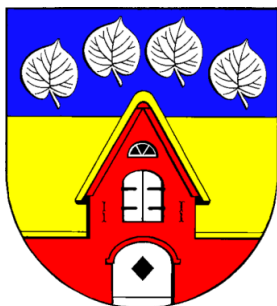


2	16.01.2025	REAL	Koch	Reinstei n	Ergänzungen in Kapitel 7.7
1	11.12.2024	REAL	Koch	Reinstei n	Änderungen gemäß Sitzung vom 20.11.2024 und 11.12.2024 eingearbeitet
0	15.10.2024	REAL	Koch	Reinstei n	Erstausgabe
Rev	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Details der Revision



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



NATIONALE  
KLIMASCHUTZ  
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Finanziert von der  
**Europäischen Union**  
NextGenerationEU

Handhabung		Anzahl Anlagen zum Dokument		Format		
öffentlich		1		A4		
Projekt						
<b>Machbarkeitsstudie „Holmer Ring“</b> <b>BAFA Modul 1</b> <b>Auftraggeber: Gemeinde Risum-Lindholm</b>						
	Datum	Name	Titel			
Erstellt	15.10.2024	REAL	<b>Schlussbericht</b>			
Geprüft	16.10.2024	Koch				
Freigegeben	17.10.2024	Reinstein				
Lieferanten- Dokumentnr.						
 <small>Wir vernetzen Energien</small>			Dokument-Nr.	Seite	von Seiten	Revision
			<b>139-08-001</b>	<b>1</b>	<b>51</b>	<b>2</b>
<a href="http://www.realenergie24.de">www.realenergie24.de</a> Copyright © REINSTEIN 2025						

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
Gender-Aspekte .....	6
1. Ausgangslage Ziele und Auftrag .....	7
1.1 Ausgangslage .....	7
1.2 Ziele und Auftrag, Fördermittelgeber .....	7
1.3 Handlungsfelder .....	7
1.4 Aufbau der Studie .....	8
1.5 Grundannahmen und Berechnungsbasis .....	8
2. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	9
3. Status Quo und Bestimmung des Wärmebedarfs .....	11
3.1 Untersuchungsquartier .....	11
3.2 Gebäude- und Sanierungsstand .....	12
3.3 Heizungsbestand und Wärmebedarf .....	14
3.4 Demographie .....	16
3.5 Sanierungsrate .....	16
3.6 Prognose eines möglichen künftigen Wärmebedarf .....	16
3.7 Festlegung des zu berücksichtigenden Wärmebedarfs .....	17
4. Potenzialanalyse und Bewertung des Einsatz lokal vorhandener EE .....	18
4.1 Geothermie .....	18
4.2 Biogasanlagen und Nahwärmenetze .....	20
4.3 Großwärmepumpen unter Nutzung lokal erzeugter EE .....	21
4.4 Einordnung und Bewertung der lokal geeigneten netzgebundener Wärmeerzeugungsvarianten .....	26
5. Wärmespeicherung .....	27
5.1 Überblick .....	27
5.2 Saisonaler Wärmespeicher, oberflächennah .....	30
5.3 Bewertung und Zusammenfassung .....	32
6. Interesse der Bürger und Öffentlichkeitsarbeit .....	33
6.1 Herausforderungen .....	33
6.2 Öffentliche Veranstaltungen .....	34
6.3 Erhebung des Interesses an einer Umsetzung .....	34

6.4	Bewertung .....	35
7.	Energetische und wirtschaftliche Variantenbetrachtung .....	35
7.1	Wärmebedarfe im Untersuchungsraum .....	36
7.2	Wärmeerzeugung.....	36
7.2.1	Stand heute.....	36
7.2.2	Perspektivisch.....	36
7.2.3	Kostenbetrachtungen .....	38
7.3	Trägergesellschaftsvarianten für eine Vorhabens-Realisierung .....	43
7.4	Wärmelinienichte.....	44
7.5	Wärmelinienichte in Abhängigkeit zur Anschlussquote .....	45
7.6	Variantenvergleich und sozioökonomische Bewertung .....	46
7.7	Erfüllung technischer Mindestanforderungen (BAFA) .....	50
8.	Zusammenfassung .....	51

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsraum mit 86 Gebäuden .....	11
Abbildung 2: Energieeffizienzklasse - Zuordnung der Gebäude im Untersuchungsraum .....	12
Abbildung 3: Prozentuale Auswertung der Häuser im Untersuchungsraum je Energieeffizienzklasse .....	13
Abbildung 4: Wärmeerzeugung Heizungsbestand.....	14
Abbildung 5: Baualter der Heizungen .....	15
Abbildung 6: Gesamtwärmebedarf Holme / Holmer Ring .....	15
Abbildung 7: Zukünftiger Wärmebedarf im Quartier .....	16
Abbildung 8: Oberflächennahe und tiefe Geothermie in Schleswig-Holstein .....	18
Abbildung 9: Vorkommen von Buntsandstein in der Region Risum-Lindholm .....	19
Abbildung 10: örtliche Lage der Biogasanlagen in Risum-Lindholm.....	20
Abbildung 11: Technische Daten Biogasanlagen Risum-Lindholm .....	21
Abbildung 12: CO <sub>2</sub> Großwärmepumpe des Herstellers Advansor .....	22
Abbildung 13: Windkraftanlagen in Risum-Lindholm und Umgebung (grüne Markierungen) .....	23
Abbildung 14: Jahresganglinie 2023 Windpark in Risum-Lindholm .....	24
Abbildung 15: Eignungsmatrix Wärmeerzeugung.....	26
Abbildung 16: Entwicklungsstand und Kosten der Wärmespeichertechnologien.....	28
Abbildung 17: Investitionskosten und Speichervolumen realisierter Projekte .....	28
Abbildung 18: Erdwärmespeicher im dänischen Vojens .....	29
Abbildung 19: Nutzung des Untergrundes als saisonaler therm. Energiespeicher ...	30
Abbildung 20: Schematische Darstellung des Aquiferspeichersystems.....	31
Abbildung 21: Best practice Beispiel Rostock.....	32
Abbildung 22: Wärmebedarf heute und zukünftig (identisch mit Abb. 6) .....	36
Abbildung 23: Großwärmepumpe Typ Advansor Heat Quantum 6x6 mit CO <sub>2</sub> .....	40
Abbildung 24: CAPEX / kWh <sub>Wärme</sub> Großwärmepumpe .....	41
Abbildung 25: Bruttowärmegestehungskosten der Großwärmepumpe in € Cent .....	41
Abbildung 26: schematische Darstellung Nahwärmenetz Holme / Holmer Ring.....	42
Abbildung 27: Netzbaukosten und Wirtschaftlichkeitslücke (Bau des Gesamtnetzes) .....	42
Abbildung 28: Einordnungsmatrix Betreibermodelle .....	43
Abbildung 29: Berechnung Wärmelinienichte für 30 Anschlussnehmer.....	44
Abbildung 30: Anschlussquote, Leitungslängen und Wärmelinienichte .....	45
Abbildung 31: anonymisierte Gruppierung der positiven Interessensbekundung .....	46
Abbildung 32: Break-Even-Betrachtung Holmer Ring mit 29 Anschlüssen .....	47
Abbildung 33: Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Erreichung eines Bruttovollkostenwärmepreises i.H.v. 13-15 Eurocent.....	48
Abbildung 34: Netzinfrastruktur Ausbauphase 1 (rot = Hauptleitung, blau = Nebenleitung, grün = anschlussfähige Gebäude).....	49
Abbildung 35: Verteilung Wärmeversorgung in den Zieljahren 2030 - 2045.....	50
Abbildung 36: Soll und Ist Vergleich Primärenergie und CO <sub>2</sub> Emissionen.....	50

## Abkürzungsverzeichnis

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DN Nennweite	(„Diamètre Nominal“)
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EFH	Einfamilienhaus
el	elektrische (Leistung oder Arbeit)
E M N	EnergieManufaktur Nord Partnergesellschaft
EnEv	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung)
EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
h	Stunde
IB.SH	Investitionsbank Schleswig-Holstein
k. A.	keine Angaben verfügbar / gemacht
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft Wärme Kopplung (Verbrennungsmotor + Nutzung der Abwärme)
LCOES	Levelized Cost of Energy Storage (Betrachtung aller Investitions- und Betriebskosten)

MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
nZEB	Niedrigstenergiegebäude („nearly zero-energy buildings“)
o. J.	ohne Jahresangabe
p.a.	pro Jahr
PV	Photovoltaik
rd.	rund, circa, etwa
REAL	Name der Arbeitsgemeinschaft (Reinstein, EW-CON, Acontax, Litschke & Gemeinwohlgenossenschaft Nord)
R-Wert	Wärmedurchgangswiderstand („resistance“)
ST	Solarthermie
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr.m	Trassenmeter
TZ	Tilgungszuschuss (zusätzlich zum zinsgünstigen Kredit bei KfWProgrammen werden Tilgungen in bestimmter Höhe erlassen)
UBA	Umweltbundesamt
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient („unit of heat transfer“)
V2H	vehicle to home (Nutzung des Fahrzeugspeichers im Haushalt)
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WW	Warmwasser
ZFH	Zweifamilienhaus

## Gender-Aspekte

Die Autoren des vorliegenden Berichtes sind sich dessen bewusst, dass es verschiedene Geschlechter gibt. Aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung wird im Bericht in der Regel die männliche Form der Begriffe verwendet. Damit sind stets immer alle Geschlechter gemeint und angesprochen. Dies stellt seitens der Autoren keinerlei inhaltliche Bewertung dar.

## 1. Ausgangslage Ziele und Auftrag

### 1.1 Ausgangslage

Die Gemeinde Risum-Lindholm befindet sich im Landkreis Nordfriesland, ca. 20 KM südlich der dänischen Grenze und etwa 10 KM entfernt von der Nordseeküste. Im Ort wohnen ca. 3.700 Menschen. Derzeit befinden sich bereits mehrere kleinere, getrennte Nahwärmenetze im Betrieb, die lokal aus Biogas erzeugte Wärme den Kunden zur Verfügung stellen. Im Rahmen dieser Studie soll das Gebiet „Holmer Ring“ mit ca. 90 Wohngebäuden hinsichtlich der Umsetzungsmöglichkeiten eines Wärmenetzes 4.0 untersucht werden.

### 1.2 Ziele und Auftrag, Fördermittelgeber

Die klimapolitischen Ziele der aktuellen Bundesregierung sehen einen schrittweisen Ersatz fossiler Energieträger durch erneuerbare Ressourcen in der Wärmeversorgung vor. Dabei soll der Gebäudebestand bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden. Innovativen Wärmenetzen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, da die Neugestaltung der Wärmebereitstellung weit weniger kleinteilig und kosteneffizienter gegenüber einer Vielzahl von Einzelanlagen erfolgen kann.

Die Erstellung der vorliegenden Machbarkeitsstudie wird durch das BAFA Programm Modul 1 – Machbarkeitsstudie Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 maßgeblich unterstützt. Diese geförderten Machbarkeitsstudien haben das Ziel Technologie und Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes 4.0 in einem definierten Zielgebiet zu untersuchen und zu bewerten.

### 1.3 Handlungsfelder

Die Machbarkeitsstudie betrachtet und verknüpft die nachfolgend genannten Handlungsfelder:

- Wärmeerzeugung
- Wärmespeichersysteme
- Netzdimensionierung
- Interesse der Bewohner an einer leitungsgebundenen Wärmelösung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Genehmigungsfähigkeit
- Monitoring
- Zeit- und Ressourcenplanung

## 1.4 Aufbau der Studie

Der Aufbau der Machbarkeitsstudie orientiert sich an den Vorgaben des Förderprogrammes (Merkblatt zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie für Modellvorhaben Wärmenetze 4.0) und an der Leistungsbeschreibung des Amts Südtondern.

Der Status Quo des zu untersuchenden Quartiers wird aus städtebaulicher und energetischer Perspektive in Kapitel 3 dargestellt. Potenziale und die Bewertung der vorhandenen erneuerbaren Energien werden in Kapitel 4 beschrieben. Möglichkeiten der Wärmespeicherung werden im 5. Kapitel vorgestellt. Im Kapitel 6 wird die Genehmigungsfähigkeit der angestrebten Versorgungslösung betrachtet.

Die Ergebnisse einer energetischen und wirtschaftlichen Variantenbetrachtung inkl. der Netzdimensionierung sind in Kapitel 8 zusammengefasst.

Die Gestaltung der weiteren Umsetzung, in Bezug auf die Aspekte Genehmigungsfähigkeit, Beteiligung relevanter Akteure, Anlagenplanung und -umsetzung sowie einer geeigneten Kommunikationsstrategie, erfolgt im Kapitel 8 der vorliegenden Studie.

In Kapitel 9 werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein möglicher Ablauf der Projektrealisierung skizziert.

## 1.5 Grundannahmen und Berechnungsbasis

Die Autoren weisen darauf hin, dass die vorliegende Machbarkeitsstudie im Sommer/Herbst 2024 erstellt wurde. Die durchgeführten Analysen und Bewertungen berücksichtigen die zu dieser Zeit geltenden Parameter. Dies ist insbesondere für die nachfolgenden Bereiche relevant:

- Zins- und Finanzentwicklung
- Markt- und Technologieentwicklung
- Regulatorik und Politik

Den Autoren ist bewusst, dass sich in dieser sehr dynamischen Zeit einige Parameter deutlich und kurzfristig verändern können. Daraus ergibt sich ggf. die Notwendigkeit einer Neubewertung der hier erarbeiteten Ergebnisse.

