

Dekarbo- nisierung der betrieblichen Prozesswäärme

Studie der kleinkraft OG im Auftrag der
Abteilung Energieplanung der Stadt Wien

Veröffentlichung im Sinne des Art. 20 Abs. 5 B-VG



kleinkraft
—
**Dekarbonisierung der
betrieblichen Prozesswärme**

Firma: kleinkraft OG
Standort: Turnergasse 27/5, 1150 Wien
E-Mail: magdalena.teufner@kleinkraft.co.at

Auftraggeberin

Stadt Wien
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung
Rathausstraße 14-16
1010 Wien

DI ⁱⁿ Magdalena Teufner-Kabas, MSc	kleinkraft OG
DI Florian Kabas, MSc	kleinkraft OG
Valentina Huthmacher, B.A. B.Sc.	kleinkraft OG
Deniz Erenler, B.Sc.	kleinkraft OG
Alexander Harrucksteiner, MSc	Urban Innovation Vienna GmbH
DI ⁱⁿ Caroline Stainer	Stadt Wien, MA20
DI Herbert Hemis	Stadt Wien, MA20
Rainer Flassak	RF-Design, Grafikdesign

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EXECUTIVE SUMMARY	1
1.1.	BETRIEBE MIT PROZESSWÄRME IN WIEN	1
1.2.	ERDGASVERBRAUCH DER PRODUZIERENDEN SEKTOREN IN WIEN	2
1.3.	ERDGASVERBRAUCHENDE PROZESSE IN WIEN UND DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN	3
1.4.	ERKENNTNISSE & BARRIEREN FÜR DIE DEKARBONISIERUNG.....	5
2.	BRANCHEN DER BETRIEBLICHEN ERDGAS-PROZESSWÄRME	8
2.1.	NAHRUNGS- U. FUTTERMITTEL, GETRÄNKE, TABAK	9
2.1.1.	<i>H.v. Backwaren (ohne Dauerbackwaren) <C1071></i>	11
2.1.2.	<i>Fleischverarbeitung <C1013></i>	13
2.1.3.	<i>H.v. Bier <C1105></i>	15
2.2.	ÖFFENTLICHE UND PRIVATE DIENSTLEISTUNGEN, EXKL. VERTEIDIGUNG	17
2.2.1.	<i>Wäscherei und chemische Reinigung <S9601></i>	18
2.2.2.	<i>Bestattungswesen <S9603></i>	20
2.3.	CHEMIE UND PETROCHEMIE, PHARMAZIE	22
2.3.1.	<i>H.v. pharmazeutischen Spezialitäten <C2120></i>	23
2.3.2.	<i>H.v. Kunststoffen in Primärformen <C2016></i>	25
2.3.3.	<i>H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten <C2030></i>	26
2.4.	BAU	28
2.4.1.	<i>Bau von Straßen <F4211></i>	29
2.5.	PAPIER UND DRUCK	31
2.5.1.	<i>Drucken a.n.g. <C1812></i>	32
2.6.	METALLTECHNIK	33
2.6.1.	<i>Maschinenbau & Fahrzeugbau</i>	34
2.6.2.	<i>Nicht-Eisen-Metalle & Eisen und Stahlerzeugung</i>	37
2.7.	SONSTIGES	40
2.7.1.	<i>Steine, Erden, Keramik, Glas</i>	40
2.7.2.	<i>Textilien, Bekleidung und Leder</i>	41
2.7.3.	<i>Sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren)</i>	42
2.7.4.	<i>Holzverarbeitung (ohne Möbel)</i>	43
3.	DEKARBONISIERUNGSOPTIONEN – MÖGLICHKEITEN ZUR ERNEUERBAREN WÄRMEVERSORGUNG	44
3.1.	ABWÄRME	45
3.2.	FERNWÄRME	47
3.3.	WÄRMEPUMPE	48
3.4.	UMWELTWÄRME	50
3.5.	BIOMASSE	52
3.6.	ELEKTRIFIZIERUNG.....	53
3.7.	ERNEUERBARE GASE.....	55

4. METHODIK	56
4.1. BRANCHENAUSWAHL.....	56
4.1.1. Nutzenergieanalyse.....	56
4.1.2. ÖNACE.....	58
4.1.3. Auswahl der Klassen	58
4.1.4. Arbeitsstättenstatistik	62
4.1.5. Priorisierung.....	63
4.2. PROZESSIDENTIFIKATION UND -CHARAKTERISIERUNG.....	64
4.3. TABELLE ZUR PROZESSIDENTIFIKATION UND CHARAKTERISIERUNG.....	65
5. ANHANG.....	66
5.1. ÖNACE UND IEA-SEKTOREN + ZUSAMMENHANG [60]	66
5.2. LISTE ALLER BRANCHEN MIT STREICHUNGEN	68
5.2.1. Keine Firma in Wien	68
5.2.2. Kein produzierender Betrieb.....	69
5.2.3. Keine Punkte bei Priorisierung	69
6. LITERATURVERZEICHNIS	71

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Betriebe in Wien nach ÖNACE-Klassifikation – Anzahl der Betriebe pro Abschnitt aus [1].....	1
Abbildung 2: Erdgasverbrauch der produzierenden Sektoren in Wien 2022 gerundet nach [2].....	2
Abbildung 3: Erdgasverbrauchende Prozesse in Wien und Dekarbonisierungsoptionen [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31]	4
Abbildung 4: Wärmeprozesse im Sektor "Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak" [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]	10
Abbildung 5: Stikkenöfen für Backbetrieb bei Ankerbrot GmbH © kleinkraft	11
Abbildung 6: Koch, Selchanlagen bei Wiesbauer österreichische Wurstspezialitäten GmbH © kleinkraft	13
Abbildung 7: Bierherstellung © kleinkraft.....	15
Abbildung 8: Prozesstemperaturen im Sektor öffentliche und private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung [12], [13], [14]	17
Abbildung 9: Waschsalon © Ryan McGuire	18
Abbildung 10: Krematorium im Bestattungswesen bei Friedhöfe Wien GmbH © kleinkraft.....	20
Abbildung 11: Prozesstemperaturen in Sektor Chemie und Petrochemie [15], [16].....	22
Abbildung 12: Medikamentenherstellung in der Pharmaindustrie © kleinkraft	23
Abbildung 13: Polymer-Herstellung © kleinkraft.....	25
Abbildung 14: Abluftreinigung von Anstrichmitteln und Druckfarben bei Kansai Helios Austria GmbH © kleinkraft	26
Abbildung 15: Prozesstemperaturen in Sektor Bau [17], [18].....	28
Abbildung 16: Asphaltmischanlage zur Herstellung von Heißasphalt bei AWW Asphaltwerk GmbH © kleinkraft	29
Abbildung 17: Prozesstemperaturen in Sektor Papier und Druck [19]	31
Abbildung 18: Druckmaschinen in konditionierten Produktionshallen bei Druckerei Roser GmbH © kleinkraft	32
Abbildung 19: Prozesstemperaturen im Sektor Metalltechnik [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25].....	33
Abbildung 20: Oberflächenbeschichtung bei Kudrna Chromdesign Ges.m.b.H © kleinkraft.....	35
Abbildung 21: Eisengießerei bei GUSS Fertigungs-Gesellschaft mbH © kleinkraft	38
Abbildung 22: Prozesstemperaturen im Sektor sonstiges[13], [14], [26], [27], [28].....	40
Abbildung 23: Technologien zur Dekarbonisierung abhängig von benötigter Prozesstemperatur [29]	44
Abbildung 24: Technische Dekarbonisierungs-Optionen © kleinkraft	45
Abbildung 25: Nutzenergieanalyse Österreich seit 2005 mit Verbrauchskategorien [2].....	57
Abbildung 26: Darstellung des ÖNACE-Systems am Beispiel Tunnelbau.....	58
Abbildung 27: Betriebe in Wien nach ÖNACE-Klassifikation – Anzahl der Betriebe pro Abschnitt aus [1]	59
Abbildung 28: Auswahlprozess Klassen.....	60
Abbildung 29: Anteil am Energie-Endverbrauch nach Sektoren, Wien 2022 nach [2]	61
Abbildung 30: Arbeitsstättenstatistik Übersicht Österreich [3].....	62
Abbildung 31: Prozessidentifikation und-charakterisierung	64

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Ausgewählte Branchen im Sektor Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak, nach 4.1 und [3].....	9
Tabelle 2: Prozesse in Bäckereien (eigene Datenaufnahme – drei Betriebe).....	11
Tabelle 3: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in Bäckereien	12
Tabelle 4: Prozesse in der Fleischverarbeitung (eigene Datenaufnahme- sechs Betriebe).....	13
Tabelle 5: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Fleischverarbeitung.....	14
Tabelle 6: Prozesse in der Herstellung von Bier (Datenaufnahme – zwei Betriebe)	15
Tabelle 7: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Herstellung von Bier	16
Tabelle 8: Ausgewählte Branchen im Sektor öffentliche und private Dienstleistungen, excl. Verteidigung, nach 4.1 und [3]....	17
Tabelle 9: Prozesse in der Wäscherei und chemischen Reinigung (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb + ein Branchenexpert*in)....	18
Tabelle 10: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Wäscherei und chemischen Reinigung	19
Tabelle 11: Prozesse im Bestattungswesen (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb).....	20
Tabelle 12: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung im Bestattungswesen.....	21
Tabelle 13: Ausgewählte Betriebe im Sektor Chemie und Petrochemie, Pharmazie, ausgewählt nach 4.1 und [3].....	22
Tabelle 14: Prozesse bei H.v. pharmazeutischen Spezialitäten (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe)	23
Tabelle 15: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei H.v. pharmazeutischen Spezialitäten	24
Tabelle 16: Prozesse bei H.v. Kunststoffen in Primärformen (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb)	25
Tabelle 17: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei H.v. Kunststoffen in Primärformen	26
Tabelle 18: Prozesse bei H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb)	27
Tabelle 19: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten.....	27
Tabelle 20: Ausgewählte Branchen im Sektor Bau, nach 5.2 und [2]	28
Tabelle 21: Prozesse in der Asphalttherstellung (eigene Datenaufnahme- ein Betrieb + ein Anlagenhersteller*in).....	29
Tabelle 22: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Asphalttherstellung	30
Tabelle 23: Ausgewählte Branchen im Sektor Papier und Druck, nach 4.1 und [3]	31
Tabelle 24: Prozesse in Druckereibetrieben (eigene Datenaufnahme – sechs Betriebe)	32
Tabelle 25: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung für Druckereibetriebe	32
Tabelle 26: Ausgewählte Branchen im Sektor Maschinenbau, nach 4.1 und [3]	34
Tabelle 27: Ausgewählte Branchen im Sektor Fahrzeugbau, nach 4.1 und [3]	35
Tabelle 28: Prozesse in Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe)	35
Tabelle 29: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung für Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung	36
Tabelle 30: Ausgewählte Branchen im Sektor Nicht Eisen Metalle, nach 4.1 und [3]	37
Tabelle 31: Ausgewählte Branchen im Sektor Eisen und Stahlerzeugung, nach 4.1 und [3]	37
Tabelle 32: Prozesse in Gießerei Betriebe (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe).....	38
Tabelle 33: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in Gießerei Betrieben.....	39
Tabelle 34: Ausgewählte Branchen im Sektor Steine, Erden, Keramik, Glas, nach 4.1 und [3]	40
Tabelle 35: Ausgewählte Branchen im Sektor Textilien, Bekleidung und Leder, nach 4.1 und [3]	41
Tabelle 36: Ausgewählte Branchen im Sektor sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren) , nach 4.1 und [3].....	42
Tabelle 37: Ausgewählte Branchen im Sektor Holzverarbeitung (ohne Möbel) , nach 4.1 und [3]	43
Tabelle 38: Rahmenbedingungen Abwärme	46
Tabelle 39: Rahmenbedingungen Fernwärme	47
Tabelle 40: Rahmenbedingungen Wärmepumpe	49
Tabelle 41: Rahmenbedingungen Umgebungswärme.....	51
Tabelle 42: Rahmenbedingungen Biomasse	52
Tabelle 43: Rahmenbedingungen Elektrifizierung	54
Tabelle 44: Rahmenbedingungen Erneuerbare Gase	55
Tabelle 45: Zuordnung Sektoren (IEA) zu ÖNACE 2008, Details in 5.1	61
Tabelle 46: Branchenspezifischer Energieverbrauch von Erdgas	61
Tabelle 47: Priorisierungsschlüssel der Branchen für die Studie	63
Tabelle 48. Tabelle zur Prozessidentifikation und Charakterisierung- Beispielwerte.....	65
Tabelle 49: Zusammenhang zwischen den Wirtschaftssektoren entsprechend der IEA Klassifikation und der ÖNACE 2008	66
Tabelle 50: Zusammenhang zwischen den Wirtschaftssektoren entsprechend der IEA Klassifikation und der ÖNACE 2008	67

Hintergrund

Die vorliegende Studie „Dekarbonisierung der betrieblichen Prozesswärme“ in Wien soll Möglichkeiten und Herausforderungen aufzeigen um bestehende Produktionsprozesse von Erdgas auf erneuerbare Energieträger umzustellen.

Die Studie wurde im Auftrag der [Stadt Wien - Energieplanung](#) in Kooperation mit der [Urban Innovation Vienna GmbH, der Klima- und Innovationsagentur der Stadt Wien \(UIV\)](#) durch [kleinkraft](#) erstellt.

Der Bericht stellt den Stand des Wissens über Betriebsprozesse und Erdgasverbräuche in Wien dar und detailliert für die Branchen mit dem größten Einfluss sowohl die benötigten Temperaturen und Technologien sowie konkrete Umstiegs Optionen und Herausforderungen.

Die Betriebsstruktur in Wien ist insbesondere geprägt von Kleinst- und Kleinunternehmen. In der vorliegenden Studie wurden diese auf Basis von Produktionsprozessen inkludiert. Die Ersteller*innen und Auftraggeber*innen der Studie können aufgrund der Vielzahl von relevanten produzierenden Branchen (> 150) und Unternehmen (> 20.000) in Wien, keine Vollständigkeit garantieren.

Einige Wärmeprozesse in der Literatur weichen von der Praxis ab. Diese Ergebnisse konnten nur mit Unterstützung der Betriebe und Branchenvertreter*innen ermöglicht werden.

- **DANKE** vielmals an alle Betriebe für den Einblick, Zeit und Rückmeldung für den Bericht.
- **DANKE** an die Branchenvertreter*innen bei der Auswahl und Beantwortung der vielen Nachfragen.

1. Executive Summary

Der Fokus der Studie liegt auf den Wärmeprozessen von Wiener Produktionsbetrieben, welche derzeit mit Erdgas versorgt werden. Dazu wurden im ersten Schritt produzierende und produktionsnahe Sektoren ermittelt. Über die Zuordnung der ÖNACE-Klassen und Arbeitsstätten wurden Branchen identifiziert und für die Detailaufnahme priorisiert.

Die Wärmeprozesse von Wiener Produktionsbetrieben wurden im ersten Schritt über Literaturrecherche und anschließend mittels Detailaufnahmen direkt mit Betrieben erfasst. Ziel ist die Erfassung der Nutztemperaturen der Produktionsprozesse und der derzeitigen Energieversorgung. Auf Basis der Nutztemperaturen werden in der Studie Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung aufgezeigt.

1.1. Betriebe mit Prozesswärme in Wien

Die Basis der vorliegenden Studie liefert die Statistik Austria [1], welche über regelmäßige Analysen, wie die Nutzenergieanalyse [2] und Arbeitsstättenstatistik [3], Informationen über die Betriebe in Österreich erhebt. Die Betriebe sind in Kategorien nach ÖNACE 2008 eingeteilt. Details zur Funktionsweise der ÖNACE Klassifikation sind in Abbildung 26 dargestellt. Grundsätzlich werden Betriebe nach ihrer Tätigkeit zugeordnet. Eine Übersicht über die Anzahl an Betrieben in Wien in den jeweiligen Abschnitten ist in Abbildung 1 dargestellt.

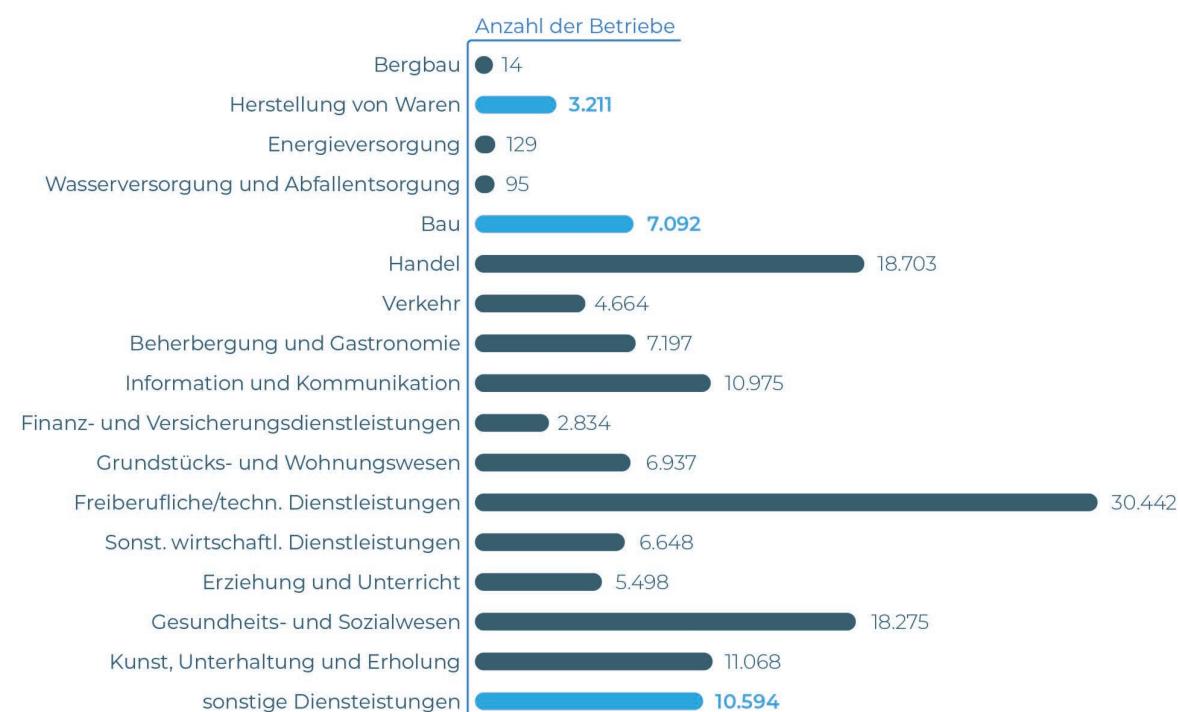


Abbildung 1: Betriebe in Wien nach ÖNACE-Klassifikation – Anzahl der Betriebe pro Abschnitt aus [1]

Von der Statistik Austria werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, die Abschnitte Bergbau , Herstellung von Waren <C>, Energieversorgung <D>, Wasserversorgung und Abfallentsorgung <E>, und Bau <F> als produzierender Bereich definiert. Für die vorliegende Studie wurden die Sektoren B, D und E aufgrund der fehlenden Betriebe bzw. Prozesswärme entsprechend Detailaufnahme im Rahmen der Nutzenergieanalyse nicht betrachtet.

In den Abschnitten Herstellung von Waren <C> und Bau <F> gibt es in Wien 10.303 Betriebe, das sind **7% der Wiener Betriebe** (144.376).

Aufgrund des hohen Prozesswärmeverbedarfs nach [2] wurden diese Betriebe um den Bereich der sonstigen Dienstleistungen <S> erweitert. Von den 10.594 Betrieben wurden aufgrund des Fokus der vorliegenden Studie produktionsnahe Dienstleistungen ausgewählt und betrachtet.

1.2. Erdgasverbrauch der produzierenden Sektoren in Wien

Der Endenergieverbrauch im Jahr 2022 betrug in Wien 33.441 GWh, wovon 6.890 GWh Erdgas und 8.012 GWh Strom benötigt wurden. Die restliche Energie verteilt sich insbesondere auf Treibstoffe, Fernwärme und Biomasse sowie weitere kaum relevante Energieträger. [2]

In den ausgewählten **produzierenden und produktionsnahen Sektoren** wurden 1.640 GWh Endenergie Erdgas benötigt. Spezifisch für Prozesswärme wurden 789 GWh Erdgas, **rund 12% des Wiener Erdgases, eingesetzt.** [2]

Der Erdgasverbrauch 2022 nach Nutzenergieanalyse ist, aufgeteilt auf die produzierenden Sektoren nach IEA, in Abbildung 2 dargestellt. Mehr Informationen zur Nutzenergieanalyse sind in Kapitel 4.1.1. verfügbar. Die Anteile des Verbrauchs werden grafisch dargestellt, um herauszustreichen, dass der Großteil des Verbrauchs mit 82,9% in den Sektoren (1) Nahrungs- und Genussmittel, Tabak, (2) Öffentliche und private Dienstleistungen, (3) Chemie und Petrochemie, sowie (4) Bau anfallen.

