



Diffusionsprofile von Energietechnologien: Verbreitungspotenzial & Einflussfaktoren

Band 2: Wärmeversorgung

Dr. Tobias Froese, Dr. Jens Clausen

Erstellt im Rahmen des Forschungsprogramms

Transformation des Energiesystems Niedersachsen (TEN.efzn) im

Transfer-Innovationsbereich I: Grundlagen der Transferarbeit

Teilprojekt I.2: Innovations- und Diffusionspfadanalysen Energietechnologien

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Fak. II, Dep. Wirtschafts- und Rechtswissenschaften

Apl. Professur für Innovationsmanagement und Nachhaltigkeit

Kontakt:

Prof. Dr. Klaus Fichter, klaus.fichter@uol.de

IMPRESSUM

KURZTITEL

Diffusionsprofile von Energietechnologien - Band 2: Wärmeversorgung

AUTORINNEN UND AUTOREN

Tobias Froese (Universität Oldenburg)

Jens Clausen (Borderstep Institut)

M froese@borderstep.de

VERLAG

© Universität Oldenburg 2026

ZITIERVORSCHLAG

Froese, T. & Clausen, J. (2026). Diffusionsprofile von Energietechnologien: Verbreitungspotenzial und Einflussfaktoren - Band 2: Wärmeversorgung. Oldenburg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:715-oops-76458>.



Diese Veröffentlichung ist im Rahmen des Forschungsprogramms „Transformation des Energiesystems Niedersachsen“ (TEN.efzn) am Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (efzn) entstanden.

zukunft.
niedersachsen

Gefördert mit Mitteln aus zukunft.niedersachsen, dem gemeinsamen Wissenschaftsförderprogramm des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung.

INHALTSVERZEICHNIS

Impressum.....	i
Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iii
1 Die Diffusionsanalyse: Eine Einführung	1
1.1 Erfassung von Eckdaten zu Innovationsgegenstand und Diffusion	1
1.2 Erfassung von Einflussfaktoren mittels Codesystem	4
1.3 Konstruktion des Spitzenindikators „Diffusionsdynamik“	8
2 Diffusionsanalyse für Wärmepumpen in Neubau und Bestand	9
3 Diffusionsanalyse für Erdsonden für Wärmepumpen	18
4 Diffusionsanalyse für den Betrieb warmer Wärmenetze	26
5 Diffusionsanalyse für Hochtemperatur-Wärmepumpen	32
6 Diffusionsanalyse für Großwärmepumpen in Wärmenetzen	39
7 Diffusionsanalyse für Biogasanlagen	46
8 Diffusionsanalyse für Pelletheizungen	52
9 Diffusionsanalyse für Solarthermieranlagen	57
10 Diffusionsanalyse für Langzeitwärmespeicher	63
Quellen.....	68

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Teil 1 des Fallprofils: Eckdaten zum Innovationsgegenstand und seiner Diffusion	2
Abbildung 2: Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland	3
Abbildung 3: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024	10
Abbildung 4: Entwicklung des Absatzes von Wärmeerzeugern 2014 bis 2024	10
Abbildung 5: Luftwärmetauscher auf der Terrasse.....	11
Abbildung 6: Google Trend Analyse „Wärmepumpe“	16
Abbildung 7: Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2005 bis 2024 nach Wärmepumpentypen.....	19
Abbildung 8: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024	27
Abbildung 9: Heizkosten in Deutschland.....	29
Abbildung 10: Dekarbonisierung der Prozesswärme fast nirgends über 10 % vom Anlagenbestand ..	33
Abbildung 11: Strompreis für die Industrie (Dezember 2024)	34
Abbildung 12: Vergangene und erwartete Entwicklung der gasförmigen Bioenergie.....	47
Abbildung 13: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024	53
Abbildung 14: Entwicklung der Solarthermie-Gesamtleistung 1995 bis 2024.....	58
Abbildung 15: Jährliche Neuinstallation von Solarwärmeeanlagen.....	59
Abbildung 16: Bau des Erdbeckenspeichers in Bracht (Juli 2024).....	63
Abbildung 17: Spezifische Kosten von saisonalen Wärmespeichern	67

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Einflussfaktoren und Bewertungscodierung der Diffusionsanalyse	4
Tabelle 2: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmepumpen	11
Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Wärmepumpen für Einfamilienhäuser	17
Tabelle 4: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Erdsonden für Wärmepumpen	20
Tabelle 5: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Erdsonden für Wärmepumpen	25
Tabelle 6: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmenetzen	27
Tabelle 7: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für den Betrieb warmer Wärmenetze	31
Tabelle 8: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Hochtemperatur- Wärmepumpen.....	33
Tabelle 9: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Hochtemperatur-Wärmepumpen.....	38

Tabelle 10: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Großwärmepumpen in Wärmenetzen	40
Tabelle 11: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Großwärmepumpen in Wärmenetzen.....	45
Tabelle 12: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Biogasanlagen	47
Tabelle 13: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für den Betrieb von Biogasanlagen	51
Tabelle 14: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Pelletheizungen.....	53
Tabelle 15: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Pelletheizungen.....	56
Tabelle 16: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Solarthermieranlagen.....	59
Tabelle 17: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Solarthermieranlagen.....	62
Tabelle 18: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Langzeitwärmespeichern	64
Tabelle 19: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Langzeitwärmespeicher	67

1 Die Diffusionsanalyse: Eine Einführung

Der vorliegende Materialband wurde im Rahmen von TEN.efzn im Transfer-Innovationsbereich I: Grundlagen der Transferarbeit, Teilprojekt I.2: Innovations- und Diffusionspfadanalysen Energietechnologien erstellt. Er beleuchtet die sozio-technischen Erfolgsbedingungen der Verbreitung (Diffusion) von Energietechnologien. Er enthält Diffusionspfadanalysen zu elf Innovationen bzw. Technologien aus dem Bereich der Wärmeversorgung. Ergänzend erscheinen drei weitere Materialbände mit entsprechenden Analysen von 18 weiteren Energiewendetechnologien aus den Bereichen Stromversorgung, Smart Technology sowie Wasserstoff und CO₂ (Froese & Clausen, 2026a, 2026b, 2026c). Eine übergeordnete Auswertung aller Einzelanalysen findet sich in Froese und Clausen (2026d).

Die Innovationsforschung untersucht seit vielen Jahren das Zustandekommen und die Erfolgsbedingungen von Innovationen. Als Teilgebiet der Innovationsforschung untersucht die Diffusionsforschung den Prozess der Verbreitung von Innovationen in der Gesellschaft (Pulkki-Brännström & Stoneman, 2013; Rogers, 2003). Ihre Ergebnisse richten sich häufig an politische und wirtschaftliche Akteure mit dem Ziel, Innovationsprozesse gezielt zu unterstützen und zu beschleunigen. Für gesellschaftlichen Wandel und insbesondere für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft – so die zugrundeliegende Annahme – ist es entscheidend, dass umweltfreundliche Technologien nicht nur entwickelt werden, sondern auch in der Gesellschaft ankommen, genutzt werden und alte, weniger umweltfreundliche Lösungen verdrängen (Clausen & Fichter, 2019; Kulmer et al., 2022).

Die wissenschaftliche Methodik der Diffusionsanalyse wurde bereits vor über zehn Jahren im Projekt „Diffusionspfade von Umweltinnovationen“ auf Basis einer breiten Literaturanalyse entwickelt (Clausen, Fichter & Winter, 2011; Fichter & Clausen, 2013) und im Rahmen des Projektes „Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy“ im Auftrag des Umweltbundesamtes weiterentwickelt (Clausen & Fichter, 2019). Fichter und Clausen (2013, 2016) folgend, erfolgt die Diffusionsanalyse auf Basis von Sekundärinformationen und wird für jede untersuchte Innovation bzw. Technologie in Form eines qualitativ hergeleiteten Fallprofils dokumentiert. Um eine einheitliche, vergleichbare Erhebung über alle Fälle hinweg sicherzustellen, wird hierfür ein standardisiertes Profilschema verwendet, das als Erhebungsinstrument fungiert (Fichter & Clausen, 2013, S. 156 ff.) – vergleichbar mit einem strukturierten Beobachtungsprotokoll.

Das Profilschema der Diffusionsanalyse umfasst – wie im folgenden Unterkapitel 1.1 dargestellt – zentrale Eckdaten zum Innovationsgegenstand und zum Ablauf der bisherigen Diffusion sowie – wie in Unterkapitel 1.2 dargestellt – Einschätzungen zu 22 potenziellen Einflussfaktoren. Diese Faktoren wurden von Fichter und Clausen (2013, S. 97) als potenziell relevant für den Verlauf des Diffusionsprozesses herausgearbeitet. Im letzten Schritt werden die Einzelbewertungen der 22 Einflussfaktoren – wie in Kapitel 1.3 dargestellt – zu einem Spitzenindikator summiert. Die folgende Darstellung des Profilschemas und der Methodik der Diffusionsanalyse wurde weitgehend aus einem älteren Forschungsprojekt übernommen (Steudle & Clausen, 2016) und nur leicht an die fokussierte Zielsetzung der hier durchgeführten Analyse angepasst.

1.1 Erfassung von Eckdaten zu Innovationsgegenstand und Diffusion

Zur strukturierten Beschreibung des Innovationsgegenstands und des bisherigen Diffusionsverlaufs wird nach Fichter und Clausen (2013) ein standardisiertes Profilschema verwendet. Die nachfolgende

Abbildung zeigt die im Rahmen von TEN.efzn erhobenen Kategorien und Leitfragen, anhand derer im ersten Schritt die Eckdaten und der Diffusionsstand für jeden untersuchten Innovationsfall systematisch dokumentiert wurden.

Abbildung 1: Teil 1 des Fallprofils: Eckdaten zum Innovationsgegenstand und seiner Diffusion

Innovationsgegenstand [Freitextfeld zur Beschreibung der Innovation, deren Diffusion untersucht werden soll.]
Markteinführung Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [] oder beide []? [Freitextfeld zur Beschreibung, durch wen und wann die Markteinführung erfolgte.]
Einbindung in Technologiesystem Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig? Ja [] Nein [] Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem? [Freitextfeld zur Beschreibung, welche Produkte zu dem Technologiesystem gehören. Nur auszufüllen, wenn „Ja“ angekreuzt wurde.]
Diffusionsstand und -verlauf noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [] Marktindikator: [Freitextfeld zur Angabe der ausgewählten Referenzbasis, die zur Bestimmung des Verbreitungsgrades verwendet wird.] Verbreitungsgrad: ____% Diffusionsverlauf: [Freitextfeld zur Einordnung des angegebenen Verbreitungsgrades des Produktes oder der Dienstleistung für einen möglichst aktuellen Zeitpunkt sowie zur Beschreibung der Entwicklung seit der Markteinführung. Letztere sollte möglichst grafisch dargestellt und interpretiert werden.]

Wie im unteren Teil von Abbildung 1 dargestellt, ist im Rahmen des Fallprofils zur Bestimmung des Diffusionsstandes ein geeigneter *Marktindikator* (bzw. eine Referenzbasis) festzulegen und daraus der *Verbreitungsgrad* als metrische Variable zu bestimmen. Damit wird der aktuelle Stand der Diffusion einer Innovation quantifiziert und zwischen Fällen vergleichbar. Während die übrigen Eckdaten des Profils weitgehend selbsterklärend sind, erfordern die Auswahl des Marktindikators sowie die Ableitung des Verbreitungsgrades eine methodische Erläuterung.

Grundsätzlich müssen zur Bestimmung des Verbreitungsgrades zwei Informationen vorliegen:

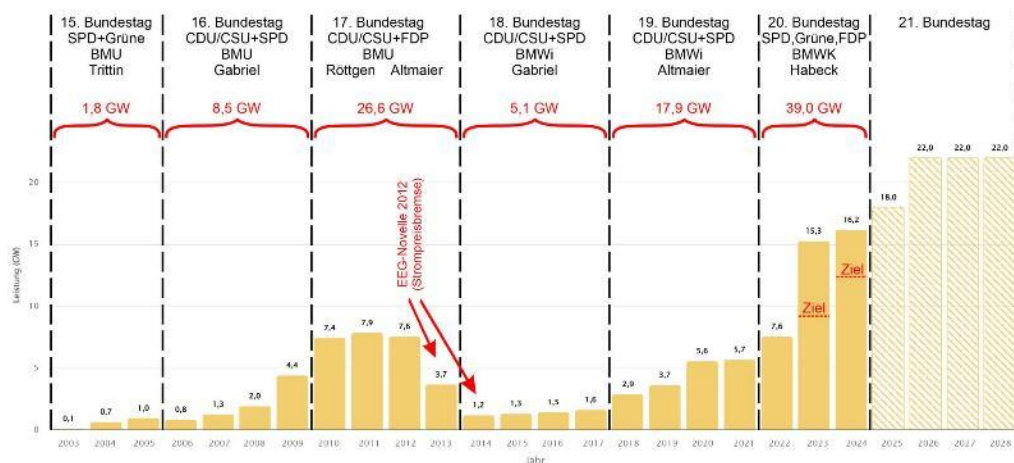
- ▶ einen Marktindikator, also die Definition einer geeigneten Bezugsgröße bzw. Referenzbasis einschließlich ihrer quantitativen Größe, bei deren vollständiger Ausschöpfung ein Verbreitungsgrad von 100 % erreicht wäre (bspw. der jährliche Gesamtmarkt einer Produktkategorie), und
- ▶ eine Diffusionsgröße der untersuchten Innovation (bspw. die Zahl der jährlich abgesetzten Produkte/Dienstleistungen), die mit dem Marktindikator prozentual in Bezug gesetzt werden kann.

Bei der Festlegung des Marktindikators ist zu berücksichtigen, dass dieser je Innovationsfall unterschiedlich ausfallen kann. Hintergrund ist, dass sich die Märkte, in denen Diffusionsprozesse stattfinden, hinsichtlich Struktur (Bestandsmarkt vs. Wachstumsmarkt) und Dynamik (Verdrängung bestehender Lösungen vs. Ausbau neuer Kapazitäten) deutlich unterscheiden können. Entsprechend werden je nach Innovationsfall unterschiedliche Marktindikatoren herangezogen.

In Bestandsmärkten mit weitgehend stabilem jährlichem Absatz ist es häufig sinnvoll, den Verbreitungsgrad im Sinne einer Flussgröße über Verkaufsanteile am aktuellen Absatzmarkt abzubilden. Dies gilt beispielsweise für den Heizungsmarkt: Hier treffen ein nur langsam veränderlicher Bestand (Wohngebäude und installierte Wärmeerzeuger) und – außerhalb von Krisenzeiten – ein stabiler jährlicher Absatz neuer Heizungsanlagen von rund 700.000 bis 800.000 Stück aufeinander. Aus klimapolitischer Perspektive besteht die zentrale Dynamik darin, dass klimaneutrale Heizsysteme fossile Anlagen schrittweise verdrängen. Für Technologien wie die Wärmepumpe lässt sich der Verbreitungsgrad daher sinnvoll als prozentueller Anteil an dem Marktindikator „jährlicher Heizungsabsatz“ darstellen. Für diese Wahl spricht zudem eine Grenzwertüberlegung: Würde ein klimaneutrales Heizungssystem im aktuellen Absatzmarkt einen Anteil von 100 % erreichen, könnte die Diffusion über dieses Maß nicht weiter gesteigert werden. Der verbleibende Fortschritt bestünde dann ausschließlich im (zeitlich verzögerten) Austausch des Bestands, nicht mehr in einer Steigerung des Absatzanteils.

In Kontexten mit stark wachsendem Gesamtvolumen bietet es sich hingegen an, in der Zukunft liegende Zielgrößen (z. B. politisch definierte Ausbauziele oder szenario-basierte Erwartungswerte) als Marktindikatoren heranzuziehen. Dies liegt daran, dass in solchen Fällen sowohl die Zahl der in Gebrauch befindlichen Produkte/Dienstleistungen (Bestandsgröße) als auch die Zahl der pro Zeiteinheit abgesetzten Produkte/Dienstleistungen (Flussgröße) typischerweise nicht annähernd konstant sind. Der Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung verdeutlicht dies: Während 2008 insgesamt 2,7 GW Windenergie- und Photovoltaikleistung zugebaut wurden, lag der Zubau 2023 bei 18,3 GW (vgl. Abbildung 2). Unter solchen Bedingungen bildet ein klassischer Marktanteil (bezogen auf ein als konstant angenommenes jährliches Marktvolumen) den Diffusionsfortschritt nur unzureichend ab. Hinzu kommt, dass im Segment der Neubau-Kraftwerksleistung einige Technologien bereits vollständig stillgelegt wurden und somit keine Konkurrenz im Neubau mehr stattfindet. Beispielsweise wurde letzte neue Kohlekraftwerk (Datteln IV) 2020 in Betrieb genommen, und von den 2010 vorhandenen 60 GW Kohlekraftwerksleistung waren bis 2023 bereits 20 GW stillgelegt (Global Energy Monitor, 2024).

Abbildung 2: Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland



Quelle: Burger (2025)

Für eine Reihe erneuerbarer Energietechnologien (z. B. Windkraft oder Photovoltaik) bietet es sich daher an, politische Ausbauziele als Marktindikator heranzuziehen – etwa das in den Langfristszenarien für 2030 im Szenario O45-Strom erwartete Volumen der Energieproduktion in Deutschland mit der jeweiligen Technologie (Fraunhofer ISI, 2024a). Der Verbreitungsgrad ergibt sich dann als Anteil des bereits erreichten Volumens am für 2030 erwarteten Zielvolumen. Wird hierbei ein hoher Prozentsatz erzielt, ist die Zielerreichung absehbar. Weitere Diffusionsförderung ist dann vor allem vom Entwicklungspfad bis 2045 abhängig bzw. nur noch begrenzt wirksam. In solchen Fällen verschiebt sich der Schwerpunkt der Energiepolitik stärker auf die Regelungen zur Exnovation fossiler Technologien.

Zuletzt gibt es auch Technologien (z.B. tiefe Geothermie), die bisher nur in wenigen Demonstrationsprojekten existieren und für die auch noch keine fundierten Zielgrößen wie etwa politische Ausbauziele vorliegen. In solchen Fällen wurde im Rahmen dieser Studie zur Ermöglichung der quantitativen Auswertung als „Erinnerungswert“ ein Verbreitungsgrad von 0,1% eingetragen.

1.2 Erfassung von Einflussfaktoren mittels Codesystem

Nachdem die Eckdaten zum Innovationsgegenstand und zu seinem bisherigen Diffusionsverlauf erhoben wurden, werden im zweiten Teil des Erhebungsprofils die potenziellen Einflussfaktoren auf die Diffusion der jeweils untersuchten Innovation systematisch erfasst. Wie in Tabelle 1 dargestellt, umfasst das Fallprofil hierzu ein Codesystem mit 22 Faktoren, die in produktbezogene, adopterbezogene, anbieterbezogene, branchenbezogene, politische und pfadbezogene Einflussgrößen gegliedert sind.

Da Innovationen nicht als „Merkmalsträger“ befragt werden können, erfolgt zunächst eine qualitative Datenerhebung durch die Analyse von Sekundärquellen. Die jeweils gewonnen Erkenntnisse und die zugrundeliegenden Quellen werden fall- und faktorspezifisch dokumentiert.

Auf den qualitativen, fall- und faktorspezifisch Einzelanalysen aufbauend werden anschließend je Innovation jedem der 22 Einflussfaktoren genau eine Ausprägung zugewiesen. Die Einordnung erfolgt ordinal auf 3er- bzw. 5er-Skalen (0 bis +2 bzw. –2 bis +2). Codiert bzw. bewertet wird bezüglich des gesamten bisher beobachtbaren Diffusionsprozess, d. h. für den Zeitraum von der Markteinführung bis zum Erhebungszeitpunkt. Die Codierung folgt dem Nullhypothesenprinzip: Standardmäßig wird je Faktor ein Einfluss von 0 angenommen. Nur wenn die erhobenen empirischen Informationen unstrittig und intersubjektiv nachvollziehbar eine Abweichung nahelegen, wird ein förderlicher Einfluss (z.B. 1 = förderlich) bzw. ein hemmender Einfluss (z.B. –2 = sehr stark hemmend) vergeben.

Zur Sicherung intersubjektiver Nachvollziehbarkeit und einer annähernden Interrater-Reliabilität werden die Codierungen zunächst individuell vorgenommen und anschließend in einem mehrköpfigen Codierteam abgeglichen und konsentiert. Auf diese Weise wird qualitatives Datenmaterial nachvollziehbar in ordinale Ausprägungen überführt und damit einer deskriptiven statistischen Auswertung zugänglich gemacht – ohne den Anspruch zu erheben, kausale Effekte zu identifizieren oder Messungen im streng metrischen Sinne vorzunehmen.

Tabelle 1: Einflussfaktoren und Bewertungscodierung der Diffusionsanalyse

Produktbezogene Faktoren	Bewertungscodierung
1. Relativer Vorteil der Innovation:	2: neue nützliche Funktion oder starker sozialer

Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgänger- oder Konkurrenzprodukt?	Vorteil 1: weniger wesentliche neue Funktion oder kleiner sozialer Vorteil 0: kein relativer Vorteil erkennbar
2. <i>Wahrnehmbarkeit:</i> Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	2: Deutlich UND in der Öffentlichkeit wahrnehmbar 1: Weniger deutlich oder nur in Innenräumen u. ä. wahrnehmbar 0: Nicht wahrnehmbar
3. <i>Kompatibilität:</i> Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	0: neutral -1: Anschlussfähigkeit erfordert Aufwand oder Lernen -2: Anschlussfähigkeit nur schwer herzustellen
4. <i>Komplexität:</i> Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	0: unkomplex -1: leicht komplex -2: bedarf besonderen Fachwissens
5. <i>Erprobbarkeit:</i> Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch den Adopter erprobt werden?	2: Einfach und mit im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit geringen Kosten erprobbar 1: Aufwendig erprobbar 0: Nicht erprobbar
Adopterbezogene Faktoren	Codierung
6. <i>Nutzer-Innovatoren:</i> Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	2: Die Existenz einer größeren Gruppe von Innovatoren ist bekannt 1: Die Existenz einer kleinen Gruppe von Innovatoren ist bekannt 0: Nicht bekannt.
7. <i>Notwendigkeit von Verhaltensänderung:</i> Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	0: keine Verhaltensänderung erforderlich -1: Verhaltensänderung erforderlich -2: deutliche Verhaltensänderung erforderlich
8. <i>Unsicherheiten bei Adoptoren:</i> Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	0: keine Unsicherheiten bekannt -1: kleine Unsicherheiten -2: deutliche Unsicherheiten
9. <i>Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit:</i> Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	2: hohe Wirtschaftlichkeit oder billiger 1: leicht wirtschaftlich oder etwas billiger 0: neutral -1: leicht unwirtschaftlich oder etwas teurer -2: deutlich unwirtschaftlich oder deutlich teurer
Anbieterbezogene Faktoren	Codierung
10. <i>Qualifizierungsaufwand:</i> Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des	0: neutral -1: hoher Qualifizierungsaufwand wirkt leicht hemmend

erforderlichen Personals?	-2: hoher Qualifizierungsaufwand wirkt deutlich hemmend
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	2: Bekannte Unternehmen mit hoher Reputation bieten die Innovation an 1: weniger bekannte Unternehmen bieten die Innovation an 0: nur unbekannte Anbieter
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	2: Verfügbarkeit und Service sind überall sichergestellt 1: kleine Einschränkungen in Verfügbarkeit oder Service 0: neutral -1: schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken leicht hemmend -2: schlechte Verfügbarkeit oder fehlender Service wirken deutlich hemmend
Branchenbezogene Faktoren	Codierung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	2: starke und aktive Unterstützung 1: weniger starke oder weniger aktive Unterstützung 0: kein Branchenverband bzw. keine Aktivität -1: leicht hemmender Einfluss -2: deutlich hemmender Einfluss
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	2: Marktführer haben die Innovation von Anfang an mit eingeführt 1: Marktführer haben die Innovation leicht gefördert 0: Marktführer verhielten sich neutral -1: Marktführer haben die Diffusion leicht behindert -2: Marktführer haben engagiert gegen die Diffusion gekämpft
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	2: viele Intermediäre haben die Diffusion engagiert gefördert 1: einige Intermediäre haben sich für die Diffusion eingesetzt 0: keine aktiven Intermediäre bekannt -1: einige Intermediäre bremsen die Diffusion -2: viele Intermediäre bremsen die Diffusion
Politische Faktoren	Codierung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Rege-	0: keine Hemmnisse -1: kleine Hemmnisse -2: deutliche Hemmnisse

lungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?

17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten:

Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?

- 2: deutliche Förderung
- 1: eingeschränkte Förderung
- 0: keine Förderung
- 1: kleine Hemmnisse
- 2: deutliche Hemmnisse

18. Sektorpolitiken:

Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?

- 2: eine Sektorpolitik ist bekannt und wird aktiv verfolgt.
- 1: eine Sektorpolitik ist eher schwach wirksam.
- 0: Nicht bekannt.

19. Medien und Kampagnen:

Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?