## 2. Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Machbarkeitsstudie untersuchen die Autoren ein eng umrissenes Versorgungsgebiet, gekennzeichnet durch die beiden Straßen Holme und Homer-Ring in Risum-Lindholm. Untersuchungsgegenstand ist die Wirtschaftlichkeit und Umsetzungsmöglichkeit einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung für Holme und Homer-Ring. Das Gebiet ist geprägt von relativ dicht gebauten Einfamilienhäusern mit Gärten und Nebengebäuden. Der Gebäudebestand ist im Wesentlichen zwischen 50 und 70 Jahre alt. In der Regel sind die Dächer, Türen und Fenster vor 15 – 25 Jahren bereits einmal erneuert worden. Der Großteil der Gebäude wird mit Heizungen aus den 1990er bis 2010er Jahren mit Erdgas- oder Öl als Primärenergieträger beheizt. Die Bewohnerschaft ist sehr häufig noch im Erstbezug, teilweise hat bereits ein Generationenwechsel stattgefunden.

Die Struktur des untersuchten Gebietes zeigt aufgrund der relativ dichten Bebauung, dem Sanierungsstand der Gebäude und dem daraus resultierenden Wärmebedarf sowie dem Alter der Heizungen gute Grundvoraussetzungen für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung. Trotz der geringen Wärmeliniendichte von etwa 400-500 MWh/m und Jahr, konnten die Autoren einen wirtschaftlichen Betrieb nachweisen. Für einen konventionellen Energieversorger ist jedoch der Netzbetrieb und die Wärmeversorgung dieses Quartiers unrentabel. Der Eigenbetrieb über eine Bürgergenossenschaft ist hingegen realistisch. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit sind zusammengefasst folgende Faktoren:

- Kosten für den Netzbau
- Erzeugungskosten für die Wärme
- Höhe der Anschlussquote bzw. Anzahl der Anschlussnehmer
- Genossenschaftliches Betreibermodell (geringe Verwaltungskosten)

Die Kosten für den Netzbau und die Erzeugungskosten für die Wärme können anhand von aktuellen Angeboten gut eingegrenzt und realistisch abgeschätzt werden. Mit der Zahl der Anschlussnehmer entscheidet sich die Realisation dieses Vorhabens. Ab einer Anschlussquote von etwa 50 % kann nach heutigem Erkenntnisstand eine Nahwärmeversorgung in Holme und Holmer-Ring umgesetzt werden. Eine dauerhafte Wirtschaftlichkeit im Betrieb ergibt sich bei etwa 70 % Anschlussquote.

Die im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie durchgeführte Bürgerbefragung ergab eine potentielle Anschlussquote von 36 %. Für die Realisierung der Versorgung des gesamten Gebietes in einem Schritt ist diese Zahl zu gering. Die Untersuchung der Lage der Gebäude dieser Anschlusswilligen ergab jedoch, dass der überwiegende Teil eng beieinander liegt und somit eine Quote von 50 % in einer ersten Ausbaustufe ermöglichen würde. In der Konsequenz schlagen die Autoren vor, den Ausbau in zwei Stufen vorzunehmen und mit den vorhandenen Interessenten die erste Ausbaustufe in Angriff zu nehmen.

Die Wirtschaftlichkeit dieses Vorhabens räumt keine Gewinnmargen ein, die privatwirtschaftliche Unternehmen üblicherweise benötigen. Daher ist es zwingend erforderlich, dass aus der Bürgerschaft ein Initiativkreis gebildet wird, der in der Gründung einer Wärmebetreibergesellschaft mündet.

Die optimale Wärmeerzeugung wird mit einer zentralen Großwärmepumpe als Wärmequelle gesehen, die mittelfristig mit eigenem Grünstrom aus den ortsansässigen Windparks gespeist werden. Dies ist derzeit jedoch nicht möglich, da sämtliche Anlagen des Windparks im EEG befindlich sind und durch das Doppelvermarktungsverbot keine Möglichkeit der Eigenstromnutzung gegeben ist.

Mit der Gründung einer Betreibergesellschaft auf Genossenschaftsbasis und der potentiellen Herausnahme einer Windkraftanlage aus dem EEG bestünden Lösungsmöglichkeiten der zuvor beschriebenen Herausforderungen. Unabhängig davon bleibt die Hürde bestehen für attraktive Arbeitspreise eine Anschlussquote von über 80 % zu erreichen.

### 3. Status Quo und Bestimmung des Wärmebedarfs

#### 3.1 Untersuchungsquartier

Die vorliegende Machbarkeitsstudie untersucht in der Gemeinde Risum-Lindholm den Planbereich, der von den Straßen Holmer Ring, Holme und Dorfstraße eingegrenzt wird. Es befinden sich 86 Wohn- und Gewerbegebäude diesem Untersuchungsgebiet.



Abbildung 1: Untersuchungsraum mit 86 Gebäuden

Der Untersuchungsraum befindet sich im Dorfverbund der nördlich, östlich und südlich von landwirtschaftlicher Nutzfläche umgeben ist.

### 3.2 Gebäude- und Sanierungsstand

Über 90% der Gebäude im untersuchten Quartier sind im Zeitraum 1958 – 1978 erbaut worden<sup>1</sup>.

Unter Berücksichtigung der Daten der im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie durchgeführten Fragebogenaktion ergibt sich nachfolgende Situation:

Energieeffizienzklasse		prozentualer Anteil	kWh/m <sup>2</sup> p.a.	Gebäudetypus
A+	0	0%	0-30	Neubauten mit höchstem Energiestandard z.B. Passivhaus, KfW 40
A	2	6%	30-50	Neubauten, Niedrigenergiehäuser, KfW 55
B	1	3%	50-75	normale Neubauten
C	0	0%	75-100	Mindestanforderung Neubau
D	2	6%	100-130	gut sanierte Altbauten
E	8	24%	130-160	mittel sanierte Altbauten
F	12	36%	160-200	sanierte Altbauten
G	3	9%	200-250	teilweise sanierte Altbauten
H	5	15%	über 250	unsanierte Gebäude

Abbildung 2: Energieeffizienzklasse - Zuordnung der Gebäude im Untersuchungsraum

Auf Grundlage obiger Auswertung ist ersichtlich, dass etwa 15% der Gebäude in einer Energieeffizienzklasse A-D zuzuordnen sind [Neubau bis gut sanierte Altbauten].

85 % der Häuser sind demnach mittel sanierte Altbauten bis unsanierte Gebäude [Effizienzklassen E-H; 130 bis über 250 kWh / (Jahr x m<sup>2</sup>)].

<sup>1</sup> Quelle: eigene Erhebung mit einer Rücklaufquote von 39% (33 Antworten bei 86 Gebäuden).

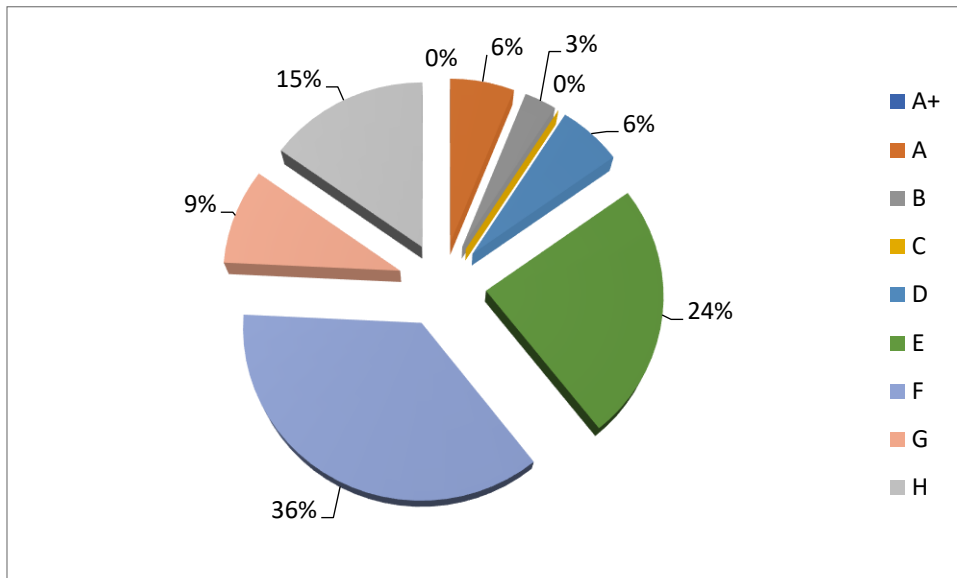


Abbildung 3: Prozentuale Auswertung der Häuser im Untersuchungsraum je Energieeffizienzklasse

### 3.3 Heizungsbestand und Wärmebedarf

Zur Bestimmung des Heizungsbestands und Wärmebedarfs wurden die Daten des zuständigen Schornsteinfegers als auch die eigens durchgeführte Erhebung zu Grunde gelegt. Eindeutig überwiegt der fossile Heizungsanteil mit 92%. Heizöl wird bei 40% und Gas bei 52% der Gebäude zur Wärmeerzeugung genutzt.

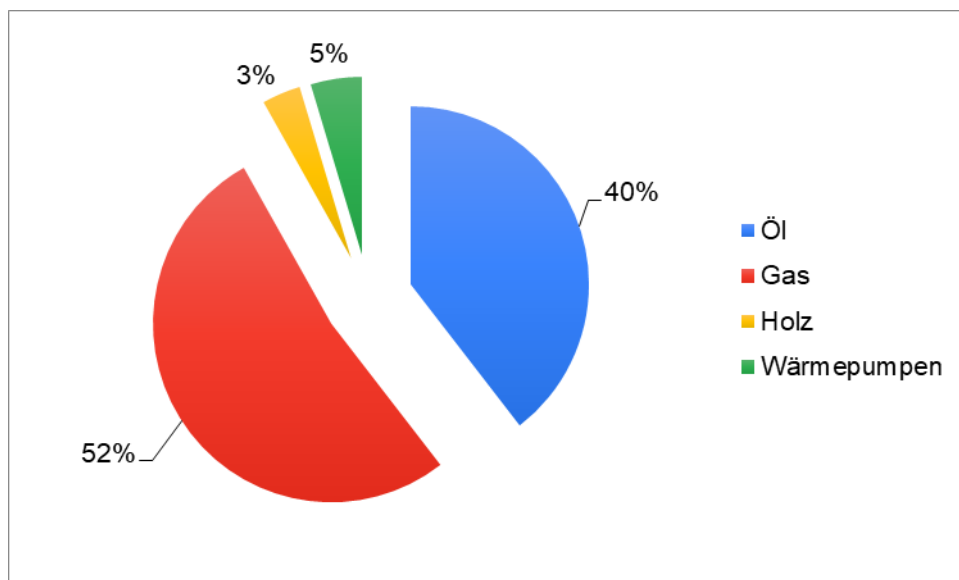


Abbildung 4: Wärmeerzeugung Heizungsbestand

Hinsichtlich des Alters der vorhandenen Heizungen ist festzustellen, dass lediglich 35% jünger als 10 Jahre sind. Demzufolge ist davon auszugehen, dass in den kommenden 10-15 Jahren nahezu alle Heizungen erneuert werden müssen<sup>2</sup>.

Zudem dürfen fossile Heizkessel gem. Gebäudeenergiegesetz (GEG) längstens bis zum 31. Dezember 2044 mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Danach müssen fossile Heizsysteme wie konventionelle Gas- oder Ölheizungen auf 100 Prozent Bio-Brennstoff umgerüstet oder gegen erneuerbare Energien ausgetauscht werden. Dies wurde verabschiedet um die im Klimaschutzgesetz festgelegte Treibhausgasneutralität ab 2045 zu erreichen. Für Gas- oder Ölheizungen, die ab 2024 eingebaut wurden, gilt bereits ab 2029 ein Bio-Brennstoffanteil von mindestens 15 Prozent. Dieser soll schrittweise erhöht werden und bis 2045 100 Prozent betragen.

<sup>2</sup> Darüber hinaus gilt: Paragraph 72 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sieht eine Pflicht zum Austausch von Öl- und Gasheizungen vor, wenn diese 30 Jahre alt oder älter sind und es sich dabei um Konstanttemperaturkessel mit einer Nennleistung zwischen 4 und 400 Kilowatt handelt.

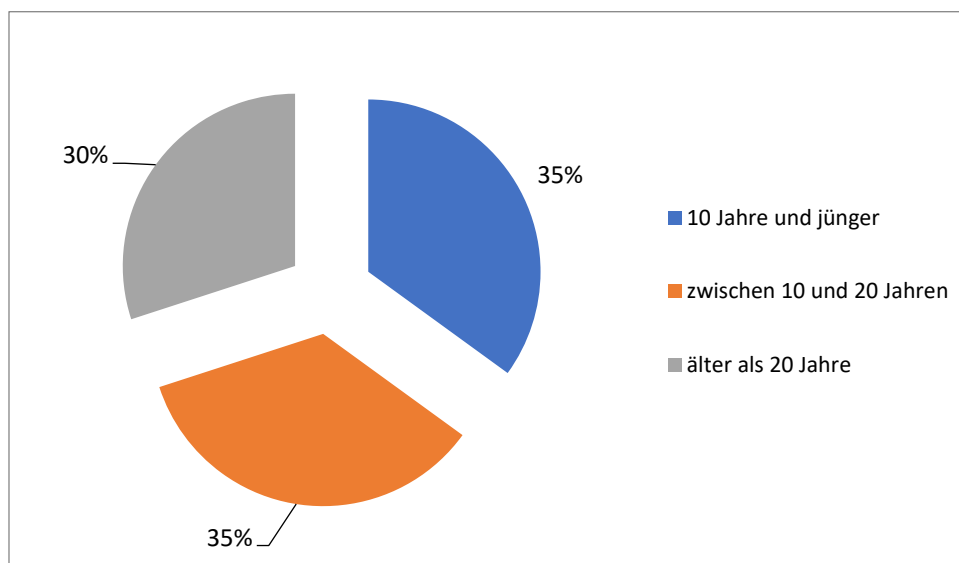


Abbildung 5: Baualter der Heizungen

Um den Wärmebedarf zu quantifizieren greifen die Autoren auf die Daten der Eigenerhebung zurück, da aus den Schornsteinfegerdaten keine validen Verbrauchswerte abgeleitet werden können.