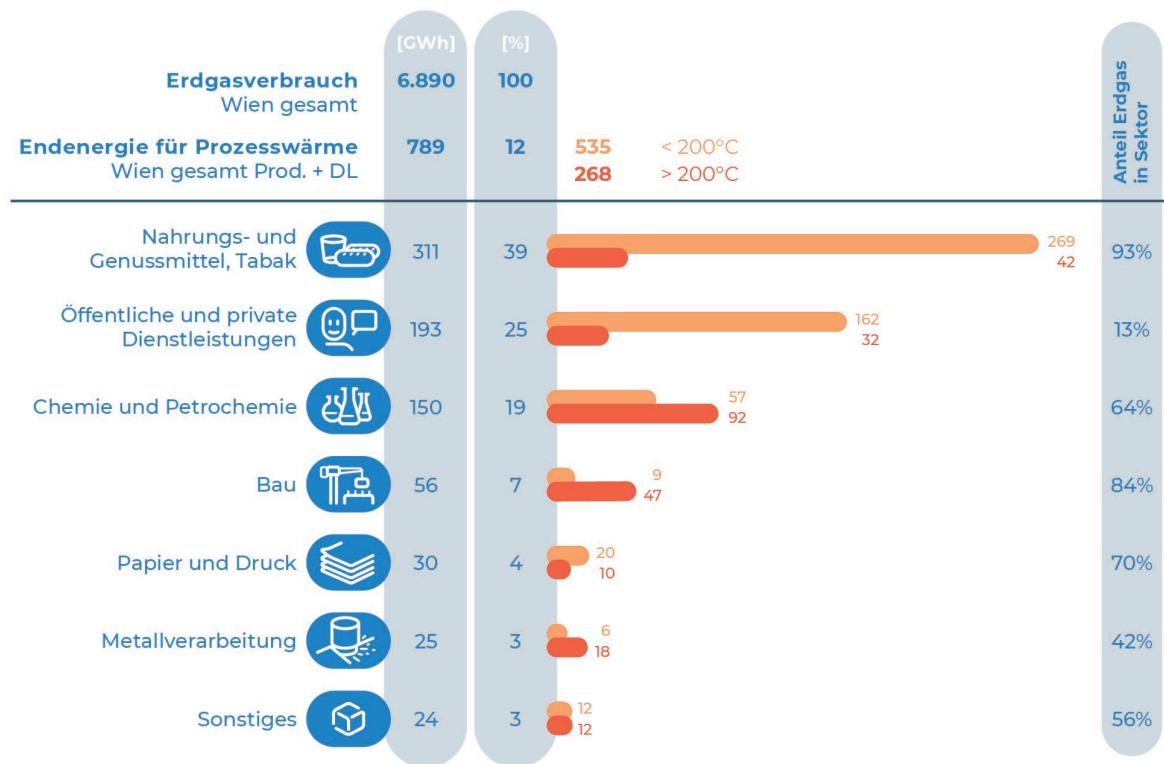


Abbildung 2: Erdgasverbrauch der produzierenden Sektoren in Wien 2022 gerundet nach [2]

In der Detailbetrachtung fallen insbesondere folgende sektorspezifischen Besonderheiten auf:

- Die Sektoren (1) Nahrungs- und Genussmittel, Tabak und (2) öffentliche und private Dienstleistungen haben insbesondere einen Verbrauch von Prozesswärme $< 200^{\circ}\text{C}$
- Der Sektor Chemie und Petrochemie hat den höchsten Verbrauch von Prozesswärme $> 200^{\circ}\text{C}$

Um die Zahlen in Kontext zu setzen, ist die Methodik hinter der Nutzenergieanalyse in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Die Auswertung wurde mit der Befragung von Wiener Betrieben und mit Literaturwerten verglichen und ergänzt und stellt so die Grundlage für eine Bewertung der Dekarbonisierung der betrieblichen Prozesswärmе dar.

1.3. Erdgasverbrauchende Prozesse in Wien und Dekarbonisierungsoptionen

In der Studie wurden produzierende Wärmeprozesse in Wien mit Nutztemperaturen und der derzeitigen Wärmeversorgung mit Versorgungstemperaturen erhoben. Für die Betrachtung der **Dekarbonisierungsmöglichkeiten ist insbesondere die Nutztemperatur** bedeutend, da diese Temperatur alternativ bereitgestellt werden muss. In Abbildung 3 sind die identifizierten Prozesse den jeweiligen Sektoren nach IEA zugeordnet.

Für diese Sektoren gibt es den Endenergie-Erdgasverbrauch eingeteilt in Nutzung für Prozesswärme < 200 °C und > 200 °C. Dieser ist ebenfalls in der Abbildung zugeordnet.

Die Prozessbereiche in Farbe sind direkt aus den Detailaufnahmen der Betriebe, welche im Rahmen der Studie ermittelt wurden. Diese wurden aufgrund der Vielzahl an Betrieben in Wien um Literaturwerte, in „grau“, erweitert, um die mögliche Bandbreite darzustellen.

Die Methode der Datenaufnahme ist in Kapitel 4 beschrieben. Die Details zu den Prozessen und ausgewählten Branchen in Kapitel 2.



*Optimale Lösung projektspezifisch individuell abhängig von Faktoren wie: Energieverträge, Genehmigungen, Platz, Eigentumsverhältnis, Eigenkapital und Verfügbarkeit

© kleinkraft

Abbildung 3: Erdgasverbrauchende Prozesse in Wien und Dekarbonisierungsoptionen [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31]

1.4. Erkenntnisse & Barrieren für die Dekarbonisierung

Durch Analyse des Endenergie-Erdgasverbrauches für Prozesswärme < 200 °C und > 200 °C nach Sektoren und der durch Literaturrecherche ermittelten Wärmeprozesse, ergänzt um telefonische, schriftliche und mündliche Auskunft vor-Ort, konnten die folgenden Erkenntnisse und Barrieren identifiziert werden:

Methodik

- (1) **Prozessebene:** Die Detailaufnahmen der Prozesswärme erfolgten je Betrieb und wurden einer Klasse zugeordnet (z.B. Herstellung von Backwaren). Die Nutz- und Verbrauchstemperaturen wurden je Betrieb in der Klasse zusammengefasst und entweder Mittelwerte oder, sofern verfügbar, übliche Temperaturen angeführt. Für die Darstellung im Bericht wurden gleiche Prozesse, wie beispielsweise „Reinigung“, innerhalb des Sektors „Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“ für die Sektor-Grafik wie in Abbildung 4 zusammengefasst.
- Der Sektor „Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“ ist sehr heterogen. Einige Wärmeprozesse wie Reinigung, Pasteurisierung, Kochen und Trocknung sind in mehreren Branchen vertreten. Es wurden beispielsweise neun Reinigungsprozesse der unterschiedlichen Klassen zusammengefasst.
- (2) **Datenaufnahme und Auswertung:** Die Auswahl der Betriebe zur Detailaufnahme erfolgte in Abstimmung mit Branchenvertreter*innen basierend auf der Anzahl an Arbeitsstätten, Priorisierung entsprechend Kapitel 4.1. und einer detaillierten Literaturrecherche zu relevanten Wärmeprozessen innerhalb der Branchen.
- Wenn Wärmeprozesse aus der Literatur für Wiener Produktionsbetriebe nicht relevant sind bzw. es keine Anwender*in gibt, wurden diese in der Studie nicht berücksichtigt.
- (3) **Versorgungstemperaturen:** Es wurde über Literaturrecherche und Detailaufnahme das bestehende Wärmeabgabesystem gemeinsam mit Versorgungs- und Nutztemperaturen erhoben.
- Speziell im Sektor „Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke“ ist der Unterschied zwischen Versorgungs- und Nutztemperatur teilweise groß. Sehr oft sind Dampfkessel in den aufgenommenen Betrieben zur Wärmeerzeugung in Betrieb. Der Dampfkessel ist oft für die Versorgung von Niedrigtemperaturprozessen im Einsatz. Dadurch ist der Unterschied zwischen Versorgungs- und Nutztemperatur teilweise groß.
 - Eine effiziente **erneuerbare Wärmeversorgung sollte auf Basis der Nutztemperatur dimensioniert** werden.

Auswertung

- (4) **Reduktion der Prozesstemperaturen:** Aus der Prozessübersichts-Tabelle in Abbildung 3 ist ersichtlich, dass die gleichen Prozesse oft einen sehr großen Temperaturbereich abdecken. Beispielsweise wird für die Reinigung je nach Anwendung in der Literatur ein Temperaturbereich von 30 - 160 °C angegeben.
- Abweichend hohe Nutztemperaturen konnten auch innerhalb der Branche bei den Detailaufnahmen mit gleichen Wärmeverbrauchsanlagen festgestellt werden. Trotz vergleichbarer Produktionsprozesse und gleichen Produktionsanlagen sind abweichende Nutztemperaturen im Einsatz. Die Unterschiede deuten auf einfach umsetzbare Energieeffizienz-Potentiale hin.
 - Durch eine Reduktion der Nutztemperatur von Produktionsprozessen ergeben sich nicht nur Energieeffizienzmaßnahmen, sondern auch effizientere Dekarbonisierungsmöglichkeiten.

(5) Prozesstemperaturen unter 200 °C: Ein Großteil des Endenergie-Prozesswärmeverbrauchs in Wien liegt deutlich unter 200 °C. Im Temperaturbereich 100 – 200 °C sind Wärmepumpen bereits im Einsatz bzw. derzeit in Entwicklung.

- Theoretisch könnte mit Wärmepumpen durch die Nutzung von bestehenden Wärmequellen, wie betriebliche Abwärme, ein Großteil dieser Prozesse dekarbonisiert werden.
- Für einen effizienten Einsatz von Wärmepumpen sind Wärmequellen notwendig, welche in einigen Branchen wenig vorhanden sind. Einzelne Branchen weisen wenig oder kein ungenutztes Niedrigtemperatur-Abwärmepotential auf. Daraus folgt, dass trotz Prozesstemperaturen < 200 °C ein effizienter Einsatz von Wärmepumpen schwierig ist, wie beispielsweise bei Asphaltmischhanlagen.
- Weitere Wärmequellen, wie Umweltwärme, haben aufgrund des Flächenbedarfes in der Stadt wie beispielsweise für Solarthermie wenig Anwendungsmöglichkeiten.

(6) Abwärme potential: In den Detailaufnahmen wurden Abwärmeoptionen der Betriebe in den Tabellen zu den Dekarbonisierungsoptionen der Branchen aufgenommen und qualitativ ausgewertet (siehe Tabelle 3, Tabelle 5, Tabelle 7, Tabelle 10, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 15, Tabelle 17, Tabelle 19, Tabelle 22, Tabelle 25, Tabelle 29 und Tabelle 33).

- Abwärmequellen stehen im niedrigen Temperaturbereich von unter 40 °C wenig Wärmeverbrauchsprozessen gegenüber und werden aus diesem Grund in einigen Branchen nicht genutzt. In diesem Zusammenhang gibt es Potential zur Nutzung von Niedrigtemperatur-Wärmequellen für Wärmepumpen.

(7) Abweichung Nutzenergieanalyse und Detailaufnahmen: In der Studie wurden die Endenergie-Verbräuche von Erdgas in den Kategorien Prozesswärme unter und über 200 °C den Detailaufnahmen wie in Abbildung 3 gegenübergestellt.

- Im Rahmen der Studienerstellung wurde deutlich, dass es Abweichungen zwischen der Nutzenergieanalyse (NEA) der Statistik Austria und der direkten Befragung der Betriebe gibt. Zum Beispiel wurden bei den Betriebsaufnahmen im Sektor „Chemie und Petrochemie“ wenige Produktionsprozesse mit relevanten Nutztemperatur-Erdgasverbrauch von > 200 °C in Wien identifiziert. Aber im Vergleich dazu sind in der NEA > 60% der Prozesse > 200 °C.

(8) Strom zur ProzesswärmeverSORGUNG in kleinen Betrieben: Im Rahmen der Detailaufnahme wurden die Aufnahme-Daten sowie die Dekarbonisierungsmöglichkeiten, wo verfügbar, nach Größe der Betriebe aufgeteilt.

- Die ProzesswärmeverSORGUNG von Produktionsanlagen im kleineren Maßstab wird häufiger mit Strom versorgt.

(9) Hard-to-Abate: Einzelne Prozesse haben entweder ein sehr hohes Temperaturniveau oder benötigen große Energiemengen, welche eine Dekarbonisierung mit Abwärmenutzung, Umweltwärme und Wärmepumpen oder Fernwärme kaum effizient möglich machen.

- Für Prozesse mit hohem Temperaturbedarf gibt es meist auch technische Möglichkeiten zur Elektrifizierung. Bei sehr hohem Strombedarf sind Herausforderungen insbesondere mit Netzkapazitäten verbunden. Alternativ können Biomasse, Bio-Ethanol und erneuerbare Gase für die Dekarbonisierung in speziellen Hard-to-Abate Prozessen herangezogen werden.

Barrieren und Nächste Schritte

(10) Dekarbonisierungs-Strategie: Neben den in der vorliegenden Studie aufgenommenen Informationen zu den Nutztemperaturen betrieblicher Prozesse, werden zusätzlich Anschlussleistungen von Strom und Erdgas, Betriebszeiten, Energiemengen sowie Details über die Infrastruktur, wie bestehende Verbraucher vor Ort, benötigt, um Lösungen in die Produktionsprozesse effizient integrieren zu können.

- Eine Dekarbonisierungs-Strategie sollte immer für den gesamten Betrieb und nicht getrennt für Gebäude und Prozesse entwickelt werden. Beispielsweise kann der prozessspezifische Erdgasverbrauch in Druckereien überwiegend den Lüftungsanlagen in der Kategorie Gebäude zugeordnet werden.
- Über zusätzliche Informationen wird ein Herausrechnen des Erdgasverbrauchs für Lüftungsanlagen ermöglicht. Diese zählen oft zur Prozesswärme und haben einen sehr hohen Energiebedarf, welcher verhältnismäßig einfach dekarbonisiert werden kann.

(11) Barrieren: Neben den technisch vorhandenen Lösungen gibt es auch weitere Faktoren, welche eine Dekarbonisierung erschweren.

- Energieversorgungsanlagen werden bei Betrieben aufgrund von Anforderungen in Standards und Normen sowie der Haftung der Planer*innen und Anlagenhersteller*innen sehr oft überdimensioniert. Zur Lösung dieses Problems ist eine Zusammenarbeit mit Anlagenplaner*innen, Anlagenhersteller*innen und Betrieben notwendig.
- Für individuelle Lösungen, wie für die Regelungstechnik oder den Einsatz von alternativen Brennstoffen, werden von Anlagenhersteller*innen oft keine Garantien und Haftungen übernommen.
- Betriebsgebäude sind oft Mietobjekte und eine Umstellung der Energieversorgung müsste durch den/die Eigentümer*in oder in Abstimmung mit diesem/dieser erfolgen. Diese haben oft kein wirtschaftliches Interesse an einer entsprechenden Investition.
- Betriebe sind oft über die Jahre gewachsen und haben gültige Betriebsanlagengenehmigungen für die gewachsene Produktion inklusive Energieversorgung. Eine umfassende Dekarbonisierung kann eine Änderung der Energieversorgung und -bereitstellung und in manchen Fällen auch eine Optimierung der Produktionsprozesse beinhalten. Aufgrund der gegebenen Gebäudestrukturen und Platzbeschränkungen im städtischen Raum ist eine Bewertung der gesamten Betriebsanlage nach Stand der Technik anspruchsvoll.
- Speziell in Stadtgebieten ist das Platzangebot teilweise sehr begrenzt. Dekarbonisierungs-Vorhaben werden oft im Zuge von Betriebserweiterungen realisiert um die bestehende Produktion möglichst wenig zu beeinflussen.

2. Branchen der betrieblichen Erdgas-Prozesswärme

Im Folgenden werden die Sektoren entsprechend Abbildung 2 im Detail beschrieben. Zunächst werden die Zahlen der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria entsprechend dem (1) gesamten Erdgasverbrauch, (2) Erdgasverbrauch für Prozesswärmе, (3) Anteil am Erdgasverbrauch der betrieblichen Prozesswärmе und (4) Anteil an Erdgas am gesamten Prozesswärmebedarf dargestellt.

Anschließend werden ÖNACE-Klassen den jeweiligen Arbeitsstätten in Wien zugeordnet. Daraus ist die Häufigkeit an den Betriebsstätten und der Anteil unterschiedlicher Betriebsgrößen in Wien ersichtlich. Diese sind entsprechend einer Punktevergabe nach Tabelle 47 priorisiert. Gemeinsam mit Branchenvertreter*innen wurden die in „hellblau“ markierten Branchen-Klassen als besonders relevant beziehungsweise repräsentativ für den Sektor in Wien identifiziert.

Für jeden Sektor wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, welche auf energie-relevante Besonderheiten eingeht. In der Literaturrecherche wurden auch die Prozesse und Prozessgruppen identifiziert, welche Strom und Erdgas verbrauchen. Diese werden in der jeweiligen Abbildung zu den Prozessen je Sektor in „grau“ dargestellt.

Für die „hellblau“ markierten Branchen-Klassen mit Detailanalyse wurde direkt Kontakt mit Betrieben aufgenommen. Es wurde eine Prozesstabelle an den jeweiligen Betrieb entsprechend Tabelle 48 ausgesendet, oft telefonisch Details besprochen und die Hintergründe sowie Methodik erklärt. Für jede Branchen-Klasse wurde zumindest eine vor-Ort Aufnahme durchgeführt. Es wurde das bestehende Wärmeabgabesystem sowie die Versorgungstemperaturen und Nutztemperaturen aufgenommen. Die Ergebnisse dieser Detailaufnahmen wurden für die jeweiligen Prozesse zusammengefasst und farblich über die Literaturwerte gelegt.

Die Nutzenergieanalyse der Statistik Austria wird nach der Klassifizierung der Internationalen Energieagentur IEA und nicht für die Kategorien der ÖNACE Klassifikation durchgeführt. Eine Zusammenführung nach Tabelle 45 war daher notwendig. Die Daten unterliegen jährlichen Schwankungen. Nach den Corona-Jahren ist 2022 als aussagekräftiges Jahr für die vorliegende Studie ausgewählt worden. Für die Studie wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Sektoren (1) Maschinenbau (2) Nicht Eisen Metalle (3) Fahrzeugbau und (4) Eisen- und Stahlerzeugung wurden aufgrund der ähnlichen Produktionsprozesse und des geringen Erdgasverbrauchs unter „Metallverarbeitung“ zusammengefasst.
- Die Sektoren (1) Steine und Erden (2) Glas (3) Textil und Leder (4) sonstiger produzierender Bereich und (5) Holzverarbeitung wurden aufgrund des geringen Verbrauchs unter „sonstiges“ zusammengefasst.
- Die Aufnahme der Kategorie „öffentliche und private Dienstleistungen“ in die Betrachtung verändert auch die %-Werte der Verbräuche, da Branchen mitaufgenommen werden, welche lt. Statistik Austria nicht dem produzierenden Bereich zugeordnet werden.

2.1. Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak



*sonstiges: Heizöl, Gasöl für Heizzwecke, Flüssiggas, Biogene Brenn- und Treibstoffe

Der Sektor „Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak“ hat mit 39,4% Anteil am Erdgasverbrauch der betrieblichen Prozesswärme in Wien den höchsten Anteil aller Sektoren und basiert mit 93% fast vollständig auf Erdgas. 86% der benötigten Prozesswärme liegt im Temperaturbereich < 200 °C.

In Tabelle 1 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich „Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak“ dargestellt. Die „blau“ markierten Klassen wurden nach Priorisierung einer Detailaufnahme unterzogen und sind folgend beschrieben.

Tabelle 1: Ausgewählte Branchen im Sektor Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Nahrungs- und Futtermittel	C 10				
H.v. Backwaren (ohne Dauerbackwaren) - Detailanalyse	C 1071	284	270	12	2
Fleischverarbeitung - Detailanalyse	C 1013	77	75	0	2
H.v. Speiseeis	C 1052	13	13		
H.v. Süßwaren (ohne Dauerbackwaren)	C 1082	32	30	2	
Sonst. Verarbeitung v. Obst und Gemüse	C 1039	17	15	2	
Verarbeitung v. Kaffee und Tee	C 1083	14	14		
H.v. Fertiggerichten	C 1085	10	7	2	1
H.v. sonst. Nahrungsmitteln a.n.g.	C 1089	48	48		
H.v. Frucht- und Gemüsesäften	C 1032	5	5		
H.v. Stärke und Stärkerzeugnissen	C 1062	1	1		
H.v. Teigwaren	C 1073	7	7		
H.v. Futtermitteln für sonst. Tiere	C 1092	9	8	1	
Schlachten (ohne Geflügelschlächtereien)	C 1011	1	1		
H.v. Margarine u.ä. Nahrungsfetten	C 1042	1		1	
Milchverarbeitung	C 1051	5	5		
H.v. Dauerbackwaren	C 1072	7	5		2
H.v. Würzmitteln und Soßen	C 1084	5	3	1	1
H.v. diätetischen Nahrungsmitteln	C 1086	3	3		
H.v. Futtermitteln für Nutztiere	C 1091	2	2		
Getränkeherstellung	C 11				
H.v. Bier - Detailanalyse	C 1105	20	19	1	0
H.v. Spirituosen	C 1101	10	10		
H.v. Erfrischungsgetränken	C 1107	10	9		1
H.v. Traubenwein	C 1102	5	5		
H.v. Malz	C 1106	1		1	

In Abbildung 4 sind Literaturwerte und Ergebnisse der Detailaufnahmen der Wärmeprozesse je Sektor aufgelistet. Innerhalb des Sektors wird eine Vielzahl an unterschiedlichen Produkten hergestellt. Trotz der Vielzahl an Produkten sind einige Wärmeprozesse vergleichbar und haben aus Sicht der Nutztemperatur ähnliche Anforderungen.

Die WärmeverSORGUNG des Sektors ist durch Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit geprägt. Unabhängig von Betriebsgröße und Branche müssen Betriebe in diesem Sektor die Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit und Hygiene erfüllen. Wärme- und Kühlprozesse sind dabei ein wichtiges Instrument, um die mikrobiologische Kontamination zu bekämpfen [4].

Durch Wärmebehandlung sollen mikrobiologischen Aktivitäten gestoppt werden, um Produkte im Lebensmittel-, Getränke- und Milchsektor zu konservieren. Je nach Produkt und Anforderung an die Haltbarkeit, kommen unterschiedliche Zeit- und Temperaturprogramme zur Anwendung. Neben der Wärmebehandlung ist die Kühlung ein westlicher Energieverbraucher im Lebensmittelbereich und aufgrund von Hygienestandards vorgeschrieben [4].

Vor allem Koch- und Trocknungsprozesse sowie Prozesse zur Sterilisation und Reinigung sind im Sektor häufig vertreten und wurden in der untenstehenden Grafik (siehe Abbildung 4) aus unterschiedlichen Branchen zusammengefasst.

Die Nutztemperaturen aus den Betriebsaufnahmen (farbliche Darstellung) entsprechen dem Temperaturbereich aus der Literatur [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] (graue Darstellung). Vor allem bei den Niedrigtemperaturprozessen liegen die Nutztemperaturen aus den Betriebsaufnahmen im unteren Bereich der Literatur-Bandbreite.

