

Erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben

Empfehlungen zum Einsatz in Produktions- und
Dienstleistungsbetrieben

Wien, 2024

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autoren: Dipl.-Ing. Deyan Dimov, Mag. Dipl.-Ing. Konstantin Kulterer (Österreichische
Energieagentur)

Wien, 2024. Stand: 7. Mai 2024

Optionaler Disclaimer

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an eebetriebe@energyagency.at.

Inhalt

1 Einleitung	5
1.1 Motivation	5
1.2 Zielgruppe und Zweck.....	6
2 Empfehlungen zum Einsatz erneuerbarer Wärmesysteme	7
2.1 Empfehlungen zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung.....	7
2.2 Empfehlungen zur Prozesswärmebereitstellung.....	11
3 Wärmesysteme zur Nutzung der Umgebungswärme	17
3.1 Außenluft-Wärmepumpe	17
3.2 Erdreich-Wärmepumpen	18
3.3 Grundwasser-Wärmepumpen	19
3.4 Tiefengeothermische Anlagen.....	20
4 Wärmesysteme zur Abwärmenutzung	21
4.1 Direkte Abwärmenutzung mittels Wärmetauscher	21
4.2 Absorptionswärmepumpe	22
4.3 Hochtemperatur- und Industrierärmepumpe.....	22
4.4 Mechanische Brüdenverdichtung.....	23
5 Strombasierte Wärmesysteme und Brennstoffe.....	24
5.1 Elektro-Durchlauferhitzer	24
5.2 Elektrokessel	24
5.3 Elektrodenkessel.....	25
5.4 Elektrischer Thermoölkessel.....	25
5.5 Elektrischer Industrieofen	26
5.6 Erneuerbarer Wasserstoff	27
5.7 Synthetisches Gas/Methan.....	28
6 Wärmesysteme auf Basis biogener Brennstoffe	29
6.1 Biomassekessel und -öfen	29
6.2 Blockheizkraftwerk	30
6.3 Thermoölkessel.....	30
6.4 Biogas.....	31
6.5 Biomasse	32
6.6 Holzgas.....	32
6.7 Biomethan.....	33
7 Nah- und Fernwärme.....	34

8 Solarwärme.....	35
8.1 Luftkollektoren.....	35
8.2 Flachkollektoren	36
8.3 Vakuumröhrenkollektoren	36
9 Wärmespeicher	37
9.1 Wasserspeicher.....	37
9.2 Dampfspeicher.....	37
9.3 Eisspeicher	38
9.4 Sandspeicher.....	39
9.5 Betonspeicher.....	39
9.6 Steinspeicher	40
10 Wärmeabgabesystem.....	41
10.1 Radiatoren.....	41
10.2 Flächenheizung und -kühlung.....	42
10.3 Luftheizung und -kühlung	43
11 Über klimaaktiv	44
Kontakt	44
Tabellenverzeichnis.....	45
Abbildungsverzeichnis.....	46
Literaturverzeichnis	47

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Europäische Union hat sich zum Ziel gesetzt, klimaschädigende Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990 zu senken. Bis 2050 soll die Union „klimaneutral“ werden. Im Februar 2024 hat die EU-Kommission einen neuen Vorschlag für ein Zwischenziel 2040 gemacht: Die Nettotreibhausgasemissionen in der EU sollen bis 2040 um 90 % gegenüber dem Stand von 1990 gesenkt werden. Die Bundesregierung hat sich dazu bekannt, die Klimaneutralität für Österreich bereits bis 2040 zu erreichen. Die technologischen Möglichkeiten für diese Herausforderung liegen auf dem Tisch.

Viele Betriebe beginnen nun mit der Umstellung ihrer Wärmeversorgung, die aktuell in vielen Fällen noch durch Erdgas erfolgt. Um den Ersatz der fossilen Energieträger zu gewährleisten, sind alle Arten von erneuerbaren Energieträgern und eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien notwendig. Dabei sind verschiedene Faktoren zu beachten, z. B. die langfristige Verfügbarkeit der erneuerbaren Brennstoffe, die Kosten und die technischen Herausforderungen bei der Umsetzung.

In Produktionsbetrieben herrschen aufgrund unterschiedlicher Anforderungen an Temperaturniveaus und unter Berücksichtigung von vorhandenen Abwärmepotenzialen oft komplexe Ausgangssituationen. Es muss daher für jeden Standort geprüft werden, welche Lösungen für die Gegebenheiten vor Ort geeignet sind. Eine Energieberatung beziehungsweise ein Energieaudit in diesem Bereich ist in jedem Fall hilfreich. Die „Empfehlungen für erneuerbare Wärmesysteme“ dieses klima**aktiv**-Leitfadens dienen als Grundlage für den Entscheidungsprozess und zeigen die unterschiedlichen Möglichkeiten und Einsatzbereiche auf. Angebote zu einschlägigen Weiterbildungen finden Sie im klima**aktiv**-Programm Betriebe.

In die Empfehlungen sind neben projektspezifischen Anforderungen wie den benötigten Temperaturen auch gesamtsystemische Aspekte eingeflossen. Beispielsweise wird davon ausgegangen, dass erneuerbare Brennstoffe wie Biomasse und Wasserstoff nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Die Empfehlungen werden demnach in den nächsten Jahren auf Basis der Entwicklungen laufend angepasst.

1.2 Zielgruppe und Zweck

Dieser Leitfaden unterstützt Betriebe im Bereich Industrie und Gewerbe dabei, effizientere und regenerative Wärmesysteme zur Erzeugung von Raumwärme, Warmwasser und Bereitstellung von Prozesswärme einzusetzen. Er gibt einen umfassenden Überblick, welche Technologien mit dem aktuellen Stand der Technik in Österreich verfügbar und für die notwendigen Temperaturbereiche zu empfehlen sind.

Die Technologien werden anhand von möglichen Einsatztemperaturen dargestellt und beschrieben und es werden die wichtigsten Vor- und Nachteile erläutert.

Die Zielgruppe des Leitfadens sind Entscheidungsträger:innen in Produktions- und Dienstleistungsbetrieben, z. B. Geschäftsführer:innen, Energiemanager:innen, Energieberater:innen und Planer:innen. Der Leitfaden gibt einen guten Überblick, liefert aber keine konkreten Hinweise zur Auslegung der Anlagen und spezifischen Verschaltungen.

2 Empfehlungen zum Einsatz erneuerbarer Wärmesysteme

Dieses Kapitel beschreibt anhand von Grafiken und den dazugehörigen Tabellen, für welche Vorlauf- und Prozesswärmemetemperaturen die verschiedenen Technologien zur Wärmebereitstellung und -speicherung empfohlen werden. Die eingeführten Wärmesysteme werden im nächsten Kapitel, aufgeteilt nach Hauptenergiequellen, ausführlich beschrieben und erörtert. Die Tabellen sind komplementär zu den Grafiken und bieten die gleiche Information in einem barrierefreien Format.

Der Schwerpunkt liegt auf Technologien, die fossile Energieträger ersetzen können. Wärmesysteme auf Basis fossiler Energieträger wie Öl, Kohle und Gas sind daher ausgeschlossen. Eine Ausnahme bilden aktuell noch Fernwärmesysteme, die bereits einen Umstiegsplan erstellt haben. Die Temperaturbereiche sind Empfehlungen und nicht mit den technischen Möglichkeiten ident. Beispielsweise kann theoretisch Wasserstoff für niedrige Temperaturbereiche eingesetzt werden, dies wird aber aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit nicht empfohlen. Ähnliches gilt etwa für Biomasse zum Einsatz für Raumwärme im unteren Temperaturbereich.

2.1 Empfehlungen zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung

Die dargestellten Wärmeabgabesysteme in Abbildung 1 repräsentieren die gängigsten Systeme, die in Betriebsgebäuden (Bürogebäude, Produktionshallen etc.) zu finden sind. Dabei erfolgt eine farbliche Unterscheidung zwischen luft- und wasserbasierten Wärmeübertragungsarten. Die Vorlauftemperatur hängt unter anderem von der thermischen Qualität des Gebäudes ab. Je besser ein Gebäude thermisch isoliert ist beziehungsweise je niedriger der Wärme- und der Kältebedarf sind und je größer die Fläche zur Wärmeübertragung ist, desto niedrigerer ist die erforderliche Vorlauftemperatur und desto effizienter und sparsamer funktioniert das Wärmesystem.

Abbildung 1: Übliche Vorlauftemperatur für Wärmeabgabesysteme für Raumwärme

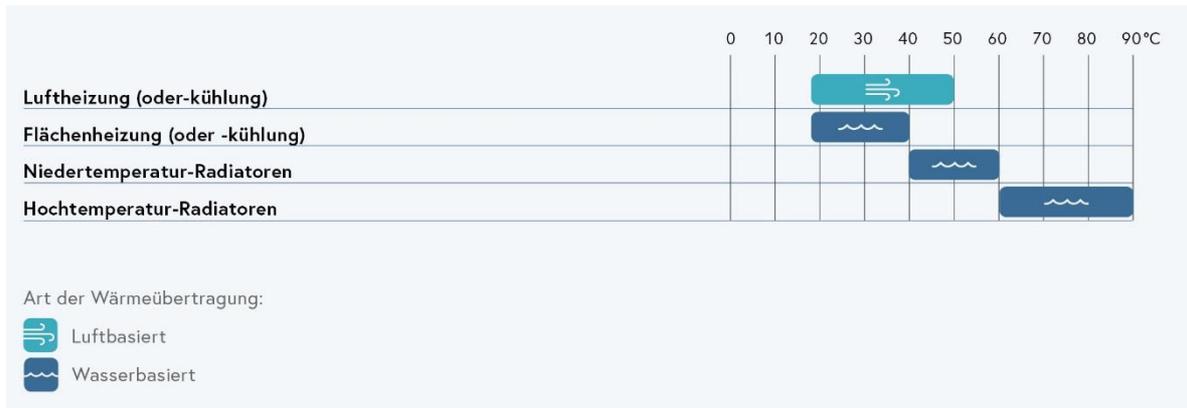


Tabelle 1: Übliche Vorlauftemperatur für Wärmeabgabesysteme für Raumwärme

Wärmeabgabesysteme	Vorlauftemperatur	Wärmeträger
Luftheizung (oder -kühlung)	18–50 °C	Luft
Flächenheizung (oder -kühlung)	18–40 °C	Wasser
Niedertemperatur-Radiatoren	40–60 °C	Wasser
Hochtemperatur-Radiatoren	60–90 °C	Wasser

In Abbildung 2 werden die erreichbaren Vorlauftemperaturen der jeweiligen Wärmesysteme auf der Erzeugerseite dargestellt. Diese Wärmesysteme werden mit den in Abbildung 1 angeführten Wärmeabgabesystemen kombiniert, die die erforderlichen Temperaturen bereitstellen. Die Wärmetechnologien sind nach ihrer Hauptenergiequelle, zum Beispiel Umgebungswärme, Abwärme, Strom, Bioenergie etc., geordnet. Zudem wird die Möglichkeit der Wärmespeicherung angeführt, die eine effiziente Nutzung gewährleistet, indem sie Wärmeerzeugung und -nachfrage zeitlich voneinander entkoppelt.