Die Analyse der Wärmebedarfe ergibt folgende Situation im Quartier:

Wärmebedarf		
Gebäude im Quartier	22.200	kWh pro Jahr
EFH im Bundesdurchschnitt	22.400	kWh pro Jahr
Haushalt im Bundesdurchschnitt	17.600	kWh pro Jahr

Es ist zu erkennen, dass der durchschnittliche Wärmebedarf im Quartier Holme/ Holmer Ring quasi identisch zum Bundesdurchschnittsverbrauch ist. Dies ist plausibel da in Deutschland jede dritte Heizung über 20 Jahre alt. Laut einer Studie des BDEW zum Heizungsmarkt überschreitet ein Drittel aller Ölheizungen sogar die 25 Jahre. Das zeigt einen hohen Sanierungsbedarf vieler Heizsysteme.

Die Situation im Bundesdurchschnitt ist demnach vergleichbar und zeigt, dass die Eigenerhebung plausible Daten liefert.

Der aktuelle gesamte Wärmebedarf im Quartier weist demnach ca. 2 GWh auf.

#### Gesamtwärmebedarf Holme / Holme Ring

Durchschnitt pro Gebäude	22.200	
Gebäudezahl	86	
Gesamtwärmebedarf	1.909.200	kWh pro Jahr

Abbildung 6: Gesamtwärmebedarf Holme / Holmer Ring

### 3.4 Demographie

Die Daten für das Quartier Holme / Holmer Ring zeigen bezüglich der demografischen Situation folgende Ergebnisse:

- Laut eigener Erhebung wohnen etwa 200 Personen im betrachteten Quartier.
- Das hochskalierte Durchschnittsalter über alle dortigen Haushalte beträgt 63,7 Jahre.
- Der Bundesdurchschnitt liegt im Vergleich dazu bei 44,7 Jahren, der Landesdurchschnitt bei 46 Jahren und die im selben Landkreis befindliche Gemeinde Bargum-West bei 52,3 Jahren und der Gemeinde Mönkebüll bei 55,4 Jahren (Datengrundlage = eigene Fragebogenerhebung).
- Demnach sind die Bewohner im betrachteten Bereich im Vergleich zu allen anderen Gemeinden im Umkreis, überdurchschnittlich alt.
- In den Häusern wohnen größtenteils noch die Personen, die erstmalig im Zeitraum 1958-1978 dort eingezogen sind.
- Junge Familien stellen mit weniger als 15% die Ausnahme dar.

### 3.5 Sanierungsrate

Das Durchschnittsalter der Bewohner im Quartier beträgt 63,7 Jahre und ist damit ca. 43% über dem Bundesdurchschnitt mit 44,7 Jahren. Somit gehen die Autoren davon aus, dass die energetische Sanierungsrate deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 0,8% p.a. liegen sollte. Das öffentliche Interesse an Informationsveranstaltungen zeigt indes, dass insbesondere ältere Jahrgänge sich mit dem Thema energetische Sanierung stärker auseinandersetzen als jüngere Jahrgänge. Die Autoren halten auf Basis der o.g. Faktoren eine jährliche Sanierungsrate von 1,2 % für realistisch.

### 3.6 Prognose eines möglichen künftigen Wärmebedarf

Die Betrachtung umfasst 86 Wohngebäude.

(alle Werte in MWh <sub>th</sub> p.a.)	2024	2035	2045
Wärmebedarf im jeweiligen Jahr	1.909	1.412	1.074
Reduzierung durch Sanierung p.a.	<b>0,45 %</b>		
Reduzierung durch Verhalten + Optimierung p.a.	<b>2,25 %</b>		
Jährliche Gesamtreduzierung	<b>2,7 %</b>		

Abbildung 7: Zukünftiger Wärmebedarf im Quartier

In den kommenden 20 Jahren ist von folgender Reduzierung des jährlichen Wärmebedarfs auszugehen:

- Energetische Sanierung
  - Jährliche Sanierungsrate 1,2 %

- Effizienzgewinne durch Sanierung 37,5 %
- Effektive Reduktion des Wärmebedarfs 0,45 % pro Jahr
- Nutzerverhalten und Optimierung
  - Effektive Reduktion des Wärmebedarfes 2,25 % jährlich

Diese beiden Effekte summieren sich auf 2,7 % per annum, somit über 20 Jahre auf 54 %.

Dieser nennenswerte Rückgang ist bei künftigen Wärmeplanungen zu berücksichtigen.

Sollte die Gemeinde künftig in direkter Nachbarschaft zum betrachteten Quartier Neubauf Flächen ausweisen, werden die Neubauten energetisch einen derart geringen Wärmebedarf haben, dass dieser in der Gesamtbetrachtung je nach Größe des Neubaugebietes kaum ins Gewicht fällt.

### 3.7 Festlegung des zu berücksichtigenden Wärmebedarfs

Die Autoren gehen auf Grund des Gesamtbildes im Untersuchungsraum von einem Wärmebedarf i.H.v. 1.720 MWh aus.

Dieser Bedarf leitet sich aus einer maximal zu erwartenden Anschlussquote von 90% bezogen auf den aktuellen Wärmebedarf im Quartier ab. Szenarien einer zeitlichen Entwicklung des Vorhabens werden in nachfolgenden Kapiteln betrachtet.

## 4. Potenzialanalyse und Bewertung des Einsatz lokal vorhandener EE

In diesem Kapitel betrachten die Autoren die Nutzungsmöglichkeiten vor Ort verfügbarer erneuerbarer Energiequellen zur Wärmeerzeugung.

### 4.1 Geothermie

Geothermie gehört zu den regenerativen Energieformen und kann als kontinuierlich verfügbare Energiequelle zum Heizen, Kühlen und zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Um die technische Nutzung der natürlichen Erdwärme zur Energiegewinnung beurteilen zu können, sind möglichst genaue Kenntnisse der geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnisse am Standort erforderlich. Die Betrachtung von geothermischen Potenzialen differenziert sich in tiefen- und oberflächennahe Geothermie. Die folgende Abbildung stellt die beiden Formen mit Ihren unterschiedlichen Nutzungsformen im Wärmebereich schematisch dar.

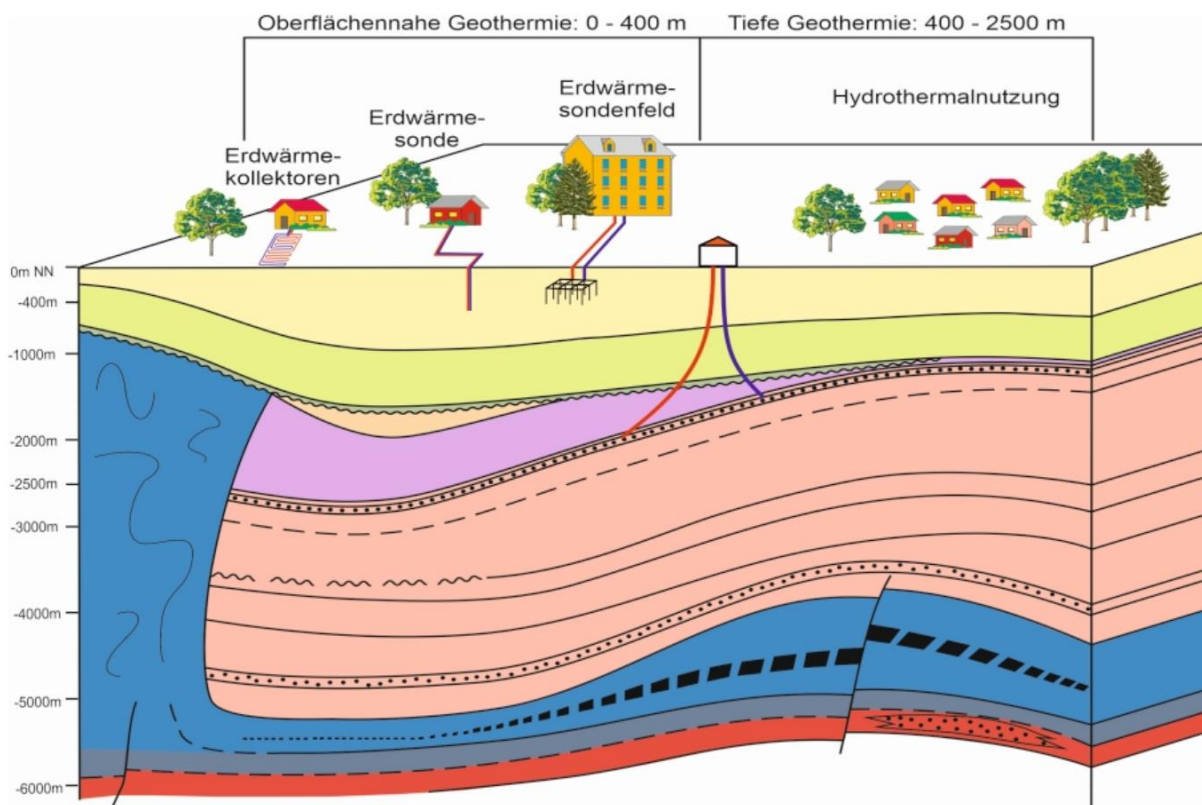


Abbildung 8: Oberflächennahe und tiefe Geothermie in Schleswig-Holstein<sup>3</sup>

<sup>3</sup> <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/G/geologie/Fachbeitraege/geothermie.html>

## Tiefengeothermie

Die geothermische Energie wird mittels Tiefbohrungen (400m - 2.500m) erschlossen und direkt genutzt. Je 100m Bohrtiefe steigt die Temperatur um durchschnittlich 3-4 °K an. Zur Beurteilung der Möglichkeiten ist die effektive Wärmeleitfähigkeit der Gesteinsschichten ausschlaggebend. Wasserführende Schichten, sog. Aquifere, haben eine hohe Wärmeleitfähigkeit und sind daher besonders für die Wärmenutzung geeignet. In Schleswig-Holstein ist diese Form der Nutzung besonders geeignet.

Auf der Internetseite des Umweltportals Schleswig-Holstein sind folgende Informationen entnommen:

Risum-Lindholm befindet sich in einem Gebiet indem mittlerer Buntsandstein vorhanden ist der sich für Tiefengeothermie eignet (rötliche Fläche in unten ersichtlicher Abbildung). Dennoch ist eine spezifische Untersuchung erforderlich, um die Verfügbarkeit und die physikalischen Eigenschaften eines Aquifers vor Ort zu verifizieren.



**Abbildung 9: Vorkommen von Buntsandstein in der Region Risum-Lindholm**

## Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie nutzt Energie aus einer Tiefe von bis zu 400m. Hierzu werden Erdwärmesonden/ -kollektoren eingesetzt. Die energetische Nutzung erfolgt bedingt durch die geringen Temperaturen dabei über Wärmepumpen und -tauscher. Der Untergrund kann sowohl als Wärmequelle als auch zur Wärmeeinspeicherung genutzt werden. Analog zur Tiefengeothermie ist das Vorhandensein wasserführender Schichten für die Standorteignung entscheidend. Eine entsprechende geologische Untersuchung ist durchzuführen.

Der geologische Untergrund wird nicht nur zunehmend zur Beheizung von Wohngebäuden genutzt, sondern kann auch zur Kälteversorgung von größeren Gebäuden eingesetzt werden.

Weitere Informationen sind u.a auf der Internetseite des Landes Schleswig-Holstein zu finden<sup>4</sup>.

### 4.2 Biogasanlagen und Nahwärmenetze

In der Gemeinde Risum-Lindholm existieren bereits mehrere Nahwärmenetze. Der Großteil der netzgebundenen Wärmeerzeugung wird mittels Biogasanlagen im Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess produziert.

In der nachfolgenden Abbildung sind mit grünen Punkten die Örtlichkeiten der existierenden Großwärmeerzeugung auf Basis von Biogas markiert.



Abbildung 10: örtliche Lage der Biogasanlagen in Risum-Lindholm

<sup>4</sup> <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/G/geologie/Fachbeitraege/geothermie.html>

Laut Angabe der Biogasanlagenbetreiber sind folgende technische Daten zutreffend:

<b>Betreiber</b>	<b>Erzeugungsleistung heute</b>	<b>Anzahl beliefelter Kunden</b>
<b>Biogas Risum-Lindholm GmbH &amp; Co KG</b>	4,5 GWh	ca. 200
<b>Biogas Oldsen Verwaltungs GmbH</b>	15 GWh	ca. 200
<b>Bio-Power Risum-Lindholm GmbH</b>	7,5 GWh	1 Gewerbekunde + 1 Trocknungsanlage

Abbildung 11: Technische Daten Biogasanlagen Risum-Lindholm

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie fand eine Arbeitssitzung der Biogasanlagenbetreiber, der Gemeinde und der Autoren vor Ort statt. Dabei signalisierten die Betreiber grundsätzliches Interesse, das Quartier Holme/ Holmer Ring mit Wärme zu beliefern. Für diesen Zweck sollte eine Satelliten KWK Anlage an einem geeigneten ortsnahen Standort zum ggf. künftigen Nahwärmenetz errichtet werden. Als Primärenergie soll lokal erzeugtes Biogas Verwendung finden.

Die Liefer- und Leistungsschnittstellen wurden wie folgt besprochen:

Biogasanlagenbetreiber:

- errichtet und betreibt die hierfür benötigte KWK-Anlage
- errichtet die Biogasnetzanbindung und versorgt die neue KWK-Anlage mit dem erforderlichen Brennstoff
- liefert Wärme an Wärmenetzgesellschaft

Gemeinde bzw. Wärmenetzgesellschaft:

- errichtet und betreibt das hierfür benötigte Wärmenetz
- erledigt alle erforderlichen administrativen Aufgaben (Abrechnung an Endkunden etc. )
- liefert Wärme an Endkunden

### 4.3 Großwärmepumpen unter Nutzung lokal erzeugter EE

#### Großwärmepumpe

Großwärmepumpen arbeiten nach dem gleichen Grundprinzip wie alle Wärmepumpen. Ein Kältemittel wird in einem geschlossenen Kreislauf verdichtet, verdampft, entspannt und anschließend wieder verflüssigt. Über diesen Prozess kann

thermische Energie konzentriert und sehr effizient zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Für hohe Wirkungsgrade ist effizient nutzbare Umgebungswärme erforderlich (z.B. Erd- und Abwärme). Zusätzlich benötigt man für den eingangs beschriebenen Prozess elektrische Energie für die Pumpen. Je nach eingesetztem Kältemittel und Technologie der Großwärmepumpe sind sehr hohe Temperaturen (bis zu 130°C) durch eine Kaskadierung verschiedener Anlagen möglich.