- 2: die Innovation wurde durch die Medien deutlich gefördert
- 1: die Innovation wurde durch die Medien etwas gefördert
- 0: über die Innovation wird nur selten berichtet
- 1: Medienberichte etc. wirkten hemmend
- 2: Medienberichte etc. wirkten deutlich hemmend

Pfadbezogene Faktoren

Codierung

20. Pfadabhängigkeiten:

Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit gebremst?

- 2: die Innovation hat sich sehr schnell zum dominanten Design entwickelt
- 1: in einigen Marktsegmenten erreicht die Innovation den Status des dominanten Designs
- 0: neutral
- 1: Vorgängerprodukte haben über ein leichtes Lock-in die Diffusion gebremst
- 2: Vorgängerprodukte haben über ein starkes Lock-in die Diffusion stark verzögert

21. Preisentwicklung:

Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?

- 2: Preis ist seit der Markteinführung (z.B. durch „economies of scale“ oder Folgeinnovationen) - stark gesunken
- 1: Preis ist wenig gesunken
- 0: Preis ist gleichgeblieben
- 1: Preis ist leicht gestiegen
- 2: Preis ist deutlich gestiegen

22. Selbstverstärkende Effekte:

Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?

- 2: deutliches „kritische Masse Phänomen“
- 1: leichtes „kritische Masse Phänomen“
- 0: keine selbstverstärkenden Effekte

1.3 Konstruktion des Spitzenindikators „Diffusionsdynamik“

Im letzten Schritt der Diffusionsanalyse wird je Innovation der Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ gebildet. Dieser ergibt sich aus der einfachen, ungewichteten Addition der Bewertungen aller 22 Einflussfaktoren. Von den 22 Einzelbewertungen können alle als neutral (0 Punkte), insgesamt 16 als positiv bzw. fördernd (1 oder 2 Punkte) und insgesamt 14 negativ bzw. hemmend (-1 oder -2 Punkte) bewertet werden. Der maximale positive Wert des Spitzenindikators ist folglich 32, während der maximale negative Wert des Spitzenindikators bei -28 Punkten liegt. Insgesamt kann der Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ somit Werte von -28 bis +32 annehmen.

Bei den Bewertungen der 22 Ausgangsfaktoren handelt es sich um ordinale Merkmale deren „natürliche Ordnung“ darin besteht, dass ein höherer Merkmalswert bei allen Faktoren auf ein tendenziell höheres Diffusionspotenzial hinweist. Da diese Ordnungseigenschaft für jeden Faktor einzeln gilt und die Summenbildung ungewichtete ordinale Ausprägungen aggregiert, kann auch für den entstehenden Spitzenindikator angenommen werden, dass ein höherer Summenwert grundsätzlich auf ein höheres Diffusionspotenzial hinweist. Zugleich bleibt aber auch der durch Summenbildung entstehende Spitzenindikator selbst ordinal skaliert ist: Ist der Wert der Diffusionsdynamik z.B. 18, dann ist dies zwar höher als 14, aber kann keineswegs als „doppelt so hoch wie 9“ interpretiert werden.

Letztlich hat der Spitzenindikator damit den Charakter einer Rankingskala. Fälle mit einer höheren Diffusionsdynamik können damit als tendenziell „besser“ eingestuft werden als Fälle mit einer niedrigeren Diffusionsdynamik, ohne dass darüber hinausgehende Interpretationen, wie eine metrische Aussage über Abstände zwischen den Innovationen, zulässig wären

2 Diffusionsanalyse für Wärmepumpen in Neubau und Bestand

Beschreibung des Diffusionsfalls

Eine Wärmepumpe ist ein Wärmeerzeuger, der im Rahmen der Warmwasserversorgung, als Heizgerät in Ein- und Mehrfamilienhäusern und auch in Wärmenetzen eingesetzt werden kann. In einer Wärmepumpenanlage kreist ein Arbeitsfluid, oft auch als Kältemittel bezeichnet. Zum Heizen nimmt das Kältemittel Umgebungswärme auf, anschließend wird es durch einen elektrisch angetriebenen Kompressor verdichtet und dabei seine Temperatur wie auch der Druck erhöht. Dann gibt es diese Wärme an die Heizungsanlage ab und fließt abgekühlt wieder zurück. Die Wärmepumpenanlage basiert auf dem gleichen physikalischen Prinzip wie ein Kühlschrank, nur dass bei diesem der Innenraum nicht beheizt, sondern gekühlt wird.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [] oder beide [X]?

Die älteste noch in Betrieb befindliche Wärmepumpe wurde 1938 in das Rathaus von Zürich eingebaut (Schwinghammer, 2012). Für Einfamilienhäuser wurden die ersten industriell gefertigten Wärmepumpen Ende der 1970er Jahre angeboten.

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Die Nutzung von Wärmepumpen zur klimafreundlichen Wärmeerzeugung bedingt die Erzeugung großer Mengen an regenerativem Strom. Die effiziente Verteilung der Wärme im Haus benötigt Gebläseheizkörper und Flächenheizungen. Um eine Überlastung des Stromsystems an kalten Tagen zu vermeiden sind eine zentrale Steuerung des Betriebs der Wärmepumpe sowie Smart Meter erforderlich.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

Marktindikator: Des Verbreitungsgrad von Wärmepumpen wird bestimmt durch den Anteil der Wärmepumpen am jährlichen Absatz an Wärmeerzeugern.

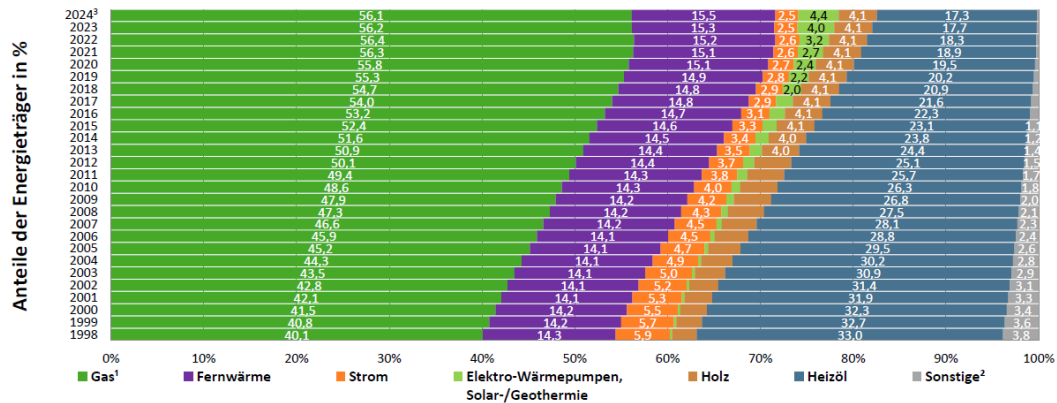
Verbreitungsgrad: im Bestand 27,1 %, in Neubauten 81 %

Diffusionsverlauf: Laut einer Studie des BDH (2025) lag der Marktanteil von Wärmepumpen am jährlichen Absatz an Wärmeerzeugern im Jahr 2024 bei ca. 27%. In Neubauten hatten Wärmepumpen im Jahr 2024 einen Marktanteil von 81 % (Destatis, 2025). Im Wohnungsneubau waren 65,4 % aller Heizungen Wärmepumpen (TGA-Fachplaner, 2025a).

Der Absatz hat sich in den Jahren 2016 bis 2023 kontinuierlich gesteigert (BDH, 2025). Im Spitzenjahr 2023 erreichte der Absatz von Wärmepumpen einen Marktanteil an allen neu installierten Wärmeerzeugern von 27 %. Auch 2024 blieb der Marktanteil - bei deutlich reduziertem Marktvolumen - auf

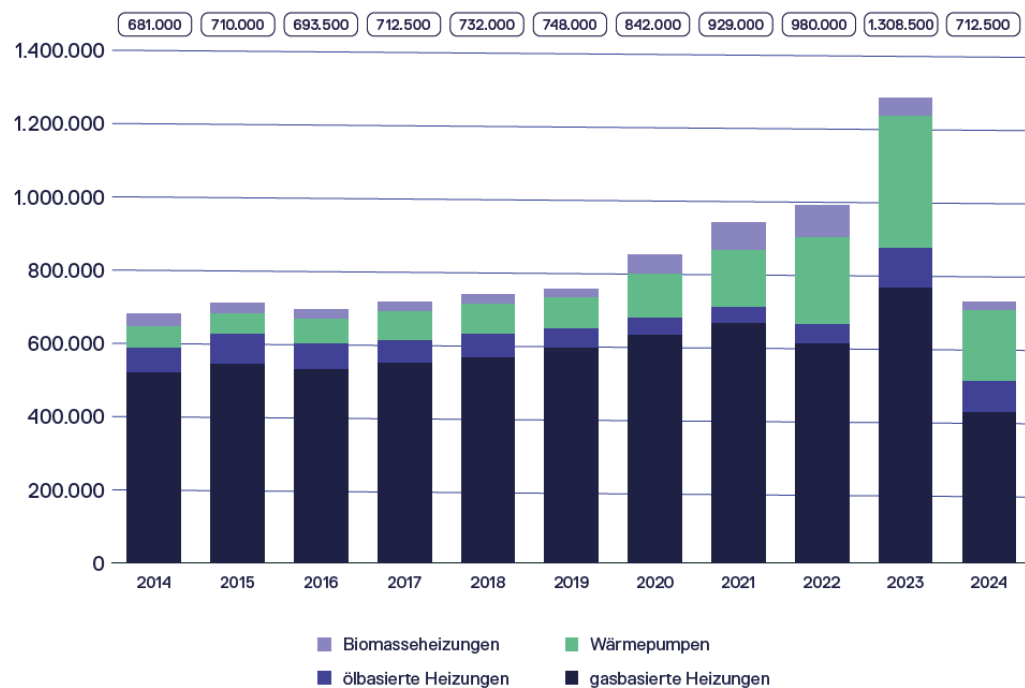
diesem Niveau. An allen in Betrieb befindlichen Wärmeerzeugern haben Wärmepumpen aber erst einen Anteil von 4,4 %. Damit ist der Bestand an Wärmepumpen von 1,8 % an allen Wärmeerzeugern in 2016 auf 4,4 % in 2024 angestiegen.

Abbildung 3: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024



Quelle: BDEW (2025), in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden; Heizung vorhanden; Anteile der genutzten Energieträger, Rundungsdifferenzen möglich; 1 einschließlich Biomethan und Flüssiggas; 2 v.a. Kohle; 3 vorläufig, teilweise geschätzt

Abbildung 4: Entwicklung des Absatzes von Wärmeerzeugern 2014 bis 2024



Quelle: BDH (2025)

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmepumpen

Tabelle 2: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmepumpen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Neubau und Bestand: Eine moderne Wärmepumpe kann die meisten Gebäude mit Wärme versorgen. Durch eine Wärmepumpe wird der Verbraucher unabhängig von Öl- und Gaspreisen sowie der steigenden CO₂-Abgabe, aber er wird abhängig vom Netzbezug vom Strommarkt abhängig. Angetrieben wird die Pumpe mit Strom und meist liegt der Strombedarf bei 25 % bis 35 % der abgegebenen Wärmemenge. Zudem ist die Wärmepumpe mit PV oder dem Bezug von Ökostrom kombinierbar (Energieheld, 2021; Tjaden, 2022) und ermöglicht so schon heute einen CO₂-freien und teilautarken Betrieb. Langfristig werden Heizungsanlagen mit Wärmepumpe bei weiter steigendem Regenerativstromanteil CO₂-neutral werden. Neubau (im Bestand sehr aufwendig): In der Kombination mit einer eigenen PV-Anlage und einer Flächenheizung ist die sommerliche Kühlung mit dem im selben Gebäude erzeugten regenerativen Strom möglich. Die sommerliche Kühlung hat in Verbindung mit einer Erdwärmesonde zudem die wichtige Funktion der Regenration der Sonde.	Neubau 2 Bestand 1
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Wärmepumpenanlagen mit Erdwärmesonde sind von außen am Haus nicht zu erkennen. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen steht der Außenluftwärmetauscher draußen und ist sichtbar. Abbildung 5: Luftwärmetauscher auf der Terrasse  Quelle: bwp*	1
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell angeschlossen?	Die Kombination aus Wärmepumpe, PV-Eigenstrom und Flächenheizung ist heute <i>technisch</i> ausgereift (Peñaloza et al., 2022). Wärmepumpen lassen sich insbesondere bei Neubauten von Ein- und Zweifamilienhäusern gut integrieren. Im Bestand sind meist höhere Anforderungen (z. B. vergrößerte Heizflächen, ggf. Steigleitungen, komplexere Eigentümerstruktur) gegeben. <i>Institutionell</i> besteht eine grundsätzlich gute Anschlussfähigkeit: Die gegenwärtig gültigen gesetzlichen Vorgaben (GEG mit 65 %-Regel) und die Bundesförderung effiziente Gebäude (BAFA, 2023) fördern die Verbreitung der Technologie, die neue Bundesregierung hat aber die Absicht, vieles wieder zu ändern. <i>Kulturell</i> war die Akzeptanz grundsätzlich hoch, solange Komfort, Verlässlichkeit und Wirtschaftlichkeit gegeben sind (Michelsen &	Neubau 0 Bestand -1

	Madlener, 2013). Emotionale Treiber wie Klimaschutz stellten insbesondere für umweltbewusste Kundengruppen ein Argument dar (Côté & Pons-Seres De Brauwer, 2023). Die öffentliche Debatte unter der Schlagzeile „Heizungshammer“, welche im Sommer 2023 insbesondere von Boulevardzeitungen geprägt wurde, emotionalisierte die Debatte jedoch stark und führte zu einem Rückgang der öffentlich wahrnehmbaren Zustimmung zu Wärmepumpen, trotz realer Förderung, wirtschaftlicher Potenziale und technischer Reife. Neubau und Bestand: Die Wärmequelle muss über eine Erdwärmesonde oder einen Luftwärmetauscher erschlossen werden. Für eine Erdwärmesonde ist ein hinreichend großes Grundstück erforderlich, auf dem eine Erdwärmepumpenbohrung genehmigt werden und das zudem mit einem Bohrgerät erreicht werden kann. Neubau (im Bestand sehr aufwendig): Die Technologie erfordert ein Wärmeverteilungssystem mit niedriger Vorlauftemperatur und ist zumindest, wenn eine sehr gute Leistungszahl angestrebt wird - nicht mit den üblichen Konvektorheizkörpern kompatibel.¹	
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Komplexe Technik, die aber der Nutzer weder verstehen noch beherrschen muss, da sie durch Firmen gewartet wird und die Komplexität im Vergleich zu anderen Heizanlagen nicht wesentlich höher ist.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Nicht erprobbar, weswegen die gute Dokumentation von guten Beispielen besondere Bedeutung zukommt.	0

Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Bei den Nutzenden von Wärmepumpen scheint es sich um grundsätzlich typische Vertreter des ökologischen Konsums zu handeln, wie sie z.B. als Postmaterielle von Kleinhüchelkotten beschrieben wurde (Kleinhüchelkotten, 2006; Kleinhüchelkotten, Neitzke & Moser, 2016). Die Befragung der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz zeigt, dass Umweltbewusstsein und Klimaschutz genau wie die Wirtschaftlichkeit für jeweils etwas über 70 % der Nutzenden die entscheidenden Gründe für die Wärmepumpe waren (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019, S. 26). Die hohe Bedeutung der eigeninitiativen Einholung von Informationen über das Internet weist auf einen hohen Bildungsstand hin (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019). Das Einkommen der Wärmepumpen-Nutzenden liegt zudem leicht über dem Durchschnitt (Verbraucherzentrale Rheinland-	1

¹ Um die für Konvektoren erforderliche Vorlauftemperatur von 55°C bis 65°C zu erreichen müsste der Temperaturhub der Wärmepumpe sehr groß werden, was die Leistungszahl drückt.

	Pfalz, 2019, S. 8). In Anlehnung an Gellrich (2016, S. 243) kann daher auf eine gewisse Bedeutung einer ökologisch orientierten postmateriellen Konsumentengruppe geschlossen werden.	
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Eine Verhaltensänderung ist nur in Bezug auf einen bewussten Auswahlprozess notwendig und scheint auch stattzufinden (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019). Die kontinuierliche Nutzung der Wärmepumpenheizung ist ähnlich wie die Nutzung anderer Heizungsanlagen nicht mit einem bewusst geänderten Verhalten verbunden. Die Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz schreibt hierzu: „Es ist zu vermuten, dass für viele der Befragten die Wärmepumpe eine Art Blackbox ist. Ihnen ist nicht wirklich klar, ob es überhaupt bestimmte Anforderungen gibt und welche Bedingungen gut sind. Besonderes Interesse sich vertiefend mit der Funktionsweise der Wärmepumpe zu beschäftigen besteht nicht“ (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019, S. 38).	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Neubau: Im Anschluss an den Marktkollaps durch Qualitätsprobleme 1982 hielten sich bis Mitte der 90er Unsicherheitsgefühle in Bezug auf die Produktqualität (Quaschnig, 2006). Heute sind diese Unsicherheiten zumindest bei der Anwendung im Neubau kaum noch wirksam, was sich z.B. in einer Marktdurchdringung von Wärmepumpen im Neubau von ca. 73 % zeigt (Statista, 2025a). Bestand: Im Bestand dagegen gelten Wärmepumpen vielfach noch als weniger geeignet und einige Hausbesitzende wie Installateure und Planer haben noch Vorbehalte (M-Tec Energie Innovativ, 2021). Forschungsprojekt wie das Projekt Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (Fraunhofer ISE, 2020) wirken diesem Mythos seit Jahren entgegen und auch beim Heizungstausch in Bestandsgebäuden stößt die Wärmepumpe zunehmend auf Vertrauen und der Marktanteil entwickelt sich positiv.	Neubau: 0 Bestand: -1
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Neubau und Bestand: Die Investitionskosten für eine Wärmepumpe sind mit ca. 25.000 bis 35.000 Euro (WochederWärmepumpe, 2024) je nach Art der Pumpe deutlich höher als noch vor wenigen Jahren (Energieheld, 2021). Mit Blick auf die zu erwartenden Veränderungen der Preise für Strom, Heizöl und Erdgas ist über die lange Nutzungszeit einer Wärmepumpenheizung dennoch Wirtschaftlichkeit zu erwarten (Clausen, Seifert & Huber, 2024; WochederWärmepumpe, 2024). Bestand: Ist bei Installation in einem Bestandsgebäude der nachträgliche Einbau einer Wärmepumpe mit aufwendigen Änderungen im Wärmeverteilsystem oder bei den Elektroinstallationen verbunden, sind die Kosten für den Einbau einer Wärmepumpe besonders hoch. Dennoch kann eine Wirtschaftlichkeit im Regelfall dargestellt werden.	Neubau: 2 Bestand: 1
Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die	Ausgebildete Monteure (z.B. Heizung oder Klima) bauen die Wärmepumpen ein. Zusätzlich muss die Bohrung von einem Fachbetrieb vorgenommen werden. Der Bundesverband Wärmepumpe	-2

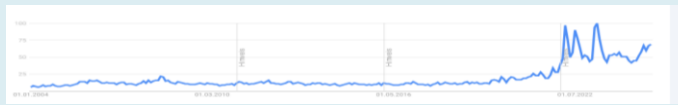
Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	(BWP) e.V. bietet zudem eine spezielle Ausbildung zum „EU Zertifizierten Wärmepumpeninstallateur“ an (TWK - Test- und Weiterbildungszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik GmbH, 2021). Die Erbringung der Dienstleistung erfordert einen hohen Ausbildungsaufwand. Gut ausgebildete Monteure sind zudem gegenwärtig und ebenso auf absehbare Zeit knapp und eine Erhöhung der Kapazitäten des Handwerks scheint geboten (Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp), 2021).	
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Wärmepumpen wurden bis Mitte der 90er eher von grünen Nischenpionieren entwickelt und angeboten. Diese hielten an der Technik auch nach Rückschlägen Anfang der 80er fest (Fichter & Clausen, 2013, S. 265). Heute wird in Testergebnissen der Stiftung Warentest deutlich, dass die Wärmepumpe bei allen großen und bekannten Thermotechnikunternehmen im Angebot ist (bestewaermepumpe.de, 2021).	2
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Neubau: Hersteller, Großhandel und Installateure sind flächendeckend vorhanden. Für energieeffiziente Neubauten und insbesondere Passivhäuser ist es einfach, einen guten Installateur zu finden. Bestand: Noch vor einigen Jahren hatten einige Installateure begrenzte Kenntnisse in der Auslegung und Installation von Wärmepumpenanlagen für Bestandsgebäude (energategemessenger, 2021). Für weniger konventionelle Anlagen in Bestandsgebäuden war es daher schwieriger einen Installateur zu finden. Durch die Installation von hunderttausenden von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden ist ein flächendeckend verfügbarer, kompetenter Service heute weitgehend sichergestellt.	2
Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. und der Bundesverband Geothermie e.V. setzen sich beide intensiv für die Belange der Branche ein; auf politischer, gesellschaftlicher, technischer und wissenschaftlicher Ebene. Sie unterstützen zudem bei der Öffentlichkeitsarbeit und dienen als Netzwerkplattform entlang der Lieferkette (Bundesverband Geothermie e.V., 2021; Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2021). Seit dem Beschluss des Klimaschutzgesetzes 2019 beginnt auch der vorher stark für Erdgas- und Heizöl Eintretende Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) seine Position auf stärker erneuerbare Energien auszurichten (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH), 2021).	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die	Die (heutigen deutschen) Marktführer der Thermotechnik wie Vaillant, Viessmann oder Bosch-Junkers haben den Wärmepumpenmarkt - nach einem kurzen Intermezzo Anfang der 1980er Jahre - bis ca. 1995 vernachlässigt und sind nach ihrem Wiedereinstieg heute Marktführer in Deutschland. Der Marktführer Viessmann (Umsatz zuletzt ca. 4 Mrd. €) wurde zudem Anfang 2024	2

Diffusion?	von Carrier übernommen (Umsatz ca. 22 Mrd. \$) und gehört damit auch weltweit zu den TOP 10 im Wärmepumpenmarkt. Seit absehbar ist, dass die Nutzung fossiler Energien ihrem Ende entgegen geht, treten die Marktführer stärker für die Wärmepumpe ein.	
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Aufgrund der Komplexität des Themas wird zwar viel zur Wärmepumpe beraten, der Prozess gestaltet sich aber auch aufgrund des publizistischen Gegenwinds (Heizungshammer-Kampagne) zäh. Die Beratungsaktivitäten der Energieagenturen haben es zumindest geschafft, der Wärmepumpe im Neubau zur Marktdominanz zu verhelfen und den Marktanteil in Bestandsgebäuden deutlich anzuheben. Mittlerweile fungieren auch einige Online-Informationssseiten als Vermittler für Anbieter von Wärmepumpen (Effizienzhaus Online, 2021; Energieheld, 2021).	2

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Für Erdwärmebohrungen gelten länderspezifische Vorschriften. Bohrungen sind genehmigungspflichtig (nach Wasserhaushaltsgesetz, ggf. bei einer Tiefe von über 100 m auch nach dem Bundesbergbaugesetz und weitere) und man muss einige Zeit für eine Genehmigung einplanen (Effizienzhaus Online, 2021). Für Luftwärmepumpen gelten nach BImSchVO Schallschutzvorschriften.	-1
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Die Installation von Wärmepumpen wird in hohem Ausmaß vom Staat gefördert (WochederWärmepumpe, 2024). Weitere Anreize gibt der steigende Preispfad des Brennstoffemissionshandelsgesetzes sowie der u.U. sinkende oder langfristig gleichbleibende Preis für Strom (WochederWärmepumpe, 2024).	2
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Seit 2024 verlangt das Gebäudeenergiegesetz (Die Bundesregierung, 2024) für neue Heizungen einen Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie und das Wärmeplanungsgesetz setzt einen Rahmen für die Dekarbonisierung der Fernwärme (Die Bundesregierung, 2023a). Diese eng verzahnten ordnungs- und förderpolitischen Instrumente treiben den Wärmepumpenmarkt gezielt voran.	2
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf	In den Medien sind in letzter Zeit kontinuierlich Artikel zu Wärmepumpen vorhanden. Ebenso berichten Branchenmagazine immer wieder über die neusten Entwicklungen. Zahlenmäßig sichtbar wird dies bei Google Trends bei der Zahl der Suchen nach dem Wort „Wärmepumpe“. Seit Februar 2022 besteht ein deutlich höheres Informationsinteresse als davor.	2

beschleunigt oder gebremst?