Abbildung 2: Empfohlene Vorlauftemperatur für erneuerbare Wärmesysteme für Raumwärme und Warmwasser in Betrieben

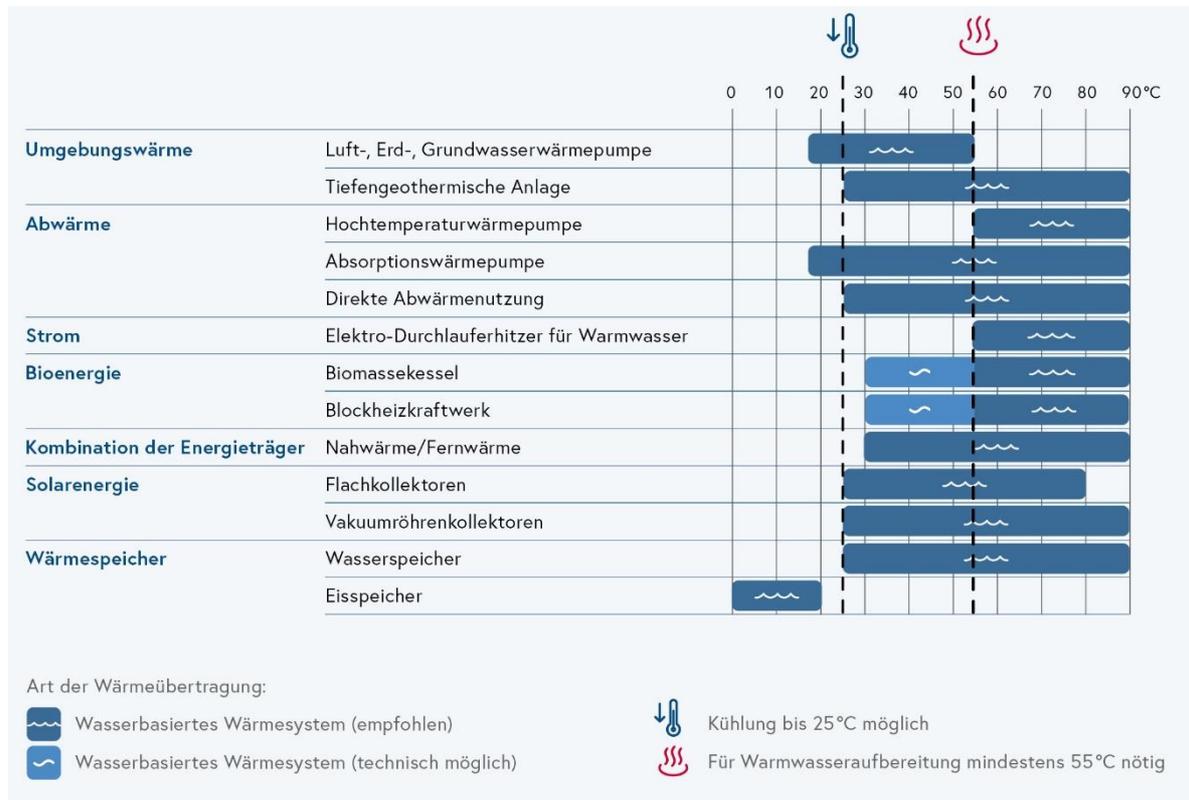


Tabelle 2: Empfohlene Vorlauftemperatur für erneuerbare Wärmesysteme für Raumwärme und Warmwasser in Betrieben

Hauptenergiequelle/ Speicher	Wärmesysteme	Empfohlene Vorlauftemperatur	Wärmeträger
Umgebungswärme	Luft-, Erdreich-, Grundwasser- Wärmepumpe	18–55 °C	Wasser
	Tiefengeothermische Anlage	25–90 °C	Wasser
Abwärme	Hochtemperatur-Wärmepumpe	55–90 °C	Wasser
	Absorptionswärmepumpe	18–90 °C	Wasser
	Direkte Abwärmenutzung	25–90 °C	Wasser
Strom	Elektro-Durchlauferhitzer für Warmwasser	55–90 °C	Wasser
Bioenergie	Biomassekessel	55–90 °C	Wasser
	Blockheizkraftwerk	55–90 °C	Wasser

Hauptenergiequelle/ Speicher	Wärmesysteme	Empfohlene Vorlauftemperatur	Wärmeträger
Kombination der Energieträger	Nahwärme/Fernwärme qualitätsgesichert	30–90 °C	Wasser
Solarenergie	Flachkollektoren	25–80 °C	Wasser
	Vakuümrohrenkollektoren	25–90 °C	Wasser
Wärmespeicher	Wasserspeicher	25–90 °C	Wasser
	Eisspeicher	0–20 °C	Wasser

Information zu den Wärmesystemen für Raumwärme und Warmwasser

- Bis 25 °C ist Kühlung möglich.
- Mindestens 55 °C ist für Warmwasserbereitung nötig.
- Bei Bioenergie ist auch eine Vorlauftemperatur von 30 bis 55 °C technisch möglich.
- Der Betrieb von Luft-, Erdreich-, Grundwasser- und Hochtemperatur-Wärmepumpen ist in Kombination mit PV-Anlagen zu empfehlen.
- Elektroheizung: Für Räume mit kurzfristigem Aufenthalt und für einzelne Arbeitsplätze (zum Beispiel in Hallen) stehen Infrarotheizungen zur Verfügung.
- „Qualitätsgesicherte Fernwärme“ wird gemäß Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWG) definiert.

2.2 Empfehlungen zur Prozesswärmebereitstellung

Abbildung 3 zeigt verschiedene industrielle Prozesse im Nieder- und Hochtemperaturbereich mit typischen Prozesstemperaturen. Sie dient zur Orientierung und bietet einen groben Überblick, welche Temperaturanforderungen in den jeweiligen Industriebereichen von den Wärmesystemen und Brennstoffen erfüllt werden müssen.

Abbildung 3: Beispiele für Temperaturbereiche industrieller Prozesse

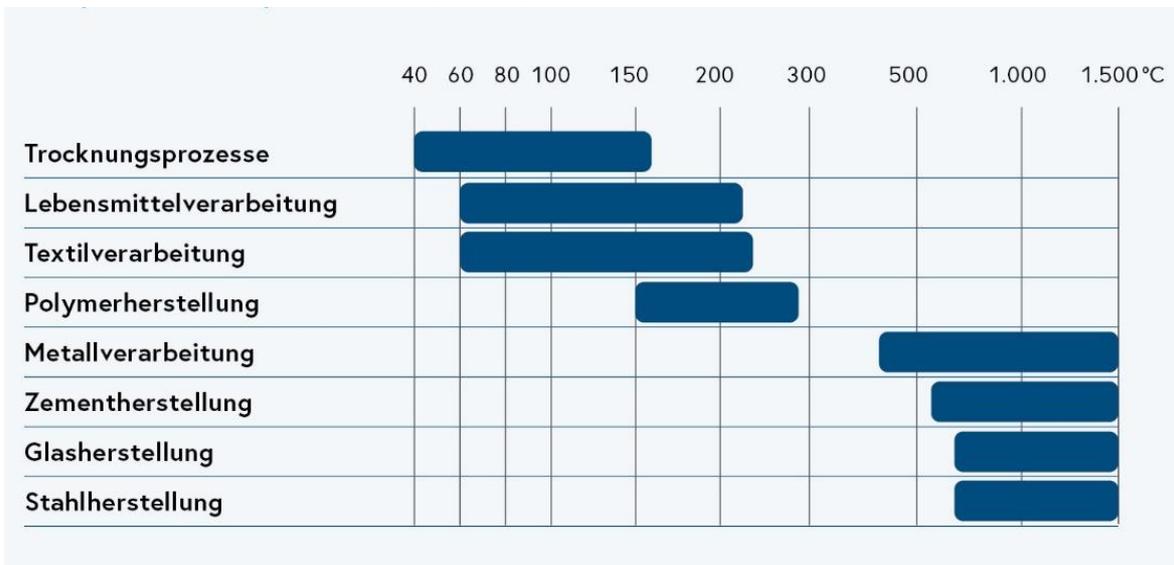


Tabelle 3: Beispiele für Temperaturbereiche industrieller Prozesse

Industrielle Prozesse	Temperaturbereiche
Trocknungsprozesse	40–160 °C
Lebensmittelverarbeitung	60–230 °C
Textilverarbeitung	60–240 °C
Polymerherstellung	150–280 °C
Metallverarbeitung	450–1.500 °C
Zementherstellung	600–1.500 °C
Glasherstellung	700–1.500 °C
Stahlherstellung	700–1.500 °C

Ähnlich wie in der Grafik zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung werden die Wärmesysteme für Prozesswärme nach ihrer Hauptenergiequelle geordnet. Die Wärmeübertragung im Niedertemperaturbereich (bis 200 °C) erfolgt entweder durch wasserbasierte Systeme (Warm-, Heiß- oder Prozessdampf) oder durch Luft. Im Hochtemperaturbereich (ab 200°C) wird Thermoöl aufgrund seiner besseren Wärmeübertragungseigenschaften im Vergleich zu Wasser verwendet. Alternativ können auch verschiedene Brennstoffe direkt thermisch verwertet werden, um Prozesswärme von mehr als 200°C zu gewinnen.

Abbildung 4: Empfohlene Prozesszufuhrtemperatur für erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben

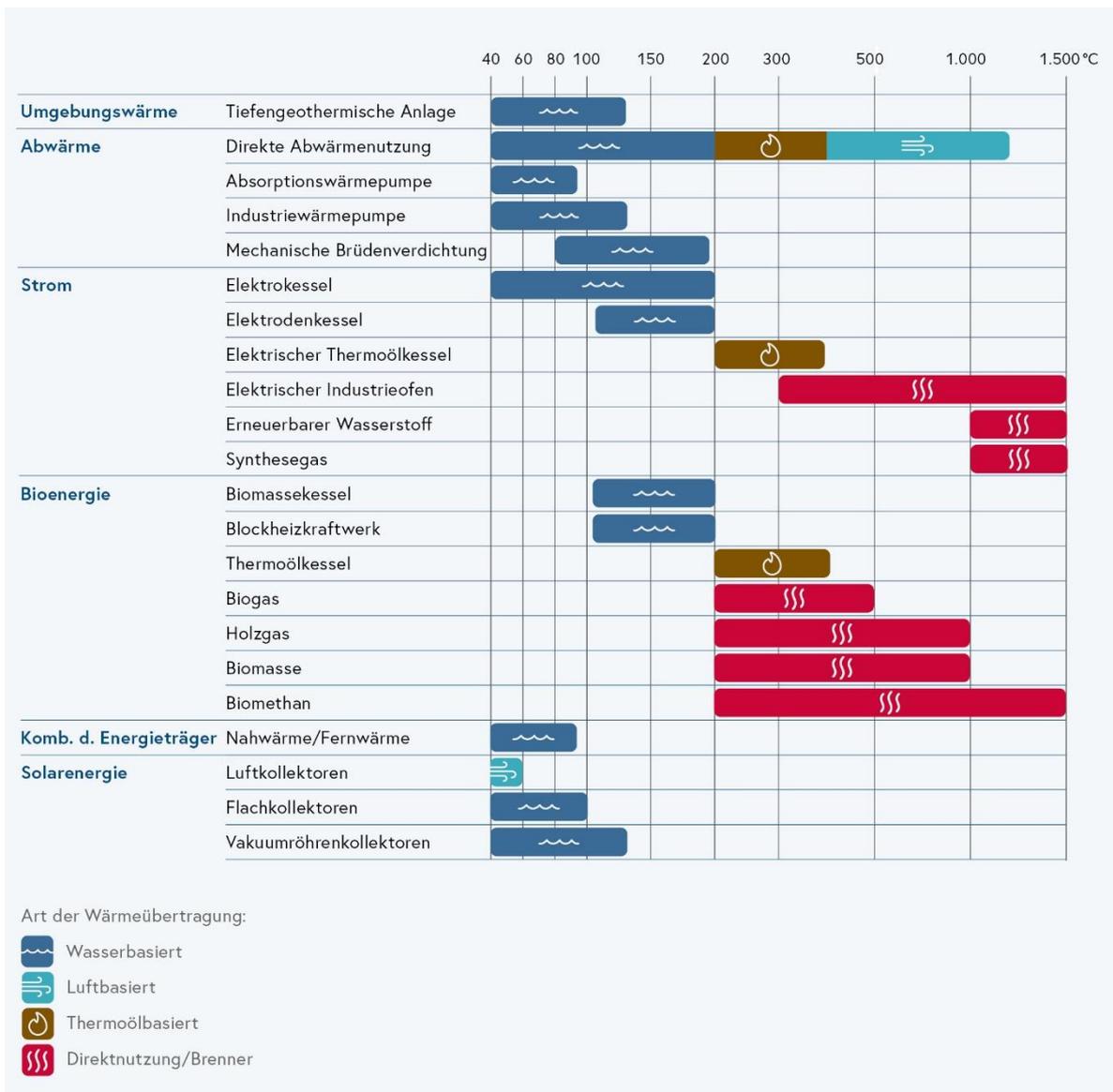


Tabelle 4: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben

Hauptenergiequelle	Wärmesysteme	Empfohlene Prozesszufuhr-temperatur	Wärmeträger
Umgebungswärme	Tiefengeothermische Anlage	40–130 °C	Wasser
Abwärme	Direkte Abwärmenutzung	40–200 °C	Wasser
	Direkte Abwärmenutzung	200–400 °C	Thermoöl
	Direkte Abwärmenutzung	400–1.200 °C	Luft
	Absorptionswärmepumpe	40–90 °C	Wasser
	Industriewärmepumpe	40–130 °C	Wasser
	Mechanische Brüdenverdichtung	80–190 °C	Wasser
Strom	Elektrokessel	40–200 °C	Wasser
	Elektrodenkessel	110–200 °C	Wasser
	Elektrischer Thermoölkessel	200–400 °C	Thermoöl
	Elektrischer Industrieofen	300–1.500 °C	Direktnutzung
	Erneuerbarer Wasserstoff	1.000–1.500 °C	Direktnutzung/Brenner
	Synthesegas	1.000–1.500 °C	Direktnutzung/Brenner
Bioenergie	Biomassekessel	110–200 °C	Wasser
	Blockheizkraftwerk	110–200 °C	Wasser
	Biogas	200–500 °C	Direktnutzung/Brenner
	Holzgas	200–1.000 °C	Direktnutzung/Brenner
	Biomasse	200–1.000 °C	Direktnutzung
	Biomethan	200–1.500 °C	Direktnutzung/Brenner
Kombination der Energieträger	Nahwärme/Fernwärme qualitätsgesichert	40–90 °C	Wasser
Solarenergie	Luftkollektoren	40–60 °C	Luft
	Flachkollektoren	40–100 °C	Wasser
	Vakuumröhrenkollektoren	40–130 °C	Wasser

Information zu den Wärmesystemen für Prozesswärme

- Mit Stand 2023 sind erneuerbarer Wasserstoff und Synthesegas nicht in ausreichender Menge vorhanden.
- „Qualitätsgesicherte Fernwärme“ wird gemäß Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWG) definiert.

Zur zeitlichen Entkopplung zwischen der Erzeugung der Wärme und deren Verbrauch im Produktionsprozess können Wärmespeicher eingesetzt werden. Abbildung 5 bietet einen Überblick über die möglichen Technologien, die im Bereich der Prozesswärme verwendet werden können.

Abbildung 5: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für Wärmespeicher in Betrieben

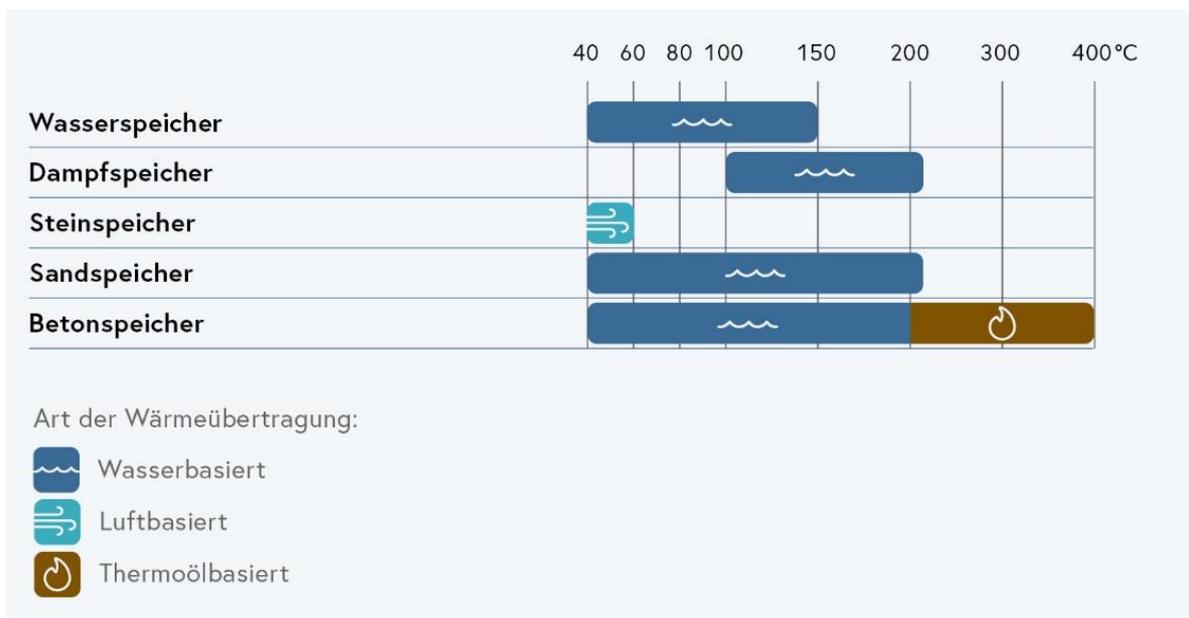


Tabelle 5: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für Wärmespeicher in Betrieben

Wärmespeicher	Empfohlene Vorlauftemperatur	Wärmeträger
Wasserspeicher	40–150 °C	Wasser
Dampfspeicher	100–210 °C	Wasser
Steinspeicher	40–60 °C	Luft
Sandspeicher	40–210 °C	Wasser
Betonspeicher	40–200 °C	Wasser
	200–400 °C	Thermoöl

Abbildung 6 stellt die Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Wärmeträger nach Einsatztemperatur dar. Die entsprechenden Temperaturniveaus werden mittels des jeweiligen Wärmesystems in Abbildung 4 bereitgestellt.

Abbildung 6: Einsatztemperaturen unterschiedlicher Nutzungsmöglichkeiten für Prozesswärme

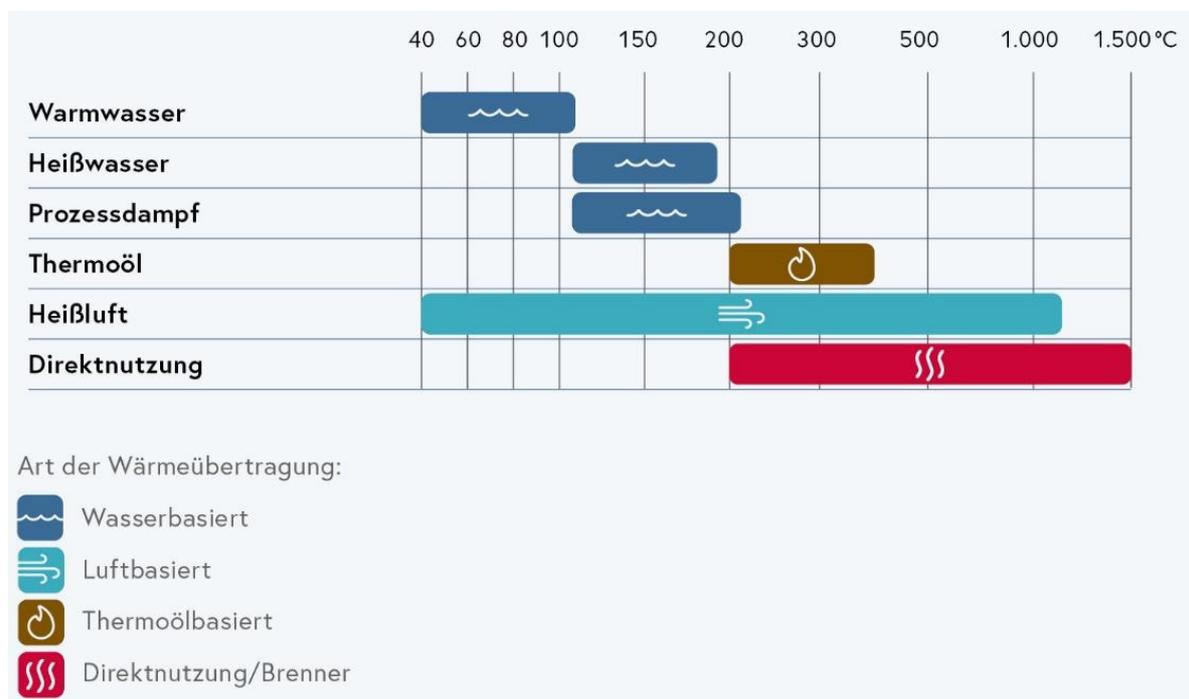


Tabelle 6: Einsatztemperaturen unterschiedlicher Nutzungsmöglichkeiten für Prozesswärme

Nutzungsmöglichkeit	Vorlauftemperatur
Warmwasser	40–110 °C
Heißwasser	110–180 °C
Prozessdampf	110–210 °C
Thermoöl	200–400 °C
Heißluft	40–1.200 °C
Direktnutzung	200–1.500 °C

3 Wärmesysteme zur Nutzung der Umgebungswärme

3.1 Außenluft-Wärmepumpe

Außenluft-Wärmepumpen entziehen der Außenluft Wärmeenergie und nutzen diese zur Erwärmung oder Kühlung von Gebäuden. Sie gewinnen den größten Anteil der benötigten Energie aus der Umgebungsluft. Außenluft-Wärmepumpen zeichnen sich durch einen geringen technischen Aufwand beim Erschließen der Wärmequelle, einen geringen Wartungsaufwand und niedrige Investitionskosten im Vergleich zu anderen Wärmepumpenarten aus. Aufgrund saisonal schwankender Temperaturen der Außenluft ist ein bivalenter Betrieb empfehlenswert, das heißt, für die kältesten Tage im Jahr wird ein zusätzlicher Wärmeerzeuger in Kombination mit der Wärmepumpe verwendet. Eine Möglichkeit, den externen Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe zu senken, besteht darin, sie mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren (Glaesmann, 2022), (Zahoransky, 2022).

Im Allgemeinen ist eine Wärmepumpe ökonomisch und ökologisch sinnvoll, wenn die Jahresarbeitszahl (JAZ) beziehungsweise der Seasonal Coefficient of Performance (SCOP)-Wert mindestens 3 beträgt und die jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz (ETAs oder η_s) bei mindestens 125 % liegt. Außenluft-Wärmepumpen erreichen eine JAZ zwischen 3 und 4. Um eine Förderung für betriebliche Wärmepumpen mit einer Leistung von mehr als 100 kW_{th} von der Umweltförderung Inland (Stand 2024) zu erhalten, ist eine JAZ von mindestens 3,8 erforderlich. Je höher die Vorlauftemperatur ist, desto mehr elektrischer Strom wird zusätzlich zur kostenlosen Umweltenergie benötigt. Die Wärmepumpen für die Raumwärme funktionieren daher am effizientesten, wenn die Wärmeabgabe durch eine Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung sowie Niedertemperatur-Radiatoren erfolgt.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 55 °C
- Leistung: bis 450 kW
- Investitionskosten: 400 bis 1.100 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 20 bis 100 kW, 250 bis 400 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 100 bis 200 kW (eigene Recherche)

3.2 Erdreich-Wärmepumpen

Erdreich-Wärmepumpen entziehen dem Erdreich Wärmeenergie mittels großflächig horizontal verlegter Erdkollektoren oder vertikal in die Erde eingebrachter Erdsonden, in denen Sole als Wärmeträgermedium zirkuliert. Die Effizienz dieser Wärmepumpenart ist sehr hoch, da das Erdreich bis zu einer Tiefe von 50 m eine relativ hohe konstante Temperatur von 10 bis 12°C aufweist. Während des Betriebs der Erdkollektoren oder –sonden, variiert die Bodentemperatur. Erdreich-Wärmepumpen zeichnen sich durch bessere Leistungszahlen, geringere Schallemission sowie weniger Platzbedarf im Vergleich zu Außenluft-Wärmepumpen aus. Eine Möglichkeit, den externen Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe zu senken, besteht darin, sie mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren (Glaesmann, 2022).

