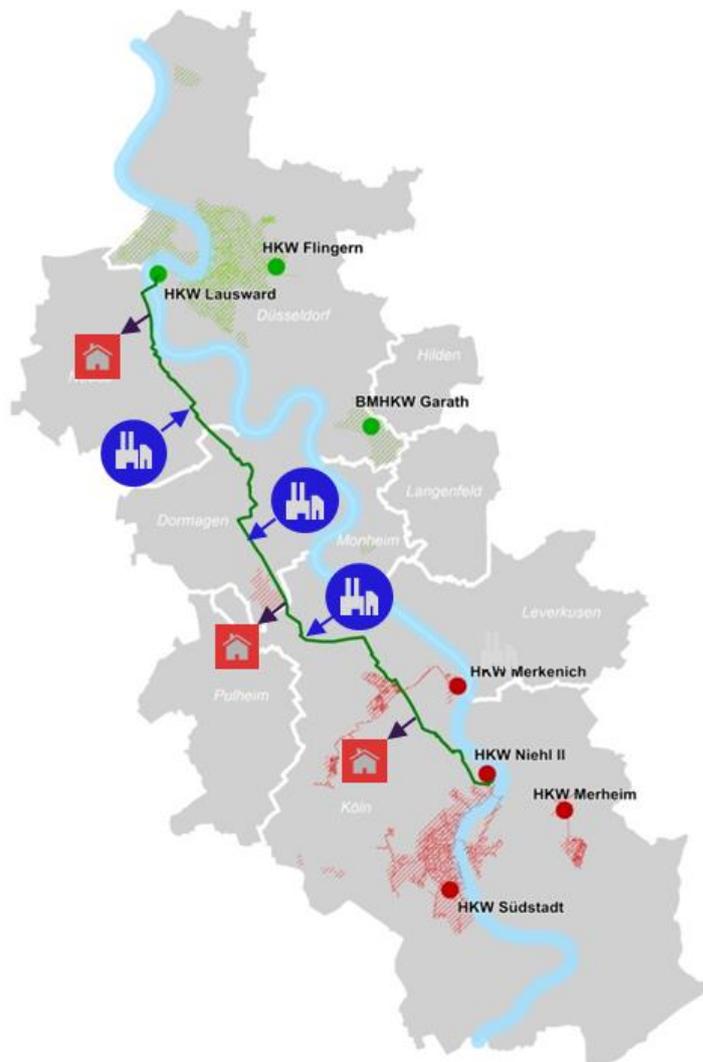


Abbildung 7: schematische Darstellung Wärmeverbund und Vorzugstrasse

Zur ökologischen Bewertung wurden die lokalen Emissionen an Treibhausgasen ermittelt, sowohl für eine Referenzvariante als auch die Verbundvariante mit Abwärmeaufnahme und Fernwärmeausbau. Die brennstoffbezogenen CO₂-Faktoren wurden entsprechend der Vorgabe des Gebäudeenergiegesetzes GEG als Treibhausgasfaktoren bzw. CO₂-Äquivalente gewählt, in Verbindung mit der Arbeitswertmethode bei Verdrängung von KWK Wärme durch Abwärme gem. AGFW-Arbeitsblatt FW 309-6.

Die CO₂-seitigen Effekte eines Wärmeverbundes bei sukzessivem Ausbau ab 2025 sind in Abbildung 8 dargestellt. Da der Wärmeverbund als integriertes System abgebildet wurde, ergeben sich die Einspareffekte aus der Überlagerung mehrerer Einzeleffekte, die sowohl positiv wie auch negativ wirken:

- Durch die Aufnahme von Abwärme ergibt sich eine Reduktion der Eigenerzeugung an den Standorten Düsseldorf Lausward und Flingern sowie Köln Niehl.

- Durch die Nahwärmeerschließungen wird der Brennstoffeinsatz in dezentralen Kesseln vermieden. Verteilverluste von (neuen) Nahwärmenetzen wurden berücksichtigt, um den Einspareffekt nicht zu überschätzen.
- Durch die Aufnahme von Abwärme aus Rückkühlanlagen wird in Einzelfällen durch reduzierte mechanische Kühlung etwas Stromeinsatz vermieden.
- Ein zusätzlicher Stromeinsatz entsteht durch den Pumpstrombedarf der Trasse, der mit bilanziert wird.
- Ein weiterer Strombedarf resultiert aus der Nutzbarmachung der Abwärme, z.B. durch Pumpen, Antriebsenergie von Wärmepumpen oder Stromeinbuße (im Fall einer Schwachdampfverstromung).

Der Gesamteffekt ist dann als Überlagerung aller Effekte zu verstehen. Nach dem Startjahr mit vorgegebener Anlaufkurve steigt die Einsparung auf knapp 80.000 t CO₂-Äquivalent im zweiten Jahr an und erhöht sich dann mit zunehmendem Nahwärmeausbau auf rd. 100.000 t/a im Jahr 2035. Die Treibhausgaseinsparung resultiert etwa jeweils zur Hälfte aus dem Anschluss neuer Kunden an den Wärmeverbund und aus der Aufnahme der restlichen Abwärmemengen in die städtischen Erzeugungssysteme.