Abbildung 6: Google Trend Analyse „Wärmepumpe“



Quelle: Google Trend Suche nach „Wärmepumpe“ von 2004 bis 2025 am 7.2.2025

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Neubau und Bestand: Sowohl die Konsumierenden wie auch das Handwerk scheinen überzeugt zu sein, dass es nur da warm wird, wo es brennt (Clausen & Fichter, 2021). Die Vorstellung, dass auch „lauwarme Wärme“ zur Erwärmung von Wohnfläche geeignet ist, widerspricht vielen Vorstellungen, ändert sich aber langsam. Bestand: Technologisch sind die in vielen Gebäuden zu schlechte Dämmung und zu kleine Heizungen Pfadabhängigkeiten, die die Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Wärmepumpen einschränken.	Neubau: 0 Bestand: -1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Anfangs wurden durchweg hohe Preise verlangt, die ökonomisch nicht überzeugen konnten (Der Spiegel, 1980). Seit Anfang der 2000er Jahre ist die Wärmepumpe im Neubau offensichtlich wettbewerbsfähiger, da die Absatzzahlen steigen. Die jeweilige Preiserwartung für Gas und Öl hat dabei immer eine Rolle gespielt, wobei trotz aller Warnungen für hohe Preise fossiler Energien diese letztlich bis in die Gegenwart hinein extrem preiswert waren und noch sind. Durch die verschiedenen Förderungen ist immerhin eine gewisse Wirtschaftlichkeit gegeben. Aber seit 2022 sind die Preise deutlich und nicht wirklich erklärlich gestiegen und liegen jetzt deutlich oberhalb des Niveaus in Nachbarländern (Fend, 2025; Houben, 2024).	-1
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Neubau: Im Neubau setzen langsam selbstverstärkende Effekte ein. So werden zunehmend Neubaugebiete geplant, in denen kein Gasnetz mehr verlegt wird, was viele Hauseigentümer quasi zur Nutzung einer Wärmepumpe zwingt. Bestand: Im Bestand fehlen solche Dynamiken noch.	Neubau: 1 Bestand: 0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Wärmepumpen in Einfamilienhäusern im Bestand einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 12, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 27,1%. Im

Neubau liegt die Diffusionsdynamik mit 19 deutlich höher und der Verbreitungsgrad bei 81%. Damit hat der Verbreitungsgrad im Vergleich zu den Ergebnissen von von Clausen und Beucker (2016) deutlich zugenommen. Die Studie von Clausen und Beucker (2016) hat allerdings keine Unterscheidung zwischen Bestand und Neubau gemacht.

Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Wärmepumpen für Einfamilienhäuser

	2016	2025 Bestand	2025 Neubau
Diffusionsdynamik	12	12	19
Verbreitungsgrad	9,6%	27,1 %	81 %

3 Diffusionsanalyse für Erdsonden für Wärmepumpen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Eine Wärmepumpe ist ein Wärmeerzeuger, der im Rahmen der Warmwasserversorgung, als Heizgerät in Ein- und Mehrfamilienhäusern und auch in Wärmenetzen eingesetzt werden kann. In einer Wärmepumpenanlage kreist ein Arbeitsfluid, oft auch als Kältemittel bezeichnet. Zum Heizen nimmt das Kältemittel Umgebungswärme auf, anschließend wird es durch einen elektrisch angetriebenen Kompressor verdichtet und dabei seine Temperatur wie auch der Druck erhöht. Dann gibt es diese Wärme an die Heizungsanlage ab und fließt abgekühlt wieder zurück. Die Wärmepumpenanlage basiert auf dem gleichen physikalischen Prinzip wie ein Kühlschrank, nur dass bei diesem der Innenraum nicht beheizt, sondern gekühlt wird.

Wenn Wärmepumpen Umweltwärme aus der Erde nutzen sollen, erfordern sie die Einbringung einer oder mehrerer, oft ca. 100 m tiefen Bohrungen, in die die U-förmige Erdwärmesonden eingebracht werden. Die Bohrungen werden von hierauf spezialisierten Fachfirmen hergestellt, die sich oft bereits als Brunnenbaufirmen am Markt etabliert hatten.

Über größere Sondenfelder können auch größere Wärmenutzer versorgt werden. Besondere Vorteile bietet eine Erdsondenanlage für die Kombination von winterlichem Wärme- mit sommerlichem Kältebedarf, da hier das Erdvolumen rund um die Bohrungen im Winter gekühlt (Wärme ins Gebäude) und im Sommer wieder erwärmt wird (Wärme in den Boden) und langfristig weniger Temperaturdrift im Boden stattfindet.

Im Fall der Landessparkasse zu Oldenburg (LzO) werden Heizung und Klimatisierung durch ein Erdsondenfeld mit 63 Sonden à 150 m Tiefe und 2 große Wärmepumpen mit je 485 kW Kühlleistung (6/12 °C) und je 590 kW Heizleistung (35/28 °C) realisiert (Clausen & Blöthe, 2013). Erdsondenanlagen für Einfamilienhäuser werden im Folgenden von Erdsondenfeldern zur Wärme- und Kälteversorgung von großen Gebäuden unterschieden.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [X], neue Unternehmen [] oder beide []?

Experimentelle Erdsonden für Wärmepumpen wurden durch erste Pioniere seit 1974 niedergebracht (Zogg, 2010). Ca. 1980 wurde gemeinsam mit der etablierten Brunnenbaufirma Gossag AG in der Schweiz eine erste Erdsondenanlage mit U-Sonde in Spülbohrtechnik gebaut (Zogg, 2010).

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Erdsondenanlagen zur Gewinnung von Umgebungswärme erfüllen nur in Verbindung mit Wärmepumpen oder Kältemaschinen eine nützliche Aufgabe.

Diffusionsstand und -verlauf

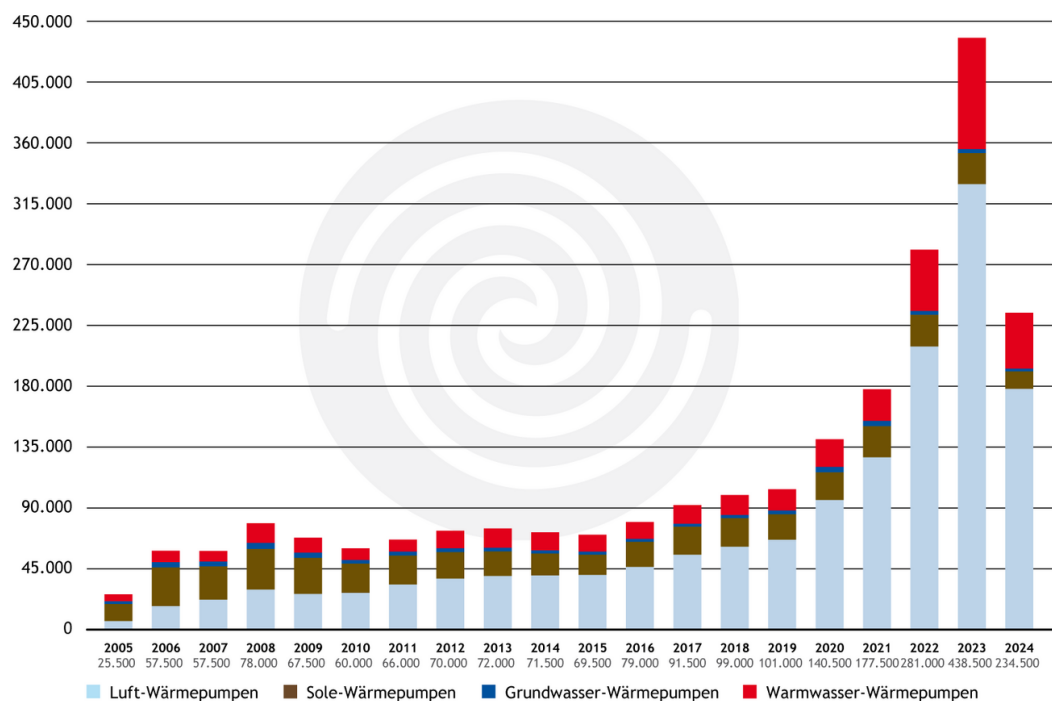
noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

Marktindikator: Der Verbreitungsgrad von Erdsonden wird bestimmt durch den Anteil von Erdsondenanlagen am jährlichen Absatz von Wärmepumpen. Der Verbreitungsgrad von Erdsondenfeldern zum Heizen und Kühlen wird bestimmt durch den Anteil von Erdsondenfeldern am jährlichen Absatz von Wärmeerzeugern für große Gebäude.

Verbreitungsgrad: Erdsondenanlagen 6,7 %, Erdsondenfelder 2 %

Diffusionsverlauf: In den 2000er Jahren hatten Luftwärmepumpen und Erdwärmepumpen noch ähnliche Marktanteile von bis zu 45 % am gesamten Wärmepumpenmarkt. Im Jahr 2008 wurden ca. 30.000 Erdsondenanlagen gebaut. Seit etwa 2010 begann dann die Luftwärmepumpe deutlich an Marktanteil zu gewinnen. 2024 hatte die Luftwärmepumpe einen Marktanteil von ca. 92 % und der Marktanteil der Erdsonden-Wärmepumpe war auf 6,7 % zurückgegangen (BWP e.V., 2025). Trotz deutlich steigendem Absatz von Wärmepumpen insgesamt ist dabei auch die absolute Zahl der installierten Erdsonden zurückgegangen. Im Rekordjahr 2023 wurden ca. 22.000 Erdsondenanlagen installiert.

Abbildung 7: Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2005 bis 2024 nach Wärmepumpentypen



Quelle: BWP (2025)

Große Erdsondenanlagen zur Wärme- und Kälteversorgung sind deutlich seltener. In Niedersachsen betrug die Gesamtzahl der angezeigten Erdsondenanlagen Anfang 2025 ca. 26.600, wobei davon ca. 650 als Großanlagen (Heizleistung > 30 kWth) zählen und davon wiederum etwa 100 eine Leistung aufweisen, die für die Heizung von Büro- und Verwaltungsgebäuden geeignet sein könnte (Jensen, Gieß & Pester, 2024). Bundesweit gibt es ca. 329.000 Büro- und Verwaltungsgebäude im Gebäudebestand (Dena, 2023a). Im Verhältnis zur Bevölkerung sollten davon ca. 30.000 in Niedersachsen liegen. Würden davon ca. 1.000 pro Jahr mit einer neuen Heizung ausgestattet, dann wäre der Marktanteil von Erdsondenanlagen im niedrigen einstelligen Prozentbereich, z.B. bei 2 %, wobei fast alle Projekte im Kontext der Errichtung neuer Bürogebäude durchgeführt werden.

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Erdsonden für Wärmepumpen

Tabelle 4: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Erdsonden für Wärmepumpen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung Erdsonden ES und Erdsondenfelder ESF
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Die Erdsonde zur Gewinnung von Umweltwärme konkurriert mit dem Luftwärmetauscher und dem Grundwasserbrunnen. Mit Blick auf die Marktanteile ist die Luftwärmepumpe der zentrale Wettbewerber. Erdsonden gelten im Vergleich zu Luftwärmepumpen als effizienter. Die Effizienz von Erdwärmepumpen wie auch von Luft-Wasser Wärmepumpen wurde z.B. durch das Fraunhofer ISE im Projekt WP-Smart untersucht. Die Jahresarbeitszahl entspricht dem Verhältnis aus im Verlauf eines Jahres nutzbar abgegebener Wärme zur dafür eingesetzten elektrischen Energie. Der Ergebnisbericht gibt für Luft-Wasser Wärmepumpen auf der Basis von 29 gemessenen Anlagen Jahresarbeitszahlen in einem Bereich von 2,5 bis 3,8 (Mittelwert 3,1) an (Fraunhofer ISE, 2020). Für 12 Erdreich-Wärmepumpen wurden Jahresarbeitszahlen in einem Bereich von 3,3 bis 4,7 (Mittelwert 4,1) ermittelt. Aufgrund technischer Verbesserungen an den Geräten wie auch durch die zunehmende Erfahrung der Planungs- und Installationsunternehmen werden sich diese Werte weiter verbessern. Für die Zukunft werden daher Jahresarbeitszahlen von 3,5 für Luftwärmepumpen und 4,5 für Erdwärmepumpen angenommen. Der relative Unterschied zwischen Luft- und Erdwärmepumpen wird dadurch kleiner. Ob der Effizienzvorteil kaufentscheidend wirkt, wird sich an den Kosten entscheiden. Da mit Erdsondenfeldern auch effizient gekühlt werden kann, ist der Zusatznutzen größerer Anlagen in Büro- und Verwaltungsgebäuden größer.	ES 1 ESF 2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Wärmepumpen mit Erdsonden sind nicht von außen am Haus sichtbar.	0
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anchlussfähig?	Die Wärmequelle muss über eine Bohrung erschlossen werden. Eine solche Bohrung ist aber u.a. aufgrund des Grundwasserschutzes nicht überall zulässig.	-1
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Komplexe Technik, die aber der Nutzer weder verstehen noch beherrschen muss, da eine Bohrung durch Fachfirmen erstellt wird, die auf die Erstellung von Bohrungen spezialisiert sind.	0

5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Nicht erprobbar.	0
--	------------------	---

Adoptorbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Der Absatz von Erdsonden-Wärmepumpen wurde in den 1980er Jahren vor allem von einer kleinen Gruppe von Early-Adoptern getragen. Diese Nutzer-Innovatoren verfügten in der Regel über hohe Bildungsabschlüsse, überdurchschnittliche finanzielle Ressourcen und den Wunsch, technologische Spitzenlösungen einzusetzen, ihre energetische Autarkie zu steigern und einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Bei dieser Pioniergruppe scheint es sich um typische Vertreter des ökologischen Konsums zu handeln, wie sie z.B. als Postmaterielle von Kleinhückelkotten beschrieben wurde (Kleinhückelkotten, 2006; Kleinhückelkotten et al., 2016). Die Befragung der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz zeigt, dass Umweltbewusstsein und Klimaschutz genau wie die Wirtschaftlichkeit für jeweils etwas über 70 % der Nutzenden die entscheidenden Gründe für die Wärmepumpe waren (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019, S. 26). Die hohe Bedeutung der proaktiven Einholung von Informationen über das Internet weist auf einen hohen Bildungsstand hin (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019). Das Einkommen der Wärmepumpen-Nutzenden liegt zudem leicht über dem Durchschnitt (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019, S. 8). In Anlehnung an Gellrich (2016, S. 243) kann daher auf eine gewisse Bedeutung einer ökologisch orientierten postmateriellen Konsumentengruppe geschlossen werden.	1
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adoptor eine Verhaltensänderung?	Eine Verhaltensänderung ist nur in Bezug auf einen bewussten Auswahlprozess notwendig und scheint auch stattzufinden (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2019). Für die Nutzung einer Wärmepumpe ist die Art der Wärmequelle nicht von Bedeutung.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Forschungsprojekt wie das Projekt Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (Fraunhofer ISE, 2020) weisen die Funktion aller Wärmepumpentypen wissenschaftlich nach, ein Bestand von 405.000 Solelwärmepumpen (BWP, 2023) macht die Funktion in der Breite deutlich. Über Unsicherheiten, die spezifisch die Erdsonde betreffen, ist nichts bekannt.	0
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Bei Kosten für eine Luftwärmepumpenanlage in der Größenordnung von 30.000 € sind die Zusatzkosten von ca. 8.000 € für eine Bohrung von hoher Bedeutung. Die hohen Zusatzkosten tragen zu einer Kaufzurückhaltung bei Solelwärmepumpen bei. Erdsondenanlagen zur kombinierten Heizung und Kühlung von Bürogebäuden dürften aufgrund der Zusatzfunktion des Kühlens sowie der hohen Arbeitszahlen deutlich wirtschaftlicher sein.	ES -1 ESF 1

--	--	--

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Die Bohrung muss von einem Fachbetrieb vorgenommen werden.	-1
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Unternehmen des Brunnenbaus sind größtenteils mittelständisch und bedienen meist regionale Märkte. Ihre Bekanntheit ist begrenzt. Vertrauen in das lokale Handwerk ist aber verbreitet.	1
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Dienstleistungen von Unternehmen des Brunnenbaus sind flächendeckend verfügbar. Da Erdsonden wartungsfrei sind, ist ein darüberhinausgehender Service nicht erforderlich.	2

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. und der Bundesverband Geothermie e.V. setzen sich beide intensiv für die Belange der Branche ein; auf politischer, gesellschaftlicher, technischer und wissenschaftlicher Ebene. Sie unterstützen zudem bei der Öffentlichkeitsarbeit und dienen als Netzwerkplattform entlang der Lieferkette (Bundesverband Geothermie e.V., 2021; Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2021). Seit dem Beschluss des Klimaschutzgesetzes 2019 beginnt auch der vorher stark für Erdgas- und Heizöl eintretende Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) seine Position auf stärker erneuerbare Energien auszurichten (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH), 2021).	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der	Die (heutigen deutschen) Marktführer der Thermotechnik wie Vaillant, Viessmann, Stiebel Eltron oder Bosch-Junkers bieten	1

Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	durchweg auch Solewärmepumpen an. Eine mögliche Priorisierung der Wärmequelle zugunsten der Erdsonde durch die Anbieter ist wenig wahrscheinlich und scheint sich in jedem Falle nicht wesentlich auf das Marktgeschehen auszuwirken.	
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Aufgrund der Komplexität des Themas wird zwar viel zur Wärmepumpe beraten, der Prozess gestaltet sich aber auch aufgrund des publizistischen Gegenwinds (Heizungshammer-Kampagne) zäh. Die Beratungsaktivitäten der Energieagenturen haben es zumindest geschafft, den Marktanteil in Bestandsgebäuden deutlich anzuheben. Mittlerweile fungieren auch einige Online-Informationsseiten als Vermittler für Anbieter von Wärmepumpen (Effizienzhaus Online, 2021; Energieheld, 2021). Viele Energieagenturen priorisieren die Solewärmepumpe aufgrund ihrer höheren Energieeffizienz.	2

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Für Erdwärmepumpen gelten länderspezifische Vorschriften. Bohrungen sind genehmigungspflichtig (nach Wasserhaushaltsgesetz, ggf. bei einer Tiefe von über 100 m auch nach dem Bundesbergbaugesetz und weitere) und man muss einige Zeit für eine Genehmigung einplanen (Effizienzhaus Online, 2021).	-1
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Die Installation von Wärmepumpen wird in hohem Ausmaß vom Staat gefördert (WochederWärmepumpe, 2024). Weitere Anreize gibt der steigende Preis für Brennstoffemissionshandelsgesetz sowie der u. U. sinkende oder langfristig gleichbleibende Preis für Strom (WochederWärmepumpe, 2024). Die nur geringfügig höhere Förderung für die deutlich teurere Solewärmepumpe dürfte bei Einfamilienhäusern kaum einen Anreiz bieten, sich für eine Erdwärmepumpe zu entscheiden.	1
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Seit 2024 verlangt das Gebäudeenergiegesetz (Die Bundesregierung, 2024) für neue Heizungen einen Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie und das Wärmeplanungsgesetz setzt einen Rahmen für die Dekarbonisierung der Fernwärme (Die Bundesregierung, 2023a). Diese eng verzahnten ordnungs- und förderpolitischen Instrumente treiben den Wärmepumpenmarkt gezielt voran. Aus der neuen Regierung gibt es Signale, dass erneuerbare Heizungen weiterhin Priorität haben sollen.	2
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf	In den Medien sind in letzter Zeit kontinuierlich Artikel zu Wärmepumpen vorhanden, nicht zuletzt aber auch kritische (Heizungshammer-Kampagne). Zu dem Rückgang der Verkaufszahlen im Jahr 2024 hat die Heizungshammer-Kampagne sicherlich beigetragen. Ebenso berichten Branchenmagazine immer wieder über die neuesten Entwicklungen.	1

beschleunigt oder gebremst?	Spezifische Beiträge zu Erdwärmepumpen sind seltener als die allgemeine Berichterstattung zu Wärmepumpen.	
-----------------------------	---	--

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Erdsonden werden nur in Kombination mit entsprechenden Wärmepumpen eingesetzt, welche wiederum in Konkurrenz mit einem etablierten, zumeist gasbasierten Heizungssystem stehen. Diese Infrastruktur, zusammen mit dem dichten Erdgas-Verteilnetz und langjährigen Investitionszyklen von Heizungskesseln, bindet Kapital und Know-how an die alte Technik. Zudem führt die sich entwickelnde Dominanz der Luftwärmepumpe dazu, dass sich der Erfahrungsschwerpunkt bei Installateuren wie auch Energieberatern auf die Luftwärmepumpe verschiebt und dort festigt. Je niedriger der Marktanteil der Erdwärmepumpe ist, desto stärker wird sich dieser Effekt hemmend bemerkbar machen.	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Trotz aller Warnungen vor hohen Preisen fossiler Energien sind diese bis in die Gegenwart hinein sehr preiswert. Durch die verschiedenen Förderungen ist immerhin eine gewisse Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe gegeben. Aber seit 2022 sind die Preise deutlich und nicht wirklich erklärlich gestiegen und liegen jetzt deutlich oberhalb des Niveaus in Nachbarländern (Fend, 2025; Houben, 2024). Dies gilt sowohl für Luft- wie für Erdwärmepumpen.	-1
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Selbstverstärkende Effekte sind eher zugunsten der Luft- und zu Lasten der Erdwärmepumpe zu erkennen.	0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Erdsonden als Wärmequellen für Wärmepumpen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 8, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 6,7%. Für Erdsondenfelder liegt die Diffusionsdynamik bei 11 und der Verbreitungsgrad bei 2%. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist jedoch nicht möglich, da die Innovation damals nicht untersucht wurden.

Tabelle 5: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Erdsonden für Wärmepumpen

	2016	2025 Erdsonden	2025 Erdsondenfelder
Diffusionsdynamik	Nicht untersucht	8	11
Verbreitungsgrad	Nicht untersucht	6,7 %	2 %

4 Diffusionsanalyse für den Betrieb warmer Wärmenetze

Beschreibung des Diffusionsfalls

Über warme Wärmenetze erfolgt die Wärmelieferung zur Versorgung von Gebäuden mit Wärmeenergie für Heizung und Warmwasser. Es kommen unterschiedliche Wärmequellen (erneuerbare und bisher auch nicht-erneuerbare bzw. fossile Energieträger) zur Anwendung. Eine wesentliche Eigenschaft der netzgebundenen Wärmeversorgung ist die Flexibilität und Zukunftsoffenheit hinsichtlich der Wahl der Energieträger. Die Nachrüstung verbesserter Techniken und vor allem die Umrüstung auf zukünftige, neue Technologien (zum Großwärmepumpen, Geothermie oder Biomasse) sind in einer zentralen Anlage einfacher möglich als in einer Vielzahl von Einzelheizungen (AGFW e.V., 2000).

Für die innovative Umgestaltung der Wärmeversorgung spielen Wärmenetze eine bedeutende Rolle, weil sie die Nutzung von einigen regenerativen Wärmequellen wie z.B. die Verbrennung von Abfall und Restholz oder die tiefe Geothermie ermöglichen, die nur mit Netzen genutzt werden können. Über in Netze integrierte Speicher lassen sich auch zeitliche Schwankungen der Erzeugung, z.B. bei solarer Strahlungswärme, ausgleichen.

Auf der Anbieterseite existieren neben den regionalen Energieversorgern (z. B. Stadtwerke), die teilweise Wärmenetze betreiben, eine Reihe von Dienstleistungsunternehmen, die kleine und mittlere Wärmenetze planen und betreiben. Auf der Adopterseite stehen die Gebäudeeigentümer bzw. Bauherrschaft (bspw. Wohnungs- oder Industrieunternehmen), da sie die Entscheidung über den Anschluss an ein Fernwärmenetz treffen. Endnutzer, insbesondere Mieterinnen und Mieter, nutzen zwar die Wärme, übernehmen jedoch keine aktive Adopterrolle.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [X], neue Unternehmen [] oder beide []?

Erste Fernheizungsanlagen gab es zur Versorgung von Krankenanstalten bereits 1880 (AGFW e.V., 2008). In den 1960er Jahren wurden vermehrt städtische Fernwärmenetze gebaut und 1971 erfolgte die Gründung der AGFW durch 47 Gründungsmitglieder, die neben Elektrizitätswerken auch reine Fernwärmeversorger und Komponentenhersteller umfasste (AGFW e.V., 2008). Durch die Entstehung einer Vielzahl von Herstellern von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) in den 80er und 90er Jahren kam es zu einer Vielzahl neuer kleiner und mittlerer Wärmenetze, die unabhängig von Stadtwerken betrieben wurden.