Es ist empfehlenswert die Erdreich-Wärmepumpe im Sommer für die Kühlung zu nutzen, um eine bessere Regeneration des Erdreichs zu gewährleisten. Die richtige Dimensionierung des Systems ist eine wichtige Voraussetzung, um eine Vereisung des Erdreichs zu vermeiden. Der größte Teil der Anschaffungskosten entsteht durch die Bohrungen. Für die Erschließung der Wärmepumpe sind Genehmigungen von den entsprechenden Behörden einzuholen (Glaesmann, 2022).

Im Allgemeinen ist eine Wärmepumpe ökonomisch und ökologisch sinnvoll, wenn die JAZ beziehungsweise der SCOP-Wert mindestens 3 beträgt und die jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz (ETAs oder η_s) bei mindestens 125 % liegt. Erdreich-Wärmepumpen erreichen eine JAZ zwischen 4 und 5. Um eine Förderung für betriebliche Wärmepumpen mit einer Leistung von mehr als 100 kW_{th} von der Umweltförderung Inland (Stand 2024) zu erhalten, ist eine JAZ von mindestens 3,8 erforderlich. Je höher die Vorlauftemperatur ist, desto mehr elektrischer Strom wird zusätzlich zur kostenlosen Umweltenergie benötigt. Die Wärmepumpen für die Raumwärme funktionieren daher am effizientesten, wenn die Wärmeabgabe durch eine Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung sowie Niedertemperatur-Radiatoren erfolgt.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 55 °C
- Leistung: bis 2.000 kW
- Investitionskosten: 400 bis 1.000 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 20 bis 100 kW;
200 bis 400 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 100 bis 300 kW;
50 bis 70 €/lfm für Erdsonden (eigene Recherche)

3.3 Grundwasser-Wärmepumpen

Grundwasser-Wärmepumpen nutzen die Wärmeenergie des Grundwassers. Mittels einer Pumpe wird Wasser aus dem Förderbrunnen abgesaugt, durch die Wärmepumpe geleitet und in einen anderen Brunnen zurückgeführt. Aufgrund der relativ konstanten Temperaturen des Grundwassers (7 bis 12 °C) über das Jahr erreichen diese Wärmepumpen auch die höchsten Leistungszahlen beziehungsweise die höchste Effizienz im Vergleich zu anderen Wärmepumpen. Eine Möglichkeit, den externen Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe zu senken, besteht darin, sie mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren. Grundwasser-Wärmepumpen erreichen eine JAZ zwischen 4 und 6. Um eine Förderung für betriebliche Wärmepumpen mit einer Leistung von mehr als 100 kW_{th} von der Umweltförderung Inland (Stand 2024) zu erhalten, ist eine JAZ von mindestens 3,8 erforderlich. Je höher die Vorlauftemperatur ist, desto mehr elektrischer Strom wird zusätzlich zur kostenlosen Umweltenergie benötigt.

Beim Erschließen des Grundwassers ist zu beachten, dass dieses den Qualitätsanforderungen entspricht, sodass keine Korrosion im Wärmetauscher oder Verockerung des Schluckbrunnens entsteht. Die Errichtung eines solchen Systems ist genehmigungspflichtig.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 55 °C
- Leistung: bis 2.000 kW
- Investitionskosten: 500 bis 1.000 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 20 bis 100 kW; 250 bis 500 €/kW_{th} im Leistungsbereich von 100 bis 300 kW; Bohrungskosten sind standortspezifisch (eigene Recherche)

3.4 Tiefengeothermische Anlagen

Als Erdwärme bezeichnet man die unterhalb der festen Erdoberfläche in Gesteins- und Erdschichten sowie in unterirdischen Wasserreservoirs gespeicherte Wärmeenergie. Tiefengeothermische Anlagen nutzen die Wärme aus einer Tiefe von etwa 1.500 bis 5.000 m mit Temperaturen über 60 °C. Dabei wird heißes Wasser aus dem Brunnen gepumpt. Die Wärmeenergie wird dem Wasser über einen Wärmetauscher entzogen und das Wasser wird wieder in den Untergrund zurückgeführt, wobei die Reinjektionstemperatur den behördlichen Vorgaben entsprechen muss. In Österreich liegen die höchsten Temperaturen der derzeit genutzten Thermalquelle aufgrund der geologischen Rahmenbedingungen bei 130 °C (Bauer, Lutter, Warmuth, Haslinger, & Götzl, 2022).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C (Raumwärme), bis 130 °C (Prozesswärme)
- Leistung: standortabhängig
- Investitionskosten: standortabhängig

4 Wärmesysteme zur Abwärmenutzung

4.1 Direkte Abwärmenutzung mittels Wärmetauscher

Die Abwärme aus einem industriellen Prozess kann direkt für einen anderen Prozess oder einen Raum genutzt werden, indem sie über einen Wärmetauscher (WT) von einem Medium auf ein anderes übertragen wird. Das können etwa flüssige und gasförmige Medien sowohl im niedrigen Temperaturbereich (z. B. warmes Abwasser zur Erwärmung von kaltem Wasser) als auch im hohen Temperaturbereich (z. B. Prozessabluft zur Vorwärmung der Prozessluft) sein. Typische Abwärmequellen sind Druckluftanlagen, Trocknungsanlagen, Kälteanlagen, Maschinen- und Werkzeugkühlung, Abgase bei Verbrennungsanlagen, Prozessabluft aus Produktionsmaschinen. Der übertragbare Wärmestrom variiert mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten des Wärmetauschers, der Größe der Wärmeübertragungsfläche und der mittleren Temperaturdifferenz zwischen den beiden Medien. Anhand ihrer Bau- und Funktionsweise werden verschiedene Arten von Wärmetauschern unterschieden: Rohrbündel-, Platten-, Lamellenwärmetauscher, regenerative Wärmetauscher et cetera. Im Bereich der Raumkühlung (Klimatisierung) kann das Prinzip der adiabaten Kühlung angewandt werden, dabei wird zum Beispiel die in einer Halle generierte Abwärme durch Verdunstung des Wassers in Kälte umgewandelt (Hirzel, Sontag, & Rohde, 2014).

Der Vorteil der direkten Abwärmenutzung ist, dass sie zu einer deutlichen Reduktion der Energiekosten beiträgt, da die Abwärme sonst ungenutzt verloren gehen würde. Zudem ist die Methode relativ einfach umzusetzen und erfordert keine aufwendige Infrastruktur. Ein Nachteil kann jedoch sein, dass die verfügbare Abwärme möglicherweise nicht ausreicht, um den gesamten Wärmebedarf zu decken (Kulterer & Mair am Trinkhof, 2022).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 150 °C (Platten-WT), bis 300 °C (Rohrbündel-WT), bis 900°C (Lamellen-WT), bis 1.200°C (regenerative WT)
- Leistung: bis 0,9 MWth (Lamellen-WT), bis 20 MWth (Rohrbündel-WT), bis 140 MWth (regenerative WT), bis 400 MWth (Platten-WT)
- Investitionskosten: keine Angabe

4.2 Absorptionswärmepumpe

Absorptionswärmepumpen funktionieren, anders als Kompressionswärmepumpen (wie die vorher genannten Außenluft-, Erdreich- und Grundwasser-Wärmepumpen), nicht durch eine mechanische Verdichtung des Kältemittels, sondern durch Absorptions- und Desorptionsprozesse. Ihre Funktion basiert auf einem Kreislauf, bei dem ein Kältemittel verdampft, von einem Sorptionsmittel aufgenommen und wieder ausgetrieben wird. Für Absorptionswärmepumpen werden die Abwärme aus industriellen Prozessen sowie auch die Geothermie als Wärmequellen verwendet (Bundesverband Geothermie, 2020).

Im Vergleich zu Kompressionswärmepumpen haben Absorptionswärmepumpen eine niedrigere Effizienz mit COP-Werten von 1,3 bis 1,6 (Außenluft-Wärmepumpen etwa haben einen COP-Wert von 3 bis 4) (Kulterer & Mair am Trinkhof, 2022). Sie arbeiten aufgrund ihrer speziellen Bauweise nicht nur mit Niedertemperatursystemen wie Flächenheizungen, sondern auch mit Systemen mit hohen Vorlauftemperaturen wie Heizkörper.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C
- Leistung: bis 20 MW_{th}
- Investitionskosten: 350 bis 800 €/kW_{th} (Arnitz, Rieberer, & Wilk, 2019)

4.3 Hochtemperatur- und Industrierwärmepumpe

Die Abwärme aus industriellen Prozessen im Niedertemperaturbereich kann mit einer Wärmepumpe effizient verwertet werden. Industrierwärmepumpen werden am häufigsten zur Beheizung von Gebäuden, zur Einspeisung von Wärme in Fernwärmenetze oder zur Bereitstellung nutzbarer Prozesswärme eingesetzt. Mögliche Wärmequellen sind Kühlprozesse, Kältemaschinen, Druckluftanlagen und Rauchgaskondensationsanlagen. Bei Industrierwärmepumpen verwendet man Kältemittel mit einem höheren Siedepunkt, um Temperaturen über 100 °C bereitstellen zu können (Arnitz, Rieberer, & Wilk, 2019).

Einige Kriterien, die die Nutzung dieser Wärmepumpen begünstigen, sind beispielsweise eine gleichmäßige Wärmequellentemperatur, Wärmeströme im Bereich von 70 °C und darüber, die gekühlt werden müssen, sowie Wärmeströme, die von Umgebungstemperatur auf 70 °C bis 130 °C erwärmt werden müssen. Allerdings sollte der Temperaturhub bezogen auf die Prozessmedien 50 K nicht überschreiten und eine

zeitliche Übereinstimmung der Wärmequellen und -senken gegeben sein (Wilk, Fleckl, Arnitz, & Rieberer, 2019).

Industriewärmepumpen sind besonders für Unternehmen und Produktionsstätten relevant, die viel Abwärme erzeugen, die sonst ungenutzt bleiben würde. Die Technologie ist flexibel einsetzbar und kann an die spezifischen Anforderungen eines Betriebes angepasst werden.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C (Raumwärme), bis 130 °C (Prozesswärme)
- Leistung: bis 20 MW_{th}
- Investitionskosten: 250 bis 700 €/kW_{th} (Arnitz, Rieberer, & Wilk, 2019)

4.4 Mechanische Brüdenverdichtung

Die mechanische Brüdenverdichtung ermöglicht das Eindampfen von Flüssigkeiten im geschlossenen Prozess. Hier wird der in industriellen Prozessen entstehende Dampf (Brüden) eines Verdampfers oder der Dampf, der durch Kompressionswärmepumpen oder erneuerbare Energieträger auf niedrigem Druckniveau erzeugt wird, mit einem Radialventilator oder einem Kompressor verdichtet und damit auf ein höheres Temperaturniveau gehoben. Anschließend wird der Dampf dem Prozess als frischer Heizdampf wieder zugeführt. Anwendungsgebiete sind: Verdampfung, Destillation, Kochen, Kristallisation, Stripping und Trocknung in der Chemie-, Papier- und Nahrungsmittelindustrie (Kulterer & Mair am Trinkhof, 2022). Durch Brüdenverdichter kann die gesamte Brüdenmenge effizient weiterverwendet werden. Nachteilig dabei ist der z. B. im Vergleich zur Wärmerückgewinnung hohe Bedarf an elektrischer Energie für den Betrieb. Zudem erfordert die Wartung beweglicher Teile zusätzlichen Aufwand. Um einen signifikanten Energieeinspareffekt zu erzielen, ist es notwendig, auf niedrige Temperaturhübe zu achten, da dann die COP-Werte besonders hoch sind.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 80 bis 190 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: 135 bis 450 €/kW_{th} (Kulterer & Mair am Trinkhof, 2022)