Über die 25 Jahre Betrachtungszeitraum können insgesamt 2,4 Mio. t Treibhausgase eingespart werden.

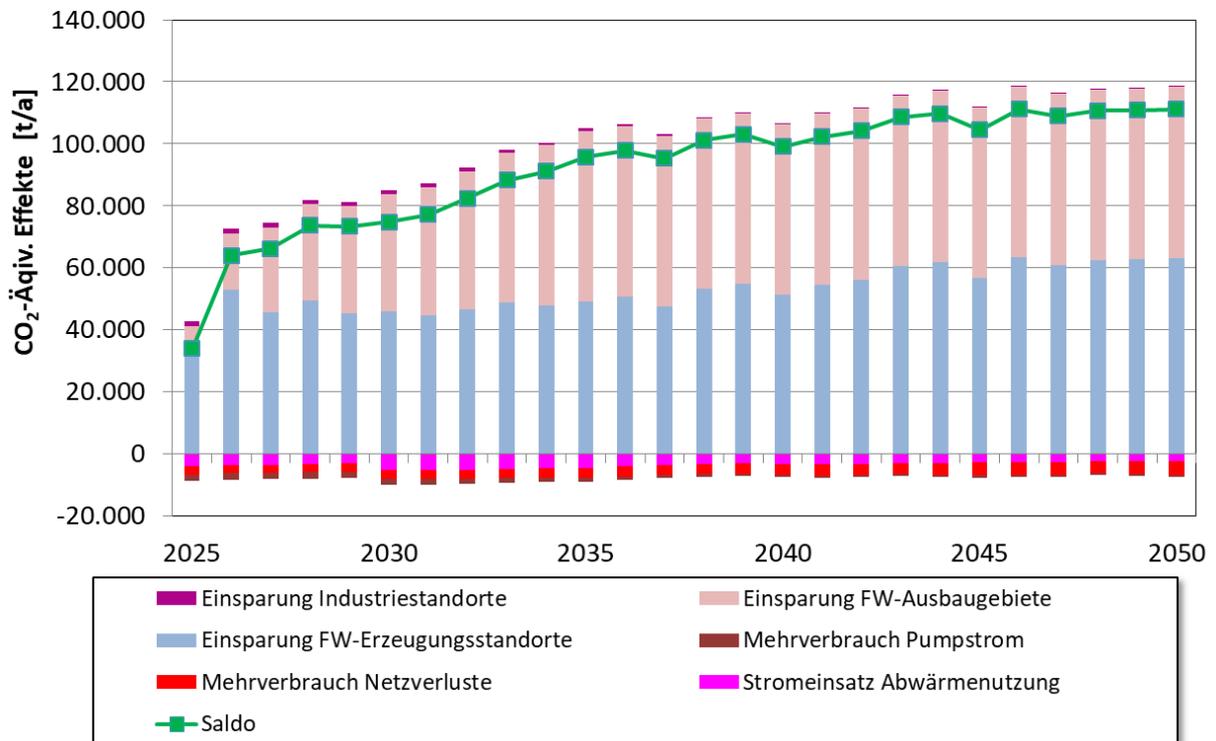


Abbildung 8: Einsparung an Treibhausgasemissionen im Wärmeverbund (positiv: Einspareffekt, negativ: zusätzliche Emissionen)

3.5 Kostenschätzung und wirtschaftliche Bewertung

Die Gesamtsicht des Projektes fasst nun die Projektsicht der Verbundtrasse mit den Satellitenprojekten „Abwärme“ und „Nahwärme“ zusammen.

Dabei wird zuerst auf den Gesamtinvestitionsrahmen eingegangen:

- Für den **Trassenbau** inkl. Anbindung an die Städtetze wird die im Abschnitt Trassenkorridore erläuterte Kostenschätzung von 175 Mio. EUR angesetzt, zusätzlich sind 5 Mio. EUR für rd. 10 kürzere Anbindungs- und Übergabepunkte vorgesehen.
- Für die **Abwärmeerschließung** an den untersuchten Industriestandorten wurde bei einer Leistung von bis zu 85 MW bzw. 600 GWh/a ein Kostenrahmen von rd. 67 Mio. EUR ermittelt.
- Die **Nahwärmeerschließung** lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nur grob abschätzen, anhand der Bandbreite der Erschließungskennzahlen wird eine Größenordnung von rd. 73 Mio. EUR bzw. 365 EUR/MWh erwartet.

Das Gesamtinvestitionsvolumen des Wärmeverbundes liegt somit bei rd. 320 Mio. EUR bei einer CO₂-Einsparung von 2,4 Mio. t insgesamt bzw. rd. 92.000 t/a.