Ein Großteil der **Produktionsprozesse benötigt unter 140 °C Nutztemperatur**. Die relativ niedrigen Nutztemperaturen vieler Wärmeprozesse sowie Abwärmepotentiale aus der Prozesskühlung ermöglichen eine große Auswahl an effizienten erneuerbaren Wärmeversorgungsmöglichkeiten.

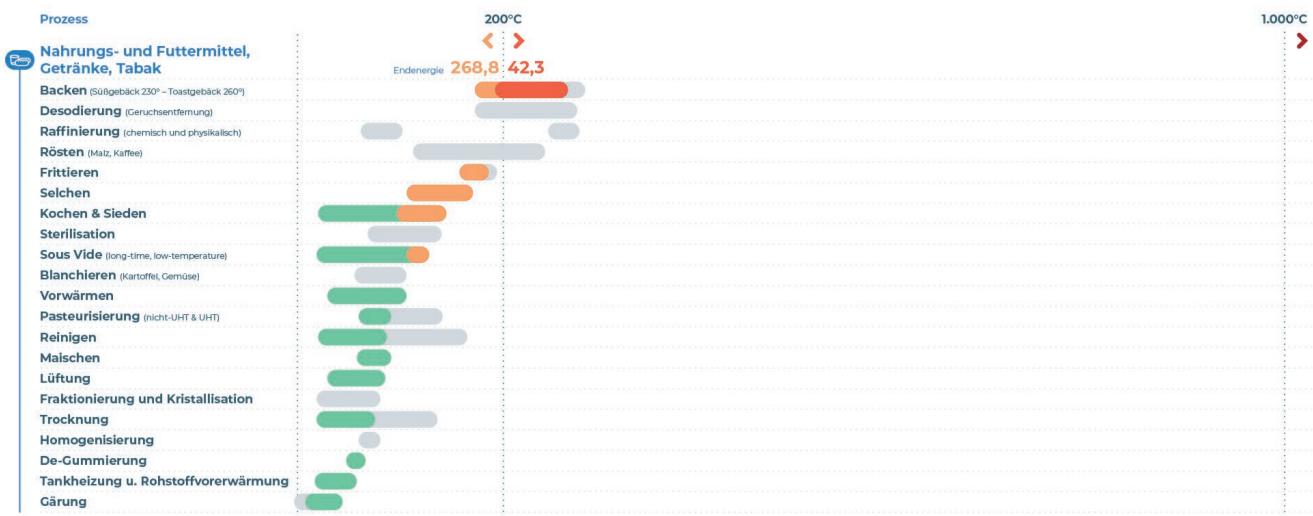


Abbildung 4: Wärmeprozesse im Sektor "Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak" [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]

2.1.1. H.v. Backwaren (ohne Dauerbackwaren) <C1071>



Abbildung 5: Stikkenöfen für Backbetrieb bei Ankerbrot GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „H.v. Backwaren“ ist mit 284 Betrieben in Wien die größte Vertreterin des Sektors „Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabak“ und besteht aus unterschiedlichen Betrieben vom Kleinst- bis Großbetrieben. Wien ist insbesondere durch Kleinbetriebe geprägt. Über die Filialstandorte sind jedoch viele Arbeitsstätten Mittel- oder Großbetrieben zugehörig. Für diese werden im Tag- und Nachtbetrieb frische, halbgebackene oder Tiefkühl-Teiglinge an einem zentralen Standort für die eigenen Filialen, für Supermärkte und für die Gastronomie produziert. Die Prozesse und Temperaturen, welche zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Prozesse in Bäckereien (eigene Datenaufnahme – drei Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem					
	Nutzung	Versorgung	Brenner		Dampfkessel		Elektrisch	
	Mittel	Mittel	Klein	Groß	Klein	Groß	Klein	Groß
Backen	260	260	oft	häufig			häufig	oft
Beschwadung		125			häufig		häufig	oft
Frittieren	180	180	häufig	selten			häufig	häufig
Reinigung Kisten/Backbleche	70	75	häufig	selten	selten			
Lüftung	60	90	häufig	oft	selten			
Reinigung (Warmwasser)	50	75	häufig	selten	selten			
Rohstoffvorerwärmung (Warmwasser)	30	50	häufig	selten	selten		häufig	oft
Gärung	20	125				häufig	häufig	oft

In obenstehender Tabelle sind die Aufnahmen der Wärmeprozesse von Produktionsbetrieben zur Herstellung von Backwaren dargestellt.

Hohe Prozesstemperaturen werden vor allem für den Backprozess benötigt. Diese sind eine Herausforderung für eine effiziente Dekarbonisierung. Wärme wird entweder direkt über Strom oder Erdgas oder indirekt über Thermoöl abgegeben. Mit Thermoöl kann ein niedriger Energieverbrauch pro Brackfläche erreicht werden. Dabei sind folgende Backöfen im Einsatz:

- Stikken- oder Wagenofen: Es handelt sich um Batch-Anlagen, welche sowohl basierend auf Strom als auch auf Erdgas produzieren können und bei allen Unternehmensgrößen im Einsatz sind.
- Tunnel-/Durchlauf-/Etagenöfen: Kontinuierliche Backstraßen in großen Bäckereibetrieben. Die Beschadigung erfolgt zusätzlich mit einem zentralen Dampfkessel.

Hohe Prozesstemperaturen werden für das Frittieren benötigt. Die Wärmeversorgung erfolgt elektrisch. Für die Betriebsreinigung und Reinigung von Kisten und Backblechen sowie zur Rohstoffvorerwärmung sind Nutztemperaturen unter 70 °C im Einsatz. Diese werden oft mit Abwärmequellen aus dem Betrieb bereitgestellt oder mit diesen vorerwärmten. Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in Bäckereien

Erneuerbare Wärmeversorgung									
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie			Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE- Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C			
Backen							häufig	oft	oft
Beschadigung							häufig	oft	oft
Frittieren							häufig		
Reinigung Kisten/Backbleche	selten	häufig	selten	selten	selten				
Lüftung	selten	oft	häufig	häufig		oft			
Reinigung (Warmwasser)	selten	häufig	selten	selten	selten				
Rohstoffvorerwärmung (ww)	selten	häufig	selten	selten	selten				
Gärung	häufig	oft	häufig				oft		

In Betrieben mit einer zentralen Dampfversorgung werden Niedrigtemperaturprozesse nachgeheizt und/oder mitversorgt. Dampf wird in der Produktion zur Beschadigung im Ofen oder zur Gärung (Teigware) eingesetzt.

Für die Versorgung der Niedrigtemperaturprozesse, wie der Lüftungsanlagen, der Reinigungsprozesse und der Gärung, gibt es ein großes Energieeffizienzpotential, da mehrere **Abwärmequellen zur Versorgung von Niedrigtemperaturprozessen zur Verfügung** stehen. Abwärme entsteht durch den Backprozess, Kühlung und Druckluft.

Eine Besonderheit der Branche ist der hohe Kühlbedarf in großen Betrieben, welche insbesondere über Tiefkühlkompressoren und Froster für Tiefkühl-Teiglinge bereitgestellt wird. Diese Abwärme kann direkt genutzt oder als Wärmequelle ideal für Niedrigtemperatur, Industrie- und Hochtemperatur Wärmepumpen eingesetzt werden. Der zusätzliche Druckluftbedarf stellt eine Quelle für Hochtemperatur-Abwärme dar.

Zur Erwärmung der Backöfen der aufgenommenen Produktionsstandorte wird überwiegend Erdgas sowie Strom eingesetzt. Zur erneuerbaren Wärmeversorgung sind elektrische Backanlagen verfügbar und derzeit schon im Einsatz.

2.1.2. Fleischverarbeitung <C1013>

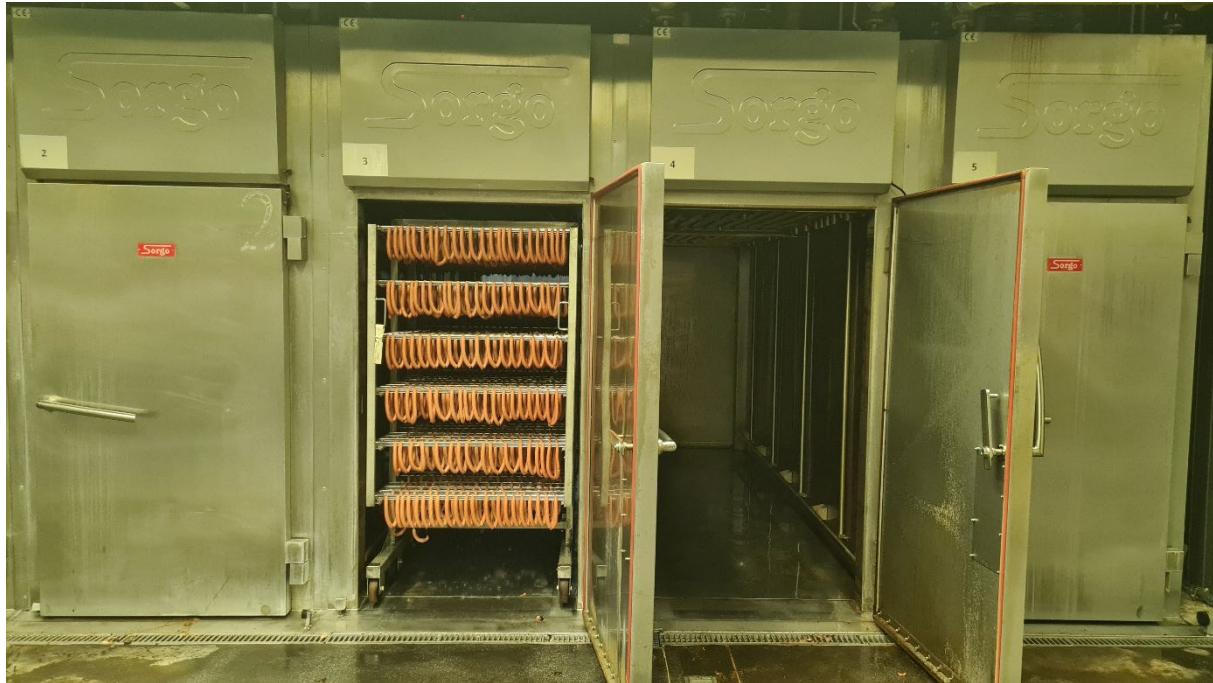


Abbildung 6: Koch, Selchanlagen bei Wiesbauer österreichische Wurstspezialitäten GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „Fleischverarbeitung“ ist mit 77 Betrieben die zweitgrößte Vertreterin des Sektors „Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabak“. Davon sind 75 Kleinbetriebe und es sind zwei Großbetriebe in Wien angesiedelt. Die Prozesse und Temperaturen, welche zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Prozesse in der Fleischverarbeitung (eigene Datenaufnahme - sechs Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem					
	Nutzung	Versorgung	Brenner		Dampfkessel		Elektrisch	
			Klein	Groß	Klein	Groß	Klein	Groß
Selchen	150	152,5	häufig		selten	häufig	öfter	selten
Raucherzeuger, Braten			häufig	häufig			häufig	häufig
Kochen	120	152,5	selten		selten	häufig	selten	selten
Sous Vide (long-time, low-temperature)	120	152,5	selten		selten	häufig	Selten	selten
Pasteur	75	80	selten		selten	häufig	selten	selten
Reinigung	70	75	häufig	selten		selten		
Lüftung	60	90	häufig	öfter		selten		
Trocknung	30	75	häufig	selten		selten		

Die höchsten Temperaturen werden in der Branche für die Selch- und Kochanlagen benötigt. Diese werden sowohl mit Gas, Dampf, als auch Strom versorgt.

- In kleinen Betrieben ist die Versorgung der Koch- und Selchanlagen mit Gas üblich, für die Prozesse sind aber auch Möglichkeiten zur Nutzung von Strom verfügbar.
- In großen Produktionsanlagen erfolgt die WärmeverSORGUNG der Koch- und Selchanlagen in der Regel über einen zentralen Dampfkessel. Dabei wird Dampf in Koch- und Sous Vide Prozessen direkt beaufschlagt. Beim Selchen erfolgt die Erwärmung indirekt über Heizregister.

Für die Betriebsreinigung und Kistenwäsche sind Nutztemperaturen unter 70 °C im Einsatz. Diese werden häufig über Abwärmequellen aus dem Betrieb versorgt oder mit diesen vorerwärmten.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Fleischverarbeitung

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE- Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Selchen				häufig		häufig	häufig	selten
Raucherzeuger, Braten					häufig	häufig	häufig	selten
Kochen				häufig		häufig	häufig	selten
Sous Vide (long-time, low temperature)			häufig	häufig	häufig	häufig		
Pasteur			häufig	häufig	häufig			
Lüftung	selten	häufig	öfter	häufig			selten	
Reinigung	häufig	öfter						
Trocknung	häufig	öfter						

Bei der Fleischverarbeitung gibt es ein hohes Energieeffizienzpotential, da große Abwärmeleistungen aus der Kälteversorgung zur Verfügung stehen und für die Eigenversorgung von Produktionsprozessen, wie Reinigung, Kistenwaschanlagen und Trocknung eingesetzt werden können. Das resultiert aus dem **hohen Kühlbedarf** für Kühlhäuser und in den Arbeitsräumen sowie Tiefkühl-Kühlung. Diese Abwärme kann auch ideal für den Einsatz von Industrie- und Hochtemperatur-Wärmepumpen verwendet werden. Über den Druckluftbedarf stehen weitere Hochtemperatur-Abwärmequellen zur Verfügung.

Die Wärmeversorgung der Koch- und Selchanlagen kann durch die Nutzung betrieblicher Wärmequellen über eine Hochtemperatur Wärmepumpe erfolgen. Teilweise sind bereits elektrische Koch- und Selchanlagen im Einsatz. Aufgrund der Nutztemperatur von unter 90 °C könnten Sous Vide Prozesse auch mit Warmwasser und Industriewärmepumpen versorgt werden.

2.1.3. H.v. Bier <C1105>



Abbildung 7: Bierherstellung © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „H.v. Bier“ ist mit 20 Betrieben in Wien vertreten, wobei ein Betrieb ein mittelgroßes Unternehmen ist und 19 Betriebe Kleinunternehmen sind. In der Branche gibt es viele gewachsene Strukturen. Die Prozesse und Temperaturen, welche zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Prozesse in der Herstellung von Bier (Datenaufnahme – zwei Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem					
	Nutzung	Versorgung	Brenner		Dampfkessel		Elektrisch	
			Klein	Groß	Klein	Groß	Klein	Groß
Sieden	119	147	selten	oft		häufig	häufig	
Abfüllung		118	selten	oft		häufig	häufig	
Sterilisation Fässer		147	selten	oft		häufig	häufig	
Reinigung	85	118	selten	häufig		häufig	häufig	
Reinigung (Flaschen und Kisten)	82,5	118	selten	oft		häufig	häufig	
Maische	77,5	118	selten	oft		häufig	häufig	
Pasteurisierung Flaschen	70	118	selten	oft		häufig	häufig	
Vorwärmen	69	147	selten	häufig		häufig	häufig	
Gebäudeheizung	65	118	selten	häufig				
Tankheizung (Chemikalien)	45	47		selten				selten

In größeren Produktionsanlagen ist der gesamte Produktionsprozess häufig auf Versorgungstemperaturen über 100 °C ausgelegt. Ausgehend vom Siede-Prozess wird die gesamte Produktion mit Dampf betrieben. Je nach Brauprozess sind für das Sieden entweder 98 - 150 °C notwendig.

- Kleine Betriebe: elektrische Gär- und Abfüllanlagen mit mobilen Dampferzeugern.
- In großen Produktionsanlagen erfolgt die Wärmeversorgung über einen zentralen Dampfkessel.

Neben dem Sieden werden die höchsten Temperaturen für die Sterilisation und Pasteurisation benötigt. Diese werden mit einer zentralen Dampfversorgung mitbeheizt oder sind als kleine mobile Dampferzeuger (Strom oder Diesel) verfügbar.

Eine effiziente Dekarbonisierung würde eine Anpassung der Produktions- und Wärmebereitstellungsprozesse voraussetzen. Versorgungstemperaturen für Reinigung oder Vorerwärmung benötigen unter 85 °C Nutztemperaturen und könnten mit Warmwasser statt mit Dampf bereitgestellt werden.

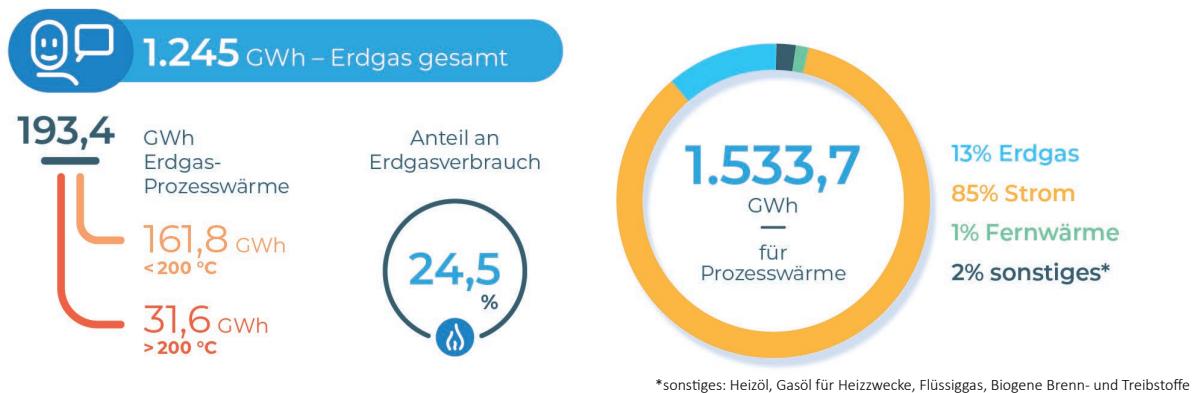
In der Produktion gibt es große Abwärmeleistungen aus der Kälteversorgung, welche für die Eigenversorgung von Produktionsprozessen oder als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden können. Zusätzlich gibt es Abwärme aus der Druckluftbereitstellung. Für große Brauereien mit entsprechendem Platzangebot kann Solarthermie oder Biogas eine dekarbonisierte Wärmeversorgung ermöglichen.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Herstellung von Bier

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Sieden					öfter	öfter	selten	selten
Abfüllung					öfter	öfter	selten	selten
Sterilisation Fässer					öfter	öfter	selten	selten
Reinigung	öfter	häufig	häufig	häufig				
Reinigung (Flaschen und Kisten)				häufig				
Maische				häufig				
Pasteurisierung Flaschen				häufig				
Vorwärmen	öfter	häufig	häufig	häufig				
Gebäudeheizung	öfter	häufig	häufig	häufig				
Tankheizung (Chemikalien)	häufig	häufig	häufig					

2.2. Öffentliche und private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung



Der Sektor „öffentliche und private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung“ gehört nach Statistik Austria nicht zu den „produzierenden Betrieben“, sondern wird als eigener Bereich angeführt. Aufgrund des hohen Erdgasverbrauchs in Wien wurde der Sektor im Rahmen der Studie ausgewählt.

Mit 24.5% hat der Sektor trotz eines Anteils von 85% Strom am Gesamt-Prozesswärmeverbrauch den zweithöchsten Erdgasverbrauch für betriebliche Prozesswärmeverbrauch in Wien, von welchem nur 13% auf Erdgas basieren. Etwa 84% der Prozesswärmeverbrauch wird für Temperaturen < 200 °C benötigt.

In Tabelle 8 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich „öffentliche und private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung“ dargestellt. Die „blau“ markierten Klassen wurden nach Priorisierung einer Detailaufnahme unterzogen und sind folgend beschrieben.

Tabelle 8: Ausgewählte Branchen im Sektor öffentliche und private Dienstleistungen, excl. Verteidigung, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
Sonstige Dienstleistungen a.n.g.	S 96				
Wäscherei und chem. Reinigung - Detailanalyse	S 9601	146	141	4	1
Bestattungswesen - Detailanalyse	S 9603	62	58	4	
Frisör- und Kosmetiksalons	S 9602	3269	3269		
Saunas, Solarien, Bäder u.Ä.	S 9604	542	541		1
Sonst. Dienstleistungen a.n.g.	S 9609	6790	6789	1	
Reparatur/Installation v. Maschinen	C 33				
Installation v. Maschinen a.n.g.	C 3320	107	98	7	2
Reparatur v. Maschinen	C 3312	107	104	3	
Reparatur v. Fahrzeugen a.n.g.	C 3317	20	15	2	3
Reparatur v. Metallerzeugnissen	C 3311	12	12		
Reparatur v. elektr./optischen Geräten	C 3313	21	18	1	2
Reparatur v. elektr. Ausrüstungen	C 3314	20	20		
Reparatur v. sonst. Ausrüstungen	C 3319	13	13		

Abbildung 8 stellt eine Sammlung an Prozessen der betrieblichen Prozesswärmeverbrauch in Wien sortiert nach Temperaturniveau dar.