Üblicherweise sind am Markt verfügbare Großwärmepumpen modular erweiterbar, so dass die Erzeugungskapazität dem Bedarf angepasst werden kann.

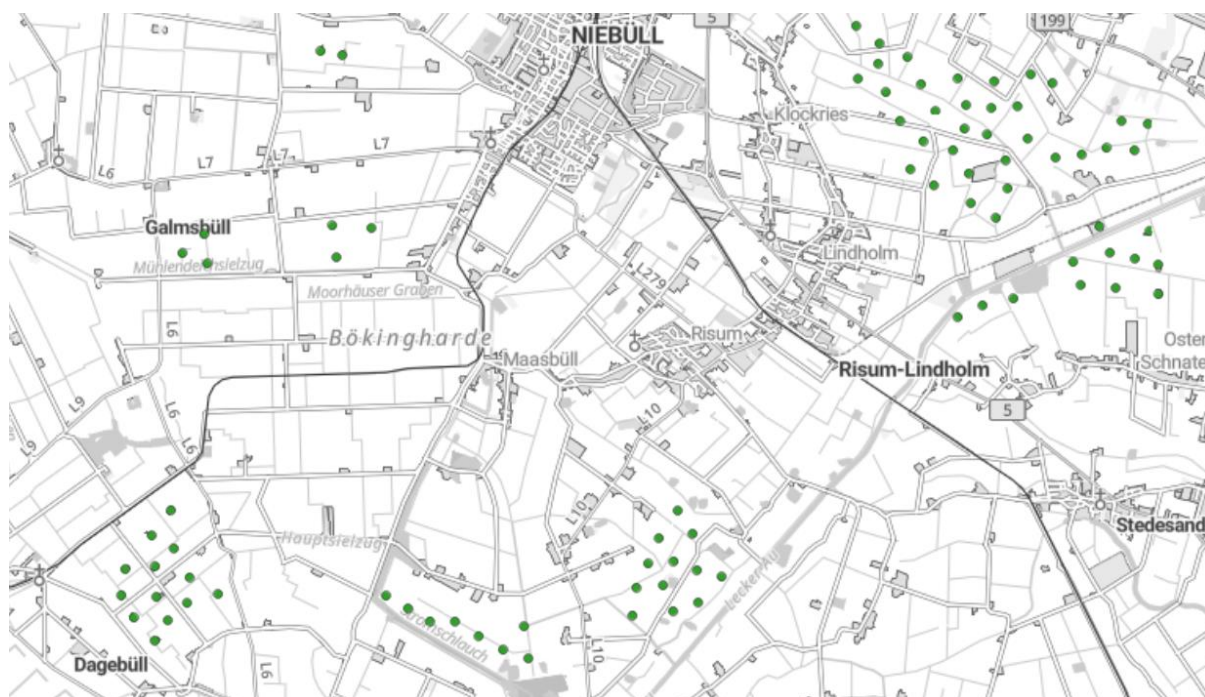
Verschiedene Hersteller bieten fertig montierte und getestete Containervarianten an, die in Wohngebieten aufgestellt werden können.



Abbildung 12: CO<sub>2</sub> Großwärmepumpe des Herstellers Advansor

In Risum-Lindholm existieren 4 Bürgerwindparks:

- Windpark Herrenkoog GmbH und Co KG (ca. 11 MW)
- Windpark Kohldamm GmbH und Co KG (ca. 37 MW)
- Windpark Osterdeich GmbH und Co KG (ca. 13 MW)
- Bökingharder Windpark GmbH und Co KG (ca. 20 MW)



**Abbildung 13: Windkraftanlagen in Risum-Lindholm und Umgebung (grüne Markierungen)**

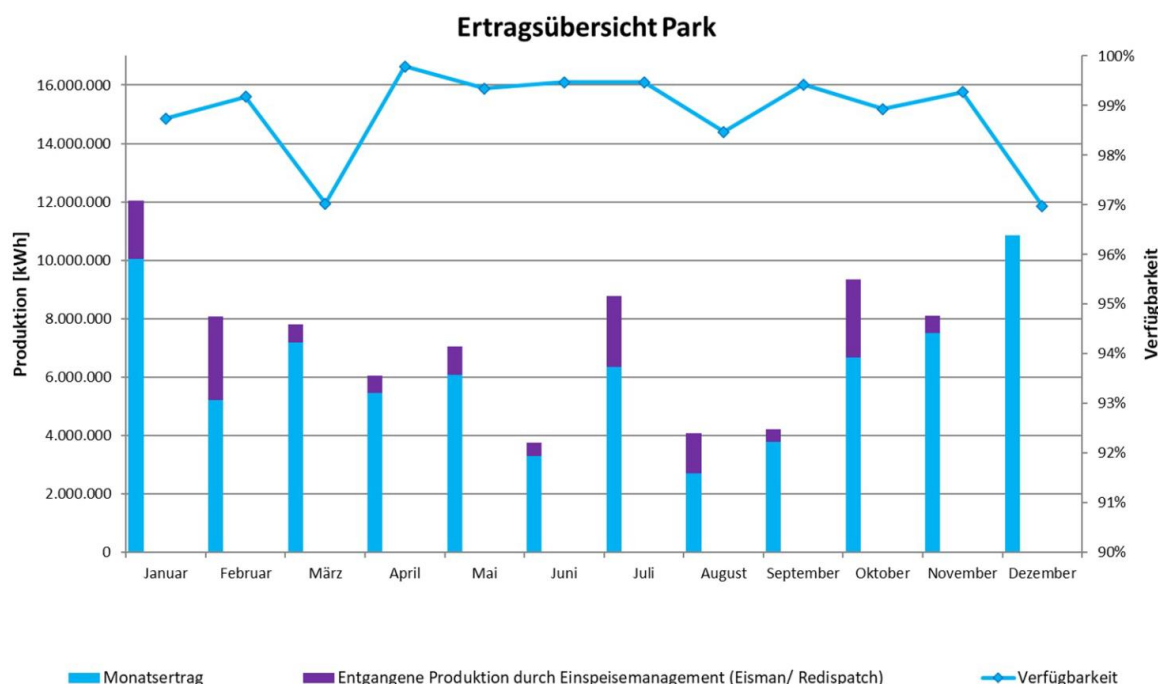
In einer gemeinsamen Arbeitssitzung mit allen Bürgerwindparks des Ortes, wurde am 23.7.2024 nachfolgende Absichtserklärung formuliert:

„Alle Bürgerwindparks aus Risum-Lindholm bestätigen die grundsätzliche Absicht im Untersuchungsgebiet Holmer Ring als potentieller Wärmelieferant zu agieren. Es besteht darüber allseits Interesse, künftig die Ortsteile mit Wärme und/oder Strom zur Wärmeerzeugung zu beliefern wo dies sinnvoll möglich sein könnte.“

Die jährliche Erzeugungsleistung der Windparks beläuft sich auf mehr als 200 GWh.

Unter Berücksichtigung des im Quartier definierten Wärmebedarfs von 1,7 GWh p.a. und einem COP von mindestens 3 ergibt sich ein Strombedarf von etwa 0,6 GWh. Dies entspricht lediglich 3 % der vor Ort durch Windkraft erzeugten Strommenge.

Eine übliche Jahresganglinie sieht wie folgt aus:



**Abbildung 14: Jahresganglinie 2023 Windpark in Risum-Lindholm**

Aus obiger Abbildung ist ersichtlich, dass die Erzeugungsleistung in den kalten Monaten am höchsten und in den wärmsten Monaten am niedrigsten ist. Demzufolge wird die Kombination Windpark und Großwärmepumpe als sehr geeignet angesehen.

### Regulatorik

Für Windkraftanlagen die im EEG Förderregime vergütet werden gilt das Doppelvermarktungsverbot. Das bedeutet, dass Strom der aus einer EEG geförderten Anlage erzeugt wird grundsätzlich nur nach EEG Richtlinien vergütet werden kann. Insbesondere Strom der aufgrund von Netzengpässen nicht eingespeist werden kann (aber dennoch vergütet wird) darf nicht zu anderen Zwecken verwendet werden. Die Verwendung von Eigenstrom vor der Einspeisung ins öffentliche Stromnetz ist jeweils im Einzelfall zu prüfen.

Werden Erzeugungskapazitäten direkt und außerhalb des EEG vermarktet (bspw. PPA) steht einer Eigenstromverwendung i.d.R. nichts entgegen.

## Kostenstruktur

Die resultierenden Wärmegestehungskosten der Variante Windkraftanlage und Großwärmepumpe werden in Kapitel 7 betrachtet.

Die Liefer- und Leistungsschnittstellen wurden in der Sitzung vom 23.7.2024 wie folgt besprochen:

### Bürgerwindpark:

- errichtet und betreibt die hierfür benötigte Großwärmepumpe
- errichtet und versorgt die neue Großwärmepumpe mit einer Stromleitung, die den Strom des Bürgerwindparks nutzt
- liefert Wärme an Wärmenetzgesellschaft

### Gemeinde bzw. Wärmenetzgesellschaft:

- errichtet und betreibt das hierfür benötigte Wärmenetz
- erledigt alle erforderlichen administrativen Aufgaben (Abrechnung an Endkunden etc.)
- liefert Wärme an Endkunden

#### 4.4 Einordnung und Bewertung der lokal geeigneten netzgebundener Wärmeeerzeugungsvarianten

Nach Ansicht der Autoren sind die nachfolgend genannten Einflussfaktoren für die Projektrealisierung, die erforderlichen Ressourcen und die Handhabbarkeit im Untersuchungsraum relevant. Die farbliche Bewertung ist bewusst indikativ gewählt. Dabei basiert die Bewertung auf der individuellen Expertise der Autoren.

Die Farben haben folgende Bedeutung bei der Bewertung des jeweiligen Parameters: grün = geeignet, sehr gut; gelb = mittel; rot = schlecht, ungünstig, langwierig, teuer,.....

	Geothermie + Wärmepumpe	Biogasanlage (KWK Satellit)	Großwärmepumpe
Machbarkeit	grün	grün	grün
Systemkomplexität	gelb	gelb	grün
Genehmigungsaufwand	gelb	gelb	grün
Investitionskosten	gelb	gelb	gelb
Betriebskosten	grün	gelb	grün
Realisierungszeitraum	rot	gelb	grün

Abbildung 15: Eignungsmatrix Wärmeeerzeugung

Die Machbarkeit aller oben dargestellten Technologien ist gegeben, da alle Varianten dem Stand der Technik entsprechen.

Hinsichtlich der Systemkomplexität sticht die Großwärmepumpe positiv heraus, da es sich meist um Containerlösungen handelt, deren Aufstellung, Betrieb und Wartung inkl. Versorgung mit den erforderlichen Betriebsmitteln im Vergleich zu den beiden anderen Varianten um ein vielfaches niedrigere Ansprüche stellt. Biogaserzeugte Wärme benötigt eine umfassende Prozesskette vom landwirtschaftlichen Produkt, der Vergärung und Gaserzeugung, thermische Umwandlung im Verbrennungsmotor, Wärmeauskopplung etc.. Geothermische Wärmepumpen Systeme stellen im Vergleich zur Großwärmepumpe einen erhöhten Komplexitätsaufwand durch die benötigten Erduntersuchungen, Bohrungen und Wasserhaltungsprozesse dar.

Genehmigungsrechtlich sind bei der Geothermie die Bohrungen und das Wasserrecht als auch BImSchV Themen zu beachten. Im Hinblick auf die oben dargestellte Prozesskette benötigt ein biogasbetriebener KWK Satellit detailliertere Emissionsschutzuntersuchungen als eine elektrisch betriebene Großwärmepumpe.

Hinsichtlich der Investitionskosten ist auf ein erhöhtes Risikopotenzial für erforderliche Bohrungen der Geothermie hinzuweisen (ggf. sind mehr Bohrungen nötig als kalkuliert, das Vorkommen eines Aquifers ist nicht in der Qualität wie erwartet,....). Allen drei Technologien ist gemeinsam, dass eine hohe Investitionssumme vorab geleistet werden muss, um den gewünschten Wärmeeertrag zu erzeugen. Ein hohes Zinsniveau erschwert die Realisierung kostenintensiver Projekte zusätzlich.

Die Wärmepumpentechnologie benötigt lediglich elektrischen Strom als Betriebsmittel. Wenige und im Vergleich zum KWK Prozess einfachere Komponenten begünstigen zusätzlich geringere Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Die zur Realisierung benötigten Dauern variieren stark. Vorkonfektionierte und containerisierte Großwärmepumpen werden fertig montiert und getestet zum Zielort geliefert. Vor Ort ist lediglich ein Fundament erforderlich und die Anschlüsse an das Leitungsnetz sowie an die Stromversorgung sind herzustellen. Biogasanlagen müssen genehmigungsrechtlich höhere Anforderungen erfüllen, so dass die hierfür erforderlichen Prozesse mehr Zeit in Anspruch nehmen. Durch die Komplexität der Systemkomponenten und auch der erforderlichen Baukörper wird in Summe mehr Zeit bis zu einer möglichen Wärmelieferung benötigt. Geothermievorhaben sind genehmigungsverfahrenrechtlich komplex mit zu erwartenden Bearbeitungszeiträumen zwischen 1-5 Jahren. Die Gesamtrealisierungsdauer wird von den Stadtwerken München mit durchschnittlich 5-10 Jahren genannt.