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Im Zuge der Transformation des Energiesystems zur Klimaneutralität muss die Wärmeversorgung der Netze, die heute noch zu 69 % fossil gespeist werden (AGFW e.V., 2024), dekarbonisiert werden. Daher ist die weitere Diffusion dekarbonisierter Wärmenetze nur unter paralleler Entwicklung von verschiedenen Typen von Großwärmepumpen, tiefer Geothermie, Wärmespeichern u.a.m. möglich.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

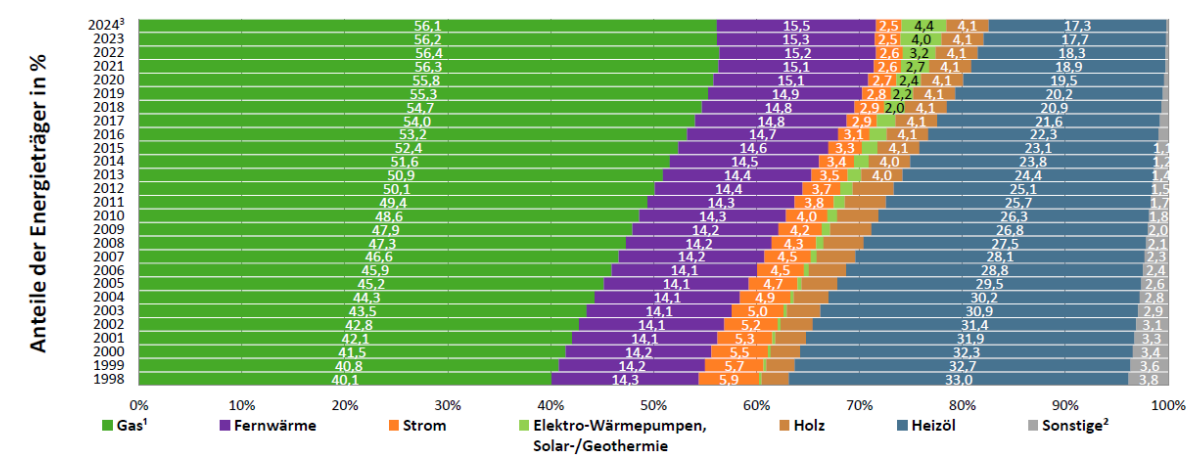
Marktindikator: Anteil der über Wärmenetze versorgten Wohnungen in Deutschland.

Verbreitungsgrad: 15,5 %

Diffusionsverlauf: In den letzten Jahrzehnten erfolgte ein langsamer Ausbau der Wärmenetze. Der BDEW dokumentiert für die letzten 30 Jahre einen Anstieg von ca. 14 % der Gebäudewärme auf ca. 15,5 % in 2024. Die Länge der Fernwärmenetze steig von ca. 25.000 km in 2013 auf ca. 34.000 km in 2023.

Die Zahl der Wärmenetzanschlüsse steigt ebenfalls langsam. 2024 wurden 9.648 Zusagen für Wärmenetzanschlüsse im Bundesprogramm effiziente Gebäude BEG gegeben. Das waren 5 % der ca. 192.406 gestellten Anträge (TGA-Fachplaner, 2025b).

Abbildung 8: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024



Quelle: BDEW (2025), in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden; Heizung vorhanden; Anteile der genutzten Energieträger, Rundungsdifferenzen möglich; 1 einschließlich Biomethan und Flüssiggas; 2 v.a. Kohle; 3 vorläufig, teilweise geschätzt

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmenetzen

Tabelle 6: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Wärmenetzen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Der Endkunde (Gebäudeeigentümer) spart sich durch den Anschluss an ein Wärmenetz den Aufwand für die Beschaffung und Wartung einer Heizungsanlage und er erfüllt die 65 % Regel des GEG (Die Bundesregierung, 2024). Wichtig für einige Endkunden ist zudem der Beitrag zum Umweltschutz, den ein Wärmenetz dann leistet, wenn es sonst nicht nutzbare oder erneuerbare Wärmequellen nutzbar macht (Clausen, 2013, S. 6; Clausen, Winter & Kettemann, 2012, S. 13). Durch das Wärmeplanungsgesetz (Die Bundesregierung, 2023b) sind alle Wärmenetzbetreiber verpflichtet, Dekarbonisierungspläne vorzulegen. Das hohe Interesse der BürgerInnen, sich an Wärmenetze anzuschließen, weist auf einen hohen funktionellen Vorteil hin.	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die	Der Anschluss eines Gebäudes an ein Wärmenetz ist nicht	0

Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	wahrnehmbar.	
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Wärmenetze mit Temperaturen von 70°C oder mehr sind gut kompatibel mit üblichen Wärmeverteilsystemen (Heizkörpern) im Haus. Sie können nur dort verlegt werden, wo unterhalb der Straßen oder Wege Platz für zusätzliche Rohrleitungen ist.	0
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Die Netzstruktur wie auch die Funktionalität sind komplex. Für den Adopter bedeutet dies jedoch keinen Unterschied. Da Wärmenetze ein im öffentlichen Straßenraum verlegtes Rohrnetz sowie möglichst den Anschluss der meisten bzw. aller Gebäude in einem Gebiet erfordern, um wirtschaftlich betrieben werden zu können, erfordern sie lange Planungszeiten oder entsprechende Regeln wie z.B. die Ausweisung von Fernwärmevorranggebieten, was der eher individuellen Entscheidung der Wärmeversorgung widerspricht.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Der Anschluss an ein Wärmenetz ist im Regelfall mit dem Abbau der gebäudeindividuellen Heizung sowie einem mehrjährigen Vertrag verbunden und somit nicht erprobbar.	0

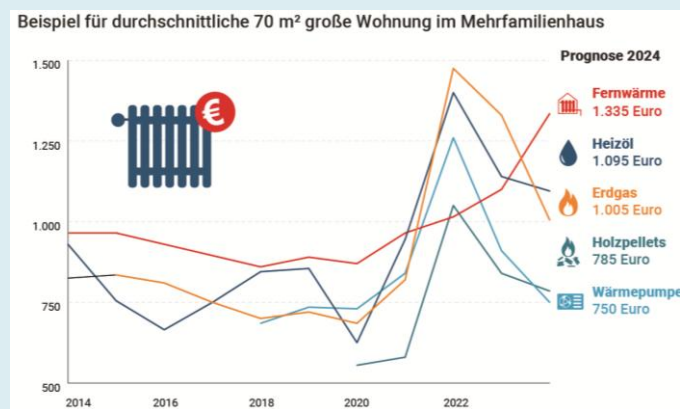
Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Innovatoren auf der Adopterseite lassen sich genauso wenig identifizieren wie die Integration von Nutzenden in den Innovations- oder Planungsprozess.	0
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Im alltäglichen Betrieb verlangt Fernwärme keine Verhaltensänderung vom Adopter (Gebäudeeigentümer). Allerdings erfordert Fernwärme im Vergleich zu klassischen, fossilen Quellen wie Gas oder Heizöl Verhaltensänderungen auf strategisch-organisatorischer Ebene (Investition, Vertragsverhältnis), da Wärmebezug nun als Dienstleistung und nicht länger als Eigenerzeugung stattfindet. Gebäudeeigentümer müssen also bspw. keine eigenen Investitionen in Heizungsanlagen mehr planen aber sich mit neuen Dienstleistungsverträgen befassen. Für die jeweiligen Hausverwaltungen entfällt zudem die Notwendigkeit, jährlich Schornsteinfeger oder Thermenwartung zu beauftragen. Auf der Seite des Heizungsbenutzers (bspw. Mieterinnen) ist keine Verhaltensänderung erforderlich – es sei den Gebäudeeigentümer und -nutzer fallen in einer Person zusammen. Da die Gebäudeverwaltungen, abgesehen von den Mühen des Entscheidungsprozesses, nach Anschluss an das Wärmenetz weniger Arbeit mit der Wärmeversorgung haben als davor wird hier aber keine hemmende Wirkung gesehen.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab	Die zukünftige Abhängigkeit der Wärmeversorgung von einem	-1

oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?

Wärmenetzbetreiber wird selbst dann als Unsicherheit empfunden, wenn vorher die Abhängigkeit von einem Gasnetzbetreiber bestand (Clausen et al., 2012, S. 18). Grund dafür ist eine bewusste Wahrnehmung einer Monopolstellung, die zwar auch bei anderen Versorgungsformen vorhanden ist, aber durch Akteure wie die Verbraucherzentralen immer wieder in die Debatte getragen wird (Verbraucherzentrale Bundesverband, 2016).

Im Vergleich mit anderen Heizungsarten sind die Kosten für die Installation bei Fernwärme meist wesentlich niedriger. Eine Fernwärmeübergabestation für ein Ein- oder Zweifamilienhaus kostet meist zwischen 5.000 und 10.000 Euro (Heizspiegel, 2025). Die Entwicklung des Arbeitspreises zeigt die folgende Grafik:

Abbildung 9: Heizkosten in Deutschland



Quelle: Heizspiegel (2025)

Bis 2021 war Fernwärme eher teuer. Im Jahr 2022 war Fernwärme günstiger, weil sie nicht so schnell von den kriegsbedingten Gaspreissteigerungen betroffen war und Preiserhöhungen erst mit einem gewissen Zeitverzug erfolgen können. 2023 und 2024 sind die Preise für Fernwärme gestiegen, was durch geopolitische Unsicherheiten und höhere Brennstoffpreise bedingt ist.

9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?

0

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Planung, Realisierung und Betrieb eines Wärmenetzes erfordern einen guten Ausbildungsstand und hohe Kompetenz.	-2
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Es gibt bisher nur wenige überregional aktive und große Anbieter, die ortsunabhängig Wärmenetze aktiv bewerben, bauen und betreiben würden. Beispiele sind Veolia und Vattenfall, die jeweils in mehreren Städten Fernwärme anbieten. In vielen Städten bieten die Stadtwerke Fernwärme an, die zumindest jeweils regional auch Bekanntheit und Reputation aufweisen.	1

12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Fernwärme ist nur dort verfügbar, wo sie entweder schon existiert oder im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung geplant wird und dann (oft Jahre später) realisiert wird. Von flächendeckender Verfügbarkeit kann nicht gesprochen werden.	-1
--	---	----

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Die Interessenvertretung AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. umfasst etwa 700 Unternehmen der Kraft-Wärme-Kopplung, der Wärmewirtschaft und der Industrie (AGFW e.V., 2024). Er betreibt eine kontinuierliche, aber nicht sehr aktive Branchenpolitik. Viele Stadtwerke als Betreiber von Wärmenetzen sind auch Mitglied im Verband kommunaler Unternehmen (VKU), der sich ebenfalls für die Wärmewende einsetzt (VKU, 2025).	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Sieht man als Marktführer die Energieversorger, so betreiben diese seit vielen Jahren die Fern- und meist auch zusätzlich Nahwärmenetze (Clausen, 2005). Da sie meist gleichzeitig Gasversorger sind (a.a.O.), ergibt sich ein Interessenkonflikt der Versorger. Dadurch, dass ein Ende der Verfügbarkeit von Erdgas langsam absehbar wird (Clausen, Huber & Ehrhardt, 2023; Clausen, Stelzer & Huber, 2023; Faust, 2024).	0
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Die Klimaschutz- und Energieagenturen sind im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung auf Wärmenetze aufmerksam geworden und haben sie in ihr Beratungsprogramm vielfach integriert.	1

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Grundstücks- und Wegerechte für den Bau der Leitungen stellen ein wenig hinderliches institutionelles Hemmnis dar.	-1
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Durch das Wärmeplanungsgesetz sind alle Kommunen aufgerufen, die Gebiete zu bestimmen, in denen ein Wärmenetz für die BürgerInnen wirtschaftlich vorteilhaft wäre. Der Bau von Wärmenetzen sowie ihrer Wärmeerzeugungsanlagen wird, wenn sie das Ziel der Dekarbonisierung anstreben, im Rahmen des Bundesprogramms effiziente Wärmenetze gefördert. Der Anschluss an Wärmenetze kann im Rahmen der Bundesförderung effiziente Gebäude ebenfalls gefördert werden.	2
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder	Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien incl. Wärmeversorgung gerichtete Politik umgesetzt. Mit Blick auf die Wärmeversorgung zielt diese nicht nur	2

EU-Ebene gezielt gefördert wird?	auf die Steigerung der Erzeugung regenerativer Wärme, sondern auch der Netzausbau und Speicheroptionen gehören zum politischen Programm.	
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Sowohl die Wärmeplanung und ihre Ergebnisse als auch Projekte zum Auf- und Ausbau von Wärmenetzen erfreuen sich eines großen Interesses der Medien.	2

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Ein vorhandenes Gasnetz wie auch die zugehörigen, oft vergleichsweise neuen Gasheizungen, erschweren den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes und führen zu langen Übergangszeiten von der Gasversorgung zur Fernwärmeversorgung. Hinzu kommen die hohen Investitionskosten beim Bau von Wärmenetzen mit sehr langen Abschreibungszeiten.	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Die insgesamt seit der Energiekrise deutlich gestiegenen Bau- und Materialkosten lassen Preissenkungen gegenwärtig weniger wahrscheinlich erscheinen.	0
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Beteiligen sich an einem konkreten lokalen Netz bereits viele Anlieger, so kann u.U. ein selbstverstärkender Effekt dann einsetzen, wenn durch die bereits gezeichnete Zahl von Verträgen niedrige Kosten absehbar werden. Auch Fortschritte bei der Dekarbonisierung können, zumindest in bestimmten Milieus, das Interesse am Netzanschluss steigen lassen.	1

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für den Betrieb warmer Wärmenetze einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 7, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 15,5%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit leicht zugenommen, die Diffusionsdynamik hat sich gesteigert.

Tabelle 7: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für den Betrieb warmer Wärmenetze

	2016	2025
Diffusionsdynamik	2	7
Verbreitungsgrad	14	15,5

5 Diffusionsanalyse für Hochtemperatur-Wärmepumpen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Eine Hochtemperatur-Wärmepumpe ist ein Wärmeerzeuger, der im Rahmen der Erzeugung industrieller Prozesswärme eingesetzt werden kann. In einer Wärmepumpenanlage kreist ein Arbeitsfluid, oft auch als Kältemittel bezeichnet. Zum Heizen nimmt das Kältemittel Wärme aus Abwärmequellen oder der Umgebung auf, anschließend wird es durch einen elektrisch angetriebenen Kompressor verdichtet und dabei seine Temperatur wie auch der Druck erhöht. Dann gibt es diese Wärme an die Wärmesenke wie z.B. einen Dampferzeuger ab und fließt abgekühlt wieder zurück. Die Wärmepumpenanlage basiert auf dem gleichen physikalischen Prinzip wie ein Kühlschrank, nur dass bei diesem der Innenraum nicht beheizt, sondern gekühlt wird. Hochtemperatur-Wärmepumpen bis ca. 165 °C (Dena, 2022) sind serienmäßig verfügbar, werden aber von einzelnen Unternehmen auch bis zu 280 °C Spitztemperatur angeboten (MAN Energy Solutions, 2025).

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [X], neue Unternehmen [] oder beide []?

Informationen über die Geschichte von Hochtemperatur-Wärmepumpen sind eher spärlich. Fallbeispiele berichten über einzelne Anlagen, die seit Beginn der 2010er Jahr in Betrieb genommen wurden.

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Die Nutzung von leistungsstarken Wärmepumpen zur klimafreundlichen Wärmeerzeugung bedingt die Erzeugung großer Mengen an preiswertem regenerativem Strom. Günstige Preise wiederum bedingen ein intelligentes Stromsystem.

Diffusionsstand und -verlauf

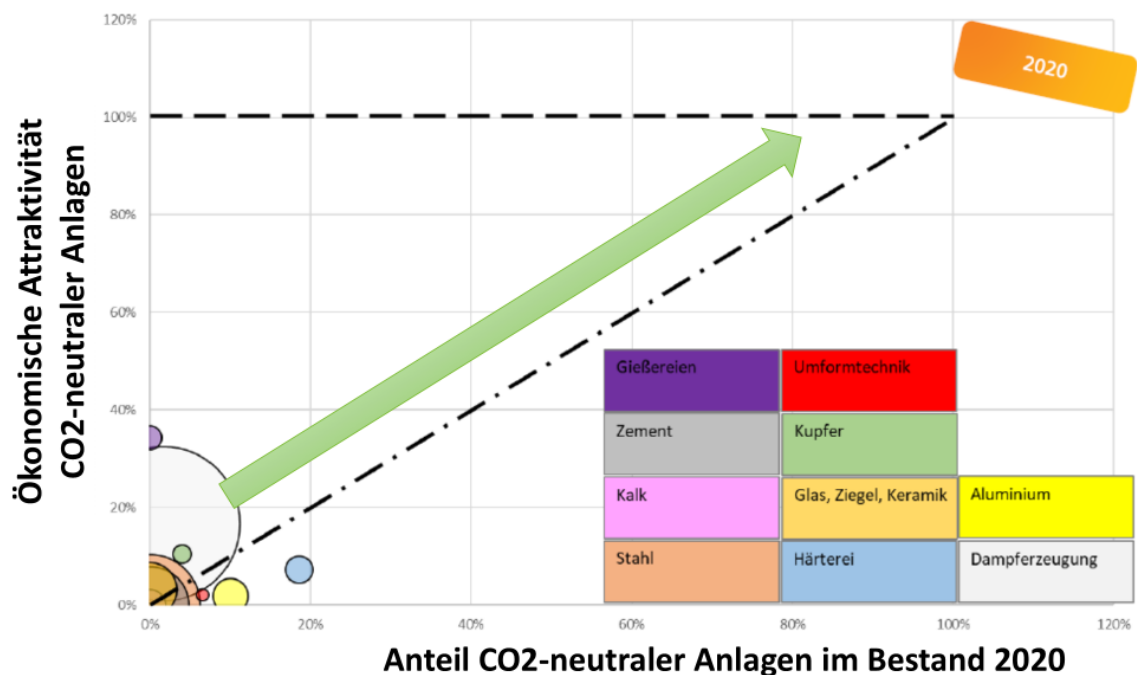
noch Nischenangebot [X] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen []

Marktindikator: Des Verbreitungsgrad von Hochtemperatur-Wärmepumpen wird bestimmt durch ihren Anteil am Bestand der Wärmeerzeuger in der Industrie.

Verbreitungsgrad: 0,1 % (Erinnerungswert)

Diffusionsverlauf: Bisher gab es praktisch keine Diffusion. Ein UBA-Projekt dokumentiert einen Gesamtbestand von ca. 22.000 Dampfkesseln in den verschiedenen Branchen, davon ca. 73 % rein fossil befeuert und 7,4 % mit Strom beheizt. Strom wird dabei in einem Bestand von ca. 1.000 Elektrodenkesseln und bisher nur wenigen Prozesswärme-Wärmepumpen eingesetzt. „*Wärmepumpen-Dampferzeuger als Ersatz für einen konventionellen Erdgaskessel sind nach derzeitigem Kenntnisstand in Deutschland noch nicht im industriellen Einsatz*“ (Fraunhofer ISI & RWTH Aachen, 2023).

Abbildung 10: Dekarbonisierung der Prozesswärme fast nirgends über 10 % vom Anlagenbestand



Quelle: Rehfeldt (2022)

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Batterie-Heimspeichern

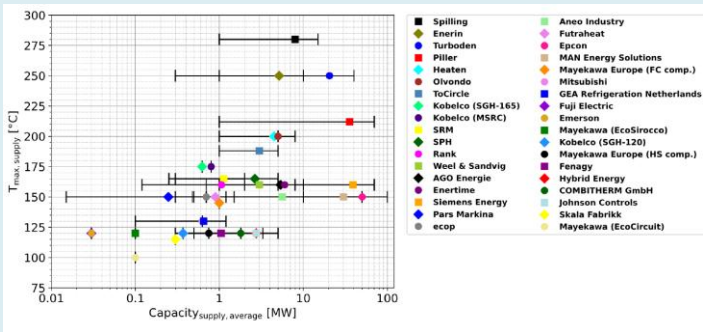
Tabelle 8: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Hochtemperatur-Wärmepumpen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Hochtemperatur Wärmepumpen sind in der Lage große Teile der Prozesswärmeversorgung bis zu 165 °C, mit innovativen Lösungen auch darüber, bereitzustellen. Wird hierzu regenerativer Strom eingesetzt, kann diese Wärme als klimaneutral gelten. In der Ernährungsbranche, der Papierindustrie und dem allgemeinen verarbeitenden Gewerbe handelt es sich damit um einen sehr relevanten Anteil des Wärmebedarfs (Madeddu et al., 2020).	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Wärmepumpenanlagen sind von außen am Gebäude nicht zu erkennen.	0
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anchlussfähig?	Der effiziente Einsatz einer Wärmepumpe ist verknüpft mit der Kreislaufführung von Wärme. Dies bedingt in vielen Unternehmen erhebliche Änderungen der Prozessführung, da angesichts niedriger Gaspreise die Nutzung von Abwärme nur wenig verbreitet ist.	-1

4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adoptor komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Komplexe Technik, die aber der Nutzer weder verstehen noch beherrschen muss, da sie durch Fachfirmen gewartet wird und die Komplexität im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugungsanlagen nicht wesentlich höher ist.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Nicht erprobbar, da die Umstellung eines Prozesses auf eine Wärmepumpe im Regelfall mit erheblichen Änderungen der Prozessführung verbunden ist.	0

Adoptorbezogene Faktoren	Fakten	Wertung																																																																																																																								
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Einzelne Erstanwender finden sich in der Industrie (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023) und unter den Wärmenetzbetreibern (Seidel, Ostermann & Clausen, 2025). Klar abgegrenzte Gruppen von Nutzer-Innovatoren sind nicht bekannt.	0																																																																																																																								
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adoptor eine Verhaltensänderung?	Der Umstieg von gasbetriebenen Wärmeerzeugern auf Wärmepumpen erfordert ein Umdenken in Bezug auf Energieeffizienz. Da Wärmepumpen deutlich effizienter arbeiten, wenn sie Abwärme nutzen, ist es erforderlich die Kreislaufführung von Wärme zu optimieren.	-1																																																																																																																								
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Jede neue Lösung, für die noch keine umfangreichen Referenzen existieren, erzeugt in Unternehmen Unsicherheiten. Denn jede suboptimale Funktion einer neuen Produktionsanlage kann den Produktionsoutput oder die Produktqualität negativ beeinflussen.	-1																																																																																																																								
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Industrielle Kunden sind auf die Wirtschaftlichkeit von Investitionen angewiesen. Wichtig für sie ist insoweit das Verhältnis von Strom- zu Gaspreis. Der Industriestrompreis schwankte in den letzten Jahren sehr stark und könnte in den nächsten Monaten Gegenstand politischer Aktivitäten werden. Abbildung 11: Strompreis für die Industrie (Dezember 2024) <table><thead><tr><th></th><th>Beschaffung, Netzentgelt, Vertrieb</th><th>Offshore-Netzzulage</th><th>Konzessionsabgabe</th><th>Umlage f. abschaltbare Lasten</th><th>EEG-Umlage</th><th>KWK-Umlage</th><th>619 StromNEV-Umlage</th><th>Stromsteuer</th><th>Summe</th></tr></thead><tbody><tr><td>2024</td><td>15,50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16,99</td></tr><tr><td>2023</td><td>21,60</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>24,46</td></tr><tr><td>2022</td><td>38,62</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>43,20</td></tr><tr><td>2021</td><td>12,30</td><td></td><td></td><td></td><td>6,50</td><td></td><td></td><td></td><td>21,38</td></tr><tr><td>2020</td><td>8,48</td><td></td><td></td><td></td><td>6,76</td><td></td><td></td><td></td><td>17,76</td></tr><tr><td>2019</td><td>9,48</td><td></td><td></td><td></td><td>6,41</td><td></td><td></td><td></td><td>18,43</td></tr><tr><td>2018</td><td>8,97</td><td></td><td></td><td></td><td>6,79</td><td></td><td></td><td></td><td>17,96</td></tr><tr><td>2017</td><td>8,02</td><td></td><td></td><td></td><td>6,88</td><td></td><td></td><td></td><td>17,09</td></tr><tr><td>2016</td><td>7,00</td><td></td><td></td><td></td><td>6,35</td><td></td><td></td><td></td><td>15,55</td></tr><tr><td>2015</td><td>7,19</td><td></td><td></td><td></td><td>6,17</td><td></td><td></td><td></td><td>15,23</td></tr><tr><td>2014</td><td>6,95</td><td></td><td></td><td></td><td>6,24</td><td></td><td></td><td></td><td>15,32</td></tr></tbody></table>		Beschaffung, Netzentgelt, Vertrieb	Offshore-Netzzulage	Konzessionsabgabe	Umlage f. abschaltbare Lasten	EEG-Umlage	KWK-Umlage	619 StromNEV-Umlage	Stromsteuer	Summe	2024	15,50								16,99	2023	21,60								24,46	2022	38,62								43,20	2021	12,30				6,50				21,38	2020	8,48				6,76				17,76	2019	9,48				6,41				18,43	2018	8,97				6,79				17,96	2017	8,02				6,88				17,09	2016	7,00				6,35				15,55	2015	7,19				6,17				15,23	2014	6,95				6,24				15,32	-2
	Beschaffung, Netzentgelt, Vertrieb	Offshore-Netzzulage	Konzessionsabgabe	Umlage f. abschaltbare Lasten	EEG-Umlage	KWK-Umlage	619 StromNEV-Umlage	Stromsteuer	Summe																																																																																																																	
2024	15,50								16,99																																																																																																																	
2023	21,60								24,46																																																																																																																	
2022	38,62								43,20																																																																																																																	
2021	12,30				6,50				21,38																																																																																																																	
2020	8,48				6,76				17,76																																																																																																																	
2019	9,48				6,41				18,43																																																																																																																	
2018	8,97				6,79				17,96																																																																																																																	
2017	8,02				6,88				17,09																																																																																																																	
2016	7,00				6,35				15,55																																																																																																																	
2015	7,19				6,17				15,23																																																																																																																	
2014	6,95				6,24				15,32																																																																																																																	