5 Strombasierte Wärmesysteme und Brennstoffe

5.1 Elektro-Durchlauferhitzer

Durchlauferhitzer sind geschlossene Geräte mit einem druckfesten Innenbehälter, die für die Erzeugung von Warmwasser oder die Erwärmung gasförmiger strömender Medien verwendet werden. Die erzeugte Wassermenge hängt dabei von der Heizleistung des Durchlauferhitzers ab. Diese Geräte zeichnen sich durch ihre schnelle Reaktionszeit und hohe Energieeffizienz aus, insbesondere, wenn Warmwasser zu bestimmten Zeitpunkten benötigt wird. Darüber hinaus sind Durchlauferhitzer platzsparend und können in kleinen Räumen installiert werden. Sie erfordern zudem minimale Wartung und ermöglichen eine leichte Anpassung an die individuellen Bedürfnisse und die gewünschte Wassertemperatur (heizsystems GmbH, 2023).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 55 bis 90 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

5.2 Elektrokessel

Elektrokessel können flüssige Medien direkt und präzise beheizen, indem elektrische Energie in Heizstäben in Wärmeenergie umgewandelt wird. Diese wird dann an das Wasser oder andere Medien abgegeben. Dadurch kann das beheizte Wärmeträgermedium mit einem sehr hohen Wirkungsgrad erwärmt werden und hohe Temperaturen erreichen. Die Leistung von Elektrokesseln reicht von der Bereitstellung von Warmwasser in Haushalten bis zur Heißwasser- oder Dampferzeugung in der Industrie. Elektrokessel erfordern einen Niederspannungsanschluss (400 bis 690 V) (Hindsgaul, Hulgaard, & Houbak, 2018). Um die beste Leistung und Effizienz zu erzielen, ist es entscheidend, die Konstruktion individuell auf die Randbedingungen wie der Art und Eigenschaften des jeweiligen Mediums, des Drucks und der Temperatur sowie der gewünschten Betriebspunkte im Prozess abzustimmen. Im Vergleich zu Industrierärmepumpen ist der Wirkungsgrad niedriger (diese benötigen allerdings eine

Wärmequelle, z. B. Abwärme) und die hohe erforderliche Anschlussleistung kann dazu führen, dass auch die Trafokapazität erhöht werden muss (Bosch Industriekessel GmbH, 2023), (Wittmann, 2022).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 40 bis 200 °C
- Leistung: bis 5 MWth
- Investitionskosten: keine Angabe

5.3 Elektrodenkessel

Elektrodenkessel nutzen elektrische Energie mittels Elektroden, um ein Wärmeträgermedium wie Wasser zu erhitzen. Die Elektroden werden direkt in Kontakt mit dem Wasser gebracht. Im Kessel wird elektrische Spannung zwischen den Elektroden erzeugt, der dadurch entstehende Stromfluss erwärmt das Wasser und es entsteht Dampf. Anders als Elektrokessel werden die Elektrodenkessel an ein Mittel- bis Hochspannungsnetz (10 bis 15 kV) angeschlossen (Hindsgaul, Hulgaard, & Houbak, 2018).

Elektrodenkessel haben den Vorteil, dass hohe Temperaturen erreicht werden können und für ihre Nutzung keine Abwärmequelle benötigt wird (Agora Industrie, FutureCamp, 2022). Zudem arbeiten Elektrodenkessel effizient, da sie das Wasser direkt erhitzen und somit keine Energie durch den Transport von Wasser verloren geht. Sie sind schnell betriebsbereit und haben eine kurze Aufheizzeit. Im Vergleich zu fossilen Kesseln ist auf die hohe elektrische Anschlussleistung und die damit erforderliche höhere Trafokapazität zu achten, daher sind auch Wärmepumpenlösungen zu prüfen.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 110 bis 200 °C
- Leistung: bis 50 MWth
- Investitionskosten: keine Angabe

5.4 Elektrischer Thermoölkessel

Ein Thermoölkessel ist eine Wärmeträgeranlage zur indirekten Temperierung von Produktionsprozessen mit Thermoöl (Mineral-, Synthetik-, oder Silikonöl) als Wärmeträger. Dabei kann bis zu einer Temperatur von circa 300 °C die Flüssigphase genutzt werden, bei höheren Temperaturen wird das Thermoöl nach dem Erhitzen in einem Entspanner (Flash

Tank) teilverdampft. Silikonöle lassen eine Verwendung bis zu Temperaturen von 400 °C zu. Thermoöle haben eine geringere spezifische Wärmekapazität als Wasser, die bei sonst gleichem Volumenstrom durch den Verbraucher zu einer verringerten Wärmeleistung bei gleicher Temperaturdifferenz führen. Thermoöle haben keine korrosiven Eigenschaften und es besteht keine Gefahr des Einfrierens bei Außenaufstellung. (AURA Process heat, 2023).

Im Vergleich zu brennstoffbasierten Thermoölanlagen brauchen elektrisch betriebene Anlagen keinen zusätzlichen Boiler und sind daher besonders platzsparend in vorhandene Prozesse integrierbar. Zusätzlich kann mit ihnen eine besonders schonende und genaue Erhitzung des Thermoöls erzielt werden. Sie sind auch sehr effizient, da sie keine Energie durch Abgasverlust verschwenden. Im Vergleich zu fossilen Kesseln ist auf die hohe elektrische Anschlussleistung und die damit erforderliche höhere Trafokapazität zu achten, daher sind auch Wärmepumpenlösungen zu prüfen.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 200 bis 400 °C
- Leistung: bis 2,4 MWth
- Investitionskosten: keine Angabe

5.5 Elektrischer Industrieofen

Elektrolichtbogenöfen, Widerstandsöfen, Induktionsöfen und Infrarotöfen werden in der Nieder- und Hochtemperaturindustrie für verschiedene Anwendungen eingesetzt. Elektrolichtbogenöfen werden in der Hochtemperaturindustrie zum Schmelzen von Metallen wie Stahl und Legierungen verwendet. Sie nutzen zur Wärmeproduktion einen Lichtbogen, der zwischen zwei Elektroden erzeugt wird. Elektrolichtbogenöfen können hohe Temperaturen erreichen sowie große Mengen an Material schmelzen und dadurch sehr effizient sein. Sie sind jedoch teuer im Betrieb und erfordern eine sorgfältige Kontrolle, um eine gleichmäßige Erwärmung und Schmelze des Materials zu gewährleisten (Moser, et al., 2020).

Widerstandsöfen werden in der Hochtemperaturindustrie häufig zur Wärmebehandlung von Metallen wie Glühen, Härten und Abschrecken eingesetzt. Sie erzeugen Wärme durch den Widerstand eines elektrischen Leiters, der durch einen Stromfluss erhitzt wird. Widerstandsöfen sind aufgrund ihrer hohen Temperaturgenauigkeit und ihrer Fähigkeit, eine gleichmäßige Wärmebehandlung zu gewährleisten, eine effektive Lösung für die thermische Verarbeitung von Metallen und anderen Materialien (Bosse, 2023).

Auch Induktionsöfen werden in der Hochtemperaturindustrie zur Wärmebehandlung von Metallen eingesetzt. Sie erzeugen Wärme durch elektromagnetische Induktion. Dabei nutzen sie ein Hochfrequenzfeld, um Strom in einem elektrisch leitenden Material zu erzeugen, der dieses erhitzt. Induktionsöfen weisen eine schnelle Aufheizgeschwindigkeit auf und können lokalisierte Wärmebehandlungen durchführen (Bosse, 2023).

Infrarotöfen werden in der Nieder- und Hochtemperaturindustrie für verschiedene Anwendungen eingesetzt, z. B. Trocknen, Schrumpfen, Schmelzen und Aushärten. Sie erzeugen Wärme durch elektromagnetische Strahlung, die von Infrarotlampen oder -heizkörpern abgegeben wird. Die Strahlung dringt in das Material ein und erhitzt es von innen (Weiss Technik, 2023).

- Empfohlene Prozesstemperatur: 300 bis 1.500 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

5.6 Erneuerbarer Wasserstoff

Grüner (erneuerbarer) Wasserstoff wird durch die Elektrolyse von Wasser unter Verwendung von erneuerbarem Strom hergestellt. Er kann als Alternative zu fossilen Brennstoffen in industriellen Feuerungsanlagen eingesetzt werden und die in der Stahl-, Glas- oder Zementindustrie benötigten hohen Temperaturen liefern. Dadurch lässt sich auch in diesem Bereich eine Senkung der CO₂-Emissionen erreichen. Zahlreiche Wasserstoff-Demonstrationsprojekte wurden bisher erfolgreich umgesetzt – mit einer geringen Beimischung von Wasserstoff in Erdgas bis hin zu Wasserstoffanteilen von 100 %. Ein weiterer Vorteil von Wasserstoff besteht in der Möglichkeit, durch saisonale Schwankungen überschüssigen erneuerbaren Strom in Form von Gas zu speichern (BDEW, 2021).

Die Verwendung von Wasserstoff birgt aber auch einige Herausforderungen. Als Brennstoff stellt er zusätzliche Anforderungen an den Brenner sowie die angeschlossenen Systeme. Ein weiteres Problem ist seine geringe volumetrische Energiedichte im Vergleich zu flüssigen oder festen Energieträgern, wodurch mehr Platz benötigt wird, um eine ausreichende Menge an Wasserstoff zu speichern. Es gibt auch Sicherheitsbedenken bei der Handhabung von Wasserstoff aufgrund seiner hohen Entflammbarkeit. Nicht zuletzt ist der grüne Wasserstoff Stand 2023 in keiner ausreichenden Menge vorhanden.

- Empfohlene Prozesstemperatur: 1.000 bis 1.500 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

5.7 Synthetisches Gas/Methan

Synthetisches Gas, auch synthetisches Methan, Synthesegas oder Bio-SNG genannt, wird im Unterschied zu fossilem Gas künstlich hergestellt. Es weist die gleichen Brenneigenschaften wie Erdgas auf, verursacht jedoch bei der Verwendung keine klimaschädlichen Emissionen. Synthetisches Gas kann in einer Methanisierungsanlage produziert werden, dabei wird grüner Wasserstoff aus dem Elektrolyseprozess mit CO₂ aus biologischer Quelle in Methan umgewandelt. Dieses kann ohne Mengenbegrenzung ins Gasnetz eingespeist und für weitere Produktionsprozesse langfristig in Gasspeichern gelagert werden (ÖVGW & FGW, 2023).

Synthetisches Gas kann in der Industrie überall dort verwendet werden, wo auch Erdgas zum Einsatz kommt. Dies umfasst Verbrennungsprozesse in Öfen zum Schmelzen und zur Herstellung von Metallteilen, in Trocknungsöfen von Lackierereien sowie in Drehrohröfen für die Zementherstellung und andere Wärmeprozesse (Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, 2023).

- Empfohlene Prozesstemperatur: 1.000 bis 1.500°C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

6 Wärmesysteme auf Basis biogener Brennstoffe

Systeme zur Wärmebereitstellung auf Biomassebasis benötigen große Mengen an Brennstoff. Ob dieser nachhaltig, zum Beispiel regional, bereitgestellt werden kann, muss im Einzelfall geprüft werden.

6.1 Biomassekessel und -öfen

Die thermische Nutzung von Biomasse erfolgt durch die Verbrennung in Biomassekesseln oder -öfen mit nachgeschaltetem Wärmeübertrager. Biomasse wird in Form von Pellets, Hackschnitzeln, Scheitholz, Holzreststoffen oder ähnlichem (z. B. Ablauge) verbrannt, um ein Wärmeträgermedium (Wasser, Dampf oder Thermoöl) zu erhitzen. Die Wärme kann dann zur Beheizung von Gebäuden oder zur Erzeugung von Prozesswärme in industriellen Anlagen genutzt werden. Bei der Wärmeübertragung auf Wasserbasis (Wasser, Dampf) können Temperaturen bis circa 200 °C und mit Thermoöl bis circa 400 °C (siehe Technologie Thermoölkessel) im Bereich Prozesswärme bereitgestellt werden.