Abbildung 8: Prozesstemperaturen im Sektor öffentliche und private Dienstleistungen, excl. Verteidigung [12], [13], [14]

2.2.1. Wäscherei und chemische Reinigung <S9601>



Abbildung 9: Waschsalon © Ryan McGuire

Die Branchen-Klasse „Wäscherei und chemische Reinigung“ ist mit 146 Betrieben in Wien aufgrund des hohen erwarteten Temperaturbedarfs in der Priorisierung als bedeutendste Klasse ausgewählt worden. Davon sind 141 Betriebe Kleinbetriebe. Es gibt 4 mittlere Betriebe und einen Großbetrieb in Wien. Größeren Betriebe haben zentrale Wäschereien und einzelne Standorte oder Filialen für die Sammlung und Rückgabe der zu waschenden Utensilien. Diese arbeiten oft auch mit Sonderwäschen für beispielsweise Krankenhäuser, bei welchen besondere Hygieneanforderungen erfüllt werden müssen. Kleine Betriebe sammeln, waschen und bügeln oft direkt in der Filiale. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Prozesse in der Wäscherei und chemischen Reinigung (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb + ein Branchenexpert*in)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem					
	Nutzung	Versorgung	Brenner		Dampfkessel		Elektrisch	
			Klein	Groß	Klein	Groß	Klein	Groß
Mangeln	160	185	selten	häufig		häufig	häufig	
Pressen	160	170	selten			häufig	häufig	
Trocknen	120	170	selten	häufig		häufig	häufig	oft
Finishen	120	170	selten	häufig		häufig	häufig	
Waschen	60	170	selten			häufig	häufig	

Die höchsten Temperaturen werden nach dem Waschvorgang benötigt. Es sind mehrere Hochtemperatur-Prozesse über 100 °C für verschiedene Trocknungsvorgänge im Einsatz:

- Das Mangeln – Flachwäsche, erfolgt über eine gasbeheizte Mulde mit einer Nutztemperatur von 160 °C, welche über Thermoöl oder dampfbeheizte Walze mit 185 °C Nutztemperatur bereitgestellt wird.
- Das Finishen erfolgt entweder über einen direkten Gasbrenner oder mittels Dampfs bei Versorgungstemperaturen von 170 °C. Die Methode mit direktem Gasbrenner hat einen geringeren Energiebedarf, wobei Nutztemperaturen von 120 °C benötigt werden.
- Das Pressen erfolgt für Baumwoll-Wäsche mit dampfbeheizten Pressplatten.
- Das Trocknen kann entweder direkt mit Gasbrenner, Dampf oder elektrisch erfolgen. Die benötigten Nutztemperaturen liegen bei 120 °C. Ein direkter Gasbrenner hat einen geringeren Energiebedarf als die Trocknung mit Dampf.

Das **Waschen** an sich erfolgt bei einer Nutztemperatur von 40 - 95 °C, wobei zwischen Vorwäsche und Hauptwäsche unterschieden wird. Das Waschen erfolgt entweder thermisch oder chemo-thermisch.

In Waschstraßen werden 90% der Wäschen gewaschen. Es handelt sich um diskontinuierliche, in Kammern betriebene Wäsche, mit einer Taktzeit von z.B. 2 Minuten für die Chemiedosierung, Temperierung und Dampfaufschlag von 2 - 3 bar.

Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Wäscherei und chemischen Reinigung

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Mangeln						häufig	öfter	häufig
Pressen						häufig	öfter	häufig
Trocknen		häufig				häufig	öfter	häufig
Finishen		häufig				häufig	öfter	häufig
Waschen		häufig			oft	häufig	öfter	häufig

Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz und Dekarbonisierung:

- Waschen: Reduktion der Waschtemperatur, wobei eine mögliche Wechselwirkung mit Hygieneanforderungen und Durchlaufzeit der Wäsche und somit Kapazität der Wäscherei berücksichtigt werden muss.
- Wärmerückgewinnung der feuchten Abluft von Trockner- und der Finisherabluft: Beim Trocknungsprozess gibt es eine Restfeuchte von 60%. Über eine Wärmerückgewinnung der feuchten Abluft von Trockner und Finisher kann ein Teil der Kondensationsenergie des enthaltenen Wassers rückgewonnen werden.
- Wärmerückgewinnung vom Abwasser, da dieses noch annähernd Nutztemperatur hat und insbesondere zur Trinkwasservorwärmung eingesetzt werden kann. Das Nachheizen kann mit einer Industriewärmepumpe erfolgen, welche die Abwärme der Druckluft oder Grundwasser als Wärmequelle nutzt.
- Entwässerung über effiziente Hochdruckentwässerungspressen oder Zentrifugen, welche mit Rekuperation ausgestattet werden können. Diese haben eine Wechselwirkung mit Trocknung, da eine effiziente Entwässerung zu einem geringeren Trocknungsaufwand führt.

Eine Besonderheit der Branche ist, dass ein teilweise schnelles temperieren des Prozesses, wie in den Waschstraßen, notwendig ist. Die benötigten Temperaturen können aus technischer Sicht daher insbesondere über Schnelldampferzeuger mit Strom bzw. erneuerbare Gase bereitgestellt werden. Der Einsatz von Biomasse-Dampfkesseln ist aufgrund der hohen Spitzen nur spezifisch möglich.

2.2.2. Bestattungswesen <S9603>



Abbildung 10: Krematorium im Bestattungswesen bei Friedhöfe Wien GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „Bestattungswesen“ ist mit 62 Betrieben in Wien insbesondere aufgrund der hohen benötigten Temperaturen in die Betrachtung aufgenommen worden. Hohe Temperaturen werden bei der Kremierung benötigt. Kleine Betriebe sind in der Regel Dienstleister aus Wien und Wien-Umgebung, welche mit dem Krematorium in Wien zusammenarbeiten. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Prozesse im Bestattungswesen (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem		
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch
Kremierung	850	850	häufig		öfter

Die Hauptbrennkammer weist eine Mindesttemperatur von 850 °C auf. Hohe Temperaturen sind notwendig, um Umweltauflagen zu erfüllen und Schadstoffe der Abluft „unschädlich“ zu machen.

Ein hoher Wärmeverbrauch in der Brennkammer wird insbesondere für das Aufheizen nach Stillstandzeiten benötigt. Das führt dazu, dass insbesondere am Wochenstart der Gasverbrauch hoch ist. Aufgrund des Brennstoffeintrages, wie Holz, werden in der Hauptbrennkammer Temperaturen um 1.100 °C erreicht. Beheizt wird nur die Hauptbrennkammer, die Nachbrennkammer wird über die Hauptbrennkammer mitversorgt und die Aschekühlung dient zum Auskühlen der Rückstände.

Derzeit werden sowohl Erdgas-Brenner als auch Elektroöfen eingesetzt. Der Elektroofen ist in Ausnahmefällen (rund 1%) aufgrund begrenzter Kapazitäten nicht geeignet.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung im Bestattungswesen

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Kremierung						häufig	häufig	häufig

Zur erneuerbaren Wärmeversorgung wird der Einsatz von Wasserstoff H₂ als Ersatzbrennstoff für die Erdgasbrenner untersucht. Im Vergleich zu dem bestehenden Elektroofen werden höhere laufende Kosten mit Wasserstoff als Ersatzbrennstoff erwartet.

2.3. Chemie und Petrochemie, Pharmazie



*sonstiges: Heizöl, Gasöl für Heizzwecke, Flüssiggas, Biogene Brenn- und Treibstoffe

Der Sektor hat mit 19% den dritthöchsten Anteil am Erdgasverbrauch der betrieblichen Prozesswärme in Wien. 64% der Prozesswärme werden mit Erdgas bereitgestellt. Auffallend ist insbesondere, dass mit ~ 62% der Prozesswärme ein großer Anteil der Temperaturen von > 200 °C benötigt wird. Mit 92,2 GWh hat der Sektor auch den höchsten Gesamttemperaturbedarf von > 200 °C in Wien.

In Tabelle 13 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich „Chemie und Petrochemie, Pharmazie“ dargestellt. Die „blau“ markierten Klassen wurden nach Priorisierung einer Detailaufnahme unterzogen und sind folgend beschrieben.

Tabelle 13: Ausgewählte Betriebe im Sektor Chemie und Petrochemie, Pharmazie, ausgewählt nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. chemischen Erzeugnissen	C 20				
H.v. Körperpflegemitteln	C 2042	60	59	1	
H.v. chemischen Erzeugnissen a.n.g.	C 2059	19	16	3	
H.v. Industriegasen	C 2011	5	5		
H.v. sonst. anorganischen Grundstoffen	C 2013	2	1	1	
H.v. sonst. organischen Grundstoffen	C 2014	5	5		
H.v. Anstrichmitteln und Kitten - Detailanalyse	C 2030	9	6	3	
H.v. pyrotechnischen Erzeugnissen	C 2051	3	3		
H.v. Farbstoffen und Pigmenten	C 2012	1	1		
H.v. Düngemitteln	C 2015	4	3	1	
H.v. Kunststoffen in Primärformen - Detailanalyse	C 2016	5	3	1	1
H.v. Pflanzenschutzmitteln	C 2020	2	1	1	
H.v. Wasch- und Reinigungsmitteln	C 2041	4	2	2	
H.v. etherischen Ölen	C 2053	1	1		
H.v. pharmazeutischen Erzeugnissen	C 21				
H.v. pharmazeutischen Spezialitäten - Detailanalyse	C 2120	135	122	6	7
H.v. pharmazeutischen Grundstoffen	C 2110	4	3	1	

Abbildung 11 stellt eine Sammlung an Prozessen der betrieblichen Prozesswärme in Wien sortiert nach Temperaturniveau dar.



Abbildung 11: Prozesstemperaturen in Sektor Chemie und Petrochemie [15], [16]

2.3.1. H.v. pharmazeutischen Spezialitäten <C2120>



Abbildung 12: Medikamentenherstellung in der Pharmaindustrie © kleinkraft

Der Erdgasverbrauch im Sektor „Chemie und Petrochemie, Pharmazie“ wird in Wien laut Branchenvertreter*innen wesentlich von der Branchen-Klasse „H.v. pharmazeutischen Spezialitäten“ beeinflusst. Es sind in Wien 135 Betriebe angesiedelt, wobei es 6 mittelgroße und 7 Großbetriebe gibt. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Prozesse bei H.v. pharmazeutischen Spezialitäten (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem					
	Nutzung	Versorgung	Brenner		Dampfkessel		Elektrisch	
	Mittel	Mittel	Klein	Groß	Klein	Groß	Klein	Groß
Water for Injection	150	175			öfter	häufig	häufig	selten
Reinigung- WFI	60	175			öfter	häufig	häufig	selten
Reinigung-Reindampf	125	175			öfter	häufig	häufig	selten
Befeuchtung Lüftung		175			öfter	häufig	häufig	häufig
Lüftung	70	75	häufig	häufig		öfter		

Hohe Temperaturen werden insbesondere aufgrund der vorgeschriebenen Hygiene und Reinheitsbestimmungen benötigt. „Water for Injection“ (WFI) wird durch Destillation, hergestellt und benötigt bei der „Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten“ hohe Versorgungstemperaturen mit 8 bar Dampf bis 180 °C. Dafür ist bei den aufgenommenen Betrieben ein Erdgas-Dampfkessel in Betrieb.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei H.v. pharmazeutischen Spezialitäten

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE- Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Water for Injection					öfter		häufig	häufig
Reinigung- WFI					öfter		häufig	häufig
Reinigung-Reindampf					öfter		häufig	häufig
Befeuchtung Lüftung					öfter		häufig	häufig
Lüftung	selten	häufig	selten	häufig	selten	häufig		

Aufgrund der hohen Versorgungstemperaturen und großen Wärmemengen ist eine Dekarbonisierung mit Herausforderungen verbunden. Das betrifft insbesondere die Herstellung von „Water for Injection“ und Lüftung.

Ein Beispiel für den **Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen** über 100 °C wird im laufenden F&E Projektes AHEAD im Pharmazie Bereich getestet. Dabei soll mit einer Wärmepumpenkaskade Abwärme der Kälteversorgung auf 130 °C gehoben werden. Der Dampf soll anschließend weiter auf 11 bar verdichtet werden [31].

Weitere Möglichkeiten zur Dekarbonisierung sind der Umstieg auf erneuerbare Energie (Biomasse) für die Dampferzeugung der Energiezentrale oder der Einsatz von erneuerbaren Gasen in bestehenden Blockheizkraftwerken (BHKWs).

Statt einem Destillationsprozess sind **nicht destillative Herstellungsverfahren von kaltem** „Water for Injection“ durch Umkehrosmosemembranstufe mit anschließender Elektro-De-Ionisation sowie Ultrafiltration [32] möglich. Durch niedrige Versorgungstemperaturen könnten effektivere erneuerbare Wärmeversorgungsmöglichkeiten zum Einsatz kommen.

Große Wärmemengen werden für den Betrieb der Lüftungsanlagen benötigt. Eine übliche Vorlauftemperatur in den aufgenommenen Betrieben beträgt zwischen 70 und 90 °C. Zusätzlich muss die zugeführte Luft befeuchtet und erhöhte Luftwechselraten eingehalten werden. Die Befeuchtung erfolgt je nach Hygieneanforderung unterschiedlich über Dampf oder Elektroheizstab. Der Temperaturbereich könnte mit dem Einsatz von Industriewärmepumpen bis 90 °C versorgt werden. Dafür würden Abwärmequellen aus Druckluft und Kälte zur Verfügung stehen.

2.3.2. H.v. Kunststoffen in Primärformen <C2016>



Abbildung 13: Polymer-Herstellung © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „H.v. Kunststoffen in Primärformen“ ist in Wien mit 5 Betrieben vertreten, wobei ein Mittel- und ein Großbetrieb angesiedelt sind. Die Prozesse werden in der gesamten chemischen Industrie angewandt. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Prozesse bei H.v. Kunststoffen in Primärformen (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem		
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch
Polykondensation	260	300	häufig		
Polymerisation	140	180		häufig	
Polyaddition	140	180		häufig	
Produktlagerung	85	85		häufig	
Vorerwärmung	50	85		häufig	

Bei der Herstellung von Kunststoffen in Primärformen wurde bei der Aufnahme zwischen Niedrigtemperatur (Dampf mit 11 bar) und Hochtemperaturprozessen (300 °C) unterschieden. Gekocht wird jeweils in Batchsystemen in Doppelwand Kochanlagen.

Niedrigtemperatur – Dampfsystem: Wird für Polymerisation und Polyaddition eingesetzt. Wobei Nutztemperaturen von 140 °C benötigt werden. Die Versorgung mit Dampf hat den Vorteil, dass der Prozess schnell gekühlt und somit gestoppt werden kann. Da die Reaktionen stark exotherm sind, entsteht Wärme im Prozess welche, je nach Prozessführung, gekühlt werden muss.

Die Abwärme aus der Prozesskühlung beträgt unter 30 °C und wird, aufgrund fehlender Wärmeabnehmer in diesem Temperaturbereich, nicht genutzt.

Hochtemperatur – Thermoölbrenner bis 300 °C: Wird für Polykondensationsprozesse benötigt. Je nach Prozess beträgt die Nutztemperatur zwischen 240 - 280 °C.

Zusätzlich wird Wärme unter 85 °C für die Beheizung der Lager und Produktvorerwärmung eingesetzt. Diese wird über die Rauchgasabwärme des Dampfkessels bereitgestellt.

Die Möglichkeiten zur **erneuerbaren Wärmeversorgung für Hochtemperatur** Prozesse bis 300 °C sind **begrenzt**. In diesem Fall kommen alternative Energieträger wie erneuerbare Gase inkl. Wasserstoff und Biomasse sowie Strom in Frage.

Die Versorgung der Dampfverbraucher bis 140 °C kann theoretisch durch Nutzung der Abwärme aus der Rückkühlung mit einer Hochtemperaturwärmepumpe erfolgen. Dafür ist eine Abstimmung der Leistung von Wärmequelle und Verbraucher notwendig. Die Wärmeverbraucher unter 85 °C benötigen teilweise nur Nutztemperaturen von 40 °C wofür sich ein effizienter Wärmepumpeneinsatz eignet.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei H.v. Kunststoffen in Primärformen

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H2, EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	IndWP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Polykondensation						häufig	häufig	häufig
Polymerisation					oft	oft	oft	oft
Polyaddition					oft	oft	oft	oft
Produktlagerung	häufig	oft		häufig				
Vorwärmung	häufig	oft	häufig					

2.3.3. H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten <C2030>



Abbildung 14: Abluftreinigung von Anstrichmitteln und Druckfarben bei Kansai Helios Austria GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten“ ist in Wien mit 9 Betrieben angesiedelt, wobei 3 Mittelbetriebe vertreten sind. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Prozesse bei H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten (eigene Datenaufnahme – ein Betrieb)

Prozess	Temperatur [°C]			Wärmeabgabesystem	
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Fernwärme	Dampfkessel	Elektrisch
Abluftreinigung	840	840			häufig
Reinigung (Behälter)	80	80	häufig		häufig
Lüftung	80	80	häufig		
Mischen	60				häufig
Vorerwärmung	60	80	häufig		
Vermahlung (Reiberei)					häufig

Es werden hauptsächlich niedrige Prozesstemperaturen unter 100 °C benötigt, da es sich insbesondere um die **Verarbeitung von Grundstoffen und um Misch-Prozesse** handelt.

Hohe Temperaturen werden bei der Reinigung der Abluft durch Verbrennung benötigt, diese erfolgt elektrisch.

Für die Verarbeitung beim Mischen wird keine zusätzliche Wärmezufuhr benötigt. Bei der mechanischen Durchmischung entstehen 60 °C. Wärme wird für das Reinigen der Batch Behälter benötigt. Dafür sind zwei Varianten im Einsatz; einmal erfolgt die Reinigungswassererwärmung elektrisch und einmal über Fernwärme.

Die aufgenommenen Wärmeprozesse werden bereits vollständig mit erneuerbaren Energien versorgt.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Möglichkeiten zur erneuerbaren WärmeverSORGUNG bei H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten

Prozess	Erneuerbare WärmeverSORGUNG					Ern. Gase H ₂ , EE-Methan	
	Abwärme	Wärmepumpe + Solarthermie	Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol		
Abluftreinigung	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C	häufig
Reinigung (Behälter)		häufig	häufig		häufig	häufig	häufig
Lüftung		häufig	häufig		häufig	häufig	häufig
Mischen						häufig	häufig
Vorerwärmung		häufig	häufig		häufig	häufig	häufig
Vermahlung (Reiberei)						häufig	häufig

2.4. Bau



Der Sektor Bau ist mit seinem Anteil von 7,2% am Erdgasverbrauch der betrieblichen Prozesswärme in Wien für die Dekarbonisierung zu betrachten. Der Sektor besteht neben dem produzierenden Bereich auch aus einer Vielzahl an Dienstleister*innen und hat mit 7.092 Betrieben in Wien pro Betrieb einen sehr geringen Erdgasverbrauch (vgl. Tabelle 46).

Mit 47,1 GWh ist jedoch ein Großteil der Endenergie im Bereich > 200 °C lt. Nutzenergieanalyse. Der Fokus in der vorliegenden Studie liegt auf diesem Bereich.

In Tabelle 20 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich Bau dargestellt.

Tabelle 20: Ausgewählte Branchen im Sektor Bau, nach 5.2 und [2]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
Tiefbau	F 42				
Bau v. Straßen - Detailanalyse	F 4211	20	15	2	3

Abbildung 15 stellt eine Sammlung an Prozessen der betrieblichen Prozesswärme in Wien sortiert nach Temperaturniveau dar.



Abbildung 15: Prozesstemperaturen in Sektor Bau [17], [18]

2.4.1. Bau von Straßen <F4211>



Abbildung 16: Asphaltmischanlage zur Herstellung von Heißasphalt bei AWW Asphaltwerk GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „Bau von Straßen“ wurde insbesondere aufgrund der hohen benötigten Temperaturen von 100 – 200 °C, für die Asphalt herstellung, in die Betrachtung aufgenommen. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Prozesse in der Asphalt herstellung (eigene Datenaufnahme - ein Betrieb + ein Anlagenhersteller*in)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem		
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch
Bitumenspeicher	200	220	häufig		
Trockner	200	250	häufig		
Heißelevator	190	220	häufig		
Mischturm und Verladung	180	190	häufig		

Laut Anlagenhersteller*in wird herkömmlicher Asphalt bei etwa 140 - 180 °C hergestellt, üblich bei 160 - 170 °C mit heißem Bitumen als Bindemittel. Die Asphalt herstellung erfolgt an zentralen Standorten und darf nicht zu weit von der jeweiligen Baustelle entfernt sein, da der Asphalt bis zur Verarbeitung warm bleiben muss. Neue Entwicklungen ermöglichen die Herstellung von Niedrigtemperaturasphalten, welche eine Prozesstemperatur von 100 °C oder 110 - 130 °C benötigen [17], [18].

Energieeinsparungen könnten beim Trocknungsprozess erzielt werden. Für die Asphalt herstellung wird das Wasser des Ausgangsstoffes in der Trockentrommel mit Brennern erhitzt und Wasser verdampft. Beispielsweise kann durch Überdachung des Lagerplatzes der Wassergehalt der Ausgangsmaterialien reduziert werden, wodurch weniger Wasser bei der Trocknung verdampft werden muss.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Asphaltherstellung

Erneuerbare Wärmeversorgung							
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C	
Bitumenspeicher				selten		selten	häufig
Trockner				selten		selten	häufig
Heißelevator				selten		selten	häufig
Mischturm und Verladung				selten		selten	häufig

In Bestandsanlagen ist lt. Anlagenhersteller*in eine Beimischung von Wasserstoff bis 28 Vol.%, ohne Brenneranpassung möglich, eine Nutzung von 100% Wasserstoff ist in Vorbereitung. Eine weitere Möglichkeit ist die Beimischung von Ethanol. Für die Nutzung von 100% Ethanol wäre eine Brenneranpassung notwendig.

Der Einsatz von Wärmepumpen ist aufgrund fehlender Wärmequellen und relativ hohen Nutztemperaturen derzeit wenig effizient. Bei einer Herstellung von Niedrigtemperaturasphalten über weitere Reduktion der Prozesstemperatur unter 100 °C, könnte der Einsatz von Wärmepumpen zukünftig effizient möglich werden. Eine rein elektrische Stromversorgung ist aufgrund der hohen Anschlussleistungen schwierig.

2.5. Papier und Druck



Der Sektor „Papier und Druck“ trägt mit 3,8% zum Erdgasverbrauch der betrieblichen Prozesswärmе in Wien bei. In Tabelle 23 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich Papier und Druck dargestellt. Die „blau“ markierten Klassen wurden nach Priorisierung einer Detailaufnahme unterzogen und sind folgend beschrieben. Nach Rückmeldung der Branchenvertreter*innen gibt es in Wien keine Papierherstellung.

Der hohe Erdgasverbrauch in der Branche entsprechend Nutzenergieanalyse konnte in den Detailaufnahmen nicht bestätigt werden.