	Quelle: BDEW (2024), Durchschnittlicher Strompreis für Neuabschlüsse in der Industrie in ct/kWh, Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh, mittelspannungsseitige Versorgung Zum 1. April 2024 betrug der Gaspreis für Gewerbekunden in Deutschland im Durchschnitt 10,39 Cent pro Kilowattstunde. Der Gaspreis für Industriekunden betrug am selben Stichtag 6,22 Cent pro Kilowattstunde (Statista, 2025b). Das Strom- Gaspreisverhältnis bewegt sich damit zwischen 2,7 : 1 in der Industrie und 1,6 : 1 im Gewerbe. Diese Werte lassen Wärmepumpen denkbar erscheinen, besonders, wenn im Zuge des Umbaus weitere Effizienzpotenziale durch Abwärmenutzung erschlossen werden können. Für die Wirtschaftlichkeit sind auch die Investitionskosten wichtig, die bei Wärmepumpen ein Vielfaches höher sind (Fraunhofer ISI & RWTH Aachen, 2023). Zühlsdorf (2024) dokumentiert Investitionskosten von 200 €/kW bis 1.200 €/kW.	
--	---	--

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Die Entwicklung und Produktion wie auch die Anwendungstechnik erfordern hoch qualifiziertes Personal. Gut ausgebildete Ingenieure und Monteure sind zudem gegenwärtig und ebenso auf absehbare Zeit knapp (Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp), 2021).	-2
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Die Anbieter von Hochtemperatur-Wärmepumpen (HT-WP) kommen aus dem internationalen Maschinenbau. Großunternehmen wie MAN sind genauso dabei wie Mittelständler wie Ochsner und Lübbers. Abbildung 9: Max. Temperatur als Funktion der Leistung  Quelle: Zühlsdorf (2024) Der Technologieüberblick bei Zühlsdorf (2024) zeigt, dass es eine große Bandbreite an unterschiedlichen Technologien für HT-WP von den verschiedenen Anbietern gibt und dass die Anbieter sehr unterschiedliche technologische Reifegrade (Technology Readiness Levels (TRL)) und Kosten angeben, die von der Anwendung	2

	und Größe der Wärmepumpe abhängen. Die Wärmepumpen stammten hauptsächlich von europäischen und japanischen Herstellern. Die TRL reichte von 4 bis 9 und umfasste alles, von im Labor validierten Tests bis hin zu tatsächlichen Systemen, die sich in der Praxis bewährt haben.	
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Die weltweit aktiven Anbieter werden ihre Produkte und Services soweit möglich flächendeckend anbieten. Sie tun dies aber bisher mit einem eher dürtigen Erfahrungshintergrund. Problematisch ist, dass es eine riesige Vielfalt unterschiedlicher Produktionskontexte gibt, in denen Hochtemperatur-Wärmepumpen eingesetzt werden können. Die Anwendungsfälle unterscheiden sich mit Blick auf absolute Temperaturen und Temperaturhub, Leistung, Kältemittel, umgebende Anlagentechnik, Wärmequelle usw. usf. (Rehfeldt, 2022; Zühlsdorf, 2024). Einen preisgünstigen und erfahrenen Anbieter zu finden, dürfte daher aufwendig sein.	1

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Die Hersteller finden sich in Deutschland in großen Verbänden wie dem VDMA und dem VDE. Durchweg sind dies starke Verbände, die sich klar für die Energiewende einsetzen (VDE, 2024; VDMA, 2025)	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Die ehemaligen Marktführer, primär Anbieter von gasgefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen, sind Unternehmen des Anlagenbaus. Die verhaltene Entwicklung der Märkte für klimaneutrale Prozesswärme deutet darauf hin, dass diese sich angesichts der bisher eher unzureichenden Wirtschaftlichkeit nur begrenzt für die Verbreitung klimaneutraler Lösungen stark machen.	0
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Einzelne Intermediäre wie z.B. die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen versuchen auch, Unternehmen bei der Dekarbonisierung zu unterstützen.	1

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Unternehmen sind in der Wahl ihrer Prozesstechnik weitgehend frei. Mit Blick auf Vorschriften wie das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) dürften Prozesse ohne Verbrennungsanlagen wie z.B. Wärmepumpen sogar einfacher umzusetzen sein.	0
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) deckt bis zu 40 % der Investitionskosten für Großwärmepumpen in Wärmenetzen ab, während die BAFA-EEW (Modul 4) sogar bis 45 % (plus Dekarbonisierungsbonus) für industrielle Anlagen gewährt. Auf EU-Ebene fließen Mittel aus dem Innovation Fund in neue Produktionslinien und Demo-Projekte für Hochtemperatur-Wärmepumpen, und seit Januar 2025 koordiniert die Heat Pump Accelerator Platform zusätzliche Finanzierung, Ausbildung und Datenmonitoring.	2
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Dabei hing die Wärmestrategie hinter dem Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung her. Die steigenden Preise des Emissionshandels werden aber die Verbreitung emissionsfreier Technologien auch im Wärmesektor tendenziell fördern.	1
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Industrielle Prozesstechniken sind ausschließlich Thema in der Fachpresse.	1

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Die meisten Prozesse sind mit Blick auf Wärmeerzeugung durch Feuerungsanlagen hin gestaltet. Der aufwendige Umbau incl. der Erschließung von Abwärme als Zuluft für Wärmepumpen bremst mit Sicherheit die Diffusion der Hochtemperatur-Wärmepumpe.	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusi-	Hinweise auf Preistendenzen für Hochtemperatur-Wärmepumpen liegen nicht vor. Mit Blick auf die allgemein steigenden Preise im Anlagenbau ist aber eher mit steigenden Preisen zu rechnen. Darüber hinaus führt die geringe Erfahrung möglicher Bieter tendenziell dazu, dass in den Angeboten ein wenig „Luft“	-1

onsprozesses entwickelt?	für Nachbesserungen eingeplant wird.	
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Selbstverstärkende Effekte sind in Anbetracht der niedrigen Projektzahl kaum möglich und werden auch durch das Strom-Gas-Preisverhältnis nicht angereizt.	0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Hochtemperatur-Wärmepumpen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 3, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 0,1%. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist nicht möglich, da Hochtemperatur-Wärmepumpen damals nicht untersucht wurden.

Tabelle 9: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Hochtemperatur-Wärmepumpen

	2016	2025
Diffusionsdynamik	Nicht untersucht	3
Verbreitungsgrad	Nicht untersucht	0,1 %

6 Diffusionsanalyse für Großwärmepumpen in Wärmenetzen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Der Begriff „Großwärmepumpe“ wird sowohl mit Bezug auf den Einsatz in Fernwärmenetzen als auch mit Bezug auf die Heizleistung verwendet. Die folgende Analyse wird alle Wärmepumpen ab einer Heizleistung von 500 kW pro Einheit als Großwärmepumpen betrachten (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023). Das Angebot an Großwärmepumpen deckt unterschiedliche Temperaturen ab. Für Fernwärmenetze werden meist Senktemperaturen bis zu 100 °C benötigt.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [X], neue Unternehmen [] oder beide []?

Im Jahr 1984 wurden im Bahnhof Luzern in der Schweiz sechs Wärmepumpen des Herstellers Sulzer mit jeweils 440 kW Leistung für die Wärmeversorgung aufgestellt (Zoog, 2008). Die Wärmequelle ist der Luzerner See.

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Wärmepumpen erfordern eine Quelle für Umweltwärme, ein Wärmenetz für den Transport der erzeugten Wärme an die Abnehmenden sowie einen entsprechend leistungsfähigen Stromanschluss. Weiter bedingen sie kostengünstigen Strom und daher auch intelligente Stromnetze mit Speichern.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [X] im Massenmarkt angekommen []

Marktindikator: Des Verbreitungsgrad von Großwärmepumpen in Wärmenetzen wird bestimmt durch den Leistungsanteil der Wärmepumpen am jährlichen Leistungszubau an Wärmeerzeugern insgesamt.

Verbreitungsgrad: 1 %

Diffusionsverlauf: Im Jahr 2023 dokumentieren Agora Energiewende & Fraunhofer IEG 23 in Betrieb befindliche Großwärmepumpen, ohne dass für diese Angaben zur jeweiligen Leistung vorliegen (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023). Im gleichen Jahr dokumentieren sie 24 Projekte für Großwärmepumpen in Planung oder Prüfung. Große Anlagen sind hier aus Mannheim (20 MW + 150 MW) und Hamburg (230 MW) bekannt. Darüber hinaus sind große Projekte in Köln und Hannover (Briddigkeit, 2023) bekannt geworden.

Das Großwärmepumpen Infoportal listet im April 2025 55 in Betrieb befindliche Großwärmepumpen, 15 in Bau befindliche, 19 Projekte in Planung und 25 angekündigte (LEA, 2025).

Am Beispiel Hannover lässt sich der Anteil der drei geplanten Großwärmepumpen (60 MW, 30 MW und 9 MW) an allen Anlagen des Dekarbonisierungsplans von zusammen ca. 600 MW auf ca. ein Sechstel abschätzen. In Hamburg sollen an zwei Standorten 230 MW Wärme gewonnen werden

(Augsten, 2023). Bezogen auf eine Spitzenlast von ca. 1.800 MW wäre das ein Leistungsanteil von ca. 14 %. Bundesweite Zahlen sind nicht bekannt.

Langfristig können Großwärmepumpen also grob geschätzt 20 bis 30 % der Leistung in einem Fernwärmenetz beitragen. Da der Einsatz in der Mittellast erfolgt wäre der Anteil an der erzeugten Wärmemenge größer.

Gegenwärtig sind von den geplanten und erst recht von den möglichen Anlagen aber nur einige wenige realisiert. Der Verbreitungsgrad wird daher auf 1 % angesetzt.

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Großwärmepumpen in Wärmenetzen

Tabelle 10: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Großwärmepumpen in Wärmenetzen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Großwärmepumpen können z.B. als Flusswasser- oder Luftwärmepumpen auf sehr große Potenziale an Umweltwärme zugreifen und insoweit große Beiträge zur Wärmeversorgung leisten.	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Weder die Ein- und Auslaufbauwerke noch die grundsätzlich in Maschinenhäusern untergebrachten Wärmepumpen sind wahrnehmbar.	0
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Der Anschluss an das Stromnetz kann aufgrund der hohen Leistung schwierig werden, die wasserrechtliche Genehmigung kann bei großen Anlagen ebenfalls aufwendig sein.	-1
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Wie bei allen Wärmeerzeugern in Wärmenetzen ist die Einbindung in das Gesamtsystem aufwendig und komplex, dürfte aber durch die beteiligten Akteure beherrscht werden.	0

5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Nicht erprobbar, weswegen die gute Dokumentation von guten Beispielen besondere Bedeutung zukommt.	0
--	--	---

Adoptorbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Eine Reihe kleiner und großer regionaler Energieversorger trat als Pilotanwender auf.	1
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adoptor eine Verhaltensänderung?	Eine Verhaltensänderung seitens der Fernwärmenetzbetreiber stellt kein Hemmnis dar, da diese den Umgang mit komplexen Wärmeerzeugungsanlagen gewohnt sind.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Unsicherheiten sind mit großen Energieanlagen grundsätzlich verbunden und werden durch gute Planung beherrschbar gemacht. Vorsichtiger Wärmenetzbetreiber werden den mutigeren den Vortritt lassen.	0
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Eindeutig zu interpretierende Kostenvergleiche sind aufgrund unterschiedlicher Leistungsklassen, Stromkosten und Wärmequellen nicht verfügbar (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023). Die große Zahl in Umsetzung befindlicher Projekte legt aber nahe, dass Großwärmepumpen mit zu den wirtschaftlich aussichtsreichsten Großwärmeerzeugern gezählt werden.	1

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die	Herstellung und Betrieb von Großwärmepumpen erfordern höchst qualifiziertes Personal.	-2

Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?		
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Auf dem deutschen Markt sind als Hersteller mindestens MAN, Siemens und Ochsner (etwas kleinere Geräte) aktiv. Alle drei Hersteller sind in der Branche bekannt.	2
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Service und Wartung sind bundesweit sichergestellt.	2
Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Der Bundesverband BWP wie auch der VDMA und der VDE setzen sich für die Energiewende und ihre Technologien ein. Als Anwenderverbände sind der VKU und der AGFW von Bedeutung.	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern	Das Aufkommen von Projekten zur Einbindung von Großwärmepumpen in Wärmenetze ist ein neues Phänomen aus den ersten Jahren der 2020er. Zu dieser Zeit waren sowohl Hersteller wie auch Anwender schon aus der Phase des Widerstandes gegen Energiewendetechnologien heraus und haben neue Ansätze eher unterstützt.	1

oder hemmen sie die Diffusion?		
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Große Intermediäre wie z.B. Landesenergieagenturen haben sich mit Tagungen und einigen Publikationen des Themas angenommen.	1

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Das Fehlen förderlicher wasserrechtlicher Richtlinien machte z.B.: die Genehmigung der ersten Flusswasserwärmepumpen schwierig. Ein erster Leitfaden als Hilfe bei der Arbeit der Behörden ist zwar Mitte 2025 vorhanden, er baut aber eine Reihe von Hürden auf (LAWA, 2025). Die Genehmigung von Geothermieranlagen ist dagegen für die einschlägigen Behörden weniger ungewöhnlich. Auch die Genehmigung von großen Luftwärmepumpen dürfte die Behörden nicht vor wesentliche Probleme stellen.	-1
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze werden Investitionen gefördert und angereizt. Durch die Pflicht, Dekarbonisierungspläne zu erstellen (Die Bundesregierung, 2023b), erfolgt ein Push zum Vorantreiben der Planung u.a. einschlägiger Anlagen.	2
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Dabei hing die Wärmestrategie hinter dem Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung her. Die steigenden Preise des Emissionshandels werden aber die Verbreitung emissionsfreier Technologien auch im Wärmesektor tendenziell fördern.	1

19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Großwärmepumpen stehen als B2B-Produkt nicht im Zentrum der Berichterstattung. Als große Maschinen, die sich gut fotografieren lassen, werden sie in der Lokalpresse immer dann behandelt, wenn einschlägige Projekte Meilensteine erreichen.	1
---	---	---

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Sämtliche klimafreundlichen „verbrennungsfreien“ Technologien der Großwärmeerzeugung haben es schwer, die Dominanz von Kohle und Erdgas im Fernwärmesektor zu überwinden. Die den Sektor prägenden „Kraftwerker“ sind mental stark an Verbrennungsmaschinen und KWK gebunden. Die Gegenposition von Großwärmepumpen, Geothermie und Solarthermie muss sich langsam und mühevoll etablieren.	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Über Projektpreise ist wenig bekannt. Mit Blick darauf, dass fast alle Projekte aus den letzten fünf Jahren datieren, sind auch keine Preistendenzen öffentlich. Es lässt sich bestenfalls vermuten, dass auch Großwärmepumpen von allgemeinen Preissteigerungen der letzten Jahre betroffen sind.	-1
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Großwärmepumpen scheinen in der Tat ein technologischer Trend zu sein.	1

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Großwärmepumpen in Wärmenetzen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 11, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 1%. Ein Vergleich mit den

Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist nicht möglich, da Großwärmepumpen in Wärmenetzen damals nicht untersucht wurden.

Tabelle 11: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Großwärmepumpen in Wärmenetzen

	2016	2025
Diffusionsdynamik	Nicht untersucht	11
Verbreitungsgrad	Nicht untersucht	1%

7 Diffusionsanalyse für Biogasanlagen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Biogasanlagen dienen der Gewinnung von Biogas aus Biomasse. Bei einem anaeroben Abbauprozess (Fermentation) werden organische Stoffe durch mikrobielle Aktivität unter Ausschluss von Sauerstoff abgebaut. Das Endprodukt dieses Prozesses ist ein brennbares Gas, das im Wesentlichen aus Methan und Kohlendioxid besteht. Im Gegensatz zu aeroben Zersetzungsprozessen, wie z.B. der Kompostierung, wird beim anaeroben Abbau kaum Wärme erzeugt. Die Energie bleibt in Form von Methan im Gas erhalten.

Bei der Biogasentstehung wird das abbaubare Ausgangsmaterial in einer Folge von verketteten Teilschritten fortlaufend zu kleineren Einheiten abgebaut. An jeder Abbaustufe sind andere Mikroorganismen beteiligt, die jeweils die Produkte der vorangegangenen Schritte verwerten.

Das Temperaturniveau bestimmt maßgeblich die Geschwindigkeit des Abbauprozesses. Generell gilt, dass bei einer höheren Temperatur der Abbau schneller erfolgt.

Da Biogas nur nach aufwendiger Aufbereitung als Biomethan in Erdgasnetze eingespeist werden kann, gehört zu den meisten Biogasanlagen ein Gasmotor, der einen Generator antreibt. Der Strom wird ins Netz eingespeist, die Abwärme in vielen Anlagen zur Heizung von Gebäuden oder Trocknung von Stoffen verwendet. Die Bedeutung der Produktion von Biomethan nimmt dennoch langsam zu.

Viele Biogasanlagen wurden seit einigen Jahren so umgerüstet, dass sie eine gewisse Menge Gas speichern und den Strom dann erzeugen können, wenn das Angebot knapper und der Preis höher ist.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [X] oder beide []?

Die ersten Biogasanlagen wurden um das Jahr 1980 herum gebaut (Dokumentationsgruppe, 1978).

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Grundsätzlich lässt sich eine Biogasanlage weitgehend unabhängig von anderen Energieanlagen betreiben. Sie benötigt allerdings große Mengen Substrat, welches produziert bzw. herbeigeschafft werden muss. Durch die Verbindung mit einem Wärmenetz wird zudem die Ausnutzung der Energie deutlich besser und durch eine netzdienliche Steuerung können höhere Einkünfte erzielt werden.

Diffusionsstand und -verlauf

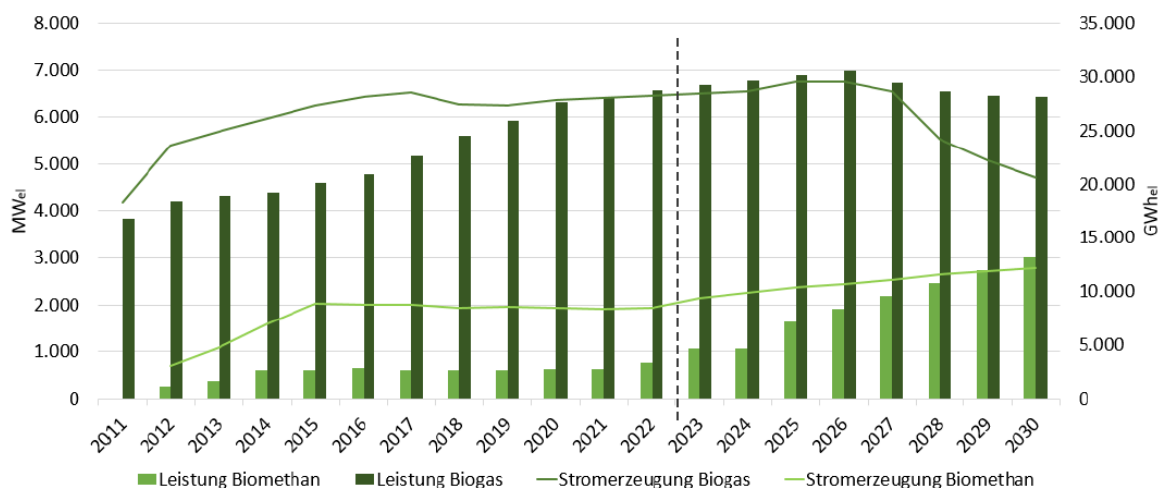
noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

Marktindikator: Als Indikator wird die in Form von Strom und Biomethan aus Biogas erzeugte Energie herangezogen.

Verbreitungsgrad: 100 %

Diffusionsverlauf: Etwa um das Jahr 2000 gab es in Deutschland ca. 1.000 Biogasanlagen. Bis 2010 waren es etwa 6.000 Anlagen und 2022 stieg die Zahl auf knapp 10.000 (Dena, 2023b). Aus Sicht des Umweltschutzes ist aber die Verfügbarkeit von Substraten beschränkt (Umweltbundesamt, 2019). Die Branche selbst rechnet mit deutlichen zukünftigen Nutzungsänderungen. Während bis 2022 fast ausschließlich Biogas erzeugt und – in etwa jeder zweiten Anlage unter Nutzung der Abwärme (Dena, 2023b) – verstromt wurde, wird schon für die Zeit bis 2030 erwartet, dass immer mehr Biogasanlagen auf die Produktion und Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz umgestellt werden. Das Biomethan wird ins Erdgasnetz eingespeist und zu etwa 75 % andernorts in KWK-Anlagen prioritär zur Erzeugung von Spitzenlast der Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt. Die Nutzung des letzten Viertels teils sich auf in die Nutzung als Kraftstoff (Bio-CNG und perspektivisch Bio-LNG), die direkte Erzeugung von Wärme und den Export. Durch den wachsenden Anteil der Produktion von Biomethan sinkt in Zukunft der Anteil von Biogas, der verstromt wird. Die Dena (2023b) erwartet einen Rückgang der Stromproduktion aus Biogas von etwa 28 TWh in 2023 auf nur noch 20 TWh in 2030. Auch das deutsche Biomasseforschungszentrum geht von einem Rückgang der Anlagenzahl wie auch der installierten Leistung und der produzierten Energiemenge aus (Dotzauer et al., 2022). Der Verbreitungsgrad wird daher auf 100 % veranschlagt.

Abbildung 12: Vergangene und erwartete Entwicklung der gasförmigen Bioenergie



Quelle: Dena (2023b)

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Biogasanlagen

Tabelle 12: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Biogasanlagen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Biogasanlagen sind eine Technologie zur Erschließung von Biomasse für die Erzeugung von regenerativem Strom, der kombinierten Nutzung von Strom und Wärme in KWK oder zur Erzeugung von Biomethan.	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Die Anlagen sind gut wahrnehmbar. Durch die Wahrnehmbarkeit, auch geruchlich, entsteht aber auch Widerstand gegen die Anlagen.	1

3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Die Anlagen können an Strom- und Wärmenetze angeschlossen werden und mit der Speicherung von Gas lassen sie sich bezogen auf das Stromnetz netzdienlich steuern. Auch die Produktion von Biomethan für das Gasnetz ist möglich.	0
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Es handelt sich um eine komplexe Technologie, die von Fachfirmen betreut und von spezialisierten Landwirten betrieben wird. Die Komplexität stellt insoweit kein Hindernis dar.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Im Einzelfall nicht erprobbar.	0

Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Aufgrund der großen wirtschaftlichen (Förderung und Absatzmarkt) und prozessbedingten (Entsorgungsweg für Gülle) Vorteile gab es eine intensive und schnelle Adaption durch innovative Landwirte.	2
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Landwirte mit Biogasanlagen müssen ihre Betrieb anders bewirtschaften als für die Pflanzenproduktion oder Tierhaltung. Neue Verfahren in Bezug auf den Anbau nachwachsender Rohstoffe, die Substratlogistik, Wartungsroutinen sowie in der Organisation (z.B. Dokumentation, Sicherheitspflichten), müssen erlernt werden. Als Änderung einer professionellen Tätigkeit wirkt sich dies aber nicht hemmend auf die Diffusion aus.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Die starke Abhängigkeit von den jeweils geltenden Förderbedingungen schafft immer wieder Unsicherheiten bezüglich der Rentabilität und Zukunftsfähigkeit (NDR, 2024). Die Politik wiederum ist verunsichert durch die sehr hohen Stromgestehungskosten, die hohe Förderungen notwendig macht und die Biogaswirtschaft als teures Geschäft brandmarkt (Fraunhofer ISE, 2024).	-1
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Die Wirtschaftlichkeit hängt von den Förderbedingungen und den Preisen bzw. Anbaukosten der eingesetzten Substrate ab. Diese Substratkosten können stark schwanken, zum Beispiel durch schlechte Ernten oder steigende Konkurrenz um Anbauflächen. Weil Biogasanlagen nur mit staatlicher Unterstützung wirtschaftlich betrieben werden können, bleibt ihre Wirtschaftlichkeit insgesamt unsicher (Fraunhofer ISE, 2024).	1

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Herstellung und Betrieb von Biogasanlagen erfordern qualifiziertes Personal.	-1
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe	In einer Liste profilierter Schlüsselunternehmen führt Fortune Business Insights (2025) drei deutsche Unternehmen aus: PlanET Biogas Global GmbH (gegründet 1998), WELTEC BIOPOWER GmbH (gegründet	2

Reputation verfügen?	2001) und EnviTec Biogas AG (gegründet 2002). Alle drei waren Start-ups der Biogasbranche, die sich in 25 Jahren einige Bekanntheit im Biogassektor erarbeitet haben.	
----------------------	---	--

12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?

Anlagen und Wartung sind überall verfügbar. Anbieter von Biogasanlagen (z.B. EnviTec, PlanET Biogas Group GmbH) bieten Komplettpakete inklusive Finanzierung, Betrieb & Monitoring. Unternehmen wie Next Kraftwerke unterstützen die Vermarktung des Stroms als Regenergie. Zudem agieren in Deutschland auch reine Serviceanbieter wie die SERCOO Group oder North-Tec. Auch der Fachverband Biogas bietet seinen über 4.700 Mitgliedern über seine Service GmbH Dienstleistungen, die über den regulären Mitgliederservice hinausgehen.