Zu den Vorteilen von Biomassekesseln zählen regionale Verfügbarkeit, nachhaltige Verwendung, langfristige Speicherbarkeit des Energieträgers sowie unkomplizierte Nachrüstung. Allerdings sind Biomassekessel etwa im Vergleich zu Gaskesseln anspruchsvoller in der Regelung, benötigen mehr Zeit zum Hochfahren und sind nicht dazu geeignet, für kürzere Zeiträume ausgeschaltet zu werden. Nachteilig ist zudem der Platzbedarf für die Lagerung des Brennstoffs. Aufgrund des hohen Brennstoffvolumens ist auch mit einer höheren Zulieferfrequenz zu rechnen (Gaderer & Spliethoff, 2011).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 55 bis 90 °C (Raumwärme), 110 bis 200 °C (Prozesswärme)
- Leistung: 5 kW bis 30 MWth
- Investitionskosten: keine Angabe

6.2 Blockheizkraftwerk

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind Anlagen zur gleichzeitigen Gewinnung von thermischer und elektrischer Energie. Sie setzen einen gasförmigen oder flüssigen Brennstoff in einem Verbrennungsmotor um und werden dort wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt, wo Wärme und Strom in räumlicher Nähe genutzt werden. Aus diesem Grund werden BHKW am Ort des Wärmeverbrauchs (also beispielsweise in einem Betrieb) betrieben oder können die erzeugte Wärme in Nahwärmenetze einspeisen. Ihr Einsatz ist dort besonders vielversprechend, wo ein hoher gleichförmiger Wärmebedarf über das Jahr besteht. Die Wärmeübertragung erfolgt üblicherweise analog zu Biomassekesseln durch das Wärmeträgermedium Wasser. Als erneuerbare Brennstoffe können Biogas, Biomasse (in Form von Holzgas beziehungsweise vergaster Biomasse) und andere regenerative Energieträger verwendet werden. BHKWs zeichnen sich durch eine hohe Energieeffizienz aus und können die Versorgungssicherheit steigern. Nachteilig sind die Abhängigkeit von Brennstoffpreisen, begrenzte Flexibilität bei einer Änderung der Betriebsbedingungen sowie die Lärmbelastung (Zahoransky, 2022), (Gaderer & Spliethoff, 2011).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 55 bis 90 °C (Raumwärme), 110 bis 200 °C (Prozesswärme)
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

6.3 Thermoölkessel

Ein Thermoölkessel ist eine Wärmeträgeranlage zur indirekten Temperierung von Produktionsprozessen mit Thermoöl (Mineral-, Synthetik-, oder Silikonöle) als Wärmeträger. Die Wärme wird dabei üblicherweise durch Verbrennung eines biogenen Brennstoffes erzeugt (siehe Technologie Biomassekessel), wobei statt Wasser als Wärmeträgermedium ein Thermoöl eingesetzt wird. Dabei kann bis zu einer Temperatur von circa 300 °C die Flüssigphase genutzt werden, bei höheren Temperaturen wird das Thermoöl nach dem Erhitzen in einem Entspanner (Flash Tank) teilverdampft. Silikonöle lassen eine Verwendung bis zu Temperaturen von 400 °C zu. Thermoöle haben eine geringere spezifische Wärmekapazität als Wasser, die bei sonst gleichem Volumenstrom durch den Verbraucher zu einer verringerten Wärmeleistung bei gleicher Temperaturdifferenz führen. Thermoöle haben keine korrosiven Eigenschaften und es besteht keine Gefahr des Einfrierens bei Außenaufstellung (AURA Process heat, 2023). Der

Vorteil von brennstoffbasierten Thermoölkesseln ist, dass sie in der Regel leistungsstärker sind als elektrische Kessel und eine höhere Wärmeleistung haben. Jedoch sind die Installation und der Betrieb komplexer und sie erfordern eine regelmäßige Brennstoffversorgung.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 200 bis 400 °C
- Leistung: bis 30 MWth
- Investitionskosten: keine Angabe

6.4 Biogas

Biogas kann auf unterschiedliche Weise für die Prozesswärme genutzt werden, je nach den Anforderungen des Prozesses und der Art der Biogasanlage.

Eine der häufigsten Methoden ist die direkte Verbrennung von Biogas, um Wärme zu erzeugen. Die entsprechenden Brenner sind speziell für den Einsatz von Biogas ausgelegt und unterscheiden sich von herkömmlichen Brennern für fossile Brennstoffe wie Erdgas und Heizöl. Bei der Konstruktion und dem Betrieb von Biogasbrennern werden die Eigenschaften von Biogas wie die unterschiedliche Zusammensetzung, der niedrigere Heizwert im Vergleich zu Erdgas und die höhere Feuchtigkeit berücksichtigt (Kaltschmitt, Hartmann, & Hofbauer, 2016).

Biogas kann zudem in Blockheizkraftwerken, Biogas-Kesseln für Wassererhitzung sowie in Thermoölanlagen verwendet werden. Der Brennstoff ist besonders geeignet für landwirtschaftliche Betriebe, Betriebe der Lebensmittelindustrie (z. B. Molkereien) und die Abwasserbehandlung, wobei Biogas direkt gewonnen und verstromt werden kann.

- Empfohlene Prozesstemperatur: 200 bis 500 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

6.5 Biomasse

Die direkte Verbrennung von Biomasse, etwa in Form von Holz (Pellets, Hackschnitzel), Stroh oder Pflanzenresten, ist eine Möglichkeit, diese als Energiequelle zu nutzen. Die dabei erzeugte Wärmeenergie kann für industrielle Prozesse verwendet werden. Im Unterschied zur Erdgasverbrennung sind die variierende Rauchgas-Zusammensetzung sowie Emissionen (Staub, Schwefel- und Chlorverbindungen) je nach eingesetztem Biomasse-Brennstoff zu beachten (Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke, 2022). Die Verbrennung erfolgt in speziellen Verbrennungsanlagen, die je nach Größe der Anlage und Art der Biomasse unterschiedliche Technologien erfordern. In der Regel werden dabei Temperaturen bis zu 1.000 °C erreicht (Kaltschmitt, Hartmann, & Hofbauer, 2016).

- Empfohlene Prozesstemperatur: 200 bis 1.000 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

6.6 Holzgas

Holzgas wird in einem Gasgenerator aus Holz oder anderen Holzabfällen erzeugt und kann für die Prozesswärme genutzt werden. Das Holz wird zunächst in einem Vergasungsreaktor erhitzt und in Holzgas umgewandelt, das dann in einem nachgeschalteten Brenner verbrannt wird. Somit kann saubereres Abgas mit niedrigerer Staub- und Emissionsbelastung als bei der direkten Verbrennung von Biomasse erzeugt werden (Oberberger, et al., 2018). Die erzeugte Wärme kann dann zur Erhitzung von Öfen und Kesseln oder für andere Prozesse verwendet werden. Allgemein benötigen Heizsysteme auf Biomassebasis große Mengen an Brennstoff, ob dieser nachhaltig, bereitgestellt werden kann, muss im Einzelfall geprüft werden.

- Empfohlene Prozesstemperatur: 200 bis 1.000 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

6.7 Biomethan

Biomethan wird durch die Aufbereitung von Biogas produziert und als erneuerbarer Brennstoff zur Prozesswärmeversorgung verwendet. Biomethan kann dort genutzt werden, wo auch Erdgas zum Einsatz kommt: in Blockheizkraftwerken und Gasturbinen, bei der direkten Wärmeerzeugung, als Kraftstoff und auch als Rohstoff in der chemischen Industrie. Die Verwendung von Biomethan hat mehrere Vorteile, darunter die Reduzierung der Treibhausgasemissionen und die Erhöhung der Versorgungssicherheit durch die Nutzung erneuerbarer Energieressourcen. Darüber hinaus kann Biomethan auch als Energiespeicher dienen, da es bei Bedarf produziert werden kann. Nachteilig sind die hohen Preise im Vergleich zu fossilen Brennstoffen und die notwendige Infrastruktur für die Produktion und den Transport (Kaltschmitt, Hartmann, & Hofbauer, 2016).

- Empfohlene Prozesstemperatur: 200 bis 1.500 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

7 Nah- und Fernwärme

Nah- und Fernwärmenetze liefern Wärme von einer zentralen Anlage aus an mehrere Abnehmer (Gebäude, Betriebe) für Raumwärme, Warmwasser und teilweise auch Prozesswärme. Nahwärme versorgt Gebäude in unmittelbarer Nähe der Wärmequelle, während Fernwärme auch Gebäude versorgt, die nicht in unmittelbarer Nachbarschaft stehen. Durch den Anschluss an ein Nah- oder Fernwärmenetz können Vorteile wie Kosteneinsparung für die Wartung und Instandhaltung eines eigenen Kessels sowie geringerer Platzbedarf des Heizsystems erzielt werden. Darüber hinaus kann ein Fernwärmeanschluss eine höhere Ausfallsicherheit durch Ausfallreserven bei den Wärmezentralen bieten.

Beim Anschluss an ein Wärmenetz ist auf eine qualitätsgesicherte Fernwärme im Sinne des Erneuerbaren-Wärme-Gesetzes zu achten. Das heißt, die Wärmeenergie darf von erneuerbaren Energieträgern, Abwärme, Wärme aus hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder einer Kombination dieser stammen beziehungsweise in Anlagen erzeugt werden, die über einen verbindlichen Ausstiegsplan aus fossilen Energieträgern bis 2035 verfügen. Bei Fernwärmelieferverträgen ist unter anderem auf geeignete Preisanpassungsklauseln (Indexierung) zu achten, die die tatsächlichen Brennstoffklassen (Brennstoff-Mix) widerspiegeln.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

8 Solarwärme

8.1 Luftkollektoren

Luftkollektoren werden für große Mengen Warmluft verwendet. Sie können an Orten mit intensiver Sonneneinstrahlung montiert werden, zum Beispiel auf Freiflächen, auf Dächer oder auf Fassaden von Gebäuden. In der Industrie und in Landwirtschaftsbetrieben werden die Luftkollektoren für Trocknungsprozesse wie die Konvektionstrocknung verwendet. Das Wärmeträgermedium Luft wird direkt durch ein Lochblech in das Trockengut geblasen. Die Solarwärme wird bei ausreichendem Ertrag direkt verwendet, ansonsten zur Vorwärmung der Luft für konventionelle Durchlauferhitzer genutzt.

Diese Form der Trocknung wird vor allem für Schüttgüter wie Holzhackschnitzel, aber auch für Strohballen genutzt. Bei Hackschnitzeln sinkt der Wassergehalt durch die Trocknung von 50 % auf unter 20 %, wodurch die Hackschnitzel durch Einsatz von Solarenergie zur Trocknung aufgewertet werden, weil sich ihr Heizwert dabei verdoppeln kann. Zusätzlich stellen Steinspeicher eine Option zur effizienteren Nutzung der Kollektoren dar. In der Regel kann die Abluft nicht mehr für eine Wärmerückgewinnung verwendet werden (Schmitt, Pag, & Jesper, 2019), (Ritter, Jesper, Louvet, & Pag, 2020).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 60 °C
- Solarertrag: circa 440 kWh/m²a (standort- und projektspezifisch)
- Investitionskosten: circa 545 €/m² (standort- und projektspezifisch)

8.2 Flachkollektoren

Flachkollektoren sind die am weitesten verbreiteten und günstigsten Solarkollektoren. Sie werden gegen die Außenumgebung mittels Steinwolle oder Schaumglas wärmegeklämt. Als Wärmeträgermedium kommt Wasser zum Einsatz. Flachkollektoren werden oft als Unterstützung zusätzlich zu bestehenden Heizsystemen installiert. Im Bereich Prozesswärme werden Flachkollektoren zur Bereitstellung von Warmwasser oder in Trocknungsprozessen (Kontaktrockner) genutzt (Schmitt, Pag, & Jesper, 2019).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 80 °C (Raumwärme), bis 100 °C (Prozesswärme)
- Solarertrag: circa 475 kWh/m²a (standort- und projektspezifisch)
- Investitionskosten: circa 760 €/m² (standort- und projektspezifisch)