Tabelle 23: Ausgewählte Branchen im Sektor Papier und Druck, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Papier/Pappe und Waren daraus	C 17				
H.v. Wellpappier und -pappe	C 1721	12	9	1	2
H.v. Holz- und Zellstoff	C 1711	1	1		
H.v. Bürobedarf aus Papier	C 1723	2	2		
H.v. Haushaltsartikeln aus Papier	C 1722	5	3	2	
H.v. sonst. Waren aus Papier	C 1729	9	7	2	
H.v. Papier, Karton und Pappe	C 1712	4	4		
H.v. Druckerzeugnisse	C 18				
Drucken a.n.g. - Detailanalyse	C 1812	148	144	4	0
Vervielfältigung bespielter Datenträger	C 1820	16	16		
Binden v. Druckerzeugnissen	C 1814	24	24		
Druck- und Medienvorstufe	C 1813	45	45		
Drucken v. Zeitungen	C 1811	3	2		1

Abbildung 17 stellt eine Sammlung an Prozessen der betrieblichen Prozesswärmе in Wien sortiert nach Temperaturniveau dar.



Abbildung 17: Prozesstemperaturen in Sektor Papier und Druck [19]

2.5.1. Drucken a.n.g. <C1812>

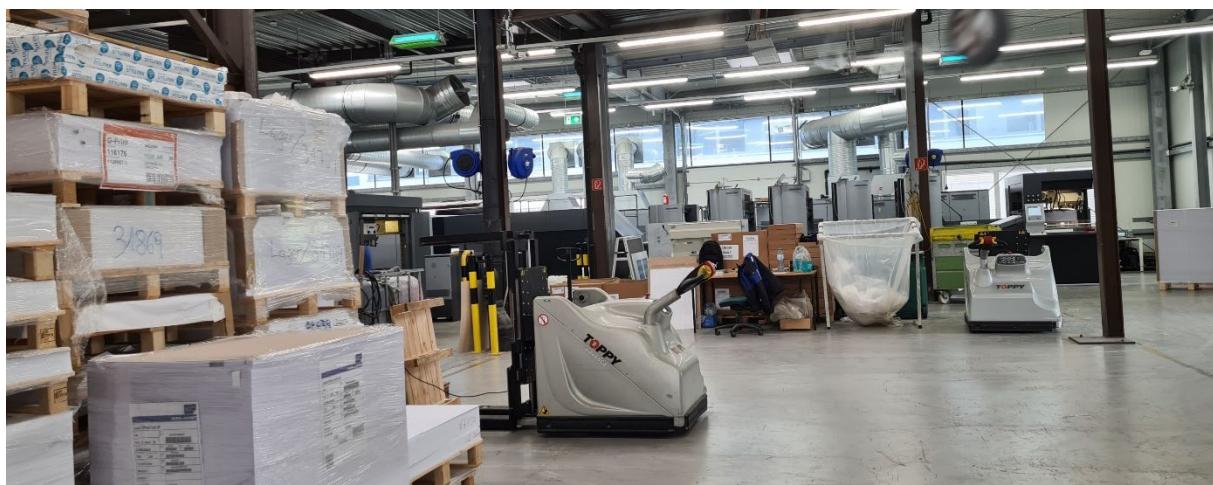


Abbildung 18: Druckmaschinen in konditionierten Produktionshallen bei Druckerei Roser GmbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „Drucken a.n.g.“ ist mit 148 Betrieben in Wien mit 4 mittelgroßen Betrieben der größte Vertreter des Sektors Papier und Druck in Wien. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Prozesse in Druckereibetrieben (eigene Datenaufnahme – sechs Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem			
	Nutzung	Versorgung	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch	
	Mittel	Mittel	Klein	Groß	Klein	Groß
Lüftung	60	80	häufig	häufig		
Trocknen	130	130			häufig	häufig

In der Literatur [19] wird ein hoher Wärmebedarf für die Abluftreinigung mit 900 °C benötigt, wobei dieser Prozess in keiner Befragung eines Betriebes in Wien bestätigt werden konnte.

Der größte Wärmebedarf wird für die Zuluft-Vorerwärmung der Lüftungsanlagen in der Produktion benötigt. Je nach Druckverfahren wird eine zusätzliche Trocknung benötigt. Eine genaue Temperaturangabe konnte im Zuge der Detailaufnahmen nicht ermittelt werden, da der Trocknungsprozess einen Teil der Druckmaschine darstellt. Eine zusätzliche WärmeverSORGUNG für die Trocknung ist bei keinem der aufgenommenen Druckbetrieben installiert. Die Versorgung dazu erfolgt elektrisch und lt. Literatur [19] mit 130 °C.

Die Dekarbonisierung des Bereichs Druck ist aus technischer Sicht effizient und theoretisch einfach umsetzbar. Zwei Druckbetriebe nutzen die Abwärme der Druckluftkompressoren für die Beheizung der Produktion. Das ist gegebenenfalls ausreichend. Zusätzlich können Niedrigtemperatur- oder Industriewärmepumpen mit bis 90 °C Vorlauftemperatur die WärmeverSORGUNG der Produktionsräume übernehmen.

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Möglichkeiten zur erneuerbaren WärmeverSORGUNG für Druckereibetriebe

Prozess	Erneuerbare WärmeverSORGUNG							
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
	NT < 40°C	HT > 40°C	NT < 55°C	Ind.WP 55-90°C	HT > 90°C	< 70 °C		
Lüftung		häufig	öfter	öfter		öfter		
Trocknen							häufig	

2.6. Metalltechnik



Unter Metalltechnik sind die Sektoren (1) Maschinenbau (2) Nicht-Eisen Metalle (3) Fahrzeugbau sowie (4) Eisen und Stahlerzeugung zusammengefasst dargestellt und in Folge im Detail beschrieben. Der Sektor „Metalltechnik“ ist für 3,1% des Erdgasverbrauchs der betrieblichen Prozesswärmе in Wien verantwortlich. Mit 74% ist ein Großteil der Prozesse über 200 °C. Rund die Hälfte der betrieblichen Prozesswärmе basiert bereits auf Strom.

Die Prozesse in den einzelnen Sektoren sind lt. Branchenvertreter*innen und Literatur meist die gleichen. Für die Detailanalyse wurden Vertreter*innen der Sektoren in Zusammenarbeit mit den Interessensvertreter*innen in Wien ausgewählt. Die identifizierten Prozesse wurden um Literaturwerte erweitert und wurden für alle vier Sektoren in Abbildung 19 zusammengefasst.

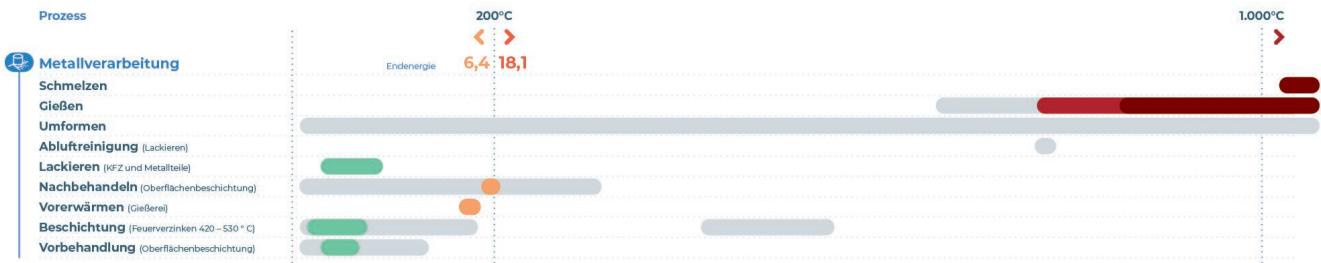


Abbildung 19: Prozesstemperaturen im Sektor Metalltechnik [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25]

2.6.1. Maschinenbau & Fahrzeugbau

Die beiden Bereiche „Maschinenbau“ und „Fahrzeugbau“ wurden aufgrund der gleichen angewandten Prozesse für die betriebliche Prozesswärme folgend zusammengefasst.

Maschinenbau

Der Sektor „Maschinenbau“ hat mit 15,5 GWh Erdgasverbrauch rund 2% des Wiener Erdgasverbrauchs der betrieblichen Prozesswärmes. Davon sind 62,5% mit Prozesstemperaturen von > 200 °C. Mit 55% wird bereits ein großer Teil der benötigten Prozesswärme mit Strom bereitgestellt.

In Tabelle 26 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich Metalltechnik dargestellt. Die „blau“ markierten Klassen wurden nach Priorisierung einer Detailaufnahme unterzogen und sind folgend beschrieben.

Lt. Rückmeldung von Branchenexpert*innen sind überwiegend mechanische Verarbeitungsbetriebe, wie Schlosserbetriebe, in Wien vertreten. Dazu zählt laut Arbeitsstättenstatistik der Branche die Herstellung von Metallkonstruktionen und Mechanik a.n.g. Wärmeprozesse sind in der Regel Teil von strombetriebenen Verarbeitungsmaschinen. Zusätzliche Wärmeverbraucher sind in Betrieben zur Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung notwendig.

Tabelle 26: Ausgewählte Branchen im Sektor Maschinenbau, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Metallerzeugnisse	C 25				
Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung - Detailanalyse	C 2561	25	24	1	
Mechanik a.n.g.	C 2562	105	104	1	
H.v. Metallkonstruktionen	C 2511	104	103	1	
H.v. sonst. Metallwaren a.n.g	C 2599	65	63	1	1
H.v. Drahtwaren, Ketten und Federn	C 2593	11	11		
H.v. Ausbauelementen aus Metall	C 2512	27	27		
H.v. Schlössern und Beschlägen	C 2572	28	27		1
H.v. Schmiede- und Stanzteilen	C 2550	17	17		
H.v. Werkzeuge	C 2573	18	17	1	
H.v. Heizkörpern und -kesseln	C 2521	2	2		
H.v. Dampfkesseln	C 2530	1	1		
H.v. Waffen und Munition	C 2540	7	7		
H.v. Fässern und Dosen aus Metall	C 2591	1	1		
H.v. Datenverarbeitungsgeräten	C 26				
H.v. elektronischen Bauelementen	C 2611	81	79	2	
H.v. Telekommunikationsgeräten	C 2630	30	27	2	1
H.v. elektromedizinischen Geräten	C 2660	14	13	1	
H.v. bestückten Leiterplatten	C 2612	10	9	1	
H.v. Datenverarbeitungsgeräten	C 2620	12	12		
H.v. Geräten der Unterhaltungselektronik	C 2640	16	14	2	
H.v. Mess- und Kontrollinstrumenten	C 2651	40	38	2	
H.v. Uhren	C 2652	3	3		
H.v. elektrischen Ausrüstungen	C 27				
H.v. Elektrizitätsverteilungseinricht.	C 2712	25	20	5	
H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	C 2790	22	17	3	2
H.v. Elektromotoren und Generatoren	C 2711	11	8	1	2
H.v. elektr. Lampen und Leuchten	C 2740	26	26		
H.v. elektr. Installationsmaterial	C 2733	5	5		
H.v. elektr. Haushaltsgeräten	C 2751	7	6	1	
Maschinenbau	C 28				
H.v. Maschinen/Wirtschaftszweige a.n.g.	C 2899	27	25	1	1
H.v. kälte-/lufttechn. Erzeugnissen	C 2825	24	23	1	
H.v. sonstigen Maschinen a.n.g.	C 2829	15	14	1	
H.v. Verbrennungsmotoren und Turbinen	C 2811	2	2		
H.v. Pumpen und Kompressoren a.n.g.	C 2813	8	4	2	2
H.v. Öfen und Brennern	C 2821	3	3		
H.v. Hebezeugen und Fördermitteln	C 2822	8	7	1	
H.v. Maschinen für die Metallbearbeitung	C 2841	6	6		
H.v. Bergwerks- und Baumaschinen	C 2892	2	2		
H.v. Maschinen/Nahrungsmittelerzeugung	C 2893	6	6		
H.v. Maschinen/Papiererzeugung	C 2895	1		1	

Fahrzeugbau

Der Sektor „Fahrzeugbau“ hat mit 4,1 GWh Erdgasverbrauch rund 0,5% des Wiener Erdgasverbrauchs der betrieblichen Prozesswärme. Davon sind 77% mit Prozesstemperaturen von > 200 °C. In Tabelle 27 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich Fahrzeugbau dargestellt.

Tabelle 27: Ausgewählte Branchen im Sektor Fahrzeugbau, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Kraftwagen und -teilen	C 29				
H.v. Karosserien und Aufbauten	C 2920	73	73		
Sonst. Fahrzeugbau	C 30				
Schienenfahrzeugbau	C 3020	7	3	1	3
Luft- und Raumfahrzeugbau	C 3030	8	6	2	
H.v. sonst. Fahrzeugen a.n.g.	C 3099	1	1		

2.6.1.1. Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung <C2561>



Abbildung 20: Oberflächenbeschichtung bei Kudrna Chromdesign Ges.m.b.H © kleinkraft

In der Branchen-Klasse „Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung“ sind 25 Betriebe in Wien angesiedelt, wobei eines ein Mittelunternehmen ist und die restlichen 24 Betriebe Kleinunternehmen sind. Die Prozesse und Temperaturen die zur Anwendung kommen sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Prozesse in Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem		
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch
Nachbehandlung- Tempern (Hitzehärtung- Wasserstoffentsprödung)	200		häufig		häufig
Beschichtung- Galvanisieren mit Chrom, Nickel, Zink, Silber, Gold	70		häufig		häufig
Beschichtung- Brünieren mit Phosphor	60		häufig		häufig
Nachbehandlung- Trocknen	60		häufig		häufig
Vorbehandlung- Entlacken, Oberflächenreinigung, Entfettung	50		häufig		häufig

Der Beruf zur Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung von Metallerzeugnissen wurde früher als Galvaniseur*in bezeichnet. Entsprechend erfolgt die Energieversorgung vieler Prozessschritte mit Strom. In der Literatur [20], [21] wird eine Vielzahl an Prozessschritten beschrieben welche im Zuge der Aufnahme in folgende Kategorien gegliedert wurde:

- Vorbehandlung: Beizen, Entfetten und Elektropolishing
- Beschichten wie Schmelzauchbeschichtungen, Galvanisieren, Brünieren und viele mehr
- Lackieren
- Nachbehandlung wie Trocknung und Wasserstoffentsprödung und viele mehr

Vor allem **Beschichtungsprozesse weisen eine Nutztemperatur von < 100 °C auf** [20], [21], [22]. Zum Beschichten zählt auch Feuerverzinkung wofür eine Prozesstemperatur zwischen 420 - 530 °C benötigt wird [23]. Dieser Prozess wurde in den Aufnahmen nicht vorgefunden, kann aber im Sektor „Fahrzeugbau“ nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere die Nachbehandlung, bei der anschließenden Trocknung oder Wasserstoffentsprödung benötigt bis 250 °C Wärme.

Die Nutztemperatur in den aufgenommenen Betrieben beträgt beim Beschichten unter 70 °C und wurde im Fall der Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung elektrisch mit Strom beheizt. Beim Lackieren in Kfz-Werkstätten werden Temperaturen bis 60 °C, für Elektroautos 40 °C, benötigt. Hohe Temperaturen, wie für die Wasserstoffentsprödung, werden über einen Trocknungsofen mit Strom beheizt.

Die ProzesswärmeverSORGUNG in den aufgenommenen Betrieben erfolgte elektrisch. Die gesamte Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung kann entsprechend Tabelle 29 elektrisch erfolgen.

Tabelle 29: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung für Oberflächenveredlung/Wärmebehandlung

Erneuerbare Wärmeversorgung								
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie		Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C		
Nachbehandlung- Tempern (Hitzehärtung- Wasserstoffentsprödung)						häufig		
Beschichtung- Galvanisieren mit Chrom, Nickel, Zink, Silber, Gold			öfter	öfter		häufig		
Beschichtung- Brünieren mit Phosphor			öfter	öfter		häufig		
Nachbehandlung- Trocknen			öfter	öfter		häufig		
Vorbehandlung- Entlacken, Oberflächenreinigung, Entfettung			öfter	öfter		häufig		

2.6.2. Nicht-Eisen-Metalle & Eisen und Stahlerzeugung

In der Metalltechnik stellen vorgelagerte Prozesse, wie der Schmelzbetrieb, hohe Temperaturanforderungen und verursachen entsprechenden Wärmebedarf.

In Deutschland werden rund 70% der Nicht-Eisen-Gießereien mit Erdgas und Öl und rund 30% elektrisch beheizt [33]. Lt. Auswertung des Umweltbundesamtes [34] sind in Wien für den Nicht-Eisen-Metall-Gießbetrieb widerstandsbeheizte Elektroöfen in Betrieb. Die anschließende Bearbeitung erfolgt in der mechanischen Fertigung elektrisch mit Dreh- und Fräsanlagen sowie CNC (Computerized Numerical Control) Maschinen.

Die beiden Bereiche „Nicht-Eisen-Metalle“ und „Eisen und Stahlerzeugung“ wurden aufgrund der vergleichbaren angewandten Prozesse für die betriebliche Prozesswärme folgend zusammengefasst.

Nicht-Eisen-Metalle

Der Sektor „Nicht-Eisen-Metalle“ hat mit 4,9 GWh Erdgasverbrauch rund 0,6% des Wiener Erdgasverbrauchs der betrieblichen Prozesswärmе. Davon 98% mit Prozesstemperaturen von > 200 °C. In Tabelle 30 sind die relevanten Branchen in Wien im Bereich Nicht-Eisen-Metalle dargestellt.

Tabelle 30: Ausgewählte Branchen im Sektor Nicht Eisen Metalle, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
Metallerzeugung und -bearbeitung	C 24				
Erzeugung v. Edelmetallen	C 2441	16	15	1	
Erzeugung v. sonstigen NE-Metallen - Detailanalyse	C 2445	1	1		
Leichtmetallgießereien - Detailanalyse	C 2453	1	1		

Eisen und Stahlerzeugung

Der Sektor „Eisen und Stahlerzeugung“ hat entsprechend Nutzenergieanalyse keinen Erdgasverbrauch in Wien. Bei der Detailaufnahme wurden Prozesse identifiziert, welche in Wien dem Sektor zugeordnet werden können und die relevanten Branchen in Wien im Bereich Eisen und Stahlerzeugung sind in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31: Ausgewählte Branchen im Sektor Eisen und Stahlerzeugung, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
Metallerzeugung und -bearbeitung	C 24				
Eisengießereien - Detailanalyse	C 2451	2	2		
Rohreisen- und Stahlerzeugung	C 2410	2	2		
H.v. Stahlrohren	C 2420	2	2		
H.v. Kaltprofilen	C 2433	1	1		

2.6.2.1. Eisengießereien <C2451> und Leichtmetallgießereien <C2453>



Abbildung 21: Eisengießerei bei GUSS Fertigungs-Gesellschaft mbH © kleinkraft

Die Branchen-Klasse „Eisengießereien“ ist in Wien mit zwei Kleinunternehmen und „Leichtmetallgießereien“ mit einem Kleinunternehmen vertreten. Die Prozesse und Temperaturen, die zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32: Prozesse in Gießerei Betriebe (eigene Datenaufnahme – zwei Betriebe)

Prozess	Temperatur [°C]		Wärmeabgabesystem		
	Nutzung Mittel	Versorgung Mittel	Brenner	Dampfkessel	Elektrisch
Schmelzen Gusseisen	1400		häufig		häufig
Gießen- Messing	1050				häufig
Gießen- Aluminium	750				häufig
Vorerwärmung- Dauerformen	180				häufig

In Schmelzöfen werden metallische Werkstoffe auf Temperaturen über deren Schmelzpunkt erwärmt oder warmgehalten. In Eisen-, Stahl- und Tempergießereien sind in Deutschland fast ausschließlich Kupolöfen und Induktionsofen im Einsatz. Lichtbogenöfen werden nur in Stahlgießereien eingesetzt. [33]

In der Regel werden Kupolöfen mit Koks und Induktionsofen elektrisch betrieben. In Österreich sind für das Erschmelzen vom Gusseisen hauptsächlich Induktionsofen im Einsatz, wie auch für das Schmelzen von Leichtmetallen. Dabei werden im Induktionsofen durch ein starkes Magnetfeld im Metall Wirbelströme erzeugt. Aufgrund des elektrischen Widerstandes wird das Schmelzgut dadurch erhitzt. Dabei wird die Energie direkt in das Werkstück induziert und die Energie dadurch viel effizienter genutzt. [34]

Eine Mischform ist der kokslose Kupolofen, welcher bei reduzierten Temperaturen von 1.400 °C – 1.500 °C mit Erdgas befeuert wird. Anstatt dem Koksbett ist ein Bett aus feuerfesten Kugeln auf einem wassergekühlten Gitter installiert. Die Überhitzung erfolgt anschließend in einem Induktionsofen. Dadurch wird im Vergleich zu den Kupolöfen mit Koks zusätzlich Strom verbraucht, die CO₂ Emissionen sinken auf ein Drittel, es gibt weniger Staubentwicklung, keine CO und SO₂ Emissionen und kein Gichtgas und einen geringen Energieaufwand. Durch die Kühlung des Mantels entsteht Niedrigtemperatur-Abwärme. [33], [34]

Eine Übersicht über die Dekarbonisierungsoptionen der unterschiedlichen Prozesse ist in Tabelle 33 dargestellt.

Tabelle 33: Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung in Gießerei Betrieben

Erneuerbare Wärmeversorgung									
	Abwärme		Wärmepumpe + Solarthermie			Fernwärme	Elektrisch	Biomasse inkl. Ethanol	Ern. Gase H ₂ , EE-Methan
Prozess	NT < 40 °C	HT > 40 °C	NT < 55 °C	Ind.WP 55-90 °C	HT > 90 °C	< 70 °C			
Schmelzen Gusseisen	häufig	häufig					häufig	häufig	häufig
Gießen- Messing							häufig		
Gießen- Aluminium							häufig		
Vorerwärmung- Dauerformen							häufig		

2.7. Sonstiges

Unter Sonstiges sind die Sektoren (1) Steine, Erden, Keramik, Glas (2) Textilien, Bekleidung und Leder (3) sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren) sowie (4) Holzverarbeitung (ohne Möbel) zusammengefasst dargestellt und in Folge im Detail beschrieben.

Die identifizierten Prozesse wurden um Literaturwerte erweitert und sind für alle vier Sektoren zusammengefasst und in Abbildung 22 zusammengefasst dargestellt.