## 5. Wärmespeicherung

### 5.1 Überblick

Die Wärmespeicherung gliedert sich in drei Hauptgebiete sensible, latente und thermochemische Speicher. In der sensiblen Wärmespeicherung wird die Energie direkt im Medium/ Material gespeichert. Latentspeicherung bezeichnet eine Speicherform in der das Material seinen Aggregatzustand verändert. In der thermochemischen Speicherung werden mittels Speicherung chemische Prozesse initiiert die reversibel sind und somit die Wärme wieder ausgespeichert werden kann.

Die folgende Abbildung von Rödl & Partner gibt einen Überblick auf Speicherart, Arbeitstemperatur, Entwicklungsstand und deren spezifische Kosten in €/ kWh.

Speicherart	Stoff	Arbeits-temperatur [°C]	Speicher-dichte [kWh/m³]	Entwick-lungsstand	Spezifische Kosten [€/kWh] <sup>10</sup>
Sensibel	Wasser	0 - 100	60	ausgereift	0,50 - 7,00
	Beton	0 - 500	30	ausgereift	
Latent	Paraffine	0 - 70	60	Entwickelt	100 - 200
	Salzhydrate	30 - 100	150	Entwickelt	
	Salze	100 - 400	100	Entwickelt	
Thermo-chemisch	Silikagele	40 - 100	200	In Entwicklung	50 - 100
	Zeolithe	100 - 300	200	In Entwicklung	
	Metall-hydride	300 - 900	500	In Entwicklung	

Abbildung 16: Entwicklungsstand und Kosten der Wärmespeichertechnologien<sup>5</sup>

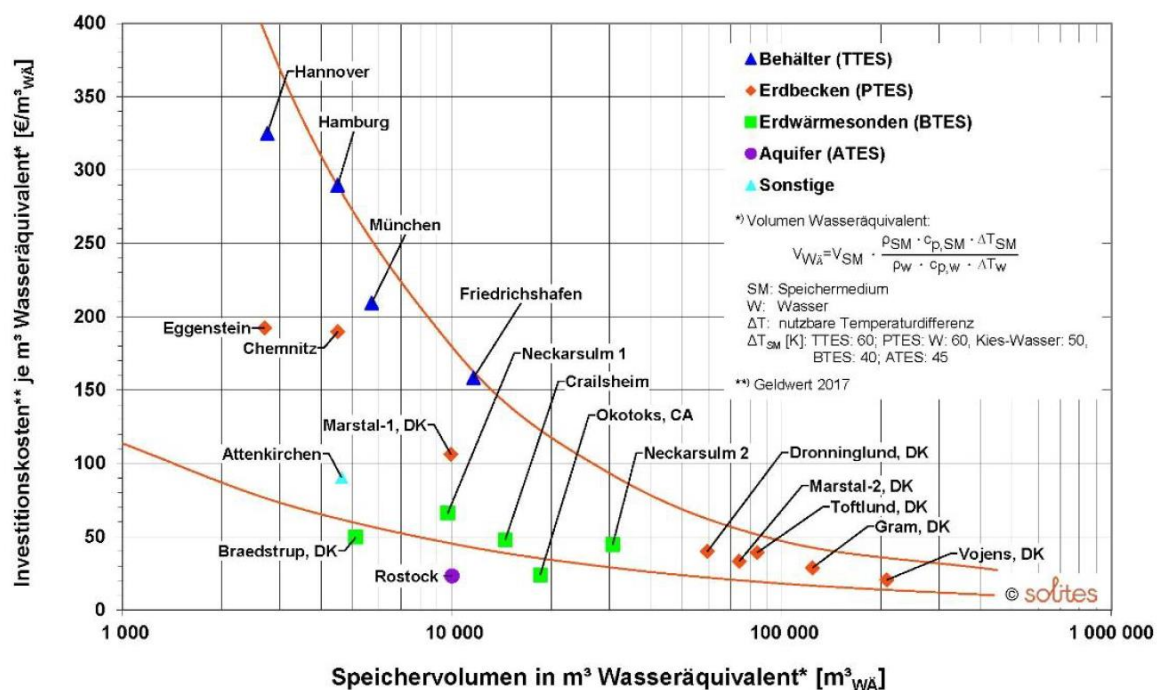


Abbildung 17: Investitionskosten und Speichervolumen realisierter Projekte<sup>67</sup>

<sup>5</sup> <https://www.roedl.de/themen/kursbuch-stadtwerke/2021/dezember/waermespeicher-in-zukunft>

<sup>6</sup> Wasseräquivalent: Volumen eines Speichermediums, das genauso viel Wärme speichern kann wie ein Kubikmeter Wasser im flüssigen Zustand bei Normaldruck.

<sup>7</sup> Quelle: Solites (2021): Spezifische Investitionskosten saisonaler thermischer Speicher ohne Planungskosten und MwSt.

In der oberhalb gezeigten Darstellung sind die Investitionskosten pro Speichervolumen dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass die spezifischen Speicherkosten sinken je größer der Speicher ist. Speichertechnologien die einen Behälter benötigen sind demnach am teuersten.



Abbildung 18: Erdwärmespeicher im dänischen Vojsens<sup>8</sup>

Einer der größten Erdbeckenwärmespeicher steht im dänischen Vojsens, fasst rund 200.000 Kubikmeter Wasser und versorgt damit 2.000 Haushalte mit Wärme.

Erdwärmespeicher können konstruktiv auch mit einer Kies-Wasser-Füllung erstellt werden. Vorteile sind eine bessere Statik, Nutzung der Oberfläche und höhere Wärmespeicherdichte. Als Wärmespeicherlösung sind Eisspeicher ebenfalls technisch ausgereift. Vorteilhaft ist der Doppelnutzen in Form von Kühlung im Sommer und Nutzung der gespeicherten Wärme im Winter.

Allen Speichern ist gemeinsam, dass das Speichervolumen nach Bedarf geplant und umgesetzt werden kann.

Bisher sind nur wenige Projekte umgesetzt worden. Daher gibt es nicht ausreichend Daten zu einer ganzheitlichen Kostenbetrachtung (Levelized Cost of Energy Storage = LCOES). Als Anhaltspunkt für die LCOES von Niedertemperaturspeichern ohne den Wärmepreis für die Einspeicherung hält eine Untersuchung des „Forum Energiespeicher Schweiz“ Größenordnungen von 30 bis 50 €/MWh [0,03 bis 0,05 € / kWh] fest. Bei Nuttemperaturspeichern steigen die LCOES auf 40 bis 100 €/MWh [0,04 bis 0,1 € / kWh] für Erdbecken- und Aquiferwärmespeicher.

<sup>8</sup> Vgl. <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Der-erste-Erdbeckenspeicher-Deutschlands-wird-in-SH-gebaut,erdbeckenspeicher100.html> (29.08.2022)

## 5.2 Saisonaler Wärmespeicher, oberflächennah

Eine optimale Nutzung des Untergrundes ergibt sich für Gebäude, die nicht nur beheizt, sondern im Sommer auch gekühlt werden müssen. Dann dient der Untergrund – bei entsprechender Beschaffenheit – als saisonaler thermischer Speicher von Umweltwärme. Dieser Betriebsfall ist für das betrachtete Quartier nicht relevant. Als Wärmequelle für unterirdische thermische Speicher kommen in der Praxis auch zunehmend Solarthermie, Abwärme (Industrieanlagen, Lebensmittelbranche, IT-Einrichtungen usw.) oder Wärmepumpen die als Regelenergiekomponente verwendet werden können, zum Einsatz.

Die folgende Abbildung stellt diese Möglichkeit des Einsatzes über ein Betriebsjahr dar.

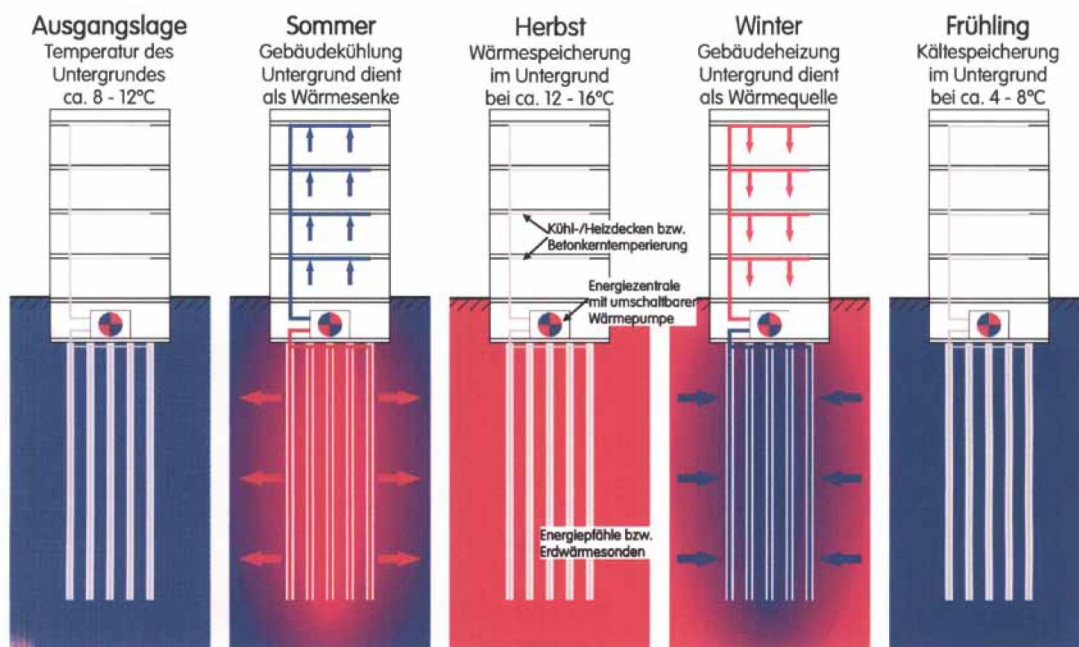


Abbildung 19: Nutzung des Untergrundes als saisonaler therm. Energiespeicher<sup>9</sup>

### Genehmigungsanforderungen

In Abhängigkeit der gewählten Speichertechnologie sind teils sehr aufwendige Genehmigungsverfahren erforderlich. Diese können u.a. nachfolgend genannte Bereiche betreffen:

- Anzeigepflicht nach § 49 I WHG und § 8 GeoIDG
- Vorhaben Tiefe > 100m zusätzlich Anzeige nach § 127 BBergG
- Wasserrechtliche Genehmigung erforderlich
- Ggf. bergrechtliche Genehmigung erforderlich
- Beachtung der GrwV

<sup>9</sup> Vgl. Schriftenreihe: LLUR SH – Geologie und Boden; 18 – 2011, S. 33

- Gegebenenfalls Beachtung von StandAG, AwSV, UVPG, BImSchG, BImSchV, LImSchG und TA Luft

In der Praxis sieht eine mögliche thermische und hydraulische Einbindung eines Aquifer Wärmespeichers wie folgt aus:

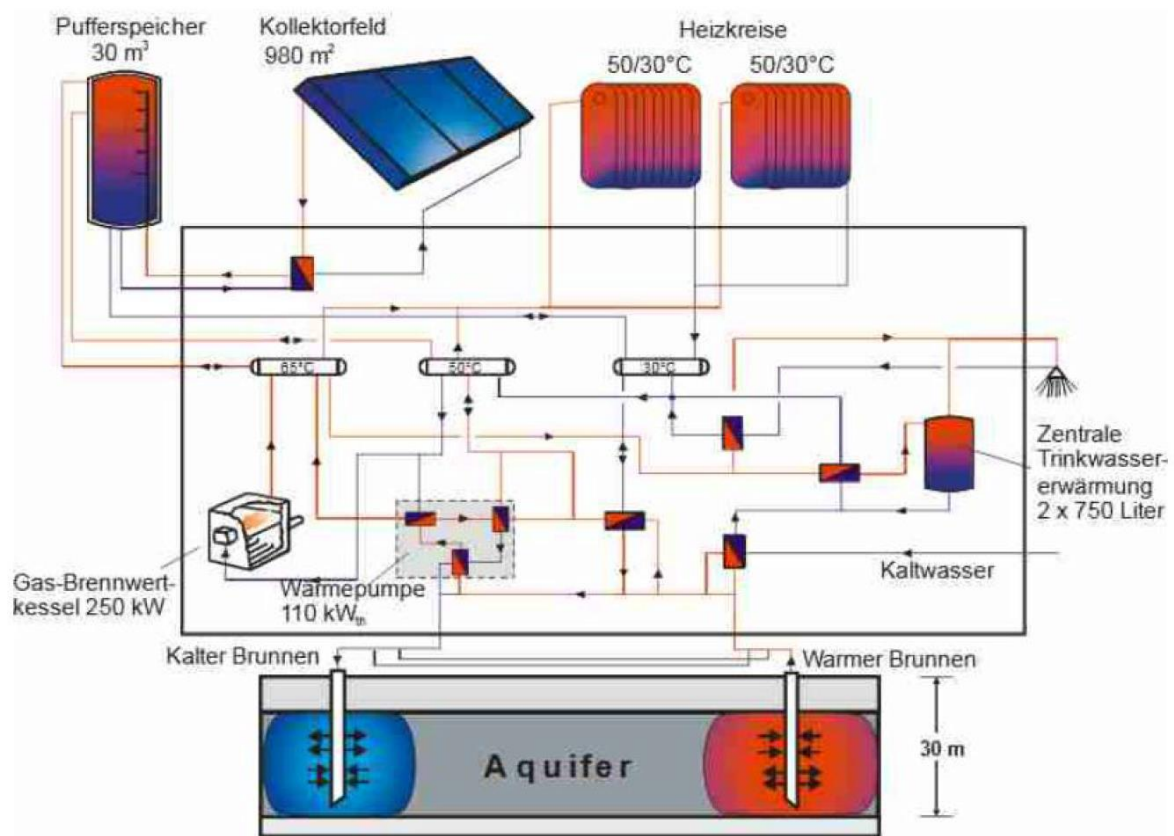


Abbildung 20: Schematische Darstellung des Aquiferspeichersystems<sup>10</sup>

Um an dieser Stelle ein exakteres Bild eines realisierten Projektes in ähnlicher Größenordnung des Wärmebedarfs in dieser untersuchten Machbarkeitsstudie geben zu können, stellen die Autoren ein Projekt aus Rostock nachfolgend dar.