8.3 Vakuumröhrenkollektoren

Vakuumröhrenkollektoren bestehen aus evakuierten Glasröhren, in denen ein Wärmeträgermedium die Wärme aus der absorbierten Sonnenstrahlung aufnimmt und transportiert. Sie werden für ähnliche Zwecke wie Flachkollektoren verwendet, wobei sie andere Eigenschaften aufweisen und effizienter sind. Im Vergleich zu Flachkollektoren weisen die Vakuumröhrenkollektoren eine höhere Effizienz auf. Nachteilig sind die höheren Anschaffungskosten (Schmitt, Pag, & Jesper, 2019).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C (Raumwärme), bis 130 °C (Prozesswärme)
- Solarertrag: bis 525 kWh/m²a (standort- und projektspezifisch) (Vaillant, 2023)
- Investitionskosten: circa 830 €/m² (standort- und projektspezifisch)

9 Wärmespeicher

9.1 Wasserspeicher

Wasserspeicher kommen als Pufferspeicher (Kurzzeitspeicher) oder als saisonale Speicher in Verbindung mit Heizungsanlagen zum Einsatz. Durch den Einsatz als Pufferspeicher wird die Nachfrage von der Erzeugung entkoppelt. Somit wird das Betriebsverhalten der gesamten Heizungsanlage verbessert, da es effizienter ist, die Heizung aus dem erhitzten Speicher zu speisen, als den Brenner im Dauerbetrieb zu halten. Darüber hinaus können die Abwärme und die Solarwärme effizient genutzt und gespeichert werden. Bei Großspeichern besteht der Speicherbehälter aus einer warmen Schicht in der oberen Hälfte und einer kalten Schicht in der unteren Ebene. Somit bildet sich eine Thermokline, die das Vermischen des Wassers verhindert, wodurch die Wärme für längere Perioden (Saison) gespeichert werden kann. Für den Fall, dass im Wärmenetz höhere Vorlauftemperaturen erforderlich sind, muss das Wasser nachgeheizt werden (Maier, 2017).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 90 °C (Raumwärme), bis 150 °C (Prozesswärme)
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten im Raumwärmebereich: Pufferspeicher 1,5 €/l bei einem Fassungsvermögen ≥ 2.000 l; Kombispeicher 2,5 €/l bei einem Fassungsvermögen ≥ 2.000 l (eigene Recherche)

9.2 Dampfspeicher

Ein Dampfspeicher ist ein dickwandiger, speziell auf starke Druckwechselbeanspruchung ausgelegter Behälter. Er wird zu etwa 50 % mit siedendem Wasser gefüllt und mit dem Dampf aus dem Kessel (wie Biomasse-, Elektro- oder Elektrodenkessel) aufgeheizt, bis genügend Ladedruck entsteht. Durch das Öffnen der verbraucherseitigen Absperreinrichtungen wird der Speicher entladen und der Druck reduziert sich. Dadurch verdampft ein Teil des siedenden Wassers, es entsteht sogenannter Entspannungsdampf (Bosch, 2018).

Dampfspeicher werden für die Deckung von Spitzenlasten bei einer kurzzeitigen Überschreitung der Kapazität oder zur Dämpfung schneller Lastschwankungen bei Verbrauchern mit starkem zyklischen Dampfbedarf eingesetzt. Bei korrektem Einsatz können damit hohe Lastspitzen auf Verbraucherseite abgedeckt werden sowie die Schalthäufigkeit der Feuerungsanlage und Kesseldruckschwankungen reduziert werden (Bosch, 2018). Daher können diese Speicher auch bei trägen Biomassekesseln verwendet werden.

- Empfohlene Vorlauftemperatur: 110 bis 210 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: 35 bis 80 €/kWh (volumenspezifisch) (Drexler-Schmid & Beck , 2019)

9.3 Eisspeicher

Ein Eisspeicher nutzt die latente Wärme von Wasser zur Energiespeicherung. Im Vergleich zu Wasserspeichern zeichnet er sich durch höhere Energiedichte aus, das heißt, es wird weniger Raumvolumen gebraucht, um die gleiche Energiemenge zu speichern beziehungsweise zu liefern. Ein Eisspeicher besteht aus einem mit Wasser gefüllten unterirdischen Behälter und zwei im Speicher verlegten Wärmetauschern. Er ist besonders gut mit Wärmepumpen kombinierbar, die dem Wasser im Winter Wärme entziehen können. Ein weiterer Vorteil ist der Einsatz zur Kühlung. Durch den Wasserkreislauf kann das Wasser durch den Eisspeicher geführt werden und das Eis zum Schmelzen bringen. Dabei kühlt sich das Wasser ab und transportiert die Kälte durch das bestehende Rohrsystem in die Räume (Sternner & Stadler, 2017).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 20 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

9.4 Sandspeicher

Ein Sandspeicher verwendet als Speichermedium Sand. Beim Laden gibt ein Wärmeträgerfluid (Wasser) die Abwärme aus einem Produktionsprozess mittels eines Wärmetauschers an das Speichermedium ab. Der Sand wird dabei auf über 400 °C erhitzt und kann die Wärmeenergie über mehrere Stunden oder Tage speichern. Zur späteren Nutzung wird dann Luft durch den Sandspeicher geblasen, wodurch die Wärme wieder an das Wärmeträgerfluid abgegeben wird und direkt für Heizprozesse verwendet werden kann (Walter, Thanheiser, Haider, & Kingler, 2020).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 210 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

9.5 Betonspeicher

Ein Betonspeicher verwendet als Speichermedium Beton. Beim Laden überträgt ein Wärmeträgermedium (Heißwasser, Dampf, Thermoöl) die Abwärme aus dem Produktionsprozess an den Beton. Somit kann die Wärmeenergie über mehrere Stunden oder Tage gespeichert werden. Beton ist ein preiswertes und häufig verfügbares Material. Betonspeicher sind robust und können über einen langen Zeitraum genutzt werden, ohne an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Umweltbelastung, da keine schädlichen Emissionen oder Entsorgungsprobleme entstehen. Nachteilig sind die begrenzte Speicherkapazität und das hohe Gewicht (Hoivik, et al., 2019).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 400 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

9.6 Steinspeicher

Bei einem Steinspeicher werden faustdicke Steine auf einem Rost liegend von der solar erwärmten Luft aufgeheizt, sie werden dabei bis zu 70 °C heiß. Umgekehrt nimmt kühle Außenluft beim Durchströmen des Steinlagers die Wärme wieder auf und transportiert sie in Trocknungsboxen für Hackschnitzel oder Heu. Steine sind ein preiswertes und häufig verfügbares Material. Steinspeicher sind robust und können über einen langen Zeitraum genutzt werden, ohne an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Nachteilig sind die begrenzte Speicherkapazität und das hohe Gewicht (CONA Solar, 2023).

- Empfohlene Vorlauftemperatur: bis 60 °C
- Leistung: keine Angabe
- Investitionskosten: keine Angabe

10 Wärmeabgabesystem

10.1 Radiatoren

Radiatoren werden als Raumheizkörper definiert, die ihre Wärme überwiegend durch Konvektion und den restlichen Teil durch Strahlung übertragen. Sie werden in Platten- und Gliederheizkörper unterteilt. Plattenheizkörper bestehen aus glatten und/oder profilierten wasserdurchflossenen Stahlblech-Doppelplatten und zeichnen sich durch eine kompakte Bauweise aus. Zu den Gliederheizkörpern gehören Röhrenheizkörper sowie Guss- und Stahlradiatoren. Weiters gibt es Heizkörper aus Kunststoff, die sich für Räume mit erhöhtem Korrosionsrisiko, wie Feuchträume und Gewächshäuser, eignen (Bohne, 2022). Idealerweise werden Heizkörper direkt unterhalb von Fenstern installiert, um den Wärmeverlust durch Fenster direkt auszugleichen (DGUV, 2021).

Bei fehlender Wandfläche zur Anordnung von Heizkörpern, z. B. bei großen Fensterflächen, sind Konvektoren eine Alternative. Sie bestehen aus dicht mit Blechlamellen besetzten Rohren, wobei bis zu 80 % der Wärme durch Konvektion übertragen werden. Sie sind bedingt geeignet für Niedertemperatur-Heizsysteme mit einer Vorlauftemperatur von 45 bis 55 °C. Aus diesem Grund werden Gebläsekonvektoren in diesem Temperaturbereich mit einem Ventilator zur Verstärkung der Luftströmung ausgestattet. Sie eignen sich für selten genutzte Räume, die schnell auf hohe Lufttemperaturen gebracht werden sollen. Eine weitere Option bei großen Glasflächen stellen Unterflurkonvektoren dar (Bohne, 2022).

Radiatoren sind in Bürogebäuden weit verbreitet und können auch bei niedrigen oder gut gedämmten und dichten Industriehallen ausreichend sein. Ob die Wärmeleistung von Radiatoren/Heizkörpern ausreichend ist, muss vorab in einer Wärmebedarfsberechnung überprüft werden. Durch die Verwendung von Thermostatventilen und Thermostatköpfen oder elektronischen Reglern kann mit Radiatoren eine gute Behaglichkeit erzielt werden (DGUV, 2021).

10.2 Flächenheizung und -kühlung

Flächenheizung und -kühlung ist eine effiziente Methode zur Regulation der Raumtemperatur, bei der wasserführende Rohre im Fundament (Betonteilaktivierung), Estrich, Putz oder in Trockenbausystemen verlegt werden. Die Rohre nutzen die raumschließenden Flächen wie Boden, Wand und Decke als Heizflächen, wobei niedrige Vorlauftemperaturen für die Heizung verwendet werden. In Räumen mit einer Flächenheizung kann die Lufttemperatur bei gleicher Behaglichkeit um 2 bis 3 °C niedriger sein als in Räumen mit herkömmlichen Luftheizungen. Im Unterschied zu Heizkörpern können Räume mit diesem Wärmeabgabesystem im Sommer gekühlt beziehungsweise temperiert werden. Das Temperaturprofil im Raum, das den Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Raumhöhe darstellt, ist optimal, wodurch die Behaglichkeit besonders hoch ist.

Die Bauteilaktivierung ist eine spezielle Form der Flächenheizung, bei der wasserführende Rohre im Fundament eingebettet sind. Der Beton, ein gut wärmeleitendes und -speicherndes Material, ermöglicht eine effiziente und gleichmäßige Wärmeübertragung. Die Bauteilaktivierung kann mit Vorlauftemperaturen knapp über 30 °C betrieben werden (Friembichler, Handler, Krec, & Kuster, 2016). Während die Integration einer Bauteilaktivierung in Neubauten unkompliziert ist, stellt dies im Altbau eine Herausforderung dar. Eine mögliche Lösung besteht darin, Kapillarrohre während der thermischen Sanierung zwischen der Wand und der Dämmung zu installieren, um die Wände thermisch zu aktivieren (Fechner & Becke, 2020).

Eine Flächenheizung und -kühlung ist ein träges System. Es dauert einige Zeit, bis nach dem Einschalten oder einer Änderung der Solltemperatur die gewünschte Raumtemperatur erreicht ist, schnelle Temperaturänderungen sind nicht möglich. Dies ist beim Einsatzzweck zu berücksichtigen. Das System ist für Gebäude mit einer niedrigen thermischen Heizlast (Neubau oder Sanierung) am besten geeignet (DGUV, 2021).

10.3 Luftheizung und -kühlung

Luft als Wärmeträger kommt vor allem in Raumluftheizungsanlagen (RLT-Anlagen) mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Der Vorteil liegt in der schnellen Reaktionszeit, zudem bedarf es keiner Zwischenspeicherung. Die Qualität der Raumluft wird durch die Zirkulation deutlich erhöht, indem die Luftfeuchtigkeit reguliert und Luftschadstoffe gefiltert werden. Im Sommer kann die Anlage auch zum Kühlen eingesetzt werden. Im Vergleich zu Wasser weist Luft eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit auf und kühlt somit schneller ab.

Die aufwendige Installation von RLT-Anlagen lohnt sich durch eine ausgezeichnete Raumkonditionierung. Die Anlage bietet den Vorteil, dass verschiedene Wärmeerzeuger angeschlossen werden können. Nicht zuletzt kann die Abwärme von Maschinen und Menschen in Industriehallen abgeführt werden, um ein passendes Raumklima für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sicherzustellen (Bohne, 2022).