2

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Zum einen gibt es den Fachverband Biogas e.V., der Hersteller und Anlagenbetreiber vertritt und gut mit der Landwirtschaftslobby zusammenarbeitet. Auch der Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) sowie die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) setzen sich für die Biogasbranche ein.	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Eine Biogasanlage war Anfang des Jahrtausends ein neues Produkt, gegen das die etablierten Energieversorger in den 80er Jahren durch schlecht bezahlte Stromabnahme ebenso Widerstand leisteten wie gegen andere regenerative Energieformen. In den letzten 25 Jahren hat sich aber die Energiebranche mehr und mehr auf die Transformation zu den Erneuerbaren eingestellt und steht ihnen jetzt konstruktiv gegenüber.	1
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Die FNR und die Landwirtschaftsverbände und -verwaltungen agieren als aktive Intermediäre.	2

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Probleme mit der Genehmigung wurden durch die Privilegierung landwirtschaftlicher Biogasanlagen durch die Novelle des BauGB von 2004 für gelöst, aber neue Hemmnisse haben sich ergeben. So werden Zuschläge zur Errichtung von EE-Anlagen nunmehr in einem Ausschreibungsverfahren vergeben, welches die Kosten sehr transparent macht. So werden Solarstromanlagen zu Stromerzeugungskosten von 5 bis 9 Cent/kWh errichtet, Windkraft an Land um 7,3 Cent/kWh und Strom aus Biomasse um die 18 Cent/kWh (Bundesnetzagentur, 2024). Trotz der	-2

	enormen Kostennachteile Ausschreibungen durchzusetzen ist daher für die Biogassakteure nicht einfach, wobei ein gewisser Zuschlag für die Steuerbarkeit der Anlagen sicher angemessen ist. Der Fachverband Biogas (2023) beklagt daher, dass die allermeisten Anlagen mit den „<i>konkurrenzbedingt viel zu niedrigen Zuschlagswerten keinen langfristigen, wirtschaftlichen Anlagenbetrieb aufrecht erhalten können</i>“. Weiter fordert der Verband, das Ausschreibungsvolumen nach oben anzupassen und nicht wie im EEG 2023 geplant, über die kommenden Jahre weiter zu verringern. Letztlich setzte die Bundesregierung unter Scholz damit zum Ausstieg aus den Biogasanlagen an und es ist unsicher, wie die Regierung Merz weitermacht.	
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Bioenergie ist zwar immer noch Gegenstand energiepolitischer Überlegungen, allerdings fokussiert diese mehr auf den Erhalt bestehender Anlagen als weiteres Wachstum, was z.B. im Biomasse-Paket von 2024 deutlich wird (BMVEL, 2024). Dennoch wird weiter eine gewisse Menge an Biogasanlagen ausgeschrieben.	1
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Deutschland hielt noch im Jahre 2009 ca. 90% des Weltmarkts und hatte durch die langjährige Förderung erfolgreich einen Leitmarkt etabliert (BMU (Hrsg.), 2009). Im Jahre 2021 war der Weltmarktanteil Deutschlands an der energetischen Biomassenutzung auf 17,1 % gefallen (BMU, 2021). Das politische Ziel hat sich von Wachstum in Richtung auf Systemintegration durch die Fokussierung auf Netzdienliche Stromerzeugung verschoben.	1
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Biogasanlagen sind nur selten Gegenstand der Presse- und Medienberichterstattung.	1

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Mit der Biogasbranche entstand ein neuer Pfad der Nutzung biologischer Rohstoffe zur Energieerzeugung. Der Pfad wird in seiner Entwicklung durch die sich immer weiter festigende Erkenntnis gebremst, dass die Substratverfügbarkeit beschränkt ist.	0
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Die Erzeugung von Bioenergie leidet unter den im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien deutlich höheren Stromgestehungskosten (Fraunhofer ISE, 2024).	-2
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Selbstverstärkende Effekte wirken nicht im Sinne des Wachstums sondern eher im Sinne der Ausbreitung der netzdienlichen Betriebsweise oder der Produktion von Biomethan als Anpassungsstrategien zur Reaktion auf die auslaufende EEG-Förderung.	0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für den Betrieb von Biogasanlagen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 12, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 100%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit zugenommen, die Diffusionsdynamik jedoch relativ nachgelassen.

Tabelle 13: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 für den Betrieb von Biogasanlagen

	2016	2025
Diffusionsdynamik	20	12
Verbreitungsgrad	80	100

8 Diffusionsanalyse für Pelletheizungen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Pelletheizungen sind Heizanlagen, die Wärme durch die Verbrennung sogenannter Holzpellets erzeugen. Pellets sind stäbchenförmige Presslinge aus Holz mit einer Länge von maximal 25 Millimetern, die vollständig oder überwiegend aus Sägenebenprodukten oder nicht sägefähigem Holz hergestellt werden. Die Pellets werden vollautomatisch dem Kessel zugeführt.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [X] oder beide []?

Die ersten 200 Kessel wurden 1998 installiert (Wenzel, Bruns, Adolf & Ohlhorst, 2015).

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Der Betrieb von Pelletheizungen ist abhängig von Lieferungen von Pellets. Auch eine Stromversorgung ist erforderlich, um die Pumpen und Motoren der Anlage anzutreiben.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

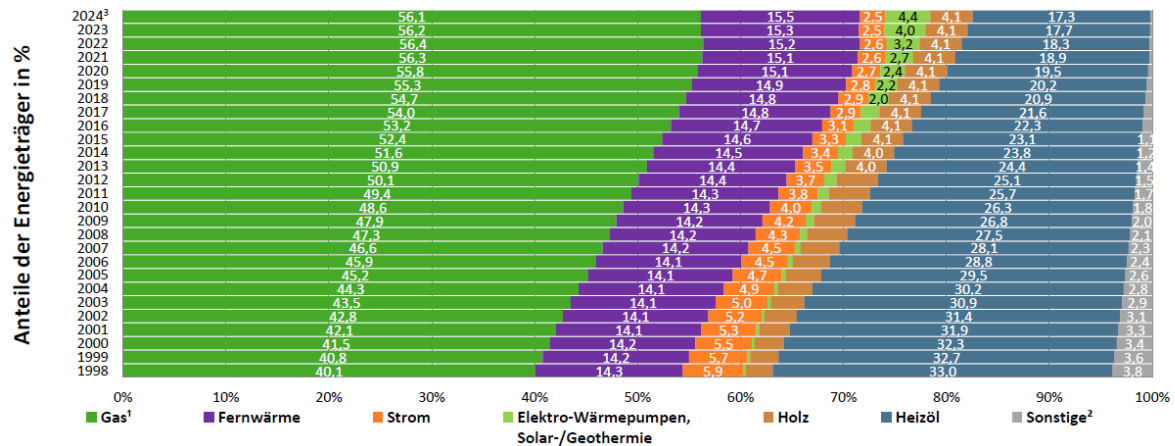
Marktindikator: Als Marktindikator könnte der Anteil von Pelletheizungen an den in einem Jahr jeweils verkauften Wärmeerzeugern gewählt werden. Es scheint jedoch sinnvoller, den Bestand an Pelletheizungen und der daraus folgenden Holznutzung auf die jährlich zur Verfügung stehende Holz- bzw. Pelletmenge zu beziehen.

Verbreitungsgrad: 100 %

Diffusionsverlauf: Ca. 4,1 % des Wohnungsbestands wird mit Holz beheizt (BDEW, 2025), was einer Nutzung von holzartigen Festbrennstoffen in deutschen Haushalten von ca. 80 TWh/a entspricht (BMWK, 2022). Das gesamte Potenzial der Nutzung von Bioenergie wird in verschiedenen Szenarien sehr unterschiedlich hoch eingeschätzt. Während der Ariadne-Report „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Forschung (BMWF) geförderten Kopernikus-Projekts Ariadne (Ariadne Projekt, 2021) die verfügbare Gesamtmenge auf um die 100 TWh/a schätzt, rechnet die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ der Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (Dambeck et al., 2021) mit einem Potenzial in der Höhe von über 200 TWh/a. Da neben der Nutzung als Feuerung für den Wohnungsbestand Holz auch als Feuermaterial für Wärmenetze und industrielle Prozesswärme eingesetzt wird, ist das Potenzial an Holz nur anteilig für die Pelletproduktion verfügbar. Zudem gibt es erste Hinweise auf eine Verknappung von Holzbrennstoffen. Deutlich wird dies in den bereits aufgrund von Holzmangel stillgelegten Holzheizwerken bei Augsburg (Energie & Management, 2024) und Mainz (Palia, 2024). Ebenso erscheint bedenklich, dass das ifeu errechnet, dass die Baden-Württembergischen Wärme-

pläne das vorhandene Biomassepotenzial zu 177 % für Wärme einsetzen wollen (ifeu, 2024). Der Verbreitungsgrad von Pelletheizungen bezogen auf das verfügbare Holzpotenzial wird daher auf 100 % veranschlagt.

Abbildung 13: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes 1998 bis 2024



Quelle: BDEW (2025), in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden; Heizung vorhanden; Anteile der genutzten Energieträger, Rundungsdifferenzen möglich; 1 einschließlich Biomethan und Flüssiggas; 2 v.a. Kohle; 3 vorläufig, teilweise geschätzt

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Pelletheizungen

Tabelle 14: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Pelletheizungen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Eine Pelletheizung nutzt einen rechtlich als erneuerbar geltenden Energierohstoff, ist also von der Preisentwicklung fossiler Energien wie Gas und Öl unabhängig (Wenzel et al., 2015). Sie unterstützt zudem das (eher unbewusste) Autarkieziel vieler Hausbesitzer und ist einfach in der Bedienung.	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Die Art einer Heizung ist von außen nicht wahrnehmbar.	0
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Es braucht Lagerraum, eine Förderschnecke und ggf. Kaminzuganpassung. Eine Pelletheizung kann in Nachfolge einer Ölheizung den bisherigen Lagerraum für das Heizöl für das Pelletlager nutzen und lässt sich in bestehende Warmwasser-Heizkreise integrieren. Wird eine Gasheizung ersetzt muss zusätzlicher Lagerraum geschaffen werden. Kulturell ist die Pelletheizung an die Gewohnheit, durch Feuer Wärme zu erzeugen, anschlussfähig.	-1
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Die Nutzung einer Pelletheizung ist für Nutzer und Nutzerinnen nicht komplex.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Eine Pelletheizung ist in Anbetracht der erheblichen Umbauaufwandes nicht erprobbar.	0

Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	In ihrer Akteursanalyse finden Wenzel, Bruns, Adolf & Ohlhorst (Wenzel et al., 2015) zwar die Forstwirtschaft, einzelne Landesregierungen sowie die Hersteller von Pelletheizungen als Protagonisten, identifizieren aber keine spezifischen Anwendergruppen. Sie weisen allerdings darauf hin, dass regenerative Energien besonders von denjenigen Anwendenden bevorzugt werden, die ein hohes Maß an Unabhängigkeit anstreben.	1
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Wie bei allen Heizungen ist die Technik an- und abzuschalten sowie ggf. neu einzustellen. Wie bei Ölheizungen ist sporadisch der Brennstoffvorrat zu ergänzen, wobei schwankende Preise von Bedeutung sind. Zu beachten ist allerdings, dass Pelletheizungen wartungs- und reinigungsintensiv sind (Bukowski, 2022): Eine Pelletheizung erfordert Brennstoffbestellung, Ascheentnahme und periodische Reinigung. Diese Routinen lassen sich in den Alltag integrieren, bedeuten aber spürbare Verhaltensänderungen.	-1
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Es bestehen Unsicherheiten hinsichtlich des umweltfreundlichen sowie langfristig wirtschaftlichen Betriebs von Pelletheizungen. Für den umweltfreundlichen Betrieb einer Pelletheizung ist wichtig, dass das Holz aus Holzresten oder nachhaltiger Produktion stammt. Der Ursprung der Pelletlieferung ist jedoch nicht immer sicher nachvollziehbar. Rund um Feinstaub-Emissionen (Bukowski, 2022) existieren sporadisch Unsicherheiten, wie lange die Nutzung einer Pelletheizung legal sein wird. Die Wirtschaftlichkeit ist zudem langfristig schwer vorhersagbar, da Knappheit und damit steigende Preise drohen (Clausen et al., 2024).	-1
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Im Vergleich höhere Investitionskosten als für Gas- und Ölheizungen, aber dafür z.Zt. niedrigere Brennstoffkosten (C.A.R.M.E.N., 2025). Wirtschaftlichkeit langfristig schwer vorhersagbar, da Knappheit und damit steigende Preise drohen (Clausen et al., 2024). Die Gesamtrendite hängt von Förderhöhe und Nutzungsdauer ab, ohne Zuschüsse ist die Amortisation aber sehr lang.	0

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Sowohl die Hersteller von Heizungsanlagen als auch die Installateure kennen sich mit Verbrennungstechniken einigermaßen aus.	0
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Insgesamt gingen in die FNR-Marktübersicht von 2020 über 419 Pelletkessel von zahlreichen meist mittelständischen Anbietern ein. Als einziges großes Thermo-technikunternehmen ist Viessmann mit einer Baureihe an Pelletkesseln vertreten (FNR, 2020) (FNR 2010). Auf ihrer Website bietet auch Bosch-Buderus Pelletkessel an. Vaillant dagegen hat Pelletheizungen aus dem Programm genommen.	1

12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Service vollständig und flächendeckend vorhanden.	2
--	---	---

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Ein Verband existiert erst seit einigen Jahren nach der Markteinführung, der Deutscher Energieholz- und der Pelletverband (https://depv.de/) wurde 2001 gegründet. Der Einfluss des Verbandes ergibt sich im Zusammenwirken mit der Holz- und NaWaRo-Lobby.	2
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Die Marktführer haben sich bis etwa 2005 abwartend verhalten (Im TEST-Heft 2005 war nur ein Kessel von Buderus dabei), boten aber um das Jahr 2010 dann doch Pelletkessel an. Im Jahr 2025 hat zumindest Vaillant Pelletkessel wieder aus dem Programm genommen.	1
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Die Holz- und NaWaRo-Lobby setzt sich für Pellets ein.	2

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Nach Zulassung der Pellets in 1996 sind Feinstaubvorschriften eine kontinuierliche Herausforderung. Auch die für 2030 geltenden, strengeren Grenzwerte (UBA, 2025a), können bei der Heizung mit Pellets zu neuen Aufwänden und Kosten führen.	-1
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Für eine Pelletanlage gibt es nach dem Bundesprogramm effiziente Gebäude Förderungen von bis zu 70 %. Mit Blick auf Holzheizungen ist die Einstellung der Politik jedoch nicht einheitlich, das BMWK warnt sogar: „Da nachhaltig erzeugte Biomasse nur begrenzt verfügbar ist und durch Nachfrage in verschiedenen Sektoren voraussichtlich teurer wird, sollte diese Option nur in Bestandsgebäuden genutzt werden, in denen andere Lösungen nicht sinnvoll oder machbar sind, z.B. in Gebäuden, die schwer zu sanieren oder denkmalgeschützt sind“ (BMWK, 2024).	1
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Unter der Ampelregierung wurden Klimaschutzziele ernst genommen und in eine auf den breitflächigen Ausbau erneuerbarer Energien gerichtete Politik umgesetzt. Die Ambivalenz von Holz als Energiequelle ist der Politik bewusst und führt zu einer letztlich widersprüchlichen Situation, in der Holz einerseits als klimaneutral bezeichnet, andererseits als Heizstoff aber deutlich in Frage gestellt wird (BMWK, 2024).	1

19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Pelletheizungen werden in den Medien teils beworben, teils werden sie aufgrund der Feinstaubemissionen und des schlechten Zustandes der Wälder kritisiert.	1
---	--	---

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Während Waldbesitz grundsätzlich einen fördernden Faktor für das Heizen mit Scheitholz oder Hackschnitzeln darstellt, ist dies für Pellets eher nicht der Fall, da sie nicht in eigenen Anlagen produziert werden können. Als Technologie, die gerade einmal 30 Jahre auf dem Markt ist, können daher wirksame fördernde Pfadabhängigkeiten nicht erkannt werden. Der kontinuierlich schlechtere Zustand der Wälder mag sich hingegen bremsend auf die Verbreitung auswirken (Clausen et al., 2024; Niedersächsische Landesforsten, 2019)..	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Die Pelletpreise sind nach der Energiekrise 2022/23 wieder fast auf das Vorkrisenniveau gesunken (Holzpellets.net, 2024). Die Preise für Pellet-Heizungsanlagen sind seit 2020 um ca. 50 % gestiegen und liegen deutlich höher als die Preise für Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen (Verbraucherzentrale, 2025).	-1
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Nicht bekannt.	0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Pelletheizungen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 8, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 100%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit deutlich zugenommen, die Diffusionsdynamik jedoch nachgelassen.

Tabelle 15: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Pelletheizungen

	2016	2025
Diffusionsdynamik	17	8
Verbreitungsgrad	50	100

9 Diffusionsanalyse für Solarthermieranlagen

Beschreibung des Diffusionsfalls

Solarthermieranlagen gewinnen Wärme aus der Strahlung der Sonne. Je nach Kollektortyp kann dabei Nutzwärme im Temperaturbereich zwischen 60 und 200°C gewonnen werden. Pro Einfamilienhaus werden typischerweise 4 m² für die Warmwassergewinnung und 8 m² für die Heizungsunterstützung installiert. Große Solarthermiefelder werden zur Wärmegewinnung für Fernwärmenetze eingesetzt. Röhrenkollektoren erzeugen besonders hohe Temperaturen und sind zur Gewinnung von Prozesswärme geeignet.

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [] oder beide [X]?

Die Markteinführung fand etwa 1979 statt. Wagner-Solar (2025) beschreibt die Gründungsphase des Unternehmens:

Die erste Anlage haben wir bereits 1978 realisiert, noch vor der Gründung unseres Unternehmens. Wir waren ein munterer Haufen engagierter Studenten und gründeten gemeinsam die Marburger Energiegruppe. Wir beschäftigten uns mit den Themen Windkraft, Biogas, Pyrolyse, Sonnenenergie und alternatives Bauen. Bei unseren regelmäßigen Treffen tauschten wir Erfahrungen aus, reichten Bücher und Zeitschriften zum Thema herum und diskutierten angeregt miteinander. Einige schritten zur Tat und bauten eine erste kleine Demo-Solaranlage.

Aber auch große Thermotechnikunternehmen beginnen die Fertigung von Solarkollektoren schon früh. So produziert Viessmann (2025) ab 1976 erste Chargen Solarkollektoren.

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Eine Solarthermieranlage dient der Unterstützung der Versorgung von Gebäuden mit Wärme für Heizung und Warmwasser. Sie kann auch eine von mehreren Anlagen zur Erzeugung von fern- oder Prozesswärme sein. Da Solarthermieranlagen im Winter wie auch nachts kaum Ertrag liefern, sind sie, wenn das ganze Jahr über Wärme benötigt wird, grundsätzlich nur in Kombination mit anderen Wärmezeugungsanlagen oder großen Wärmespeichern einsetzbar. Als alleinige Wärmeversorgung kommen sie z.B. bei öffentlichen Freibädern in Frage, die nur im Sommerhalbjahr geöffnet sind.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen [X]

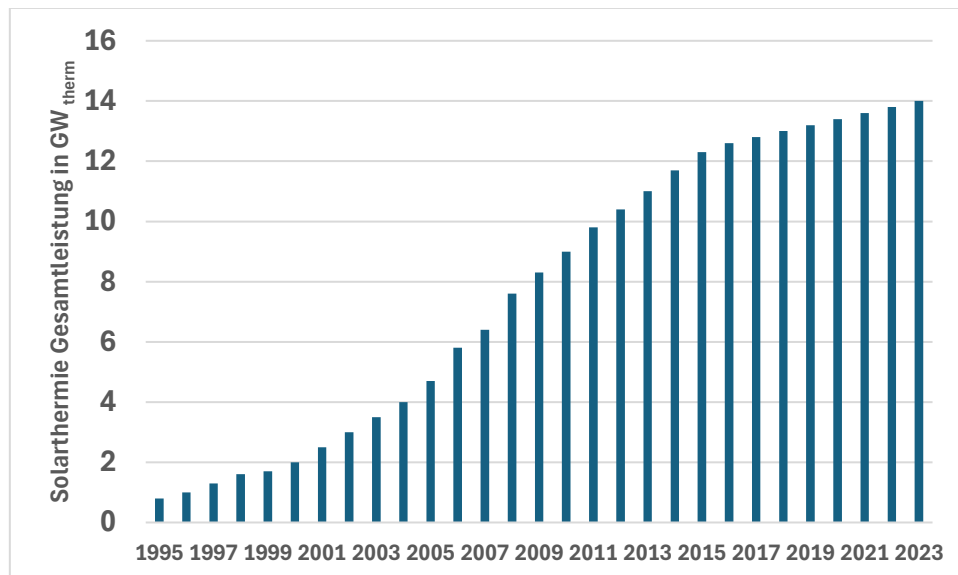
Marktindikator: Für die Solarthermie wurde als Bezugsgröße das für 2030 in den Langfristszenarien im Szenario O45-Strom (Fraunhofer ISI, 2024b) erwartete Volumen der Produktion von Solarstrom in Deutschland gewählt.

Verbreitungsgrad: 80 %

Diffusionsverlauf: In den 1980er wie auch den 1990er Jahre erlangte die Solarthermie Marktreife. Im Jahr 2000 betrug die installierte Leistung ca. 2 GW_{therm} und war damit ungefähr 20-mal so groß wie elektrische Leistung der installierten Photovoltaikanlagen von damals ca. 0,11 GW_{el}. Bis 2010 stieg die installierte Leistung auf etwa 9 GW_{therm} und bis 2024 auf 14,2 GW_{therm}. Die Photovoltaik dagegen erreichte in 2024 eine installierte Gesamtleistung von knapp 100 GW_{el} und damit die siebenfache Leistung der Solarthermie (BSW Solar, 2025a; 2025; Solarbranche.de, 2023). In den ersten 25 Jahren des 21. Jahrhunderts wuchs damit die Photovoltaik 140-Mal so schnell wie die Solarthermie.

Im Jahr 2024 dokumentiert der BSW-Solar in seinem Faktenblatt Solarthermie eine Wärmeerzeugung durch Solarthermie von 8,8 TWh (BSW Solar, 2025a). Langfristig gehen die Langfristszenarien im Szenario O45-Strom (Fraunhofer ISI, 2024b) von einem Beitrag der Solarwärme von 11 TWh/a aus. Der Verbreitungsgrad errechnet sich so zu 80 %.

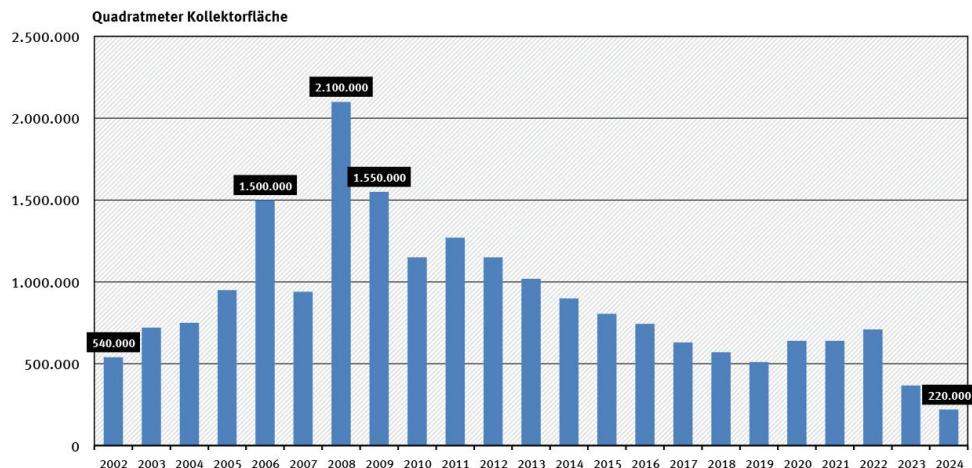
Abbildung 14: Entwicklung der Solarthermie-Gesamtleistung 1995 bis 2024



Quelle: Daten auf Basis von BSW Solar (2025a) und Solarbranche.de (2023)

Seit 2012 ist die jährlich neu installierte Kollektorfläche, mit Ausnahme von 2020 bis 2022, jedoch rückläufig.