<sup>10</sup> Werschy et al., 2019; Abbildung von Universität Stuttgart, IGTE

## Best Practice Beispiel Rostock:

Standort	Rostock-Brinckmanshöhe
<b>Wärmebedarf</b>	622 MWh/a
<b>Wärmeabnehmende</b>	108 Wohneinheiten in MFH1 Wohnfläche: 7.000 m <sup>2</sup> Gebäude-Energiestandard: Neubau
<b>Wärmeversorgungskonzept</b>	Nahwärmenetz mit Solarwärme gekoppelt an einen Erdgaskessel sowie eine Kompressionswärmepumpe (Aquiferspeicher als Wärmequelle) (Kollektorfläche: 980 m <sup>2</sup> , ca. 47 % Deckungsgrad)
<b>Speichervolumen</b>	20.000 m <sup>3</sup>
<b>Installierte Leistung der Kompressionswärmepumpe</b>	110 kWth
<b>Speicherdauer</b>	Langzeitwärmespeicherung (mehrere Monate)

 Abbildung 21: Best practice Beispiel Rostock<sup>11</sup>

### 5.3 Bewertung und Zusammenfassung

Netzgebundene Wärmeversorgungsvorhaben im ländlichen Raum müssen, um überhaupt realisiert werden zu können, besonderen wirtschaftlichen Anforderungen genügen. Um die durch die volatile EE-Erzeugung und Netzengpässe entstehenden Schwankungen auszugleichen und wirtschaftlich zu nutzen, leisten integrierte Wärmespeichern von Strom, Wärme und Kälte (im ländlichen Raum ist Kälte i.d.R. vernachlässigbar) einen wichtigen Beitrag. Dadurch kann die Gesamteffizienz in Nahwärmesystemen und Quartieren erhöht werden. Sensitive saisonale Wärmespeicher auf Basis von Wasser als Speichermedium stellen i.d.R. die kostengünstigsten Systeme dar.

Die von uns durchgeführten Untersuchungen bestätigen die prinzipielle Realisierbarkeit dieser Technologie im betrachteten Quartier. In Abhängigkeit der Wahl der Wärmequelle (Biogas KWK oder power to heat aus Windstrom) leitet sich ein unterschiedlicher Bedarf an Art und Dauer der Wärmespeicherung ab. Für den Untersuchungsraum zu differenzieren sind einerseits Pufferpeicher, die maximal 2-3 Tage überbrücken können und saisonale Speicher. Daher empfehlen wir die Dimensionierung des Wärmespeichers in der weiteren Konkretisierung noch detaillierter zu betrachten und ggf. zu berücksichtigen.

<sup>11</sup> Quelle: Solarenergie und Wärmenetze: Optionen und Barrieren in einer langfristigen, integrativen Sichtweise. Müller, A.; Büchele, R.; Kranzl, L.; Totschnig, G.; Mauthner, F.; Heimrath, R.; Halmdienst, C.. doi: 10.13140/RG.2.1.2658.1843. Vienna University of Technology, Energy Economics Group. Von: [https://www.researchgate.net/profile/Andreas\\_Mueller21/publication/286392298\\_Solarenergie\\_und\\_Warmenetze\\_Optionsen\\_und\\_Barrieren\\_in\\_einer\\_langfristigen\\_integrativen\\_Sichtweise/link/s/5668632008ae7dc22ad3188](https://www.researchgate.net/profile/Andreas_Mueller21/publication/286392298_Solarenergie_und_Warmenetze_Optionsen_und_Barrieren_in_einer_langfristigen_integrativen_Sichtweise/link/s/5668632008ae7dc22ad3188) abgerufen.

## 6. Interesse der Bürger und Öffentlichkeitsarbeit

Der Begriff Öffentlichkeitsarbeit wird in unterschiedlichen Bedeutungen verwendet. Die Autoren dieser Studie unterscheiden die Öffentlichkeitsarbeit innerhalb eines Projektes einerseits und die Arbeit an der im Zeitraum der Umsetzung vorzufindende Öffentlichkeit andererseits. Während die Projektkommunikation innerhalb einer klar umrissenen Projektphase gut handzuhaben ist, gibt es kein Instrumentarium, das die Bürger gegen einen allgemeinen Meinungstrend in eine Teilhabe einbinden kann.

Im vorliegenden Projekt wurden folgende Kommunikationsformate eingesetzt:

- Vollversammlung = 4 x öffentliche Informationsveranstaltung
- Bürgermeister + Gemeinderatsmitglieder = 4 x Treffen
- Biogasanlagen = 2 x Treffen
- Windparks = 2 Treffen
- Quartier Holme/ Holmer Ring = 2 Treffen + 1 Onlinetermin

Die erörterten und diskutierten Inhalte der Vollversammlungen und der Sitzungen im Quartier Holme/ Holmer Ring sind in Kapitel 6.2 beschrieben.

Die anderen Kommunikationsformate dienten der Steuerung des Vorhabens, dem Einholen des Interesses wesentlicher vorhandener Akteure und dem Abgleich der individuellen wirtschaftlichen Erwartungshaltung.

### 6.1 Herausforderungen

Die Herausforderungen, die es zu meistern gilt, um eine erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit im Projekt umzusetzen, sollen hier an einem Beispiel erläutert werden. Innerhalb einer Projektarbeit haben die Autoren erlebt, wie der völkerrechtswidrige Krieg Russlands gegen die Ukraine die Menschen in ungeahntem Ausmaß motivierte, eigenes Handeln an neue Voraussetzungen anzupassen. In einer kleineren Kommune waren plötzlich fast alle Bürger daran interessiert, innerhalb der kommenden zwei Jahre an eine Nahwärme-Versorgung angeschlossen zu werden. Die durchgeführten Infotermine zogen regelmäßig über 100 Personen an, was die Suche nach Veranstaltungsräumen erschwerte.

Nach dem betreffenden Winter, gegen Ende des Projektes im Frühjahr wurde die konkrete Abfrage, welcher Haushalt sich zu den gegebenen (durchaus attraktiven) Konditionen an ein Nahwärmenetz anschließen lassen würde, lediglich von weniger als 15 % der Befragten überhaupt beantwortet worden.

Zwischen beiden Bürgerbeteiligungsrunden wurden von der Bundesregierung die Gasmangellage beseitigt, Strom-, Gas- und Ölpreise für Endverbraucher gedeckelt und durch internationale Liefer-Abkommen die Energiepreise stabilisiert. Zusätzlich hat ein umstrittenes Heizungsgesetz die Medien und damit die Gemüter stark erregt. Allgemeine Verdrossenheit und Zukunftsangst hatten sich unter den Bürgern breit gemacht. Inflation und Existenznöte führten obendrein zur Ablehnung jeglicher Ausgaben.

Die Herausforderung besteht darin, die tagesaktuelle Politik weitgehend aus dem Entscheidungsprozess der Bürger herauszunehmen und den Fokus auf das jeweils

vorliegende Projektvorhaben zu lenken und die jeweiligen Fakten hervorzuheben. Dies gelingt selbst unter hohem zeitlichen Ressourceneinsatz zunehmend ungenügend. Die Autoren erachten den Alarmierungsgrad der Bürger und die Negativität der öffentlichen Berichterstattung hierfür als ursächlich.

## 6.2 Öffentliche Veranstaltungen

Für die Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit im vorliegenden Vorhaben wurde eine Kombination aus großen Informationsveranstaltungen und kleinformatischen Hintergrundgesprächen gewählt.

Bei den vier großen Informationsveranstaltungen waren sämtliche Bewohner der Ortschaft Risum-Lindholm (ca. 4000) eingeladen. Durchschnittlich besuchten etwa 70 Personen (entspricht ca. 1,8% der Bewohner) diese in die Abendstunden eines Wochentages gelegten Veranstaltungen.

Das Durchschnittsalter der Teilnehmer war mit über 60 Jahren eher hoch. Nach den Analysen der Autoren variieren die Durchschnittsalter in den nordfriesischen Dörfern erheblich. Dennoch ist auffällig, dass durchweg vornehmlich ältere Menschen das Angebot an Informationsveranstaltungen annehmen. In diesem Kommunikationsformat informierten die Autoren über folgende Themen:

- Vorgehenskonzept und Inhalte der Machbarkeitsstudie
- gesetzliche Rahmenbedingungen (bspw. Klimaschutzgesetz)
- Fördermöglichkeiten (energetische Sanierung + Heizungsertüchtigung)
- Vollwärmekosten: Grundprinzip und Vergleich zu Brennstoffkosten für Öl, Gas und Wärmepumpenstrom
- Erläuterung verschiedener Heizungstechnologien
- Vergleich einer zentralen (netzgebunden) und dezentralen Wärmeversorgung
- Ergebnisse der Machbarkeitsstudie: Quartier Holme / Holmer Ring

Im Kommunikationsformat „Holme/ Holmer Ring“ informierten die Autoren die Anwohner dieses Quartiers. In diesem Quartier befinden sich 86 Wohngebäude, die im Wesentlichen als Einfamilienhäuser genutzt werden. Ca. 195 Personen leben im Untersuchungsraum. An den beiden vor Ort Terminen waren ca. 26 bzw. 22 Personen anwesend. Den Online-Termin nahm eine Interessentin wahr. Die Gesamtreichweite beträgt damit 49 Personen, dies entspricht 25% der Bewohner.

In diesen Abendveranstaltungen diskutierten die Autoren technologieoffen die verschiedenen Varianten der Wärmeversorgung im Hinblick auf Eignung, Kosten und Realisierungszeiträume. Der Teilnehmerkreis wurde bewusst kleiner definiert, um die Hemmschwelle für etwaige Fragen so gering wie möglich zu halten.

## 6.3 Erhebung des Interesses an einer Umsetzung

Für die konkrete Abfrage des Interesses an einer Umsetzung haben die Autoren auf Basis der Planung einer netzgebundenen Wärmeversorgung die konkreten Kosten

ermittelt. Mittels Ausarbeitung eines möglichen Businesscase wurden daraus realistische Grund- und Arbeitspreise für Endkunden errechnet. In der Erhebung wurden ebenfalls die geplanten und berechneten Kosten für den Heizungsumbau inkl. Einbau eines Wärmetauschers als auch die Anschlusskosten inkl. 20m Leitung von der Straße bis ins Haus genannt. Diese Rahmenbedingungen dienten als konkretes Angebot zur Abfrage des Interesses der Anwohner an einem Anschluss ans Wärmenetz.

Die Abfrage ergab ein positives Votum von 36 %. Zur Einordnung dieser Quote wird auf die Erhebung des Heizungsbestands im betrachteten Quartier Bezug genommen (siehe Kapitel 3.3). Nachdem ein Drittel der Heizungen älter als 20 Jahre sind, gehen die Autoren davon aus, dass mehrheitlich diese Haushalte ein großes Interesse an einem Nahwärmeanschluss haben. Im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit wurde diese These aus der Bevölkerung bestätigt.

#### 6.4 Bewertung

Im Zuge der Machbarkeitsstudie wurden vielfältige Kommunikationsangebote geschaffen, die von 1,8 % Teilnehmenden der Gesamtbevölkerung genutzt wurden. In der Konkretisierungsphase und den kleinformatischen Informationsabenden stieg diese Quote auf ca. 25 % an. Die Abfrage des Interesses an einem Nahwärmeanschluss brachte ein Ergebnis in Höhe von 36 % hervor.

Die Gemeindevertretung sieht ab einer Zustimmung von etwa 50% einen klaren Auftrag für die Weiterverfolgung des Nahwärmeprojektes. Die dafür noch erforderlichen 14 % Zustimmung werden als realisierbar angesehen.

Netzgebundene Wärmeversorgung im ländlichen Raum stellt prinzipiell eine große Herausforderung dar. Inwiefern die o.g. Quote für eine wirtschaftliche Realisierung ausreicht bzw. welche Optimierungsmöglichkeiten hier ggf. noch existieren, wird im anschließenden Kapitel betrachtet.

### 7. Energetische und wirtschaftliche Variantenbetrachtung

Im vorliegenden Kapitel betrachten die Autoren unter sozio-ökonomische Aspekten die Machbarkeit einer zentralen Wärmeversorgung für das Quartier Holme / Holmer Ring. Beginnend wird der aktuelle als auch zukünftige Wärmebedarf betrachtet. Unter Berücksichtigung der Anzahl und Lage der Wohngebäude und der Streckenlängen einer netzgebundenen Wärmeversorgung werden die erforderlichen Parameter und Kennzahlen berechnet.

Für potentielle Anschlussnehmer ist bzgl. Vertrauen und Akzeptanz die Gesellschaftsform des möglichen Netzbetreibers relevant. Daher wird auch dieser Aspekt sozio-ökonomisch eingeordnet.

Die individuelle Bewertung der vorgenannten Punkte spiegelt sich in der Anschlussbereitschaft der Bürger wider. Gerade im ländlichen Raum mit einer geringen Bevölkerungsdichte pro Quadratmeter sind kapitalintensive Vorhaben, wie

der Aufbau einer Wärmeinfrastruktur, nur bei hoher Beteiligung aller Bewohner möglich.

Anschließend verdichten die Autoren die Arbeitsergebnisse in einem ganzheitlichen Variantenvergleich am Kapitelende.

## 7.1 Wärmebedarfe im Untersuchungsraum

Die nachfolgende Tabelle stellt den heutigen und künftig zu erwartenden Wärmebedarf dar.

(alle Werte in MWh <sub>th</sub> p.a.)	2024	2035	2040	2045
Wärmebedarf im jeweiligen Jahr	1.909	1.412	1.232	1.074
Reduzierung durch Sanierung p.a.			<b>0,45 %</b>	
Reduzierung durch Verhalten + Optimierung p.a.			<b>2,25 %</b>	
Jährliche Gesamtreduzierung			<b>2,7 %</b>	

Abbildung 22: Wärmebedarf heute und zukünftig (identisch mit Abb. 6)

## 7.2 Wärmeerzeugung

### 7.2.1 Stand heute

92% aller Heizungssysteme im Untersuchungsraum verwenden fossile Brennstoffe. Lediglich 3 % werden auf Biomassebasis betrieben und 5% verwenden Wärmepumpen.