Abbildung 22: Prozesstemperaturen im Sektor sonstiges[13], [14], [26], [27], [28]

2.7.1. Steine, Erden, Keramik, Glas



Der Sektor „Steine, Erden, Keramik, Glas“ hat einen Anteil am Wiener Erdgasverbrauch für Prozesswärme von 1,2%. Dieser ist fast vollständig im Bereich > 200 °C angesiedelt. In Tabelle 34 sind die relevanten Branchen in Wien dargestellt.

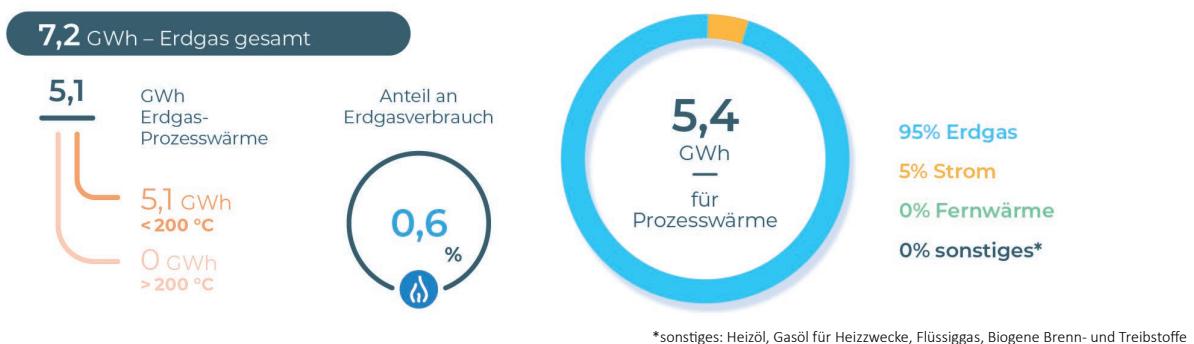
Tabelle 34: Ausgewählte Branchen im Sektor Steine, Erden, Keramik, Glas, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Glas-/waren, Keramik u.Ä.	C 23				
H.v. keramischen Haushaltswaren	C 2341	29	29		
Bearbeitung v. Natursteinen a.n.g.	C 2370	62	61	1	
H.v. Frischbeton	C 2363	12	12		
H.v. Flachglas	C 2311	1	1		
Veredlung und Bearbeitung v. Flachglas	C 2312	6	6		
H.v. Hohlglas	C 2313	9	9		
H.v. feuerfesten keramischen Waren	C 2320	3	3		
H.v. keramischen Wand- und Bodenfliesen	C 2331	1	1		
H.v. sonst. keramischen Erzeugnissen	C 2349	3	3		
H.v. Gipserzeugnissen für den Bau	C 2362	4	4		
H.v. Faserementwaren	C 2365	2	2		
H.v. Mineralerzeugnissen a.n.g.	C 2399	9	9		
H.v. Beton-/Zementwaren für Bauzwecke	C 2361	7	7		

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Herstellung von Beton. Es gibt keine Zementherstellung in Wien. Der Prozesswärmeverbrauch im Bereich Betonherstellung ist insbesondere Warmwasser, das auf 20 °C erwärmt wird. Maximaltemperaturen laut Norm liegen bei 60 °C und daher in der Praxis bei < 50 °C. Mit der Verbrennungsluft wird der verwendete Sand und Kies auf max. 35 °C vorerwärmert.

Die hohen Temperaturen von > 200 °C konnten aufgrund mangelnder Rückmeldungen nicht zugeordnet werden. Für das Feuern und Glasieren werden Temperaturen von 800 - 2.000 °C benötigt. [28]

2.7.2. Textilien, Bekleidung und Leder



Der Sektor „Textilien, Bekleidung und Leder“ hat einen Anteil am Wiener Erdgasverbrauch für Prozesswärme von 0,6%. Der Verbrauch liegt ausschließlich im Bereich < 200 °C. In Tabelle 35 sind die relevanten Branchen in Wien dargestellt.

Tabelle 35: Ausgewählte Branchen im Sektor Textilien, Bekleidung und Leder, nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Textilien	C 13				
H.v. konfektionierten Textilwaren	C 1392	33	33		
H.v. sonst. Textilwaren a.n.g.	C 1399	23	23		
Veredlung v. Textilien und Bekleidung	C 1330	19	19		
H.v. Teppichen	C 1393	1	1		
H.v. Bekleidung	C 14				
H.v. sonst. Oberbekleidung	C 1413	189	189		
H.v. sonst. Bekleidung und -zubehör	C 1419	44	44		
H.v. Wäsche	C 1414	11	11		
H.v. Pelzwaren	C 1420	10	10		
H.v. gestrickter Bekleidung	C 1439	13	13		
H.v. Strumpfwaren	C 1431	3	3		
H.v. Leder-waren und Schuhe	C 15				
Lederverarbeitung (nicht: -bekleidung)	C 1512	33	33		
H.v. Schuhren	C 1520	30	29	1	

Große Energiemengen werden für Nassapparate, wie Waschmaschinen und Färbemaschinen, benötigt. Neben den Nassapparaten werden Trocknungsgeräte mit hohem Energieverbrauch eingesetzt. Spannrahmen und Kalander benötigen Temperaturen von 170 - 240 °C, insbesondere für die Aktivierung von chemischen Prozessen und das Trocknen. Der Energiebedarf kann insbesondere durch eine Regelung der Abluftfeuchte um bis zu 50% reduziert werden [13]

Bei der Nassbehandlung werden für das Färben Oberflächentemperaturen zwischen 70 - 130 °C benötigt, für das Waschen bis zu 75 °C [35]

2.7.3. Sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren)



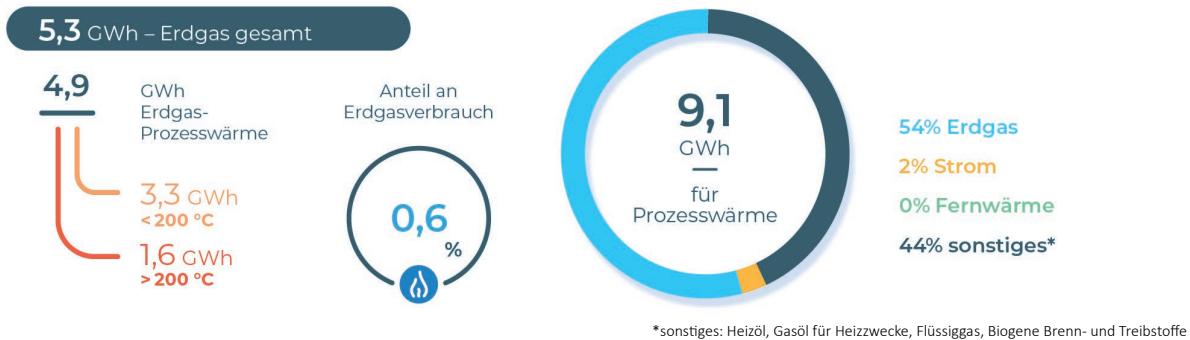
Der Sektor „sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren)“ hat einen Anteil am Wiener Erdgasverbrauch für Prozesswärme von 0,6%. Es wird sowohl Temperatur unter als auch über 200 °C benötigt. In Tabelle 36 sind die relevanten Branchen in Wien dargestellt.

Tabelle 36: Ausgewählte Branchen im Sektor sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren), nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	C 22				
H.v. Kunststoffbaubedarfsartikeln	C 2223	12	12		
H.v. sonst. Kunststoffwaren	C 2229	37	37		
H.v. Bereifungen; Runderneuerung	C 2211	3	3		
H.v. sonst. Gummwaren	C 2219	9	9		
H.v. Kunststoffplatten und -folien	C 2221	7	5	2	
H.v. Kunststoffverpackungsmitteln	C 2222	8	7		1
H.v. Möbeln	C 31				
H.v. sonst. Möbeln	C 3109	168	168		
H.v. Matratzen	C 3103	1	1		
H.v. sonst. Waren	C 32				
H.v. Schmuck; Gold-/Silberschmiedewaren	C 3212	155	155		
H.v. medizinischen Apparaten	C 3250	221	215	5	1
H.v. Musikinstrumenten	C 3220	77	76	1	
H.v. sonst. Erzeugnissen a.n.g.	C 3299	59	59		
H.v. Sportgeräten	C 3230	18	18		
H.v. Fantasieschmuck	C 3213	45	43	2	
H.v. Spielwaren	C 3240	30	29	1	
H.v. Münzen	C 3211	1			1

Im Bereich Gummi und Kunststoffwaren wird lt. Branchenvertreter*innen insbesondere Strom für das Extrudieren und Spritzgießen eingesetzt.

2.7.4. Holzverarbeitung (ohne Möbel)



Der Sektor „Holzverarbeitung (ohne Möbel)“ hat einen Anteil von 0,6% am Wiener Erdgasverbrauch für Prozesswärme. Mit 44% wird die Prozesswärme zu einem relevanten Teil aus sonstigen Brennstoffen produziert, worunter auch biogene Brenn- und Treibstoffe fallen. Die Nutzung von Verschnitt-Holz und Holzspänen zur Energieversorgung ist in dem Sektor üblich. In Tabelle 37 sind die relevanten Branchen in Wien dargestellt.

Tabelle 37: Ausgewählte Branchen im Sektor Holzverarbeitung (ohne Möbel), nach 4.1 und [3]

Anzahl Betriebe nach Arbeitsstätten in Wien	ÖNACE	Gesamt	Klein	Mittel	Groß
H.v. Holzwaren; Korbwaren	C16				
H.v. Ausbauelementen aus Holz	C1623	61	61		
H.v. Holzwaren a.n.g.; Korbwaren	C1629	57	57		
H.v. Parketttafeln	C1622	4	4		

Hohe Temperaturen werden in dem Sektor insbesondere für das Trocknen von Holzteilen bzw. Holzpartikeln benötigt:

- Holzpartikel für Faserplatten und OSB-Platten mit Trocknungstemperaturen abhängig vom Trockner von 200 - 800 °C
- Holzfasern werden mit Temperaturen von 120 - 140 °C getrocknet [27]

3. Dekarbonisierungsoptionen – Möglichkeiten zur erneuerbaren Wärmeversorgung

Mit den ermittelten Prozesstemperaturen können Technologien identifiziert werden, welche für die Dekarbonisierung geeignet sind. In Abbildung 23 nach [29] sind unterschiedliche Energieträger auf der linken Seite dargestellt. Den Energieträgern wurden Technologien zugeordnet, die mittels der Wärmeübertragungsquellen

- (1) Wasserbasiert
- (2) Luftbasiert
- (3) Thermoölbasiert und
- (4) Direktnutzung/Brenner

Temperaturen im Bereich von 40 - 1.500 °C bereitstellen können.

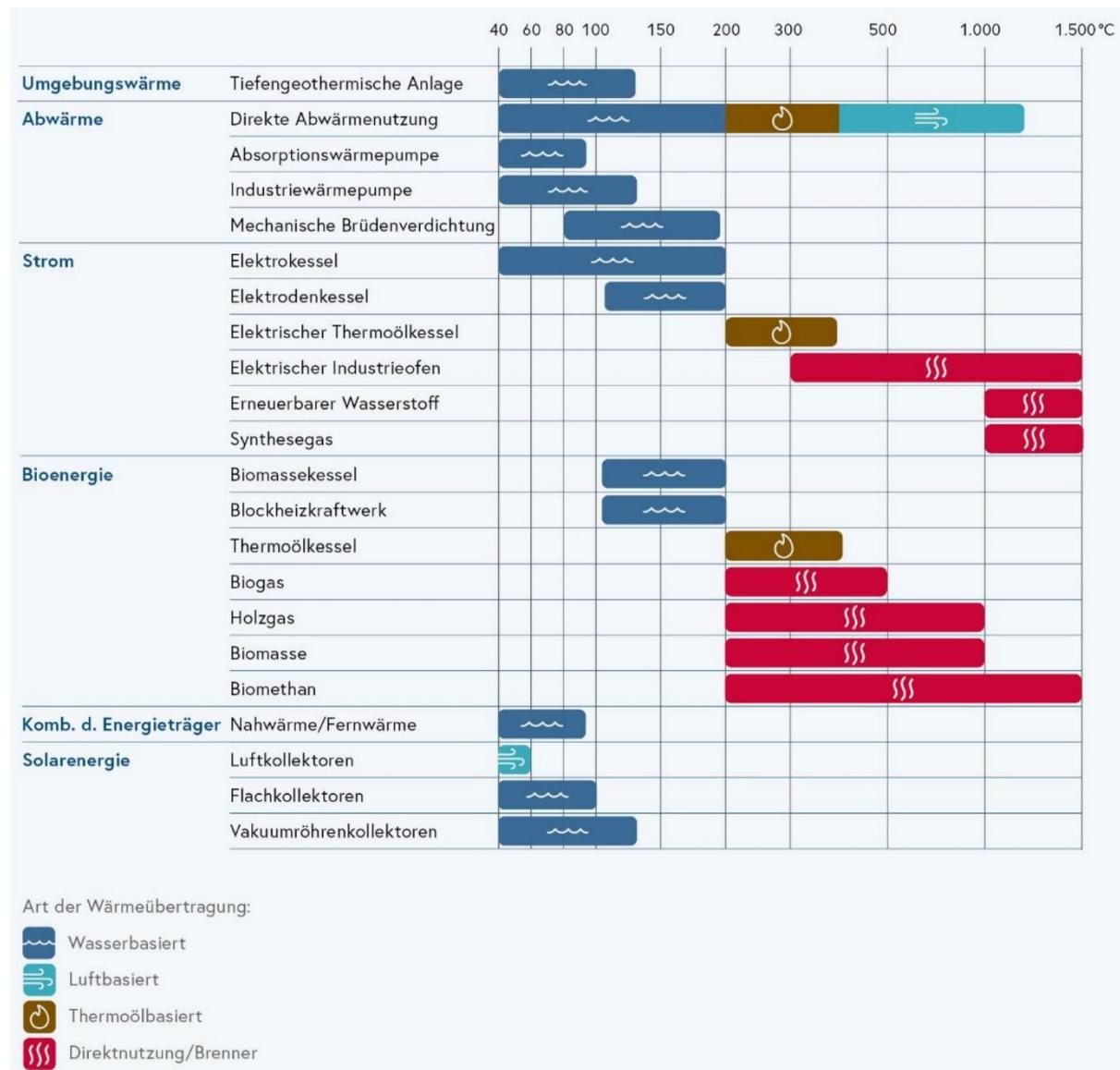


Abbildung 23: Technologien zur Dekarbonisierung abhängig von benötigter Prozesstemperatur [29]

Für den vorliegenden Bericht wurde entsprechend Abbildung 24 eine neue Gruppierung der Dekarbonisierungs-Optionen durchgeführt, die nicht auf die Energiequelle fokussiert, sondern aus Sicht des Anwenders/Betriebes die verfügbaren Technologien abhängig vom Temperaturniveau aufzeigt.

Die Temperaturniveaus sind nach Farben aufgeteilt in grün (< 100 °C), orange (100 - 200 °C), dunkelorange (200 - 500 °C), rot (500 – 1.000 °C) und dunkelrot (> 1.000 °C).

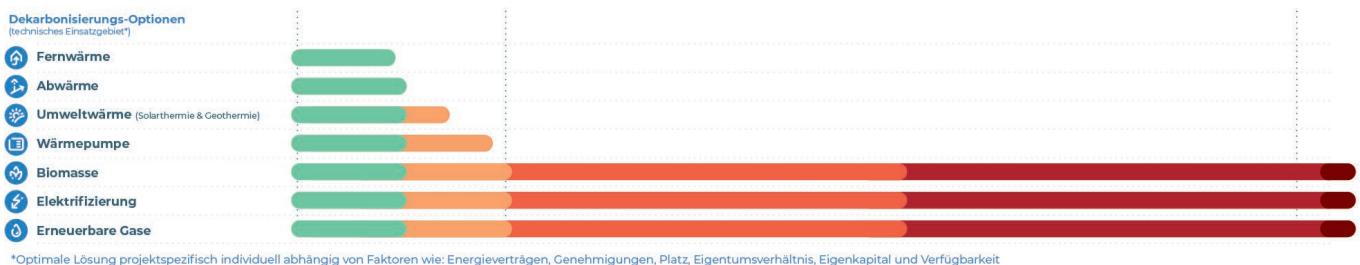


Abbildung 24: Technische Dekarbonisierungs-Optionen © kleinkraft

Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen (1) Temperatur-Einsatzbereich, (2) Voraussetzungen, (3) Limitierungen und (4) Optimaler Einsatzbereich der verfügbaren Technologien beschrieben und auf weiterführende Literatur verwiesen.

3.1. Abwärme

In produzierenden Betrieben gibt es in der Regel einige Abwärmequellen, welche direkt für andere Prozesse genutzt werden können. Die Nutzung der verfügbaren Abwärme führt zu einer Energiekostenreduktion. Mittels Wärmetauscher (z.B. Platten- oder Rohrbündelwärmetauscher) wird Abwärme von einem gasförmigen oder flüssigen Medium auf ein anderes Medium übertragen. Mögliche Abwärmequellen liegen bei der Kälteversorgung oder Prozesskühlung, den Druckluftkompressoren, der Abluft von Verbrennungsanlagen, den Produktionsprozessen oder den Lüftungsanlagen. [36]

Herausforderungen bei der Nutzung von Abwärmequellen nach [36], [37] und Betriebsaufnahmen:

- **Erschließbarkeit:** Die örtliche Entfernung von Abwärme und Wärmebedarf sowie der verfügbare Bauraum für Installationen zur Abwärmenutzung sind in gewachsenen Betriebsstrukturen nicht immer einfach zu realisieren.
- **Betriebszeit:** Zeitliche Gleichzeitigkeit der Abwärmequelle und Wärmebedarf. Beispielsweise sind im Sommer für die Raumkonditionierung häufig Kälteanlagen in Betrieb. Die Abwärme dieser Kälteanlagen steht somit nur bei hohen Außentemperaturen zur Verfügung. In produzierenden Betrieben ist die Gleichzeitigkeit weniger ein Problem, da mehrere Abwärmequellen bei der Versorgung von Produktionsprozessen anfallen, womit diese gleichzeitig in Betrieb sind.
- **Wärmemenge:** Eine Herausforderung ist, dass die Abwärme möglicherweise nicht ausreicht, um den notwendigen Wärmebedarf zu decken. Vor allem die Nutzung niedriger Temperaturniveaus von Abwärmequellen muss mit den entsprechenden Verbrauchern abgestimmt werden.

Je nach Ursprung, entsteht Abwärme im niedrigen oder im hohen Temperaturbereich. Wenn der Temperaturbereich der Abwärme mit den Verbrauchern nicht direkt zusammenpasst, kann die Abwärme zur Vorerwärmung verwendet werden oder mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperatur-Niveau gebracht werden (siehe 3.3).

In den aufgenommenen Betrieben wird Abwärme genutzt. Im Temperaturbereich < 40 °C sind wenige direkte Verbraucher in Betrieb. Abwärme < 40 °C wird vor allem in Betrieben mit Reinigungsbedarf zur Trinkwasservorwärmung genutzt. Wenn dieser Temperaturbereich nicht genutzt wird, muss er in einigen Branchen mit zusätzlichem Energieaufwand rückgekühlt werden.

Im Zuge der Aufnahmen wurde der Temperaturbereich < 40 °C eigens erfasst, da er in den meisten Betrieben anfällt, wenig genutzt wird und für den effizienten Einsatz von Wärmepumpen verwendet werden kann.

In Tabelle 38 ist die Abwärme in Niedertemperatur von < 40 °C, welche insbesondere von Ölkühlern auf beispielsweise Kältekompresoren gewonnen werden kann, sowie Hochtemperatur-Abwärme von Heißgas oder Druckluft gegliedert.

Tabelle 38: Rahmenbedingungen Abwärme

Schlüsselfaktoren Abwärme	
Niedertemperatur Abwärme	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• < 40 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Ölkühler bei der Kälteversorgung
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Wenige Verbraucher• Bauliche Einbindung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Vorerwärmung• Wärmequelle für Wärmepumpe
Hochtemperatur Abwärme	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• 40 - 100 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Prozesswärme, Heißgas, Kälteversorgung, Druckluft
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Bauliche Einbindung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Direkte Nutzung oder Vorerwärmung• Wärmequelle für Wärmepumpe

3.2. Fernwärme

In dicht besiedelten Gebieten kann die benötigte Wärme zentral produziert werden und über ein Wärmenetz je nach Reichweite, gegliedert in Nah- und Fernwärme, zum Verbraucher transportiert werden. Durch die zentrale Produktion ist eine effiziente Nutzung der eingesetzten Energien möglich. Eine Umstellung des Energieträgers kann zentral an einem Punkt einfacher erfolgen als bei den einzelnen Verbrauchern. Fernwärme wird aus erneuerbaren Energieträgern, Abwärme, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Anlagen zur Abfallverwertung erzeugt. Dabei wird Wasser erhitzt und über ein umfangreiches Rohrleitungssystem zu den Verbraucher*innen geleitet. Das Fernwärmennetz in Wien erstreckt sich über etwa 1.300 Kilometer und zählt zu den größten in Europa. Es ist in zwei Hauptteile unterteilt: das Primärnetz und das Sekundärnetz. Im Primärnetz wird heißes Wasser mit Temperaturen von bis zu 160 °C transportiert. [30]

Die Anschlussleistungen am Primärnetz von Betrieben mit vor-Ort Untersuchung liegen bei 145 °C. Vom Primärnetz wird die Wärme über lokale Leitungen des Sekundärnetzes zu den einzelnen Gebäuden weitergeleitet, wo das Wasser Temperaturen zwischen 63 und 90 °C erreicht.

In Wien wird das bestehende Fernwärmennetz entsprechend Wärmeplan bis 2040 kontinuierlich ausgebaut. Auch die Fernkälte wird erweitert. [38]

Tabelle 39: Rahmenbedingungen Fernwärme

Schlüsselfaktoren Fernwärme	
Fernwärme Sekundärnetz	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">< 90 °C Sekundärnetz
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">Fernwärmennetz und-Anschluss
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">Keine WartungEinfache Umstellung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Direktnutzung für ProzessWärmequelle für HT-Wärmepumpe
Fernwärme Primärnetz	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">bis 145 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">Fernwärmennetz und-Anschluss ans Primärnetz
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">Keine WartungEinfache Umstellung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Direktnutzung für ProzessWärmequelle für HT-Wärmepumpe

3.3. Wärmepumpe

Mit Wärmepumpen kann Wärme von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau durch Arbeit (Strom) gehoben werden [17]. In Tabelle 40 sind die Wärmepumpen nach benötigter Zieltemperatur gegliedert dargestellt.