Abbildung 15: Jährliche Neuinstallation von Solarwärmeanlagen



Quelle: UBA (2025b) auf Basis von Daten des Bundesverbandes Solarwirtschaft

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Solarthermieranlagen

Tabelle 16: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Solarthermieranlagen

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Solarthermie liefert gegenüber anderen Warmwasserbereitern keine neue Funktion, sie trägt aber zur Energieautarkie des Hauses bei und kann ein umweltfreundliches Verhalten nach außen zum Ausdruck bringen. Der hohe Wirkungsgrad ermöglicht auch auf kleinen Flächen die Gewinnung von viel (Wärme-)Energie.	1
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Die Anlagen sind zwar gut sichtbar, sie werden aber im Regelfall nicht als Solarthermieranlagen erkannt, da viele Menschen sie nicht von Photovoltaikanlagen unterscheiden können.	1
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Die Heizungsanlage muss, wenn noch nicht vorhanden, um einen Pufferspeicher ergänzt werden. Ggf. ist eine Prüfung der Dachstatik erforderlich. Die Installation erfordert daher einen deutlich über die Anschaffung der Anlage hinausgehenden Aufwand. Institutionell ist Solarthermie kompatibel, da sie im Rahmen ihres Beitrags zur Wärmeerzeugung vollständig auf erneuerbarer Energie beruht und somit einen anerkannten Beitrag zur Erfüllung der 65%-EE-Pflicht gemäß dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG) leistet.	-1
4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Die Planung und Inbetriebnahme von Solarthermieranlagen erfordern einen Fachbetrieb und die Integration eines Solarthermie ist etwas komplexer als übliche Heizungsanlagen. Von Fachleuten sind sie aber nach Ausbildung gut beherrschbar.	0
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Im Einzelfall nicht erprobbar	0

Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Pilotwandwender in den 1970er- und 1980er-Jahren waren Hausbesitzende mit Autarkiestreben und ausreichender Liquidität (Antoni-Komar, Lehmann-Waffenschmidt, Pfriem & Welsch, 2010; Clausen, 2009).	1
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Keine Verhaltensänderungen erforderlich.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Erprobte Technologie ohne bekannte Unsicherheitsfaktoren.	0
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Die Verbraucherzentrale betont die Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit von Haustechnik, Energiepreisen etc. und sieht auch Einspareffekte als Teil von Wärmepumpenheizungen, quantifiziert den Effekt aber nicht (Verbraucherzentrale Bundesverband, 2025). CO2-Online veranschlagt die Zeit für die Amortisation von Solarthermie auf meist weit über zehn Jahre, im Durchschnitt auf 15 bis 20 Jahre (CO2-Online, 2023).	0

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Sowohl die Hersteller von Solarthermieanlagen als auch die Installateure kennen sich mit Solarthermie einigermaßen aus.	0
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Heute wird Solarthermie durch alle großen Thermo-technikunternehmen angeboten. Auch Unternehmen mit hoher Markenbekanntheit und hohem Vertrauen bei Endkunden sind darunter.	2
12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Nach 25 Jahren Schulungen für Sanitärfachbetriebe und die Aufnahme ins Sortiment der Großhändler dürfte die Lieferkette weitgehend geschlossen sein. Viele SHK-Betriebe bieten Komplettpakete (Planung, Montage, Wartung) an.	2

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Der BSW ist ein aktiver Verband, der auch in Kooperation mit dem Dachverband BEE wirksame Lobbyarbeit betrieben und wesentliche Förderungen durchgesetzt hat. Dennoch fällt die Solarthermie im Vergleich zur Photovoltaik mehr und mehr zurück.	1
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Bis Mitte der 90er Jahre standen viele große Thermo-technikunternehmen der Solarthermie ablehnend gegenüber. Seither haben sie teilweise die Pionierhersteller der ersten Stunde übernommen und Solarthermie in ihr Angebot integriert.	1

15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Solarthermie steht mit im Zentrum der Beratung durch Energiesparagenturen (Neubau) und wird auch durch Großhändler vertrieben.	2
--	--	---

Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Hemmnisse sind das Vermieter-Mieter Dilemma sowie hier und da der Denkmalschutz. Beide Hemmnisse sind im Solarthermie-Kernmarkt der EFH kaum wirksam. Als hemmend führt Corradini aber auch 22 Änderungen der Förderregime in 18 Jahren auf (Corradini, 2018). In Bezug auf größere Freiflächenanlagen, wie sie z.B. der Versorgung der Industrie mit Prozesswärme dienen können, könnten in dicht bebauten Gebieten Flächenkonkurrenzen hemmend wirken (UBA, 2022).	0
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Solarthermie wurde lange Zeit gefördert, wobei Corradini 22 Änderungen der Förderregime in 18 Jahren als Hemmnis aufführt (Corradini, 2018). Gegenwärtig weist der BSW-Solar (2025b) bei der Förderung der Solarthermie auf das Bundesprogramm effiziente Gebäude sowie steuerliche Abschreibungsmöglichkeiten hin. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) schreibt seit 2024 im Neubau und ab 2026 schrittweise im Bestand 65% erneuerbare Wärme vor. Solarthermie kann zur Erreichung der 65%-Marke beitragen und im Bestand über die Bundesförderung für effiziente Gebäude gefördert werden (UBA, 2025b).	1
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Der Umbau des Energiesystems zielt eher auf Förderung der Gebäudeeffizienz und die Elektrifizierung der Wärmeversorgung. Solarthermie wie auch Langzeitwärmespeicher werden zwar hier und da gefördert, stehen aber nicht im Zentrum der Energiestrategie.	1
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Große Kampagnen wie „Solar Na Klar“ unterstützten die Diffusion Anfang des Jahrtausends. In der Kommunikation ist es um die Solarthermie stiller geworden.	1

Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?	Die schnelle Verbreitung der Photovoltaik bindet Kapital und „besetzt“ Dachflächen, so dass sie indirekt die Diffusion der Solarthermie hemmt.	-1
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?	Mangold (2021) zeigt zwar eine Kostendegression der Solarthermie um den Faktor 5 von 1984 bis 2018, stellt sie aber in den Kontext einer Kostendegression der Photovoltaik um den Faktor 20 von	0

	1991 bis 2019. Während also der Preis sank, nahm die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der Haupt-Wettbewerbstechnologie deutlich ab.	
22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?	Selbstverstärkende Effekte im Bereich der Photovoltaik lassen es kaum zu ähnlichen Effekten bei der Solarthermie kommen.	0

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Solarthermieranlagen einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von 12, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 80%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) hat der Verbreitungsgrad damit deutlich zugenommen, die Diffusionsdynamik ist jedoch nahezu unverändert.

Tabelle 17: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Solarthermieranlagen

	2016	2025
Diffusionsdynamik	13	12
Verbreitungsgrad	11,6	80

Hierzu ist noch anzumerken, dass die Analyse 2016 den Verbreitungsgrad bestimmte, indem 2 Mio. installierte Solarthermieranlagen auf insgesamt 18,3 Mio. Wohngebäude bezogen wurden. Im Gegensatz dazu wurde 2025 die bereits durch Solarthermie erzeugte Wärmemenge von 8,8 TWh/a auf das in den Langfristszenarien prognostizierte Potenzial von 11 TWh/a bezogen. Der Grund für den stark gestiegenen Verbreitungsgrad liegt insoweit auf einer radikal niedriger eingeschätzten Bedeutung von Solarthermie, in der sich auch die Dominanz der Photovoltaik spiegelt.

10 Diffusionsanalyse für Langzeitwärmespeicher

Beschreibung des Diffusionsfalls

Die Speicherung von Wärme erfolgt mit einer Vielzahl von Technologien. Sie zielt auf:

- ▶ Kurzzeitspeicherung: Z.B. um die je nach Tageszeit unterschiedliche Verfügbarkeit von Solarstrahlung oder in Kombination mit einer Power-to-heat Anlage die Vorteile variabler Strompreise zu nutzen.
- ▶ Zur saisonalen Speicherung, um Wärme vom Sommer bis in den Winter „lagern“ zu können.

Langzeitwärmespeicher sind eine bisher nur wenig erprobte Technologie ohne funktionell gleichwertigen Vorläufer und können z.B. saisonale Wärmespeicher in der Niedrigenergie-Solarthermie sein. Die wichtigsten Typen sind: Heißwasser-Wärmespeicher (gedämmte Erdbecken mit Wasser gefüllt), Kies/Wasser-Wärmespeicher (gedämmte Behälter mit Kies/Wasser-Gemisch), Erdsonden-Wärmespeicher (Boden in bis zu 100 m Tiefe wird erwärmt) und Aquifer-Wärmespeicher (Grundwasser und Erde wird erwärmt - funktioniert nur mit stehendem Grundwasser). Für die Kurzzeitspeicherung wird meist Wasser eingesetzt, integriert in Gebäude spielen aber auch Massespeicher (z.B. Lehmziegel) eine Rolle.

Abbildung 16: Bau des Erdbeckenspeichers in Bracht (Juli 2024)



Foto: Clausen, Hintergründe und Bautagebuch unter <https://www.solarwaerme-bracht.de/>

Markteinführung

Erfolgte die Markteinführung durch etablierte Anbieter [], neue Unternehmen [X] oder beide []?

Die ersten Langzeitwärmespeicher in Deutschland wurde 1985 in Stuttgart gebaut (Saisonalspeicher.de, 2018).

Einbindung in Technologiesystem

Ist die Diffusion des Produktes von der Diffusion anderer Produkte / Dienstleistungen abhängig?

Ja [X] Nein []

Wenn ja, welche Produkte gehören zu dem Technologiesystem?

Ein Langzeitwärmespeicher benötigt mindestens eine Wärmequelle sowie ein Wärmenetz zum Verteilen der gespeicherten Wärme an die Verbrauchenden.

Diffusionsstand und -verlauf

noch Nischenangebot [X] auf dem Weg in den Massenmarkt [] im Massenmarkt angekommen []

Marktindikator: Zahl der realisierten Saisonalspeicher.

Verbreitungsgrad: 0,1 %

Diffusionsverlauf: Die Website www.saisonalspeicher.de dokumentiert in Deutschland 15 Projekte. In den 1990er Jahren wurden 5 der dokumentierten Speicher errichtet, in den 2000er Jahren weitere 8. Der neueste dokumentierte Speicher in Deutschland wurde 2010 in Betrieb genommen (Saisonalspeicher.de, 2018). Die letztmals um das Jahr 2018 aktualisierte Liste enthält weitere sieben Projekte, die in Dänemark in der Zeit von 2012 bis 2017 errichtet wurden. In 2025 werden zwei weitere Speicher, Meldorf und Bracht, in Betrieb genommen. Es kann insgesamt nicht von einem Diffusionsprozess gesprochen werden. Die realisierten Projekte zeigen nach wie vor einen jahrzehntelang dauernden Entwicklungs- und Erprobungsprozess.

Fakten und Wertungen zur Diffusion von Langzeitwärmespeichern

Tabelle 18: Einflussfaktoren, Fakten und Wertungen zur Diffusion von Langzeitwärmespeichern

Produktbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
1. Relativer Vorteil der Innovation: Welchen funktionellen oder sozialen Vorteil hat die Innovation im Vergleich zum Vorgängerprodukt bzw. Konkurrenzprodukt?	Die saisonale Speicherung ermöglicht es, Wärme aus Solaranlagen oder im Sommer anfallende, nicht nutzbare Abwärme, bis in die kalte Jahreszeit zu speichern.	2
2. Wahrnehmbarkeit: Ist die Nutzung der Innovation durch Dritte wahrnehmbar, ohne das durch besondere Informationsanstrengungen auf sie hingewiesen wird?	Die Speicher sind groß, nach dem Bau aber kaum als solche zu erkennen.	1
3. Kompatibilität: Ist die Innovation an ihr Umfeld technisch, institutionell und kulturell anschlussfähig?	Die Einbindung von Speichern in die Wärmeversorgung ist ähnlich komplex wie die Einbindung verschiedener Wärmequellen. Ein modernes Wärmenetzmanagement sollte das beherrschen können.	0

4. Komplexität: Ist die Innovation für den Adopter komplex und bedarf es besonderen Fachwissens zum Verständnis?	Speicher sind prinzipiell nicht komplex. Der Bau funktionierender Speicher mit möglichst hohem Wirkungsgrad ist aber eine schwierige Aufgabe.	-1
5. Erprobbarkeit: Kann die Innovation ohne großen Aufwand durch Anwender erprobt werden?	Nicht erprobbar.	0

Adopterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
6. Nutzer-Innovatoren: Lassen sich im Innovationsprozess bzw. bei der Markteinführung Innovatoren auf der Anwenderseite identifizieren?	Die ersten realisierten Großwärmespeicher sind durchweg in Wärmesysteme eingebunden, die von ökologischen Innovatoren geplant wurden, viele davon in Dänemark (Clausen & Beucker, 2019). Ein deutsches Beispiel ist der Heißwasser-Wärmespeicher Kronsberg in Hannover, welcher im Rahmen eines zur EXPO 2000 errichteten, ökologischen Musterwohngebietes entstand (Saisonalspeicher.de, 2018).	1
7. Notwendigkeit von Verhaltensänderung: Verlangt die Anwendung der Innovation beim Adopter eine Verhaltensänderung?	Auf die Wärmeabnehmenden hat das Vorhandensein eines Speichers keine Auswirkung. Der Wärmenetzbetreiber muss den Speicher im Netzmanagement berücksichtigen, was aber im Rahmen des normalen Netzbetriebs erfolgt.	0
8. Unsicherheiten bei Adoptoren: Inwieweit gab oder gibt es unter den Adoptoren Unsicherheiten bezüglich der Innovation?	Die wenigen Referenzprojekte mit vielfältigen Misserfolgen lassen auf wesentliche Unsicherheiten schließen. Insbesondere die Baukosten sind aufgrund weniger Projekte unsicher.	-2
9. Preise, Kosten, Wirtschaftlichkeit: Inwieweit fördern oder hemmen Preis-, Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsaspekte die Adoption?	Das Projekt Solnet errechnet mit der Annahme eines Zinses von 3 % p.a. sowie 25 Jahren Anlagen-Nutzungsdauer (Plan Energi, 2018, S. 45) und eines angestrebten solaren Deckungsgrad von 40% Kostenanteile von 64 % für die Kollektoranlage, 33 % für den Saisonspeicher und jeweils 1% für die Anschlussleitung und die Grundstückskosten. Für große Anlagen mit Saisonspeicher errechnet Plan Energi Wärme-Gestehungskosten von um die 5 Cent/kWh (Plan Energi, 2018, S. 53). Auch im Dorf Bracht sind die Kosten des Kollektorfeldes etwa doppelt so hoch wie die Kosten des Speichers (Vajen, 2024). Insgesamt sind die Projektkosten eines dörflichen, primär solaren Wärmenetzes pro angeschlossenen Gebäude mit ca. 150.000 € aber sehr, sehr hoch.	-2

Anbieterbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
10. Qualifizierungsaufwand: Erfordert die Produktion oder die Erbringung der Dienstleistung hohen Aufwand zur Qualifikation des erforderlichen Personals?	Da es keine Anbieter gibt ist der Qualifizierungsaufwand im Einzelfall hoch und stellt darüber hinaus ein Risiko dar.	-2
11. Bekanntheitsgrad und Reputation der Anbieter: Existieren bereits Anbieter der Innovation, die über einen hohen Bekanntheitsgrad und hohe Reputation verfügen?	Es gibt keine etablierten Anbieter.	0

12. Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Serviceangebote: Wird die Innovation mit einem vollständigen Servicepaket angeboten und ist sie für den Kundenkreis einfach verfügbar?	Auch eine etablierte Lieferkette oder Serviceunternehmen sind nicht vorhanden.	-2
--	--	----

Branchenbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
13. Rolle des Branchenverbandes: Existiert ein Branchenverband, verfügt er über politischen Einfluss und setzt er diesen für die Förderung der Innovation ein?	Langzeitwärmespeicher sind bisher kein Produkt, für das ein nationaler Branchenverband sich einsetzt. Auf europäischer Ebene existiert die European Association for Storage of Energie (EASE), die aber bisher in Deutschland nur begrenzt in Erscheinung getreten ist und überdies eine Vielzahl von Speichertechnologien thematisiert, deren dynamischste die Batterietechnik sein dürfte.	0
14. Rolle der Marktführer: Wer sind die Marktführer in der Branche, in dem die Innovation eingeführt wurde und fördern oder hemmen sie die Diffusion?	Es gibt keinen Markt und daher auch keine Marktführer.	0
15. Intermediäre als Change Agents: Inwieweit haben Marktintermediäre (z.B. Handelsunternehmen) und Politikintermediäre (z.B. Energie-, Effizienz-, Klimaschutzagenturen) bis dato den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Es gibt keine Intermediäre oder Change Agents. Bisher geht die Initiative eher von Hochschulen aus (Vajen, 2024).	0
Politische Faktoren	Fakten	Wertung
16. Institutionelle Hemmnisse: Inwieweit haben gesetzliche oder behördliche Regelungen die Verbreitung der Innovation bis dato gehemmt?	Keine wesentlichen Hemmnisse für den Speicherbau bekannt.	0
17. Staatliche Push- und Pull-Aktivitäten: Inwieweit wurde die Innovation durch regionale, nationale oder EU-weite Vorschriften (Push) oder Förderaktivitäten (Pull) in ihrer Verbreitung beschleunigt?	Der Speicherbau wird immer wieder projektbezogen aus F&E Töpfen gefördert. Grundsätzlich stände auch das Bundesprogramm effiziente Wärmenetze als Quelle für Fördermittel zur Verfügung.	1
18. Sektorpolitiken: Ist die Innovation Teil eines Technologiesystems, das auf regionaler, nationaler oder EU-Ebene gezielt gefördert wird?	Grundsätzlich ist die Wärmewende ein wichtiges politisches Ziel. Solarthermie wie auch Langzeitwärmespeicher stehen aber nicht im Zentrum der Energiestrategie.	1
19. Medien und Kampagnen: Inwieweit haben Medien (Presse, Rundfunk etc.) und Kampagnen von NGOs den Diffusionsverlauf beschleunigt oder gebremst?	Hier und da Berichterstattung, meist auf Fachkreise begrenzt.	0
Pfadbezogene Faktoren	Fakten	Wertung
20. Pfadabhängigkeiten: Inwieweit haben technologische oder wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten die	Lange Zeit hat der Fokus auf die Verbrennung fossiler Energien die Verbreitung aller regenerativen Wärmequellen behindert. Auch heute noch haben es alle	-2

bisherige Diffusionsgeschwindigkeit beschleunigt oder gebremst?

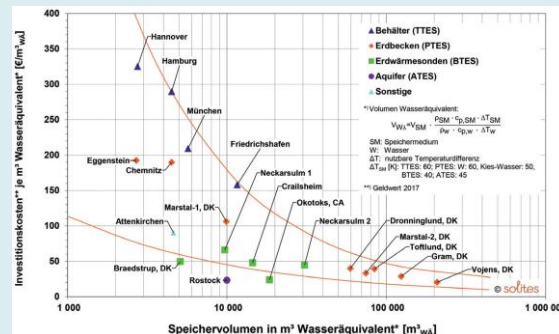
21. Preisentwicklung: Wie hat sich der (inflationsbereinigte) Preis im Verlauf des Diffusionsprozesses entwickelt?

22. Selbstverstärkende Effekte: Sind im sozialen System des Diffusionsprozesses selbstverstärkende Effekte wie z.B. Nachahmungseffekte aufgrund von Vorbildern/ Prominenten/ Meinungsführern oder kritische Masse-Phänomene zu beobachten?

Wärmequellen, die nicht auf Verbrennung setzen, schwer. Großwärmepumpen und Geothermie sind allerdings gegenwärtig wesentlich populärer als Solarthermie und Saisonspeicher.

Die Investitionskosten je m³ Wasseräquivalent streizen um den Faktor 10. Dabei ist eher die Größe des Speichers preisbestimmend, neuere Projekte sind nicht unbedingt viel preiswerter als ältere Projekte.

Abbildung 17: Spezifische Kosten von saisonalen Wärmespeichern



Quelle: Saisonspeicher.de (2018)

Selbstverstärkende Effekte sind bisher nicht zu beobachten.

Berechnung und Vergleich der Diffusionsdynamik

Die Summe der Einzelbewertungen ergibt für Langzeitwärmespeicher einen Spitzenindikator „Diffusionsdynamik“ von -5, der Verbreitungsgrad liegt aktuell bei 0,1%. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Clausen und Beucker (2016) ist der Verbreitungsgrad damit unverändert, die Diffusionsdynamik hat noch etwas weiter abgelesen.

Tabelle 19: Vergleich der Entwicklung 2016 / 2025 der Langzeitwärmespeicher

	2016	2025
Diffusionsdynamik	-3	-5
Verbreitungsgrad	0,1	0,1

QUELLEN

- AGFW e.V. (2000). Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nah- wärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien. Frankfurt am Main: Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW). Verfügbar unter: http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2000/628/pdf/AGFW_KWK_Vorstudie.pdf
- AGFW e.V. (2008). Der AGFW im Spiegel der Zeit. Eine Chronik zur effizienten und sicheren Gestaltung unserer Energiezukunft. Frankfurt am Main: Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW). Verfügbar unter: www.agfw.de
- AGFW e.V. (2024). AGFW Hauptbericht 2023. Frankfurt. Zugriff am 23.4.2024. Verfügbar unter: <https://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht>
- Agora Energiewende & Fraunhofer IEG. (2023). Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland Strategien für den Markthochlauf in Wärmenetzen und Industrie. Berlin. Zugriff am 20.10.2023. Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/roll-out-von-grosswaermepumpen-in-deutschland/>
- Antoni-Komar, I., Lehmann-Waffenschmidt, M., Pfriem, R. & Welsch, H. (2010). WENKE2 - Wege zum nachhaltigen Konsum (1. Auflage). Marburg: Metropolis.
- Ariadne Projekt. (2021). Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Potsdam. Zugriff am 24.7.2022. Verfügbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/#weiterfuehrende-kapitel-110-appendix-modellbeschreibungen-glossar>
- Augsten, E. (2023, August 27). Wasser-Wärmepumpe: Energie aus Flüssen und Abflüssen. Zugriff am 27.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.solarserver.de/2023/08/27/wasser-waermepumpe-energie-aus-fluessen-und-abfluessen/>
- BAFA. (2023). Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM). Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Zugriff am 10.2.2023. Verfügbar unter: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.html
- BDEW. (2024, Dezember 4). BDEW-Strompreisanalyse Dezember 2024. BDEW. Zugriff am 19.1.2025. Verfügbar unter: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>
- BDEW. (2025). Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes. Berlin. Zugriff am 25.2.2025. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Wohnungsbestand_Beheizungsstruktur_Entw_ab_1998_online_o_dw_jaehrlich_CMi_18122024.pdf
- BDH. (2025). Absatz Wärmeerzeuger in Deutschland 2014–2024. Berlin. Zugriff am 26.2.2025. Verfügbar unter: https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressegrafiken/Infografik_Marktentwicklung_2014-2024_012025_CMYK.pdf?dl=1
- beste-waermepumpe.de. (2021). Stiftung Warentest: Wärmepumpen im Test – Vergleich. beste-waermepumpe.de. Zugriff am 9.12.2021. Verfügbar unter: <http://www.beste-waermepumpe.de/stiftung-warentest-waermepumpen-im-test-vergleich-waermepumpe/>
- BMU. (2021). GreenTech made in Germany 2021. Umwelttechnik-Atlas für Deutschland. Berlin. Zugriff am 15.3.2025. Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_greentech_atlas_2.pdf

- BMU (Hrsg.) (Hrsg.). (2009). GreenTech made in Germany 2.0 Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. München: Vahlen.
- BMVEL. (2024, Dezember 11). Biomasse-Paket: BMEL sichert Förderung für bestehende Biogasanlagen. Zugriff am 22.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Presse/2024/241211-biomasse-paket.html>
- BMWK. (2022). Tabelle 5: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte 1990 bis 2021. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Zugriff am 12.5.2022. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- BMWK. (2024, August 7). Erneuerbares Heizen – Gebäudeenergiegesetz (GEG) – Häufig gestellte Fragen (FAQ). Zugriff am 20.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.energiewechsel.de/KA-ENEf/Redaktion/DE/FAQ/GEG/faq-geg.html>
- Briddigkeit, T. (2023, September 21). Wärmepumpen an Klärwerken und Flüssen zur Gewinnung regenerativer Fernwärme. Gehalten auf der Onlinetagung Flusswasser und Abwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen in Wärmenetzen. Zugriff am 3.10.2023. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/event/flusswasser-fuer-waermepumpen/>
- BSW Solar. (2025a). Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie). Berlin. Zugriff am 13.6.2020. Verfügbar unter: https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2022/02/BSW_Solar_Faktenblatt_Solarwaerme.pdf
- BSW Solar. (2025b). Förderung. Zugriff am 14.6.2025. Verfügbar unter: <https://www.solarwirtschaft.de/fuer-verbraucher/foerderung/>
- Bukowski, M. (2022, April 6). Pelletheizung oder Wärmepumpe: was lohnt sich mehr? CO2-Online. Zugriff am 17.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/pelletheizung-versus-waermepumpe/>
- Bundesnetzagentur. (2024). Monitoringbericht 2024. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB. Bonn. Zugriff am 10.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.ceer.eu/national-report/national-reports-2024/>
- Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH). (2021). Wärmewende: Green Deal und Klimaschutzgesetz. Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH). Zugriff am 10.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.bdh-industrie.de/waermewende>
- Bundesverband Geothermie e.V. (2021). Der Verband im Portrait. Bundesverband Geothermie. Zugriff am 10.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.geothermie.de/verband/der-verband-im-portrait.html>
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2021). Verbandsprofil. Wärmepumpe. Zugriff am 10.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.waermepumpe.de/verband/verbandsprofil/>
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp). (2021). Roadmap Wärmepumpe. Der Weg zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Berlin. Zugriff am 9.12.2021. Verfügbar unter: file:///C:/Users/clausen/AppData/Local/Temp/2021-04-29_BWP_Roadmap_final.pdf
- Burger, B. (2025, Januar 18). Jährlicher Zubau von Photovoltaikleistung in Deutschland. Zugriff am 19.1.2025. Verfügbar unter: https://www.linkedin.com/search/results/all/?fetchDeterministicClustersOnly=true&heroEntityKey=urn%3Ali%3Afsd_profile%3AACAASDi-gEBn3pXjzAtw5CpMqsdPQMH4PubgQ&keywords=bruno%20burger&origin=RICH_QUERY_SUGGESTION&position=0&searchId=f757fdea-be7c-423f-a51d-21dc331d1593&sid=!_b&spellCorrectionEnabled=false