Die mit der CO₂-Einsparung verbundenen Einsparungen an Brennstoffen führen zu einer Kostenentlastung der konventionellen Erzeugung, hinzukommt der Wert der ausgespeisten Wärme an die Nahwärmecluster. Beide Erlöspositionen wurden anhand eines abgestimmten Szenariorahmens mit einer Energiepreisentwicklung in Anlehnung an den World Energy Outlook 2018 bewertet. Eine komplette Amortisation der genannten Investitionen alleine durch Einspareffekte ist unter diesen Prämissen bei Maßgabe einer maximalen Amortisation von 20 Jahren jedoch nicht möglich, es verbleibt eine Deckungslücke.

Setzt man für die Projektteile „Abwärme“ und „Nahwärme“ bestehende Fördersystematiken voraus (KWK-G Netzförderung, BMWi-Effizienzförderung Industrie), verbleibt für die Wärmetrasse eine Deckungslücke von rd. 67% der Trassenkosten, die durch eine Infrastrukturförderung kompensiert werden müsste.

Aus den Gesamtfördersummen für das Verbundprojekt, bezogen auf die kumulierte Treibhausgas-Einsparung von 2,4 Mio. t, ergibt sich ein Wert von 66 EUR/t Förderung pro t Treibhausgaseinsparung. Diese Kennzahl beinhaltet sowohl eine gesonderte Infrastrukturförderung der Trasse als auch bestehende Zuschuss-Regelungen nach KWK-G.

Damit liegt diese Projektkennzahl zwar über den aktuellen CO₂-Preisen, aber durchaus in der Größenordnung der Vermeidungskosten anderer notwendiger Maßnahmen, vor allem im Wärmesektor.

4 Fazit und Ausblick

Die Transformation des Wärmemarktes hin zu einer weitgehend Fossil-Energie- und CO₂-freien Versorgungsstruktur ist aus Sicht der Autoren die große Herausforderung der kommenden Jahrzehnte. Anders als im Stromsektor sind im Wärmesektor eher regionale Lösungen mit einer größeren Anzahl an Bausteinen gefragt.

Der Ausbau der leitungsgebundenen Versorgung ist ein Schlüsselement der Wärmewende vor allem im städtischen Raum. Das zeigt auch die hier erstellte Potenzialanalyse, die alleine innerhalb des betrachteten Trassenkorridors zwischen Köln und Düsseldorf mehr als 1.000 GWh/a Wärmepotenzial für den Ausbau von Nah- und Fernwärme ergeben hat.

Um diese Senken zu bedienen, sind neben den bereits vorhandenen hocheffizienten KWK-Anlagen weitere Erzeugungskomponenten sinnvoll und notwendig. Die Abwärme kann dabei in diesem stark industrialisierten Raum eine besondere Rolle spielen mit Gesamtpotenzialen, die in Größenordnung der Wärmemenge beider großer Innenstadtnetze Köln und Düsseldorf von rd. 2.000 GWh/a liegen.

Als technisch nutzbares Potenzial wurden in dieser Studie 600 GWh/a auskoppelbare industrielle Abwärme angesetzt, eine Menge, die zur Beheizung von rd. 75.000 Wohnungen mit mehr als 120.000 Einwohnern ausreicht.

Wenn man diese Abwärme in einen linksrheinischen Wärmeverbund einbringt und dabei im Trassenumfeld noch weitere Versorgungsgebiete erschließt, lassen sich 80.000-100.000 t/a Treibhausgas einsparen. Aufgrund der hohen Investitionen in Leitungsbau und Abwärmennutzung ist allerdings eine Refinanzierung des Projektes alleine durch Einspareffekte unter den unterstellten Preisentwicklungen nicht machbar. Eine Umsetzung erfordert daher einen Ausgleich durch geeignete Fördermaßnahmen, die z.T. auch bereits bestehen (BMWi-Effizienzprogramm, KWK-G Wärmenetzförderung). Insgesamt ergibt sich ein Investitionsvolumen von rd. 320 Mio. EUR (davon 175 Mio. für die Verbundtrasse) und eine Fördereffizienz von 66 EUR pro t Treibhausgasvermeidung im Gesamtprojekt mit Erschließung von Quellen und Senken.

Die technisch-organisatorische Umsetzung einer Abwärmeauskopplung ist allerdings nicht trivial, ebenso wie der Bau langer Trassen und die Neuerschließung von Versorgungsgebieten. Um ein Projekt dieser Größenordnung mit diesem Investitionsrahmen von 320 Mio. EUR näher an die Umsetzungsreife zu bringen, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein: stabile politisch-rechtliche Rahmenbedingungen, ein auskömmlicher Förderrahmen, Motivation der beteiligten Unternehmen und Energiepartner sowie technische Standortbedingungen.

Der Aufbau der Infrastruktur und Wärmenetze ist auch in Teilprojekten möglich und bietet mittelfristig weitere Nutzungsoptionen für erneuerbare Energiequellen, große Wärmespeicher oder KWK-Erzeuger und dient auch der Standortsicherung.