11 Über klimaaktiv

klima**aktiv** ist die Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Seit 2004 bietet sie in den Themenschwerpunkten „Bauen und Sanieren“, „Energiesparen“, „Erneuerbare Energie“ und „Mobilität“ ein umfassendes, ständig wachsendes Spektrum an Information, Beratung sowie Weiterbildung und setzt Standards, die international Vorbildcharakter haben.

klima**aktiv** zeigt, dass jede Tat zählt: Jede und jeder in Kommunen, Unternehmen, Vereinen und Haushalten kann einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Damit trägt die Initiative zur Umsetzung des nationalen Energie- und Klimaplanes (NEKP) für Österreich bei. Näheres unter klimaaktiv.at.

Das klima**aktiv**-Programm für Betriebe setzt gezielt Impulse zur Erhöhung der Energieeffizienz in österreichischen Produktions- und Gewerbebetrieben und unterstützt diese auf ihrem Weg in Richtung Klimaneutralität. Informationen, Angebote und Good-Practice-Beispiele von umgesetzten Maßnahmen finden Sie unter klimaaktiv.at/effizienz.

Kontakt

Strategische Gesamtsteuerung klima**aktiv**

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Abt. VI/12 – Dialog zu Energiewende und Klimaschutz

Stubenbastei 5, 1010 Wien

Programmmanagement klima**aktiv** Betriebe

Österreichische Energieagentur

Petra Lackner

eebetriebe@energyagency.at

klimaaktiv.at/effizienz

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übliche Vorlauftemperatur für Wärmeabgabesysteme für Raumwärme	8
Tabelle 2: Empfohlene Vorlauftemperatur für erneuerbare Wärmesysteme für Raumwärme und Warmwasser in Betrieben	9
Tabelle 3: Beispiele für Temperaturbereiche industrieller Prozesse	11
Tabelle 4: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben	13
Tabelle 5: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für Wärmespeicher in Betrieben	15
Tabelle 6: Einsatztemperaturen unterschiedlicher Nutzungsmöglichkeiten für Prozesswärme	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übliche Vorlauftemperatur für Wärmeabgabesysteme für Raumwärme	8
Abbildung 2: Empfohlene Vorlauftemperatur für erneuerbare Wärmesysteme für Raumwärme und Warmwasser in Betrieben	9
Abbildung 3: Beispiele für Temperaturbereiche industrieller Prozesse	11
Abbildung 4: Empfohlene Prozesszufuhrtemperatur für erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben	12
Abbildung 5: Empfohlene Prozesszufuhrtemperaturen für Wärmespeicher in Betrieben .	14
Abbildung 6: Einsatztemperaturen unterschiedlicher Nutzungsmöglichkeiten für Prozesswärme	15

Literaturverzeichnis

Agora Industrie, FutureCamp. (2022). Power-2-Heat: Erdgaseinsparung und Klimaschutz in der Industrie.

Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke. (2022). QM Holzheizwerke Planungshandbuch. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V.

Arnitz, A., Rieberer, R., & Wilk, A. (2019). Industrial Heat Pumps, Second Phase. Annex 48 Task 4 Final Report.

AURA Process heat. (2023). Thermoölerhitzer für die Prozesswärmeversorgung. Abgerufen am 01.11.2023 von auragmbh.com/thermoelerhitzer/

Bauer, H., Lutter, E., Warmuth, H., Haslinger, E., & Götzl, G. (2022). FTI-Roadmap Geothermie. Abgerufen am 01.11.2023 von nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/BMK_Geothermie_Roadmap.pdf

BDEW. (2021). Wasserstoff: kleines Molekül mit großem Potenzial. Abgerufen am 01.11.2023 von bdew.de/media/documents/Pub_20230609_Factsheet-Wasserstoff.pdf

Bohne, D. (2022). Gebäudetechnik und Technischer Ausbau von Gebäuden. Springer Vieweg.

Bosch. (2018). Planungshandbuch für Dampfkesselanlagen. Abgerufen am 01.12.2023 von bosch-industrial.com/de/media/country_pool/service/technical_guides/steamboiler.pdf

Bosch Industriekessel GmbH. (2023). Steam boiler systems. Abgerufen am 01.11.2023 von pdf.directindustry.com/pdf/bosch-industriekessel-gmbh-industrial-boilers/steam-boiler-systems-from-bosch-highly-efficient-reliable-process-heat/7270-969568.html

Bosse, M. (2023). Energieaspekte bei elektrisch beheizten Schmelzöfen (NE). Abgerufen am 01.11.2023 von guss.de/fileadmin/user_upload/effguss/energieaspekte_bei_elektrisch_beheizten_schmelzofen_ne.pdf

Bundesverband Geothermie. (2020). Absorptionswärmepumpe. Abgerufen am 01.11.2023 von [geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/absorptionswaermepumpe.html](https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/absorptionswaermepumpe.html)

CONA Solar. (2023). Solare Großanlagen. Abgerufen am 27.03.2024 von [solarwaerme.at/wp-content/uploads/2021/11/05-Hubmer-CONA-Solare-Trocknung-von-Hackgut-und-Getreide.pdf](https://www.solarwaerme.at/wp-content/uploads/2021/11/05-Hubmer-CONA-Solare-Trocknung-von-Hackgut-und-Getreide.pdf)

DGUV. (2021). Klima in Industriehallen. Abgerufen am 01.11.2023 von publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3871

Drexler-Schmid, G., & Beck, A. (2019). Kostenoptimierte Optimierung der Wärmeversorgung. Abgerufen am 01.12.2023 von ait.ac.at/fileadmin/mc/energy/downloads/News_and_Events/20190708_5FWK/E3_2019-Drexler-Schmid_Fernwaermeforum.pdf

Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen. (2023). Gemach mit Gas. Abgerufen am 01.11.2023 von [gruenes-gas.at/wp-content/uploads/2023/09/FINAL_infobrosch_gemachtmitgas_vorab_2022-09-19-v2.pdf](https://www.gruenes-gas.at/wp-content/uploads/2023/09/FINAL_infobrosch_gemachtmitgas_vorab_2022-09-19-v2.pdf)

Fechner, J., & Becke, W. (2020). Thermische Bauteilaktivierung. Abgerufen am 01.03.2024 von [faktencheck-energiewende.at/wp-content/uploads/sites/4/FactSheet_Bauteilaktivierung.pdf](https://www.faktencheck-energiewende.at/wp-content/uploads/sites/4/FactSheet_Bauteilaktivierung.pdf)

Friembichler, F., Handler, S., Krec, K., & Kuster, H. (2016). Thermische Bauteilaktivierung, Planungsleitfaden Energiespeicher Beton. Abgerufen am 01.03.2024 von [bauteilaktivierung.info/wp-content/uploads/sites/6/2020/12/Planungsleitfaden_schriftenreihe-2016-9-energiespeicher-beton.pdf](https://www.bauteilaktivierung.info/wp-content/uploads/sites/6/2020/12/Planungsleitfaden_schriftenreihe-2016-9-energiespeicher-beton.pdf)

Gaderer, M., & Spliethoff, H. (2011). Thermische Nutzung von Biomasse und Reststoffen in Deutschland. Chemie Ingenieur Technik.

Glaesmann, N. (2022). Wärmepumpenheizungen: Planungshilfe und Ratgeber für Neubauten und Bestandsgebäude. Springer Vieweg Wiesbaden.

heizsystems GmbH. (2023). Elektro-Durchlauferhitzer. Abgerufen am 01.11.2023 von [heizsystems.de/produkt-details/elektro-durchlauferhitzer.html?gclid=CjwKCAiAxvGfBhB-](https://www.heizsystems.de/produkt-details/elektro-durchlauferhitzer.html?gclid=CjwKCAiAxvGfBhB-)

EiwAMPakqha0Gx-5QYE-dhkUWi5U2-
zGYfB2MxYq5M6QPptmHzYaXYZ0TviNfxoCLDMQAvD BwE

Hindsgaul, C., Hulgaard, T., & Houbak, N. (2018). Biomass and Waste sections in Technology Data. In Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating generation (S. 74-96, 202-219). Danish Environmental Agency.

Hirzel, S., Sontag, B., & Rohde, C. (2014). Abwärmenutzung in der Industrie. Abgerufen am 01.11.2023 von [isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf)

Hoivik, N., Greiner, C., Barragan, J., Iniesta, A., Skeie, G., Bergan, P., . . . Calvet, N. (2019). Long-term performance results of concrete-based modular thermal energy storage system. Journal of Energy Storage.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., & Hofbauer, H. (2016). Energie aus Biomasse - Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Vieweg.

Kulterer, K., & Mair am Trinkhof, O. (2022). Energieaudits für betriebliche Abwärmenutzung. Abgerufen am 01.11.2023 von [klimaaktiv.at/dam/jcr:99d5d13d-b690-4a3c-b6db-fe312f0b9d83/Abwaermeleitfaden_Layout2020barrierefrei.pdf](https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:99d5d13d-b690-4a3c-b6db-fe312f0b9d83/Abwaermeleitfaden_Layout2020barrierefrei.pdf)

Maier, M. (2017). Grosswärmespeicher. Agentur für Erneuerbare Energien e. V.

Moser, S., Böhm, H., Lindorfer, J., Zauner, A., Drexler-Schmid, G., Knötter, S., . . . Glatzl, W. (2020). Elektrifizierung der Industrie. IEA IETS Annex 19.

Obernberger, I., Thek, G., Brunner, T., Nowak, P., Mandl, C., Kerschbaum, M., . . . Carrasco, J. E. (2018). Next Generation Fuel Flexible Residential Biomass Heating Based on an Extreme Air Staging Technology with Ultra-low Emissions. Denmark: In: Proceedings of the 26th European Biomass Conference and Exhibition.

ÖVGW, & FGW. (2023). Synthetisches Gas. Abgerufen am 01.11.2023 von [gruenes-gas.at/was-ist-gruenes-gas/synthetisches-gas/](https://www.gruenes-gas.at/was-ist-gruenes-gas/synthetisches-gas/)

Ritter, D., Jesper, M., Louvet, Y., & Pag, F. (2020). Solare Prozesswärme Integrationskonzepte. Universität Kassel, Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik.

Schmitt, B., Pag, F., & Jesper, M. (2019). Solare Prozesswärme für Industrie und Gewerbe. Universität Kassel, Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik.

Sterner, M., & Stadler, I. (2017). Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration. Springer Vieweg.

Vaillant. (2023). Datenblatt von Röhrenkollektoren von Vaillant auroTHERM. Abgerufen am 26.02.2024 von vaillant.de/downloads-1/prospekte-2/systembroschuere/solarsysteme-technologieinfo-2306-2684965.pdf

Walter, H., Thanheiser, S., Haider, M., & Kinger, G. (2020). Hochtemperaturwärmespeicher für Wärmeknoten Dürnrohr. Abgerufen am 01.11.2023 von energieforschung.at/wp-content/uploads/sites/11/2020/12/Publizierbarer-Endbericht.pdf

Weiss Technik. (2023). Infrarot-Öfen, VIR. Abgerufen am 01.11.2023 von weiss-technik.com/de/produkte/detail/infrarot-oefen-vir~p27558

Wilk, V., Fleckl, T., Arnitz, A., & Rieberer, R. (2019). Industrierärmepumpen in Österreich: Status Quo. 11. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien.

Wittmann, A. (2022). Neuer Elektrodampfkessel von Bosch unterstützt klimaneutrale Zukunft. Abgerufen am 01.11.2023 von bosch-presse.de/pressportal/de/de/dampf-100-prozent-elektrisch-erzeugen-244160.html

Zahoransky, R. (2022). Energietechnik: Systeme zur konventionellen und erneuerbaren Energieumwandlung. Springer Fachmedien Wiesbaden.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie**
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
+43 (0) 800 21 53 59
servicebuero@bmk.gv.at
bmk.gv.at