Die Effizienz wird insbesondere durch die Temperatspreize und Temperaturhöhe, sowie dem eingesetzten Kältemittel und der hydraulischen Einbindung bestimmt und wird meist als Coefficient of Performance (COP) angegeben. Ein COP von 4 bedeutet, dass für 1 kWh Strom, die die Wärmepumpe verbraucht, 4 kWh Wärme produziert werden.

Die Leistungsfähigkeit von Wärmepumpen hängt vor allem vom Temperaturunterschied zwischen der Umgebung und der gewünschten Zieltemperatur ab. Kleinere Temperaturunterschiede können sehr effizient überwunden werden. Je größer dieser Unterschied jedoch ist, desto ineffizienter wird der Prozess. Wärmepumpen arbeiten am effektivsten bei Temperaturen deutlich unter 100 °C [40]. Es ist jedoch entscheidend, dass der Temperaturhub in Bezug auf die Prozessmedien 50 K nicht überschreitet. [37]

Industrie-Wärmepumpen 55 - 90 °C: Aus den Detailaufnahmen in produzierenden Betrieben gibt es ein großes Potential für den Einsatz von Wärmepumpen für den Nutztemperaturbereich 70 - 90 °C.

Ab 100 °C und weniger, wechseln Standardkältemittel in einen überkritischen Zustand. Wärmepumpen mit Standardkältemittel wie R134a werden aus diesem Grund für die Wärmebereitstellung von 80 °C eingesetzt und in [41] als Mitteltemperaturwärmepumpen bezeichnet. Unter Druck kann mit R717 und R744 eine Vorlauftemperatur von 90 °C erreicht werden [42]. Ammoniak R 717 Wärmepumpen können Wärme auf ein Temperaturniveau von 95 °C heben [43]. Die Betriebsaufnahmen zeigen, dass es in der Produktion einen hohen Nutztemperaturbedarf für den Temperaturbereich von 55 - 90 °C gibt.

Niedrigtemperatur-Wärmepumpen < 55 °C: Aus den Betriebsaufnahmen ist die Wärmeversorgung mit Wärmepumpen bis 55 °C ein weiterer üblicher Temperaturbereich – vor allem zur Gebäudeheizung. Für bestimmte Gebäudekategorien wird für die Zirkulation eine Mindesttemperatur von 55 °C an jeder Stelle des Warmwasserverteilsystems lt. ÖNORM B 1921 [44] vorgegeben. Demnach liegt die typische Temperaturdifferenz von 5 K zwischen Eintrittstemperatur und Wasserverteilsystem. Für die Wärmeversorgung wäre eine Vorlauftemperatur von mindestens 60 °C nötig. Aktuelle Fördervoraussetzungen von „Wärmepumpen < 100 kW“ sehen eine maximalen Vorlauftemperatur des Wärmeabgabesystems von 55 °C vor. [45]

Hochtemperatur-Wärmepumpen > 90 °C: Für den Temperaturbereich über 90 °C können Hochtemperatur-Wärmepumpen eine Möglichkeit zur erneuerbaren Wärmeerzeugung darstellen. Ein Beispiel ist der Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe im Bereich „Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten“, um Dampf mit 11 bar / 184 °C bereitzustellen [31]. Dabei erhitzt eine Hochtemperaturwärmepumpe das zugeführte Wasser von 70 auf 130 °C. Dabei entsteht Dampf, welcher weiter auf 11 bar verdichtet werden soll. Im laufenden Forschungsprojekt soll der Einsatz von Wärmepumpen für 200 - 260 °C erweitert werden. [40]

Tabelle 40: Rahmenbedingungen Wärmepumpe

Schlüsselfaktoren Wärmepumpe	
	
Niedertemperatur Wärmepumpe	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• < 55 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Mit Umgebungswärme möglich
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Temperaturspreize zwischen Vorlauf und Zieltemperatur bestimmt Effizienz über COP• Wärmeseite und Kälteseite müssen zusammenpassen
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Raumheizung• Vorerwärmung in Schichtspeicher
Industrie Wärmepumpe	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• 55 - 90 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens Niedertemperatur Abwärme• Hydraulische Einbindung notwendig
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Temperaturspreize zwischen Vorlauf und Zieltemperatur bestimmt Effizienz über COP• Wärmeseite und Kälteseite müssen zusammenpassen
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Direkte Prozesswärme
Hochtemperatur Wärmepumpe	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• 90 - 180 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Optimierung im Wärmeverbund
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Temperaturspreize zwischen Vorlauf und Zieltemperatur bestimmt Effizienz über COP• Wärmeseite und Kälteseite müssen zusammenpassen• Meist 2-stufig und dadurch geringerer COP
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Keine andere Möglichkeit zur Dekarbonisierung

3.4. Umweltwärme

Unter dem Begriff Umweltwärme/Umgebungswärme wird in Tabelle 41 die Nutzung der Sonnenenergie zur Erwärmung beziehungsweise Erhitzung von Wasser im Niedertemperaturbereich mittels Solarkollektoren oder für Hochtemperatur über Parabol-Spiegel und die Geothermie behandelt.

Solarthermie

- **Luftkollektoren** erzeugen große Mengen Warmluft und werden an sonnigen Orten montiert, um in der Industrie und Landwirtschaft für die Konvektionstrocknung eingesetzt zu werden, wobei die Luft direkt in das Trockengut geblasen wird und die Solarwärme entweder direkt genutzt oder zur Vorwärmung für Durchlauferhitzer dient. [46]
Die empfohlene Vorlauftemperatur liegt bei bis zu 60 °C, und der Solarertrag beträgt circa 440 kWh/m²a, abhängig von Standort und Projekt. [29]
- **Flachkollektoren** sind kostengünstige, weit verbreitete Solarkollektoren, die mit Steinwolle oder Schaumglas gedämmt sind und Wasser als Wärmeträgermedium nutzen; sie unterstützen bestehende Heizsysteme und werden für Warmwasser und Trocknungsprozesse eingesetzt. [46]
Die empfohlene Vorlauftemperatur beträgt bis zu 80 °C für Raumwärme und bis zu 100 °C für Prozesswärme, mit einem Solarertrag von circa 475 kWh/m²a, abhängig von Standort und Projekt. [29]
- **Vakuumröhrenkollektoren** bestehen aus evakuierten Glasröhren, die Wärme aus Sonnenstrahlung effizient aufnehmen und transportieren, sie werden ähnlich wie Flachkollektoren eingesetzt, bieten jedoch eine höhere Effizienz und haben höhere Anschaffungskosten. [46]
Die empfohlene Vorlauftemperatur beträgt bis zu 90 °C für Raumwärme und bis zu 130 °C für Prozesswärme, während der Solarertrag bei bis zu 525 kWh/m²a liegt. [29]

Solarthermie erfordert einen hohen Flächenbedarf, was zu Herausforderungen bei der Genehmigung und Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nutzung führen kann [47]. Der Platzbedarf führt insbesondere auch zu einer Konkurrenz zu Photovoltaikmodulen.

Geothermie

In der Geothermie wird zwischen Oberflächengeothermie, bei welcher Sonden auf einer großen Fläche verteilt werden, und Tiefengeothermie, bei der durch Bohrungen je nach Tiefe Temperaturen von bis zu 200 °C erreicht werden können, unterschieden. Als Faustregel kann eine Temperaturzunahme von etwa 3 °C pro 100 Meter Tiefe angesetzt werden. [48]

- **Erdreich-Wärmepumpen** nutzen Wärme aus dem Erdreich über Kollektoren oder Sonden, wobei Sole als Wärmeträger zirkuliert. Sie bieten hohe Effizienz, da das Erdreich konstant Temperaturen von 10 - 12 °C aufweist und haben geringere Geräusch- und Platzbedarfswerte im Vergleich zu Außenluft-Wärmepumpen. [49]
- **Grundwasser-Wärmepumpen** entziehen dem Grundwasser Wärme, indem sie Wasser aus einem Brunnen fördern, durch die Wärmepumpe leiten und zurückführen. Aufgrund der konstanten Temperaturen, welche 7 - 12 °C betragen, erreichen sie hohe Effizienzwerte mit Jahresarbeitszahlen (JAZ) zwischen 4 und 6. Für die Förderung betrieblicher Systeme über 100 kWh ist eine JAZ von mindestens 3,8 erforderlich. Die Errichtung ist genehmigungspflichtig, wobei die Wasserqualität beachtet werden muss. [50]
- **Tiefengeothermische Anlagen** nutzen die in Gesteins- und Erdschichten sowie unterirdischen Wasserreservoirs gespeicherte Wärme unter der Erdoberfläche. Sie verwenden Temperaturen aus Tiefen von 1.500 bis 5.000 m, wobei Temperaturen von über 60 - 130 °C erreicht werden. Heißes Wasser wird gepumpt, die Wärme über einen Wärmetauscher entzogen und das Wasser anschließend zurückgeführt. [50]

Die Gewinnung von Geothermie in Österreich wird durch eine Vielzahl von Regelwerken, wie das Mineralrohstoffgesetz und das Wasserrechtsgesetz erschwert, wodurch sich der Genehmigungsprozess komplex und zeitintensiv gestaltet. Bohrungen über 300 Meter Tiefe erfordern spezielle Genehmigungen und gegebenenfalls Umweltverträglichkeitsprüfungen, wodurch die Wirtschaftlichkeit und Umsetzung solcher Projekte erheblich beeinträchtigt wird. [51]

Tabelle 41: Rahmenbedingungen Umgebungswärme

Schlüsselfaktoren Umgebungswärme		
Niedertemperatur Solarthermie		
Temperatur Einsatzbereich	• < 60 °C	
Voraussetzungen	• Flächenbedarf • Betriebs-/Sonnenstunden von ~ 1.200 h/a	
Limitierungen	• Konkurrenz zur PV-Produktion	
Optimaler Einsatzbereich	• Kostengünstige Nutzung von Dachflächen	
Hochtemperatur Solarthermie / Parabol		
Temperatur Einsatzbereich	• < 130 °C	
Voraussetzungen	• Flächenbedarf • Betriebs-/Sonnenstunden von ~ 1.200 h/a	
Limitierungen	• Konkurrenz zur PV-Produktion	
Optimaler Einsatzbereich	• Ungenutzte Flächen z.B.: Sickerflächen/Parkplatz	
Geothermie		
Temperatur Einsatzbereich	• < 130 °C	
Voraussetzungen	• Bohrungen (Sonden oder Tiefen)	
Limitierungen	• Platz (insb. Kanalführungen, Fundamente, Strom-/Fernwärmennetz, U-Bahn, u.dgl.)	
Optimaler Einsatzbereich	• Wärme- und Kältebereitstellung	

3.5. Biomasse

Unter dem Begriff Biomasse wird entsprechend Tabelle 42 jede Energie zusammengefasst, die aus festem biologischem Material besteht. In der Praxis kommen insbesondere Hackgut, Pellets, sowie Stückholz zum Einsatz [52]. Gasförmige Brennstoffe aus Biomasse werden in Kapitel 3.7 Erneuerbare Gase behandelt.

Neben fester Biomasse ist in der Tabelle noch Bio-Ethanol als Sonderform aufgenommen, welches in Österreich primär aus Getreide, Weizen und Mais hergestellt wird und hauptsächlich in der Form von E10 als Treibstoffzusatz eingesetzt wird. [53]

Die Herausforderung bei der Dekarbonisierung ist insbesondere die nachhaltige Bewirtschaftung, um feste Biomasse zu gewinnen. Die erreichbaren Temperaturen hängen von der eingesetzten Verbrennungs-Technologie ab und können bis zu 1.000 °C bereitstellen. Biomasse-Anlagen sind optimal auf eine hohe Dauerlast / Grundlast ausgelegt, bei welcher sie durchgehend betrieben werden. Herausforderungen ergeben sich bei der Regelung zum Hoch- und Runterfahren, so können Bedarfsspitzen nicht effizient bereitgestellt werden, wodurch sich eine Kombination mit Wärme-/Dampfspeichern anbietet. [29]

Tabelle 42: Rahmenbedingungen Biomasse

Schlüsselfaktoren Biomasse	
	
Biomasse	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• < 1.000 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Verfügbarkeit• Transport
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Kurzfristige Spitzen → Kombination mit Wärme-/Dampfspeicher• Lagerung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Direkte Nutzung eigener Biomasse oder aus dem Nahgebiet im besten Fall aus Reststoffen
Bio-Ethanol	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• < 400 °C
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Verfügbarkeit und Lagerung
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Zolllager
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Sonderfälle, bei denen keine andere Dekarbonisierungsmöglichkeit gegeben ist

3.6. Elektrifizierung

Die in Tabelle 43 angeführte Elektrifizierung bezeichnet den Prozess, bei dem elektrische Energie genutzt wird, um Wärme zu erzeugen oder andere Energieformen zu ersetzen. Die Elektrifizierung der Wärmenutzung bietet zahlreiche Vorteile für die Energiewende. Elektrische Heizsysteme, wie Wärmepumpen, erreichen hohe Effizienzen und können CO₂-Emissionen signifikant reduzieren, insbesondere wenn der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt. Zudem ermöglichen sie eine flexible Anpassung an schwankende Energiepreise und die Integration erneuerbarer Energien. Mit geringerem Platzbedarf und reduziertem Wartungsaufwand sind elektrische Systeme sowohl wirtschaftlich als auch praktisch attraktiv. Sinkende Strompreise verbessern zudem die Wirtschaftlichkeit dieser Lösungen, was die Elektrifizierung als zukunftsfähige Strategie für die nachhaltige Wärmenutzung positioniert. [54]

Strombasierte Wärmesysteme und Brennstoffe lt. [29]:

- Elektro-Durchlauferhitzer
- Elektrokessel: Niederspannungsanschluss
- Elektrodenkessel: Mittel- bis Hochspannungsnetz
- Elektrischer Thermoölkessel: 200 - 400 °C
- Elektrischer Industrieofen
- Erneuerbarer Wasserstoff

Der Nutzung von Strom in Wärmepumpen wurde in 3.3 aufgrund ihrer besonders effizienten Nutzung von Strom ein eigenes Kapitel gewidmet. Im Vergleich zu Industriewärmepumpen haben andere Systeme oft einen niedrigeren Wirkungsgrad. Industriewärmepumpen benötigen erneuerbare Wärmequellen, wie Abwärme, und erfordern möglicherweise eine höhere Trafokapazität. Sie sind zudem eine vielversprechende Lösung zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen und können Heizleistungen fossiler Kraftwerke in Fern- und Nahwärmennetzen ersetzen, was die Nutzung erneuerbarer Energien flexibilisiert. [29]

Mit Strom können, entsprechend Abbildung 23 und Tabelle 43, theoretisch alle Temperaturniveaus erreicht werden. Bei hohen Temperaturen und hohen Energiemengen ist insbesondere der Netzanschluss limitierend, wobei dies von der lokalen Netzinfrastruktur aus Transformator und Umspannwerken abhängt.

Strom kann über die Elektrolyse auch zur Herstellung von Wasserstoff genutzt werden. Wasserstoff hat insbesondere den Vorteil speicherbar (auch saisonal) zu sein und hohe Temperaturen bereitzustellen zu können. Bestehende Erdgasbrenner können meist einen Anteil Wasserstoff bereits jetzt mitnutzen und meist auch auf 100% Wasserstoff umgerüstet werden. [29]

Die Speicherung ist aufgrund der Molekülgröße mit Herausforderungen verbunden, für eine notwendige Verflüssigung wird ein sehr hoher Druck benötigt, welcher Energieaufwändig bereitgestellt werden muss. Ein Transport über Wasserstoffnetze oder die Beimischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz werden umfangreich untersucht. [29], [55], [56]

Die Herausforderungen liegen insbesondere bei der Herkunft des Wasserstoffs unterschieden in (1) Grüner Wasserstoff, (2) Grauer Wasserstoff, (3) Pinker Wasserstoff, (4) Blauer Wasserstoff, (5) Türkiser Wasserstoff, (6) Weißer Wasserstoff, welche unterschiedliche Energieaufwendungen und THG-Emissionen verursachen. [55]

Tabelle 43: Rahmenbedingungen Elektrifizierung

Schlüsselfaktoren Elektrifizierung	
	
Strom direkt	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Alle Temperaturbereiche
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Netzanschluss
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Kurzfristige Spitzen → Kombination mit Wärme-/Dampfspeicher
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Überall wo Aufgrund fehlender Abwärme keine Wärmepumpe eingesetzt werden kann
Wasserstoff	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Alle Temperaturbereiche
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">• Wasserstoff-Netz• Elektrolyseur (Mengen)
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">• Wirkungsgrade• Abwärmenutzung• Verfügbarkeit (Mengen)
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Temperaturen

3.7. Erneuerbare Gase

Alle Temperaturniveaus können auch entsprechend Abbildung 23 und Tabelle 44 durch die Verbrennung von erneuerbaren Gasen bereitgestellt werden. Biogas kann aus unterschiedlichen organischen Quellen von Mais bis Bio-Abfallstoffen aus der Lebensmittelindustrie produziert werden. Über einen Aufreinigungsschritt kann Biomethan aus Biogas erzeugt werden, welches fast ident zu Erdgas ist. [57]

Die Herausforderung bei der Dekarbonisierung liegt insbesondere im eingesetzten Substrat. In der Nutzung kommt es insbesondere auf die Verfügbarkeit an. Biomethan kann aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden, die Kosten aus dem Netz liegen deutlich über denen von Erdgas. Ein Sonderfall sind Betriebe mit eigenem Bio-Abfall, welche vor-Ort Biogas erzeugen, um den eigenen Betrieb zu versorgen. Die Herausforderung liegt dabei insbesondere auf der Versorgung der Anlage mit einem Substratmix, welcher einen stabilen Prozess ermöglicht. [57]

Synthetische Gase werden meist über die Nutzung von Strom aus Kohlendioxid (CO_2) und Wasserstoff (H_2) unter Nutzung eines Katalysators in einem Power-to-Gas (PtG) Verfahren produziert. Es gibt alternative PtG Wege, aber auch Power-to-Liquid (PtL) Verfahren insbesondere für den Flug- und Schiffsverkehr. Die Herausforderung liegt insbesondere in den Wirkungsgraden, welche je nach Umwandlungsschritt von 74% bei Strom – Wasserstoff, auf 58% bei Strom – Wasserstoff – Methan bis auf 50% bei Strom – Wasserstoff – Methan – Verflüssigung sinkt. [58]

Tabelle 44: Rahmenbedingungen Erneuerbare Gase

Schlüsselfaktoren Erneuerbare Gase	
Biogas/Biomethan	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Alle Temperaturbereiche
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">Biomethan im (Erdgas-)NetzBiogasanlagen (Mengen)Biogas-AufreinigungVerfügbarkeit (Mengen)
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">Rohstoffe für die Biogasproduktion
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Hohe Temperaturen
Synthetische Gase	
Temperatur Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Alle Temperaturbereiche
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none">Verfügbarkeit (Mengen)Wirkungsgrade
Limitierungen	<ul style="list-style-type: none">Prozesseffizienz bei der Herstellung
Optimaler Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none">Hohe Temperaturen

4. Methodik

Aufgrund der Vielzahl von relevanten produzierenden Branchen (> 150) und Unternehmen (> 20.000) in Wien war eine umfangreiche Methodik notwendig, um die erdgasverbrauchenden Prozesse in Wien auf Basis einer Kombination von Literaturrecherchen, Expertin*innen-Wissen und Zusammenarbeit mit Branchenexpert*innen zu identifizieren.

Zunächst wurden die relevanten Sektoren für die betriebliche Prozesswärme ausgewählt und über die Nutzenergieanalyse diesen Sektoren Endenergie-Verbräuche zugeordnet, um eine erste Priorisierung zu ermöglichen. Anschließend wurden diesen Sektoren konkrete Branchen entsprechend ÖNACE zugeordnet, um einen Überblick zu bekommen, welche Firmen hinter den Endenergie-Verbräuchen stehen. Diese wurden mit den Daten der Arbeitsstättenstatistik ergänzt, um die Anzahl der Betriebe in Wien in drei Größenkategorien zu ermitteln. Von diesen wurde gemeinsam durch Expert*innen und Branchenvertreter*innen eine Priorisierung durchgeführt, nach welcher die Detailbefragung stattfand.

Zur Ermittlung der erdgasverbrauchenden Prozesse und Nutztemperaturen sowie bestehenden Wärmeversorgungsanlagen wurde ein iterativer Prozess in Kombination aus Literaturrecherche, Expert*innen-Wissen und Branchenvertreter*innen entsprechend 4.2 durchgeführt.

4.1. Branchenauswahl

Die Auswahl der relevanten Branchen erfolgte über die Zahlen zum Verbrauch aus der Nutzenergieanalyse für die Sektoren nach Internationaler Energieagentur. Um die Anzahl der Betriebe und insbesondere der Arbeitsstätten in Wien zuordnen zu können, wurden diese mit der Klassifikation der ÖNACE verbunden.

Die ausgewählten Branchen wurden im Rahmen einer Expert*innenanalyse um Branchen ergänzt, die einen hohen Einfluss auf die Erdgasinfrastruktur in Wien haben. Anschließend wurden sie nach einem Bewertungsschlüssel für die Analyse priorisiert.