### 7.2.2 Perspektivisch

Auf Grundlage der heutigen Bundesgesetzgebung müssen bis 2045 alle Heizungen treibhausgasneutral sein. Das Land Schleswig-Holstein hat dieses Ziel bereits für das Jahr 2040 in der Landesgesetzgebung verankert. Da das hier betrachtete Quartier in Schleswig-Holstein liegt, nehmen die Autoren die Treibhausgas Neutralität für 2040 an. Um dieses Ziel zu erreichen müssen 2040 alle Heizungsarten mit treibhausgasneutralen Brennstoffen betrieben werden. Dies lässt nach wie vor eine Bandbreite an Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung zu. Gleichzeitig kristallisieren sich nach wirtschaftlicher Bewertung im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie folgende Varianten heraus:

1. Wärmepumpe (dezentrale Wärmeerzeugung)
2. Biogas bzw. Biomethan mit KWK-Anlage
3. Großwärmepumpe (zentrale Wärmeerzeugung)

Dezentrale Wärmepumpen werden für diese Analyse als Referenzvariante verwendet. Bestehende, ortsnahe Anlagen zur Wärmeerzeugung mittels Biogas bzw. Biomethan reichen derzeit nicht vollständig aus, um die erforderliche Wärmemenge bedarfsgerecht bereit zu stellen. Der derzeitige Anlagenbetreiber plant in einem sog. künftigen Energiepark die zusätzlich benötigten Wärmeerzeugungskapazitäten zu schaffen. Da sich dieses Vorhaben aktuell noch in der Genehmigungsphase befindet,

sind wirtschaftliche Kennzahlen einer zukünftigen Wärmelieferung noch nicht verfügbar.

Die Erfahrungen aus anderen Projekten zeigen:

1. die Wärmegestehungskosten mittels Großwärmepumpen sind wirtschaftlich besonders dann attraktiv, wenn Strom direkt aus ortsansässigen Windparks genutzt werden kann
2. Biogasanlagen dann besonders attraktive Wärmegestehungskosten aufweisen, wenn im KWK-Prozess die Wärme bislang noch nicht ausgekoppelt/ vermarktet wurde.

Für das betrachtete Quartier müsste die vorhandene Biogasanlage erweitert werden. Während ein Bürgerwindpark in nächster Nähe die Rolle der Wärmeerzeugung und –versorgung übernehmen könnte und würde.

Den Autoren liegen hinreichend konkrete Daten und Investitionskosten einer geeigneten Großwärmepumpe und zu erwartender Wartungs- sowie Instandhaltungskosten vor. Daher wird in dieser Studie schwerpunktmäßig die Variante einer zentralen Wärmeerzeugung mittels Windstrom und Großwärmepumpe untersucht und verglichen. Sollte zum Zeitpunkt einer möglichen Realisierung dieses Vorhabens die Biogasanlage im neuen Energiepark verfügbar und in der Lage sein zu wirtschaftlichen Konditionen Wärme zu liefern, empfehlen die Autoren eine entsprechende Untersuchung durchzuführen.

### 7.2.3 Kostenbetrachtungen

Zur Betrachtung aller mit der Wärmeerzeugung einhergehenden Kosten verwenden die Autoren die betriebswirtschaftliche Methode der Vollkostenrechnung. Dabei werden sowohl Investitions- als auch variable Kosten über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt. Verglichen werden hier die beiden Varianten dezentrale Wärmepumpe in jedem Haushalt mit einer zentralen netzgebundenen Wärmeversorgung auf Basis einer Großwärmepumpe und Windstrom. Eine Einordnung findet im Kapitel 7.6 statt.

#### Wärmepumpe dezentral

In diesem Vergleich nicht betrachtet sind die Kosten für alle ggf. erforderlichen energetischen Sanierungsmaßnahmen. Dezentrale Wärmepumpen arbeiten mit niedrigen Vorlauftemperaturen und benötigen somit Flächenheizungen (Fußboden- oder große Wandheizungen) und eine gut isolierte Gebäudehülle.

	<b>Wärmepumpe</b>
	<b>Wärmevollkosten pro kWh (brutto)</b>
<b>Heizung mit u.g. Rahmenbedingungen</b>	<b>0,150 €</b>
Wärmebedarf im Haus p.a. in kWh	22.200
Installierte Heizleistung in kW	12
Brennstoffkosten Strom pro kWh inkl. Grundgebühr (Stand 09.2024)	0,263 €
Wirkungsgrad der Heizung	99%
Heizwert in kWh pro Liter Heizöl, pro m <sup>3</sup> Gas, COP der Wärmepumpe	3,1
Brennstoffbedarf p.a. kWh	7.234
Brennstoffkosten p.a.	1.903 €
CO <sub>2</sub> Emission in Tonne p.a. (gemäß KfW Berechnung)	7,37
CO <sub>2</sub> Abgaben p.a. (45€/Tonne in 2024)	0 €
Investitionskosten Heizung 12 kW inkl. Installation, ohne Finanzierungskosten brutto)	24.000 €
Nutzungsdauer Jahre	20
Investitionsabschreibung p.a. (ohne Förderung)	1.200 €
Investitionsabschreibungen 30 % Förderung	840,0 €
Investitionsabschreibungen 50 % Förderung	600,0 €
Investitionsabschreibungen 70 % Förderung	360,0 €
Wartung- und Instandhaltung p.a. (inkl. Schornsteinfeger)	225 €

<b><u>Einzelempfindlichkeiten:</u></b>	<b>Wärmevollkosten pro kWh</b>
-	
Nutzungsdauer: 25 Jahre	-0,011 €
Nutzungsdauer: 30 Jahre	-0,018 €
Investitionskosten: + 10 %	0,005 €
Investitionskosten: + 20 %	0,011 €
Brennstoffkosten: + 10 %	0,009 €
Brennstoffkosten: + 20%	0,017 €
Brennstoffkosten: + 30%	0,026 €
Brennstoffkosten: + 100% (Preisschock)	0,086 €
Wartungskosten: +20 %	0,002 €
Wartungskosten: +40%	0,004 €

<b>Szenario</b>	<b>Wärmevollkosten pro kWh</b>
Szenario: optimistisch -hohe Nutzungsdauer - 30 Jahre -geringe Investitionskosten -geringe Brennstoffkosten -geringe Wartungskosten -hohe Förderung bei Wärmepumpe (70%)	0,125 €
Szenario: realistisch -mittlere Nutzungsdauer - 20 Jahre -mittlere Investitionskosten -mittlere Brennstoffkosten -mittlere Wartungskosten -mittlere Förderung bei Wärmepumpe (50%)	0,145 €
Szenario: pessimistisch -mittlere Nutzungsdauer - 20 Jahre -hohe Investitionskosten -hohe Brennstoffkosten -hohe Wartungskosten -geringe Förderung bei Wärmepumpe (30%)	0,171 €

### Großwärmepumpe zentral

Wie in Kapitel 4.4 ausgeführt wird im Folgenden die Wärmeerzeugung mittels einer Großwärmepumpe untersucht. Die Machbarkeit wurde konkret untersucht und durch das Modell Heat Quantum 600 der Firma Advansor validiert.

Im Auslegungsfall  $-9^{\circ}\text{C}$  wird eine Wärmemenge von 523 kW generiert. Als durchschnittlich ausreichende Wärmeleistung in der Hausübergabestation werden 14 kW berücksichtigt. Demnach können mit dieser Anlage bis etwa 30 Haushalte versorgt werden, unter Berücksichtigung von 20% Netzverlusten.

Die Endverbraucherwärmepreise müssen auskömmlich sein, um die Lebenszykluskosten einer solchen Anlage als auch der Investitionen und laufenden Kosten eines Nahwärmenetzes zu decken.

Die Autoren gehen von folgendem Ansatz aus: Arbeitspreise dienen zur Deckung aller Aufwendungen des laufenden Betriebs der Wärmeerzeugung. Sowohl der Grundpreis als auch die einmalige Anschlussgebühr (Baukostenzuschuss) dienen der Refinanzierung der Netzinfrastruktur.



Abbildung 23: Großwärmepumpe Typ Advansor Heat Quantum 6x6 mit CO<sub>2</sub>

In der folgenden Tabelle werden die fixen als auch variablen Kosten einer Wärmeerzeugung mittels Großwärmepumpe betrachtet.

Bezeichnung	Investitionskosten
Großwärmepumpe Heat Quantum 600	475.802 €
Wartung und Instandhaltung für 20 Jahre	47.450 €
Ersatzteile über 20 Jahre	100.000 €
Versicherung	30.000 €
Fundament inkl Drainage	20.000 €
Heizungszentrale (Druckhaltung, Pufferspeicher,....)	150.000 €
MV Anschlussstation inkl. Messfeld	80.000 €
Planungsbüro + Projektmanagement	85.000 €
Anschlussarbeiten elektrisch	15.000 €
Anschlussarbeiten Rohrleitungen	15.000 €
Gesamtinvestkosten	1.018.252 €
Wärmemenge p.a. in kWh	814.000
Anschließbare Haushalte	37
Gesamtwärmemenge über 20 Jahre in kWh	16.280.000
<b>CAPEX resultierend aus der Investition für eine Großwärmepumpe</b>	<b>0,0625 € / kWh<sub>Wärme</sub></b>

Abbildung 24: CAPEX / kWh<sub>Wärme</sub> Großwärmepumpe

Unter der Voraussetzung, dass der für die Wärmeerzeugung benötigte Strom für 9 Cent (netto) aus einem regionalen Windpark bezogen werden kann, ergeben sich folgende Wärme OPEX und Bruttowärmegestehungskosten<sup>12</sup>.

COP	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3
OPEX kWh Wärme in €	0,047	0,045	0,043	0,042	0,040	0,039	0,037	0,036
Bruttowärmegestehungskosten inkl. Mehrwertsteuer in €	0,130	0,128	0,126	0,124	0,122	0,120	0,119	0,117

Abbildung 25: Bruttowärmegestehungskosten der Großwärmepumpe in € Cent

### Netzinfrastuktur

Die Kosten der erforderlichen Netzinfrastuktur für die Nahwärmeversorgung ergibt sich aus den nachfolgend dargestellten Planungsgrundlagen. Als Basisszenario wird der Einsatz einer zuvor dargestellten Großwärmepumpe betrachtet, die den Wärmebedarf von bis zu 30 Einfamiliengebäuden decken kann. Es ist anzumerken, dass die Netzhaupt- und Nebenleitungen in dieser Betrachtung nicht nur für die

<sup>12</sup> Mehrwertsteuer i.H.v. 19%

kalkulierten 30 Haushalte berechnet sind, sondern bereits für eine Versorgung des gesamten Quartiers. Sollten perspektivisch weitere Anschlussnehmer hinzukommen, fallen nur noch die Netzbaukosten der Hausanschlüsse zu der jeweiligen Haupt- oder Nebenleitung an. In diesem Fall ist jedoch die Wärmeerzeugungskapazität zu erweitern. Diese Betrachtung wird in Kapitel 7.6 vollzogen.



Netzlängen:

Hauptleitungen rot:  
1.100 m

Nebenleitungen blau:  
360 m

Hausanschlüsse:  
je 20 m

Abbildung 26: schematische Darstellung Nahwärmenetz Holme / Holmer Ring

30 Anschlussnehmer	Länge [m]	Einzelpreis		Gesamtkosten
<b>Hauptleitungen</b>	1100	800 €		880.000 €
<b>Nebenleitungen</b>	360	600 €		216.000 €
<b>Leitungen bis zum Haus (20m)</b>	600	400 €		240.000 €
			<b>Summe I</b>	<b>1.336.000 €</b>
Förderquote	40%			-534.400 €
Baukostenzuschuss pro Anschluss		8.000 €		-240.000 €
Einnahmen aus Grundgebühr über Laufzeit		25 €		-181.513 €
Nutzungsdauer in Jahren	20			
			<b>Summe II</b>	<b>-955.913 €</b>
			<b>Wirtschaftlichkeitslücke</b>	<b>380.087 €</b>

Abbildung 27: Netzbaukosten und Wirtschaftlichkeitslücke (Bau des Gesamtnetzes)

Aus obiger Betrachtung geht eine finanzielle Unterdeckung des Vorhabens hervor. Die Autoren weisen auf folgende Aspekte in diesem Zusammenhang hin:

- Netzbaukosten umfassen bereits das gesamte Versorgungsgebiet mit Haupt- und Nebenleitungen
- Interessenten die erst zu einem späteren Zeitpunkt Anschlussgarantie haben möchten, können sich dies über Zahlung einer entsprechenden Anschlusssicherungsgebühr erwirken. Diese wird mit dem späteren Baukostenzuschuss verrechnet und hilft dem Vorhaben die Wirtschaftlichkeitsschwelle zu erreichen.
- In Abhängigkeit zu der räumlichen Verteilung der 30 Anschlussnehmer ist ein mehrstufiger Netzbau nötig, der die spezifischen Netzbaukosten pro Bauabschnitt reduziert und das Vorhaben realisierbar macht.

Nach Bewertung der Verfasser stellt die Wirtschaftlichkeitslücke in der oben dargestellte eine große Herausforderung dar. Erst mit einer Anschlussquote von 84 % ist die Wirtschaftlichkeitslücke geschlossen. Dies bedeutet, dass 72 von 86 Wohngebäuden angeschlossen werden müssen, um bei einem Baukostenzuschuss von 8.000 € pro Anschlussnehmer (netto) und bei 25 € Monatsnettogrundgebühr diese Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen. Da die Autoren in ihrer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine Abschreibungsdauer von lediglich 20 Jahren zu Grunde gelegt haben, stellt die Wirtschaftlichkeitslücke kein Ausschlusskriterium dar, da eine Netzinfrastruktur i.d.R. über 40 Jahre und länger genutzt werden kann.