- BWP. (2023). Branchenstudie 2023: Marktentwicklung – Prognose – Handlungsempfehlungen. Berlin. Zugriff am 4.3.2023. Verfügbar unter: <https://www.waermepumpe.de/presse/news/details/branchenstudie-2023/#content>
- BWP e.V. (2025). Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2005 bis 2024 nach Wärmepumpentypen. Zugriff am 25.6.2025. Verfügbar unter: <https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/>
- C.A.R.M.E.N. (2025). Marktpreisvergleich Preisentwicklung bei Heizöl, Erdgas, Holzpellets und Hackschnitzel. C.A.R.M.E.N. Zugriff am 12.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick-erneuerbare-energien/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- Clausen, H. (2005). Identifying Economic Viable District Heating Potentials - A Study on Bavaria. Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung.
- Clausen, J. (2009). Feldvermessungsstudie Klimaschutzregion Hannover Überblick über das Praxisfeld und die Fokusbereiche Solarthermie und Ökostrom. Hannover. Zugriff am 16.9.2016. Verfügbar unter: <http://www.fk2.uni-oldenburg.de/wenke2/download/Feldvermessungsstudie-Energie3-1.pdf>
- Clausen, J. (2013). Wärmenetze und Langzeitwärmespeicher als Schlüsseltechnologien der nachhaltigen Wärmeversorgung Entwicklungspotenziale und Handlungsoptionen. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 4.4.2016. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/07/Clausen-Waermenetze_-und_Langzeitwaermespeicher_als_Schlueseltechnologien-2013.pdf
- Clausen, J. & Beucker, S. (2019). Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Wärmeversorgung Dänemark. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 20.6.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/06/W%C3%A4rmeversorgung-Danemark-Go-19-6-2019.pdf>
- Clausen, J. & Blöthe, T. (2013). Leitfaden Klimaangepasste Kältetechnik - Technologien und Anwendungsbeispiele zur Nutzung von Abwärme und Umweltenergien zur Kältegewinnung. Oldenburg, Berlin. Zugriff am 18.11.2014. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/07/Clausen_Bloethe-Leitfaden_Klimaangepasste_Kaeltetechnik-2013.pdf
- Clausen, J. & Fichter, K. (2019). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 64–95. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>
- Clausen, J. & Fichter, K. (2021). Transformation der Wärmeversorgung. Eine Pfadwechselkonzeption. Berlin: Borderstep Institut.
- Clausen, J., Fichter, K. & Winter, W. (2011). Theoretische Grundlagen für die Erklärung von Diffusionsverläufen von Nachhaltigkeitsinnovationen. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit.
- Clausen, J., Huber, M. & Ehrhardt, H. (2023). Die Wärmewende und das grüne Gas. Berlin. Zugriff am 28.9.2023. Verfügbar unter: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2023/08/H2A_Bordesholm_20230808.pdf
- Clausen, J., Seifert, T. & Huber, M. (Hrsg.). (2024). Die Wärmewende. Zentrale Aufgabe einer klimaverantwortlichen Kommunalpolitik. Berlin: Scientists for Future. Zugriff am 20.2.2024. Verfügbar unter: <https://de.scientists4future.org/keypoints-kommunale-waermewende/>
- Clausen, J., Stelzer, V. & Huber, M. (2023). Kommunale Wärmewende: Chance oder Überforderung? *Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift*, 38(4), 35–39. <https://doi.org/10.14512/OEW380436>

- Clausen, J., Winter, W. & Kettemann, C. (2012). Akzeptanz von Nahwärmenetzen. Hannover: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 26.1.2016. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/07/Clausen-Winter-Kettemann_Akzeptanz_von_Nahwaermenetzen-Bericht_Befragun-2012.pdf
- CO2-Online. (2023, Dezember 29). Solarthermie: Kosten, Preise & Amortisation – mit Rechner. Zugriff am 14.6.2025. Verfügbar unter: https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/solarthermie/solarthermie-preise-kosten-amortisation/?utm_source=chatgpt.com
- Corradini, R. (2018, März 21). Solarthermie: Ein Schlüssel zur Wärmewende ? Miesbach. Zugriff am 23.3.2025. Verfügbar unter: <https://energiewende-oberland.de/download/ak1kurd7s7lmpfaci8mp17l1st/20180321%20Energiewende%20Oberland%20Solarthermie.pdf>
- Côté, E. & Pons-Seres De Brauwer, C. (2023). Preferences of homeowners for heat-pump leasing: Evidence from a choice experiment in France, Germany, and Switzerland. *Energy Policy*, 183, 113779. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113779>
- Dambeck, H., Ess, F., Falkenberg, H., Kemmler, A., Kirchner, A., Kreidelmeyer, S. et al. (2021). Klima-neutrales Deutschland 2045 Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Berlin: Prognos AG, Öko-Institut, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie. Zugriff am 16.12.2021. Verfügbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf
- Dena. (2022). Hochtemperatur-Wärmepumpen Einsatz und CO2-Einsparpotenziale. Berlin. Zugriff am 3.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.dena.de/infocenter/hochtemperatur-waermepumpen-einsatz-und-co2-einsparpotenziale/>
- Dena. (2023a). Fokusthemen Büro- und Verwaltungsgebäude. Berlin. Zugriff am 4.7.2025. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/GEFO_Fokusthemen_Buerogebaeude.pdf
- Dena. (2023b). ANALYSE Marktmonitoring Bioenergie 2023. Berlin. Zugriff am 21.3.2025. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/ANALYSE_Marktmonitoring_Bioenergie_2023.pdf
- Der Spiegel. (1980). Heiße Ware aus Wasser, Luft und Erde. Wird die Wohnung mit Hilfe der „Ölspar-Maschine“ Wärmepumpe wieder preiswert warm?, (43).
- Destatis. (2025, Juni 4). Mehr als zwei Drittel der im Jahr 2024 errichteten Wohngebäude heizen mit Wärmepumpen. Zugriff am 13.7.2025. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/06/PD25_N031_31_51.html
- Die Bundesregierung. (2023a). Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze. Berlin. Zugriff am 1.2.2024. Verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/Shared-Docs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/Downloads/waermeplanung/wpg-bgbl.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Die Bundesregierung. (2023b, Dezember 20). Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/BJNR18A0B0023.html>
- Die Bundesregierung. (2024). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG). Berlin. Zugriff am 1.2.2024. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/index.html>
- Dokumentationsgruppe. (1978). Wer keinen Mut zum Träumen hat, hat keine Kraft zum Kämpfen. Dokumentation zum Alternativen Umweltfestival Berlin 1978. Berlin.

- Dotzauer, M., Barchmann, T., Schmieder, U., Rensberg, N., Stinner, W., Arnold, K. et al. (2022). Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 % erneuerbares Stromsystem 2035. Leipzig. Zugriff am 22.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.dbfz.de/kurzstudie-biogas>
- Effizienzhaus Online. (2021). Erdwärmepumpe (Sole Wasser Wärmepumpe): umweltfreundlich und effizient heizen. Effizienzhaus Online. Zugriff am 11.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.effizienzhaus-online.de/erdwaermepumpe/?gclid=CNuHscTGkMsCFQ8W0wo-daakArw>
- energate messenger. (2021, September 28). Zu wenig Handwerker setzen sich ernsthaft mit der Wärmepumpe auseinander. INTerview mit Martin Sabel, bwp. energate messenger. Zugriff am 22.1.2022. Verfügbar unter: <https://www.energate-messenger.de/news/215641/zu-wenig-handwerker-setzen-sich-ernsthaft-mit-der-waermepumpe-auseinander>
- Energie & Management. (2024, Februar 16). Veolia schließt Biomasse-Kraftwerk in Bayern. Zugriff am 5.6.2024. Verfügbar unter: <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/energie-erzeugung/detail/veolia-schliesst-biomasse-kraftwerk-in-bayern-210595>
- Energieheld. (2021). Die Wärmepumpe - alle Arten, Vorteile und Nachteile. Energieheld. Zugriff am 8.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.energieheld.de/heizung/waermepumpe#kosten>
- Fachverband Biogas. (2023, Dezember 6). Biomasse-Ausschreibung zeigt erneut dringenden politischen Handlungsbedarf: Anlagenbestand akut gefährdet. Zugriff am 14.6.2025. Verfügbar unter: <https://www.biogas.org/presse-medien/pressemitteilungen/beitrag/biomasse-ausschreibung-zeigt-erneut-dringenden-politischen-handlungsbedarf-anlagenbestand-akut-gefaehrdet>
- Faust, P. (2024, Juni). Eine Zukunft ohne Gas. ZfK.
- Fend, R. (2025, Frühjahr). Warum die Wärmepumpe in Deutschland so teuer ist. Zeit Online.
- Fichter, K. & Clausen, J. (2013). Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen. Marburg: Metropolis.
- Fichter, K. & Clausen, J. (2016). Diffusion Dynamics of Sustainable Innovation - Insights on Diffusion Patterns Based on the Analysis of 100 Sustainable Product and Service Innovations. Journal of Innovation Management, 4(2), 30–67.
- FNR. (2020). Pelletheizungen. Gülzow. Zugriff am 17.3.2025. Verfügbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/mue_pelletheizung_web_1.pdf
- Fortune Business Insights. (2025, März 3). Erneuerbare Energien, Markt für Biogasanlagen. Zugriff am 22.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.fortunebusinessinsights.com/de/markt-f-r-biogas-anlagen-104667>
- Fraunhofer ISE. (2020). Wärmepumpen in Bestandsgebäuden. Freiburg. Zugriff am 7.12.2021. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf
- Fraunhofer ISE. (2024). Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien Juli 2024. Freiburg i. Br. Zugriff am 21.3.2025. Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf
- Fraunhofer ISI. (2024a, Februar 15). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Webinar Energieangebot. Berlin. Zugriff am 28.4.2024. Verfügbar unter: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>
- Fraunhofer ISI. (2024b). Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Gebäudesektor. Berlin. Zugriff am 4.1.2025. Verfügbar unter: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_O45_20240702_O45_Webinar_Gebaeude.pdf

- Fraunhofer ISI & RWTH Aachen. (2023). CO₂-neutrale Prozesswärmeerzeugung. Zugriff am 5.3.2025. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/161_2023_texte_prozesswaermepumpen_0.pdf
- Froese, T. & Clausen, J. (2026a). Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 2: Wärmeversorgung. Oldenburg.
- Froese, T. & Clausen, J. (2026b). Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 3: Smart Technology. Oldenburg.
- Froese, T. & Clausen, J. (2026c). Diffusions-Fallprofile rund um die Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Band 4: Wasserstoff und CO₂. Oldenburg.
- Froese, T. & Clausen, J. (2026d). Strukturen der Energiewende. Diffusionsanalyse zentraler Technologien der Transformation des Energiesystems in Niedersachsen. Oldenburg.
- Gellrich, A. (2016). Von der Minderheit zur Mehrheit? Psycho-soziale Einflüsse bei der Verbreitung klimaschonender Innovationen. Kassel. Zugriff am 21.3.2017. Verfügbar unter: <http://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2016122151775/5/DissertationAngelikaGellrich.pdf>
- Global Energy Monitor. (2024). Boom and Bust Coal. Zugriff am 26.2.2025. Verfügbar unter: <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2024/04/Boom-Bust-Coal-2024.pdf>
- Heizspiegel. (2025). Heizspiegel 2024: Heizkosten gesunken – nur Fernwärme teurer. Zugriff am 26.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.heizspiegel.de/news/beitrag/beitrag/heizspiegel-2024-heizkosten-gesunken-26210/>
- Holzpellets.net. (2024, Dezember 3). Holzpellets-Markt: Preise für lose Holzpellets ziehen an - Sackware noch stabil! Zugriff am 20.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.holzpellets.net/pellets-news/holzpellets-news-320.php>
- Houben, M. (2024, Oktober 20). Warum Wärmepumpen in Deutschland viel teurer sind. Tagesschau. Zugriff am 30.11.2024. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/waermepumpen-kosten-foerderung-100.html>
- ifeu. (2024). Wärmegipfel BaWü: Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Auswertung der Wärmepläne. Heidelberg. Zugriff am 31.10.2024. Verfügbar unter: <https://www.ifeu.de/projekt/waermegipfel-baden-wuerttemberg-wissenschaftliche-begleitung>
- Jensen, H., Gieß, C. & Pester, S. (2024). Zahlen und Fakten zur oberflächennahen Geothermie in Niedersachsen 2024. Zugriff am 4.7.2024. Verfügbar unter: https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/Geofakten_47_2025_Text_3.pdf
- Kleinhückelkotten, S. (2006, November 30). Soziale Milieus als Zielgruppen für die Nachhaltigkeitskommunikation. Hannover. Zugriff am 2.6.2017. Verfügbar unter: http://www.21-kom.de/fileadmin/user_upload/PDFs/02_Sinus_Milieus/03_Kleinhueckelkotten_Soziale_Milieus_als_Zielgruppen.pdf
- Kleinhückelkotten, S., Neitzke, H.-P. & Moser, S. (2016). Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen) [UBA-FB Nr. 29/2016]. Umweltbundesamt.
- Kulmer, V., Seebauer, S., Hinterreither, H., Kortschak, D., Theurl, M. C. & Haas, W. (2022). Transforming the s-shape: Identifying and explaining turning points in market diffusion curves of low-carbon technologies in Austria. Research Policy, 51(1), 104371. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104371>
- LAWA. (2025). Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche Nutzung von Gewässern zur Wärmeengewinnung. Flintbeck und Verden.

- LEA. (2025, Mai 27). Großwärmepumpen Infoportal. Zugriff am 27.5.2025. Verfügbar unter: <https://grosswaermepumpen-info.de/>
- Madeddu, S., Ueckerdt, F., Pehl, M., Peterseim, J., Lord, M., Kumar, K. A. et al. (2020). The CO reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply (power-to-heat). *Environmental Research Letters*, 15(12), 124004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd02>
- MAN Energy Solutions. (2025). Heat up Carbon down. Zugriff am 3.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.man-es.com/process-industry/campaigns/heat-up-carbon-down>
- Mangold, D. (2021). Solarthermie – Eine Basistechnologie für die zukunftsfähige Energieversorgung Deutschlands. Stuttgart. Zugriff am 23.3.2025. Verfügbar unter: https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2021/03/solarthermie_strategie_dsttp.pdf
- Michelsen, C. C. & Madlener, R. (2013). Motivational factors influencing the homeowners' decisions between residential heating systems: An empirical analysis for Germany. *Energy Policy*, 57, 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.045>
- M-Tec Energie Innovativ. (2021). 10 Mythen zum Thema Wärmepumpen. M-Tec Energie Innovativ. Zugriff am 8.12.2021. Verfügbar unter: <https://m-tec.at/10-mythen-zum-thema-waermepumpen/>
- NDR. (2024, November 11). Förderung endet 2025: Landwirte erwägen Aus für Biogasanlagen. Zugriff am 21.3.2025. Verfügbar unter: https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Foerderung-endet-2025-Landwirte-erwaegen-Aus-fuer-Biogasanlagen,bio-gasanlage254.html
- Niedersächsische Landesforsten. (2019, November 29). Der Wald fest uim Griff des Klimawandels. Zugriff am 30.11.2019. Verfügbar unter: <https://www.landesforsten.de/2019/11/29/der-wald-fest-im-griff-des-klimawandels/>
- Palia, D. (2024, März 8). Biomasseheizwerk Flörsheim-Wicker geht vom Netz. EUWID-Energie. Zugriff am 5.6.2024. Verfügbar unter: <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/biomasse-heizkraftwerk-floersheim-wicker-geht-vom-netz-080324/>
- Peñaloza, D., Mata, É., Fransson, N., Fridén, H., Samperio, Á., Quijano, A. et al. (2022). Social and market acceptance of photovoltaic panels and heat pumps in Europe: A literature review and survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111867. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111867>
- Plan Energi. (2018). Solar District Heating Trends and Possibilities—Characteristics of Ground-Mounted Systems for Screening of Land Use Requirements and Feasibility. Kopenhagen. Zugriff am 7.6.2019. Verfügbar unter: <http://iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/SDH-Trends-and-Possibilities-IEA-SHC-Task52-PlanEnergi-20180619.pdf>
- Pulkki-Brännström, A.-M. & Stoneman, P. (2013). On the patterns and determinants of the global diffusion of new technologies. *Research Policy*, 42(10), 1768–1779. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.08.011>
- Quaschnig. (2025). Installierte Leistung regenerativer Kraftwerke in Deutschland. Zugriff am 15.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/ren-Leistung-D/index.php>
- Quaschnig, V. (2006). Renais-sance der Wärme-pumpe. volker-quaschnig.de. Zugriff am 8.12.2021. Verfügbar unter: <https://volker-quaschnig.de/artikel/waermepumpe/index.php>
- Rehfeldt, M. (2022, Juni 22). CO2-Neutrale Prozesswärmeerzeugung. Gehalten auf der Fachgespräch, Berlin.

- Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations. New York: Free Press.
- Saisonalspeicher.de. (2018). Spezifische Kosten von saisonalen Wärmespeichern. Saisonalspeicher.de. Zugriff am 23.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.saisonalspeicher.de/home/planung/voraussetzungen/kosten/>
- Schwinghammer, F. (2012). Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. Freiburg. Verfügbar unter: http://www.hydrology.uni-freiburg.de/abschluss/Schwinghammer_F_2012_MA.pdf
- Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J. (2025). Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser. Berlin. Zugriff am 14.8.2025. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2025/05/29-05-2025-Flusswasserwaermepumpen.pdf>
- Solarbranche.de. (2023). Solarmarkt Deutschland. Zugriff am 23.3.202 n. Chr. Verfügbar unter: <https://www.solarbranche.de/ausbau/deutschland>
- Statista. (2025a). Anteil der Wärmepumpen im Wohnneubau in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2023. Statista. Zugriff am 25.2.2025. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/237364/umfrage/bedeutung-der-waermepumpen-im-neubau-in-deutschland/>
- Statista. (2025b). Gaspreise für Gewerbe- und Industriekunden in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2024. Zugriff am 5.3.2025. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168528/umfrage/gaspreise-fuer-gewerbe-und-industriekunden-seit-2006/>
- Steudle, L. & Clausen, J. (2016). Materialband 3: Handel mit nachhaltigen Produkten. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy. Berlin. Zugriff am 3.4.2017. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/projekte/umweltinnovationen-und-ihre-diffusion-als-treiber-der-green-economy/>
- TGA-Fachplaner. (2025a). 2024-11: Wärmepumpen sind führend beim Wohnungsneubau. Zugriff am 28.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/marktdaten-2024-11-waermepumpen-sind-fuehrend-beim-wohnungsneubau>
- TGA-Fachplaner. (2025b). 2024 wurden 192.406 Anträge auf Heizungsförderung zugesagt. Zugriff am 27.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/beg-em-2024-2024-wurden-192406-antraege-auf-heizungsfoerderung-zugesagt>
- Tjaden, T. (2022, Oktober 29). Strom, Wärme, E-Mobilität Mehrwert durch effiziente Komponenten und vernetzten Betrieb. Gehalten auf der Lehrter Energiewende, Lehrte. Zugriff am 11.6.2024. Verfügbar unter: <https://hof-zwoelf-lehrte.de/energiewende/vortrag-tjarko-tjaden>
- TWK - Test- und Weiterbildungszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik GmbH. (2021). EU-Zertifizierter Wärmepumpeninstallateur. Zugriff am 8.12.2021. Verfügbar unter: <https://www.twk-karlsruhe.de/Kurse/Waermepumpen-Installateur>
- UBA. (2022). Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen [Abschlussbericht Nr. 141/2022]. Umweltbundesamt. Zugriff am 14.6.2025. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraegliche-standortsteuerung-von-solar-0>
- UBA. (2025a, Februar 22). 2024 erstmals alle Grenzwerte zur Luftqualität eingehalten Weitere Anstrengungen bis 2030 erforderlich. Zugriff am 20.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/2024-erstmals-alle-grenzwerte-zur-luftqualitaet>
- UBA. (2025b, Juni 4). Sonnenkollektoren: Klimafreundlich dank regenerativer Energiequelle. Umweltbundesamt (UBA). Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/heizen-bauen/sonnenkollektoren-solarthermie#so-erzeugen-sie-warme-aus-sonnenenergie-fur-ihre-zuhause>

- Umweltbundesamt. (2019). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE - Studie. Dessau-Roßlau. Zugriff am 30.12.2019. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf
- Vajen, K. (2024, Oktober 8). Solare Nahwärme Bracht: Ein Dorf wird zukunftsfähig. Gehalten auf der Großwärmepumpen für Wärmenetze, Hannover. Zugriff am 25.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/Grosswaermepumpen-fuer-Waermenetze-4053>
- VDE. (2024, März 13). Das Energiesystem 2030. Zugriff am 16.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete>
- VDMA. (2025, Januar 15). Konsequente Nutzung von Klimaschutztechnologien. VDMA. Zugriff am 16.2.2025. Verfügbar unter: <https://vdma.org/viewer/-/v2article/render/138537311>
- Verbraucherzentrale. (2025). Die Entwicklung der Preise für Heiztechnik von 2020 bis 2024. Zugriff am 20.3.2025. Verfügbar unter: <https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/heizen/neue-heiztechnik/entwicklung-heiztechnikpreise/>
- Verbraucherzentrale Bundesverband. (2016). Fernwärme: Notwendige Reformen des Monopolssektors. Berlin. Zugriff am 20.3.2020. Verfügbar unter: <https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/Fernwaerme-Reformen-Monopolssektor-Positionspapier-vzbv-DMB-bne-2016-02-24.pdf>
- Verbraucherzentrale Bundesverband. (2025, März 12). Solarthermie: Solarenergie für Heizung und Warmwasser nutzen. Zugriff am 23.3.2025. Verfügbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/solarthermie-solarenergie-fuer-heizung-und-warmwasser-nutzen-5568>
- Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz. (2019). Bundesweite Verbraucherbefragung zum Thema Wärmepumpen. Mainz. Zugriff am 11.10.2019. Verfügbar unter: https://www.haus-tec.de/sites/default/files/2019-07/vz_waermepumpenbericht_2019.pdf
- Viessmann. (2025). Die wichtigsten Stationen der Viessmann Firmengeschichte. Zugriff am 14.6.2025. Verfügbar unter: <https://www.viessmann.family/de/wofuer-wir-stehen/unsere-herkunft.html>
- VKU. (2025). Wir treiben die Energiewende voran. VKU. Zugriff am 16.2.2025. Verfügbar unter: <https://www.vku.de/themen/energiewende/>
- Wagner-Solar. (2025). Ein Unternehmen geboren aus Leidenschaft und Überzeugung. Zugriff am 23.3.2025. Verfügbar unter: <https://wagner-solar.com/de/ueber-uns/firmengeschichte>
- Wenzel, B., Bruns, E., Adolf, M. & Ohlhorst, D. (2015). Erneuerbare Energien zur individuellen Wärme- und Kälteerzeugung. Zugriff am 16.3.2025. Verfügbar unter: https://www.google.de/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://i-ner.de/images/7/73/Innovationsbericht_EE-W%25C3%25A4rme_und_K%25C3%25A4lte.pdf&ved=2ahUKEwjD2b2Zt5GMAxWCRPED-HbzVDNAQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw1P5tJ8M9LXSPbRjM78JPiu
- WochederWärmepumpe. (2024). Infovortrag zur Wärmepumpe Fokus: Ein- und Zweifamilienhäuser Grundlagenpräsentation. Zugriff am 23.1.2025. Verfügbar unter: https://www.wocheder-waermepumpe.de/fileadmin/wdwp/Downloads/WdWp_Infovortrag-EZFH.pdf
- Zogg, M. (2010). Geschichte der Wärmepumpe 1973 bis heute. HK-Gebäudetechnik, (5), 18–22.
- Zoog, M. (2008). History of Heat Pumps Swiss Contributions and International Milestones. Oberburg: Swiss Federal Office of Energy SFOE. Zugriff am 27.3.2025. Verfügbar unter: https://www.zogg-engineering.ch/publi/iea_hpc08_zogg.pdf

Zühlsdorf, B. (2024). Annex 58. High-Temperature Heat Pumps. Final report. Zugriff am 5.3.2025. Verfügbar unter: <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/annex-58-high-temperature-heat-pumps-final-report/>