Als Zwischenfazit der finanziellen Betrachtungen kann festgehalten werden, dass die zentralen und dezentralen Versorgungsvarianten zu vergleichbaren Verbraucherkosten möglich sind.

### 7.3 Trägersgesellschaftsvarianten für eine Vorhabens-Realisierung

In diesem Kapitel werden die folgenden Varianten des Betriebs der netzgebundenen Wärmeversorgung als realisierbar angesehen und daher betrachtet:

- Outsourcing der Wärmeversorgung an einen externen Versorger
- Versorgungspartnerschaft mit einem bestehenden Versorgungsbetrieb
- Gründung eines eigenen Gemeindewerkes
- Gründung von einer Bürgerenergiegenossenschaft

Im Wesentlichen sind folgende Bewertungsparameter von Relevanz:

- erforderliche Rendite- bzw. Deckungsbeitragserwartungen
- erforderliche eigene personelle Ressourcen (HR)
- Akzeptanz/ Vertrauen für Endkunden
- Umsetzungsgeschwindigkeit

	Renditeerwartung	HR	Akzeptanz	Umsetzungszeit
<b>Outsourcing</b>	hoch	gering	gering	gering
<b>Partnerschaft</b>	mittel	mittel	mittel	mittel
<b>Gemeindewerk</b>	mittel	hoch	hoch	hoch
<b>Genossenschaft</b>	gering	hoch	hoch	hoch

Abbildung 28: Einordnungsmatrix Betreibermodelle

In Abhängigkeit der vor Ort verfügbaren Ressourcen ist projektspezifisch die am vorteilhaftesten erscheinende Betreibervariante zu wählen. Die Kommune Risum-Lindholm hat deutlich gemacht, dass sie die Gründung einer Bürgerenergiegenossenschaft als besonders erstrebenswert betrachtet. Dies erfordert nicht zwingend eine Neugründung, da in unmittelbarer Nähe 2022 die Gemeinwohlgemeinschaft Nord eG gegründet wurde. Diese könnte als Betreiberin ebenfalls in Betracht kommen, sofern es beiderseitiges Interesse an einer Kooperation gibt.

Wie bereits aus der zuvor berechneten Wirtschaftlichkeitslücke im Zusammenhang mit den Netzbaukosten ersichtlich, bedarf es gesellschaftsrechtlicher Strukturen der Betriebsgesellschaft, die mit möglichst niedrigen Deckungsbeitragsersparungen auskommen können.

#### 7.4 Wärmelinienichte

Unter der als Basisszenario betrachteten Annahme von 30 Anschlussnehmern und der oben dargestellten Netzinfrastruktur im gesamten Untersuchungsgebiet ergibt sich folgende Wärmelinienichte:

<b>30 Anschlussnehmer</b>	<b>Länge [m]</b>
<b>Hauptleitungen</b>	1.100
<b>Nebenleitungen</b>	360
<b>Leitungen bis zum Haus (20m)</b>	600
<b>Gesamtleitungslänge</b>	2.060
<b>Anschlussquote</b>	35 %
<b>durchschnittlicher Wärmebedarf</b>	22.000
<b>Gesamtwärmebedarf p.a. in kWh</b>	660.000
<b>Wärmelinienichte (kWh / m x Jahr)</b>	320

Abbildung 29: Berechnung Wärmelinienichte für 30 Anschlussnehmer

### 7.5 Wärmelinienichte in Abhängigkeit zur Anschlussquote

Die Befragung im Untersuchungsraum ergab eine positive Rückmeldung von 31 Haushalten. Aus der unten abgebildeten Tabelle ist die Entwicklung der Wärmelinienichte in Abhängigkeit der Anschlussquote zu entnehmen. Aus Abbildung 25 wird gefolgert, dass sich mit lediglich 31 Anschlussnehmern eine finanzielle Unterdeckung des Projektes ergibt, wenn in einer Bauphase das gesamte Netz realisiert würde.

Anzahl Anschlussnehmer	30	43	50	55	60	65	72
Anschlussquote	35%	50%	58%	64%	70%	76%	84%
Hauptleitungen [m]	1.100						
Nebenleitungen [m]	360						
Leitungen bis zum Haus [je 20m]	600	860	1.000	1.100	1.200	1.300	1.440
Gesamtleitungslänge [m]	2.060	2.320	2.460	2.560	2.660	2.760	2.900
durchschnittlicher Wärmebedarf [kWh]	22.000						
Gesamtwärmebedarf p.a. in MWh	660	946	1.100	1.210	1.320	1.430	1.584
Wärmelinienichte [kWh / m x Jahr]	320	408	447	473	496	518	546

Abbildung 30: Anschlussquote, Leitungslängen und Wärmelinienichte

Die Analyse der Interessensabfrage ergibt folgende Erkenntnisse:

#### im Holmer Ring

- gibt es 36 Wohngebäude
- die Netzstreckenlänge beträgt 600m
- 18 Parteien hieraus möchten sich gerne anschließen lassen
- somit beträgt die Quote 50%

#### in Holme:

- gibt es 50 Wohngebäude
- die Netzstreckenlänge beträgt 560m
- 13 Parteien hieraus möchten sich gerne anschließen lassen
- Somit beträgt die Quote ca. 26%





Die Bruttowärmegestehungskosten werden durch die Anlagendimensionierung als auch die p.a. abgenommene Wärmemenge bestimmt. Eine Großwärmepumpe der Firma Advansor Typ Heat Quantum 600 kann bis zu 31 Haushalten im Auslegungsfall für das betrachtete Quartier versorgen. Der für die Attraktivität erforderliche Bruttoarbeitspreis pro kWh-Wärme wird von den Autoren in Höhe von ca. 13-15 Eurocent angenommen. Dieses Definitionsziel wird gemäß unten dargestellter Abbildung ab 30 Anschlussnehmern erreicht.

<b>Bezeichnung</b>	<b>Investitionskosten</b>							
Großwärmepumpe Heat Quantum 600	475.802 €							
Wartung und Instandhaltung für 20 Jahre	47.450 €							
Ersatzteile über 20 Jahre	100.000 €							
Versicherung	30.000 €							
Fundament inkl. Drainage	20.000 €							
Heizungszentrale (Druckhaltung, Pufferspeicher,....)	150.000 €							
MV Anschlussstation inkl. Messfeld	80.000 €							
Planungsbüro + Projektmanagement	85.000 €							
Anschlussarbeiten elektrisch	15.000 €							
Anschlussarbeiten Rohrleitungen	15.000 €							
Heizungszentrale (Druckhaltung, Pufferspeicher,....)	150.000 €							
<b>Gesamtinvestkosten</b>	<b>1.018.252 €</b>							
Wärmemengenabnahme p.a. in kWh	660.000							
<b>Versorgte Haushalte</b>	<b>30</b>							
Gesamtwärmemenge über 20 Jahre in kWh	13.200.000							
CAPEX	0,0771 €							
Strompreis (PPA Windpark)	0,09 €							
Wärmeverluste	20%							
Mehrwertsteuer	19%							
<b>COP</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>3</b>
OPEX kWh Wärme in €	0,047	0,045	0,043	0,042	0,040	0,039	0,037	0,036
Bruttowärmegestehungskosten in €	0,148	0,145	0,143	0,141	0,139	0,138	0,136	0,135

Abbildung 33: Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Erreichung eines Bruttovollkostenwärmepreises i.H.v. 13-15 Eurocent



**Abbildung 34: Netzinfrastruktur Ausbauphase 1 (rot = Hauptleitung, blau = Nebenleitung, grün = anschlussfähige Gebäude)**

Aus den vorangegangenen Betrachtungen empfehlen die Autoren das Projekt in mehreren Stufen umzusetzen. Die Hauptleitung des Netzes ist daher so zu dimensionieren, dass eine zukünftige Erweiterung technisch realisierbar ist. Die Wärmeerzeugung mittels Großwärmepumpen ist durch ihren modularen Charakter stufenweise erweiterbar. Zur Erreichung der erforderlichen wirtschaftlichen Attraktivität für die Anschlussnehmer ist eine entsprechende Auslastung der gewählten Wärmeerzeugung notwendig. Eine diesbzgl. Betrachtung ergab unter den gewählten Parametern, dass eine Mindestzahl von 29 angeschlossenen Haushalten benötigt wird.

Die wirtschaftlichen Erwartungen der Akteure die die Investition in eine Großwärmepumpe tätigen und diese betreiben (bspw. Bürgerwindpark), als auch die zu wählende Gesellschaftsform der Netzbetriebsgesellschaft (bspw. Bürgerenergiegenossenschaft) und der daraus erforderlichen Deckungsbeiträge sind für eine Machbarkeit bestimmend.

## 7.7 Erfüllung technischer Mindestanforderungen (BAFA)

Der Mindestanteil erneuerbarer Energien für das geplante neue Wärmenetz beträgt 100 % erneuerbarer Energien im Falle des zu Grunde gelegten Nutzungskonzeptes von örtlich erzeugtem Windstrom.

Bis zum Jahr 2045 stellt sich das Zielbild mit den Zwischenschritten 2030, 2035 und 2040 wie folgt dar:

Jahr	2024	2030	2035	2040	2045
<b>Dez. Wärmeerzeuger (fossile Brennstoffe)</b>	95 %	90 %	20 %	0 %	0 %
<b>Wärmeerzeuger (EE) [Wärmepumpe, andere]</b>	5 %	10 %	80 %	100 %	100 %

Abbildung 35: Verteilung Wärmeversorgung in den Zieljahren 2030 - 2045

Für das Jahr 2035 ist dabei die Errichtung und Betrieb des geplanten Nahwärmenetzes subsummiert.

Der maximaler Biomasseanteil im geplanten Netz beträgt 0 %, da lokal erzeugter Windstrom als Primärenergie eingesetzt wird.

Die projektierten Leitungslängen für Haupt- und Nebenleitungen Holme – Holmer Ring betragen 1.460m Die Netzdimensionierung sieht DN100 für Hauptleitungen, DN 65 für Nebenleitungen und DN 20 für die einzelnen Hausanschlüsse vor. Die Netzverluste sind mit 15-18 % berücksichtigt.

Unter Einsatz der geplanten Großwärmepumpe Modell Advansor Heat Quantum 600 beträgt das vorgesehene maximale Vorlauftemperaturniveau 80 C°. In Abhängigkeit einer künftigen energetischen Gebäudesanierung, besteht die Möglichkeit dieses Temperaturniveau zu reduzieren und damit weitere Effizienzen zu heben. Demnach sollte die Vorlauftemperatur 80°C betragen und der Rücklauf 50°C.

Der maximale Anteil fossil befeuerter Anlagen im Wärmenetz geht aus Abbildung 35 hervor. Demnach ist bei Realisierung des untersuchten Nahwärmenetzes ab 2040 keine fossil befeuerte Anlage mehr in Betrieb.

Hinsichtlich Primärenergie- und CO<sub>2</sub> Einsparung können folgende Aussagen getroffen werden:

	IST	SOLL (2040)
Primärenergie [kWh p.a.]	2.100.120 <sup>13</sup>	0 <sup>14</sup>
CO <sub>2</sub> Emissionen [t p.a.]	568	0

Abbildung 36: Soll und Ist Vergleich Primärenergie und CO<sub>2</sub> Emissionen

<sup>13</sup> Als Primärenergiefaktor wird vollumfänglich 1,1 verwendet, da der Anteil der Wärmeerzeuger (EE) lediglich 5% beträgt, vgl. Abbildung 35.

<sup>14</sup> Die Autoren gehen davon aus, dass der erforderliche Strom für den Betrieb der Wärmepumpen vom lokalen Bürgerwindpark zur Gänze bereitgestellt wird.

## 8. Zusammenfassung

Aktuell liegt das Interesse an einem Nahwärmeanschluss seitens der Bewohner im betrachteten Quartier bei 36 %. Wählt man einen Ausbauplan in zwei Stufen, liegt das derzeitige Anschlussinteresse in der ersten Ausbaustufe bei 50 % (18 von 36). Die Autoren haben nachgewiesen, dass zur Finanzierung der Netzinfrastruktur 29 von 36 Anschlussnehmern erforderlich sind. Um Bruttoarbeitspreise i.H.v. 13,5-15 Eurocent anbieten zu können, sind bei Betrachtung der gewählten Wärmeerzeugungskonfiguration 30 Anschlussnehmer notwendig.

Die kommunalen Vertreter erachten die Arbeitsergebnisse unter der Voraussetzung als hinreichend, das Projekt weiter zu verfolgen, wenn sich eine Arbeitsgruppe zur Verstetigung aus engagierten Bürgern formiert und einbringt. Trotz einer hohen Volatilität der Schlüsselparameter für die Wirtschaftlichkeit dieses Vorhabens haben die Autoren in ihrer Bewertung die prinzipielle Wirtschaftlichkeit nachweisen können. Die technische Machbarkeit wurde seitens der beauftragten Beratungsgesellschaft ebenfalls betrachtet und als gegeben bewertet.

In der Gemeinde Risum-Lindholm sind zudem die Grundgegebenheiten vorteilhaft, da es bereits 4 vorhandene Nahwärmenetze gibt und zahlreiche Akteure vorhanden und an einem weiteren Ausbau auch interessiert sind. Als Optionen einer zentralen Wärmeerzeugung eignen sich insbesondere der Einsatz einer Großwärmepumpe mit maximaler Nutzung lokal erzeugter EE, die zukünftige Abwärmenutzung der projektierten Biomethanisierungsanlage bzw. eines geplanten Elektrolyseurs oder der Einsatz eines Satelliten BHKWs auf Basis von Biogas.

Die aktuell praktizierte Vermarktungsstrategie der örtlichen Windparks und das damit verbundene gesetzliche Verbot zur Eigenstromnutzung verhindert derzeit eine Umsetzung in diesem Bereich.

Mittel- bis langfristig kann durch die Umsetzung solch eines Projektes die Sektorenkopplung umgesetzt, eine Dekarbonisierung im Wärmebereich erreicht und die lokale Wertschöpfung maximiert werden.