4.1.1. Nutzenergieanalyse

„Die Nutzenergieanalyse liefert unter anderem Informationen über den Endenergieeinsatz der Industrie, der Dienstleistungen und der Haushalte und zeigt, wofür die Energie verwendet wird. Die Erhebung zur Endenergie wird jährlich durchgeführt und sammelt Strukturdaten über die Verwendungszwecke von Energie (wie z. B. über den Energieeinsatz zur Erzeugung von Raumwärme), welche auf den aktuellen energetischen Endverbrauch angewendet und für Österreich und die Bundesländer publiziert werden.“ [2]

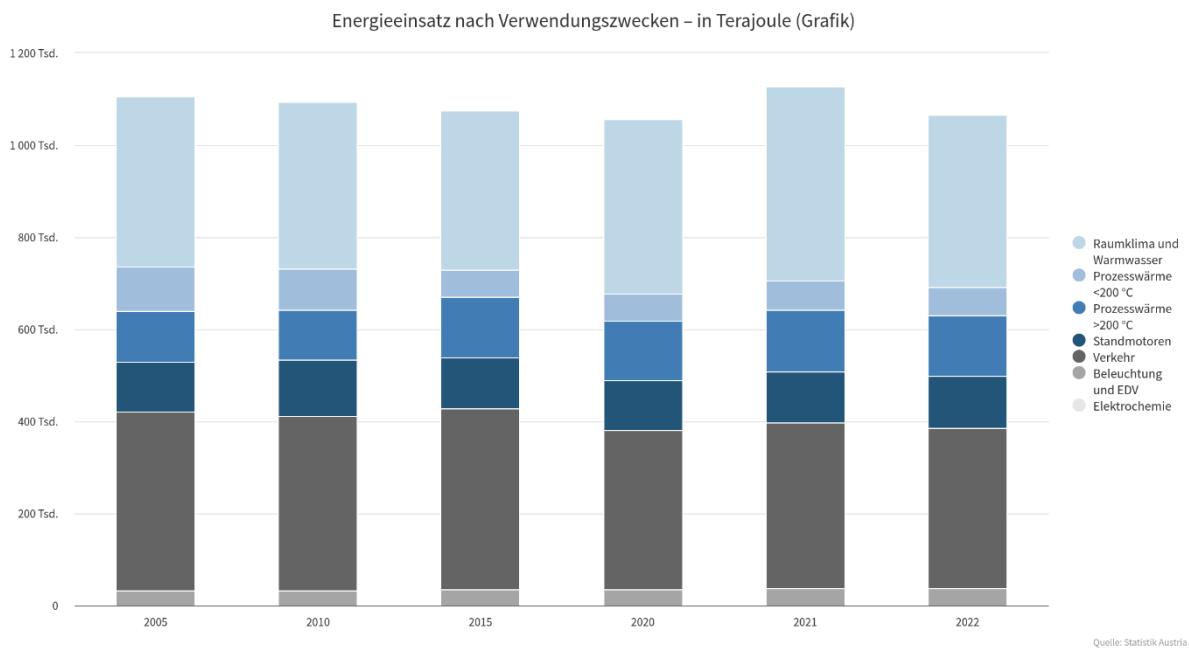


Abbildung 25: Nutzenergieanalyse Österreich seit 2005 mit Verbrauchskategorien [2]

Aus der Nutzenergieanalyse wurden die Zahlen für Wien und spezifisch für (1) Prozesswärme < 200 °C und (2) Prozesswärme > 200 °C verwendet.

Eine Fehlerquelle in der Nutzenergieanalyse könnte insbesondere in der Datenaufnahme liegen. Von der Statistik Austria werden Gebäude- und Prozesswärme extra abgefragt. Die Zuordnung erfolgt durch die befragten Betriebe, jedoch ist in der Praxis oft keine genaue Wärmeaufteilung auf Gebäude- und Prozesswärme möglich. Dies hat folgende Gründe:

- **Zentrale WärmeverSORGUNG:** in produzierenden Betrieben wird die Gebäudewärme oft mit der ProzesswärmeverSORGUNG mitversorgt.
- **Fehlende Wärmemessung zur Aufteilung von Prozess- und Gebäudewärme:** die Gebäudewärme macht, je nach Branche, einen untergeordneten Anteil am gesamten Wärmeverbrauch aus. Eine zusätzliche Erfassung des untergeordneten Wärmestroms über Messeinrichtungen ist oft wirtschaftlich nicht sinnvoll. Die Gebäudeheizung wird beispielsweise durch die Abwärmenutzung der Maschinen mitversorgt und nicht extra erfasst.
- Die Zuordnung des Wärmeverbrauchs in der Kostenrechnung / Buchhaltung erfolgt häufig über Flächenschlüssel, was je nach Branche zu einer ungenauen Aufteilung führen kann.
- **Aufteilung der Prozess- und Gebäudegewerke sind nicht immer eindeutig:** Beispielsweise werden Lüftungsanlagen in der Produktion Prozessen zugeordnet. Praktisch können Lüftungsanlagen nur für die Gebäudekonditionierung im Einsatz sein.

4.1.2. ÖNACE

Die Österreichische Systematik der Wirtschaftstätigkeiten (ÖNACE) dient der einheitlichen Kategorisierung von wirtschaftlichen Aktivitäten in Österreich, um diese statistisch und vergleichbar erfassen zu können. Hierbei ist die Haupttätigkeit eines Betriebs ausschlaggebend. Sie beruht auf dem europäischen Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes (NACE)-System, das auf dem International Standard Industrial Classification (ISIC) -System fußt. Der Klassifikation entspricht ein Code, der aus einem Buchstaben und bis zu fünf Ziffern besteht. Vom Buchstaben zur letzten Ziffer wird die Kategorisierung schrittweise detaillierter. Der Buchstabe steht für den „Abschnitt“, d.h. die grobe Einteilung in Sektoren (z.B. F - Bau). Mit der auf den Buchstaben folgenden zweistelligen Zahl wird die Einteilung etwas verfeinert und die „Abteilung“ zugeordnet (z.B. F42 - Tiefbau). Darauf folgt die „Gruppe“, die eine weitere Unterkategorie ist (z.B. F42.1 – Bau von Straßen und Bahnverkehrsstrecken). Die „Gruppe“ kann wiederum in „Klassen“ aufgeteilt werden (z.B. F42.13 Brücken- und Tunnelbau). Mit der letzten Ziffer kann eine weitere Unterkategorie codiert werden, die „Unterkasse“ (z.B. F42.13-2 – Tunnelbau), wie in Abbildung 26 dargestellt.

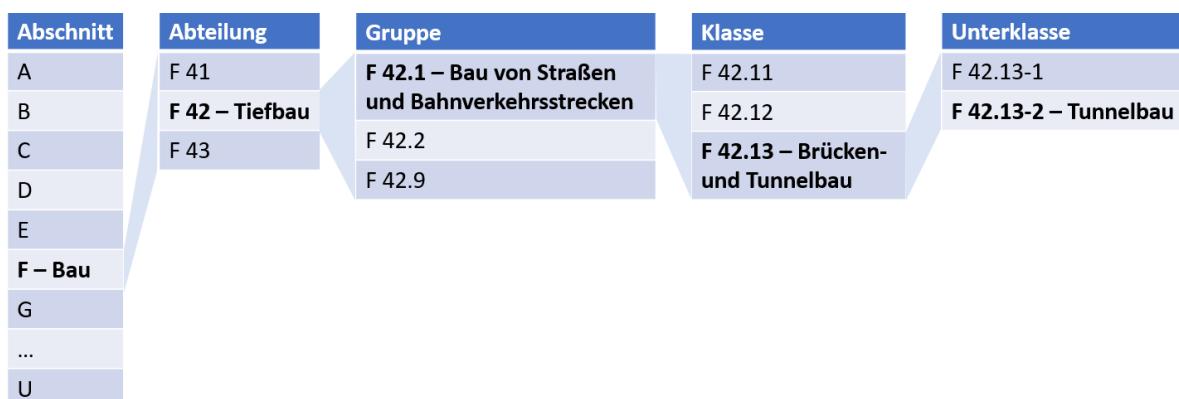


Abbildung 26: Darstellung des ÖNACE-Systems am Beispiel Tunnelbau

4.1.3. Auswahl der Klassen

Aufgrund des Umfangs der ÖNACE Klassifizierung wurden die relevanten Klassen „nach Erdgasverbrauch“ und „nach Einfluss auf die Erdgasinfrastruktur“ eingegrenzt.

Dazu wurden in einem ersten Schritt die für die Dekarbonisierung relevantesten Klassen über eine Eingrenzung der Branchen auf den „produzierenden Bereich“ identifiziert. Der Fokus der Studie liegt auf dem Bereich **produzierende Betriebe**. Das umfasst laut ÖNACE 2008 Klassifizierung die Abschnitte Bergbau (14 Betriebe), <C> Herstellung von Waren (3.211 Betriebe), <D> Energieversorgung (129 Betriebe), <E> Wasserversorgung und Abfallentsorgung (95 Betriebe) und <F> Bau (7.092 Betriebe)

Gesamt sind in diesen Abschnitten in Wien 10.541 Betriebe gemeldet. Das entspricht 7,3% der insgesamt 144.376 in Wien gemeldeten Betriebe, wie in Abbildung 27 ersichtlich.

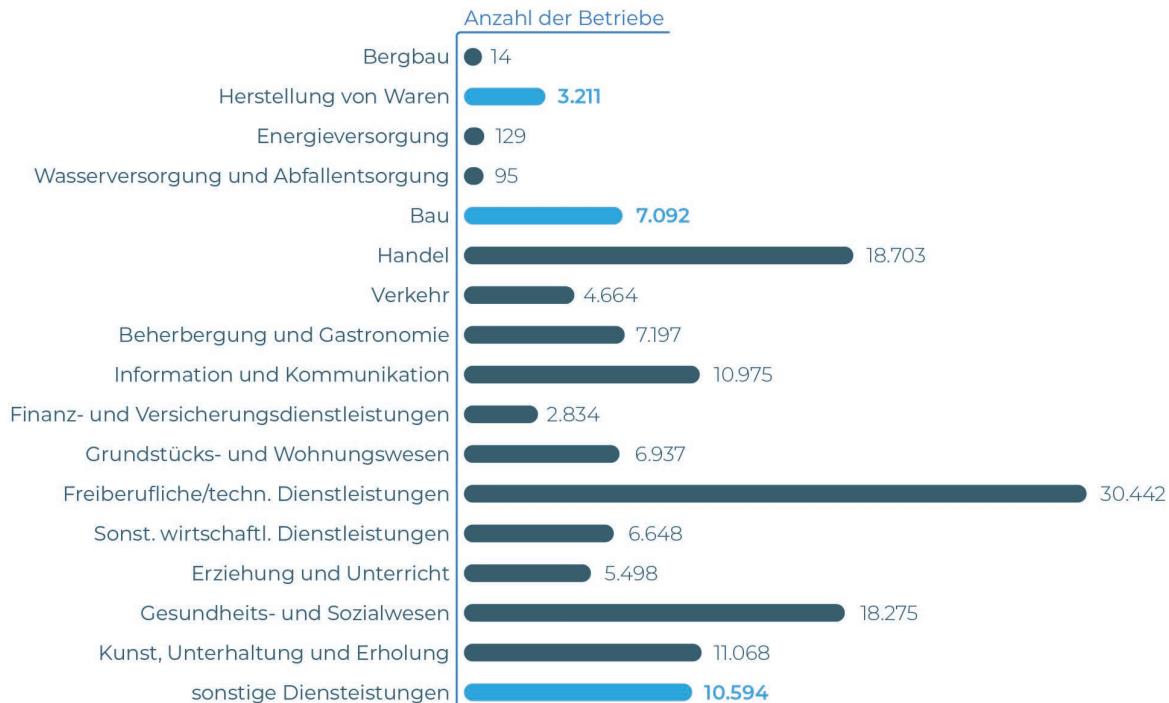


Abbildung 27: Betriebe in Wien nach ÖNACE-Klassifikation – Anzahl der Betriebe pro Abschnitt aus [1]

Neben der Eingrenzung auf den Bereich der „produzierenden Betrieben“ ist die „Höhe des Erdgasverbrauchs“ das zweite Auswahlkriterien entsprechend Abbildung 28:

Auswahlkriterien nach Erdgasverbrauch: Die Eingrenzung nach Verbrauch erfolgte zunächst auf Basis des Erdgasverbrauchs der einzelnen Branchen in Wien. Dabei wurden Branchen berücksichtigt, die mehr als 5% des Gesamtverbrauchs an Erdgas ausmachen. Eine weitere Eingrenzung erfolgte über den branchenspezifischen Energieverbrauch, um Branchen auszuschließen, die zwar einen Anteil von über 5% am Gesamtverbrauch haben, aber pro Betrieb nur einen geringen Verbrauch aufweisen. Hierbei wurden Branchen berücksichtigt, deren Endenergieverbrauch pro Betrieb innerhalb der Branche über 0,01% liegt. Das letzte Auswahlkriterium ist eine Anzahl von > 10 Betrieben in der jeweiligen Klasse bzw. zumindest 1 Großunternehmen.

Auswahl durch Expert*innen: Zusätzlich zur Auswahl durch definierte Kriterien wurde für die Branchenauswahl die Auswahl durch Expert*innen durchgeführt. Dadurch sollten insbesondere jene Betriebe zusätzlich identifiziert werden, welche einen großen Einfluss auf die Gasinfrastruktur in Wien haben. Speziell einzelne Großverbraucher, welche nicht in die Kategorie „groß“ fallen, sowie eine Vielzahl von kleineren Betrieben mit hohem Prozesswärmeverbrauch sind teilweise nicht durch die vorab definierten Kriterien erfasst.

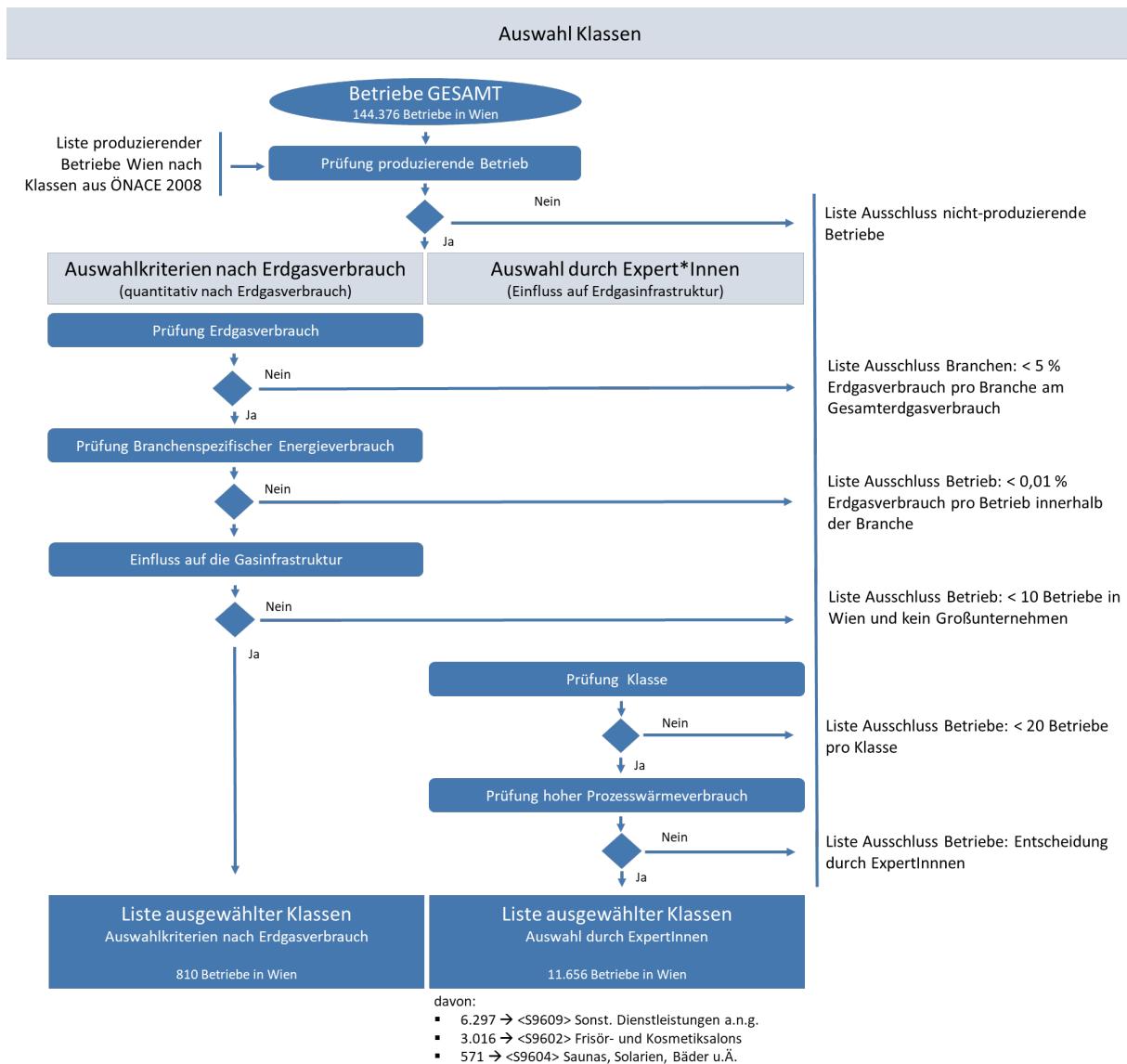


Abbildung 28: Auswahlprozess Klassen

Prüfung Erdgasverbrauch

Basierend auf Daten aus STATcube [1] in Abbildung 27 und der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria (2022) in Abbildung 29 [2] wurden die Sektoren identifiziert, welche jeweils für >5% und insgesamt für **>90% des Erdgasverbrauchs der produzierenden Betriebe in Wien** verantwortlich sind. Diese in den Daten der Statistik Austria verwendeten Kategorien nach IEA-Klassifikation decken sich mit den ÖNACE Kategorien C und F (entsprechend Tabelle 45), welchen >7% der Wiener Betriebe zugeordnet sind.

Die Betrachtung inkludiert nicht den Bereich der öffentlichen und privaten Dienstleistungen, wodurch sich die Unterschiede zu Abbildung 2 erklären.

Sektorspezifische Nutzenergie [TJ]

Wien 2022

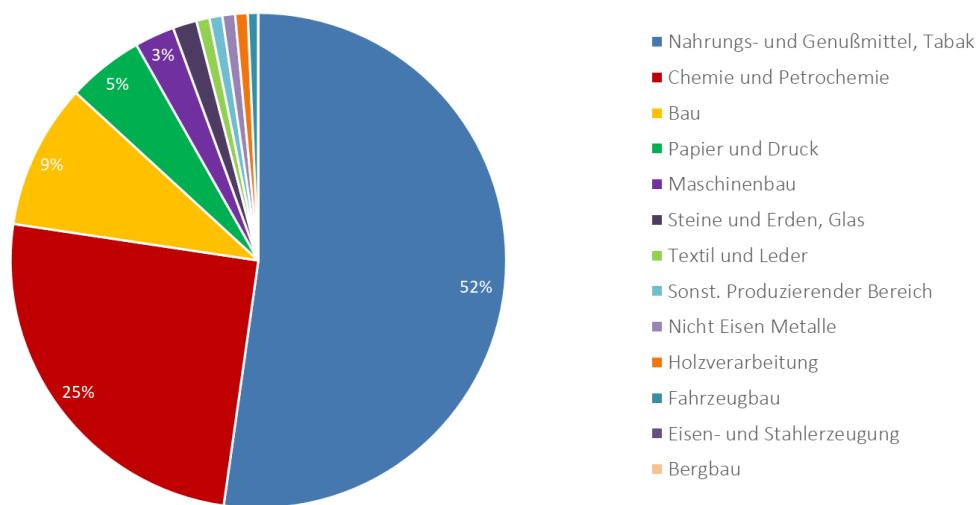


Abbildung 29: Anteil am Energie-Endverbrauch nach Sektoren, Wien 2022 nach [2]

Entsprechend Abbildung 29 hatten im Jahr 2022 die Branchen „Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“, „Chemie und Petrochemie“, „Bau“ und „Papier und Druck“ beinahe 92% Anteil am Erdgasverbrauch der produzierenden Prozesswärme in Wien, welche in Tabelle 45 und Tabelle 46 im Detail dargestellt sind.

Tabelle 45: Zuordnung Sektoren (IEA) zu ÖNACE 2008, Details in 5.1

Sektor laut IEA	ÖNACE-Code	Anzahl Betriebe in Wien
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	<C10> <C11> <C12>	44
Chemie und Petrochemie	<C20> <C21>	142
Papier und Druck	<C17> <C18>	225
Bau	<F>	7.092

Der branchenspezifische Energieverbrauch der einzelnen Betriebe der betrachteten Sektoren, d.h. der Anteil der einzelnen Betriebe an der Endenergie, kann entsprechend Tabelle 46 berechnet werden (Energieintensität pro Betrieb = Verbrauch pro Sektor / Anzahl Betriebe).

Tabelle 46: Branchenspezifischer Energieverbrauch von Erdgas

Sektor	Endenergie [%]	Betriebe in Wien [Anzahl]	Branchenspez. Endenergieverbrauch
			[% pro Betrieb]
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	52	443	0,118
Chemie und Petrochemie	25	142	0,177
Papier und Druck	5	225	0,022
Bau	9	7.092	0,001
Anteil Erdgasverbrauch	91	7.902	

Der Sektor **Chemie und Petrochemie** hat mit einer Energieintensität von rund **0,2% pro Betrieb** einen doppelt so hohen Wert wie **Nahrungs- und Genussmittel, Tabak** mit **0,1%** pro Betrieb. Papier und Druck mit 0,02% und Bau mit < 0,001% pro Betrieb haben im Vergleich nur sehr geringe Verbräuche pro Betrieb.

4.1.4. Arbeitsstättenstatistik

„Die Arbeitsstättenzählung (AZ) erhebt auf Basis von Administrativdaten alle Arbeitsstätten der Wirtschaftsbereiche A–S mit Unternehmenssitz in Österreich sowie deren Beschäftigte zum Stichtag 31. Oktober jeden Jahres. Ausgenommen sind lediglich exterritoriale Einheiten (z. B. Botschaften), private Haushalte mit Angestellten und Vermieter*innen (ÖNACE 68.20-9) ohne Firmenbuchbezug. Eine Arbeitsstätte ist definiert als jede auf Dauer eingerichtete, durch Namen (oder Bezeichnung) und Anschrift gekennzeichnete Einheit, in der mindestens eine Person erwerbstätig ist. Im Unterschied zur Erwerbsstatistik, die sich auf die Haupterwerbstätigkeit einer Person bezieht, werden in der AZ Beschäftigungsverhältnisse gezählt. Außerdem erfasst die AZ auch jene Beschäftigten, deren Hauptwohnsitz nicht in Österreich liegt (Einpendler*innen aus dem Ausland).“ [3]

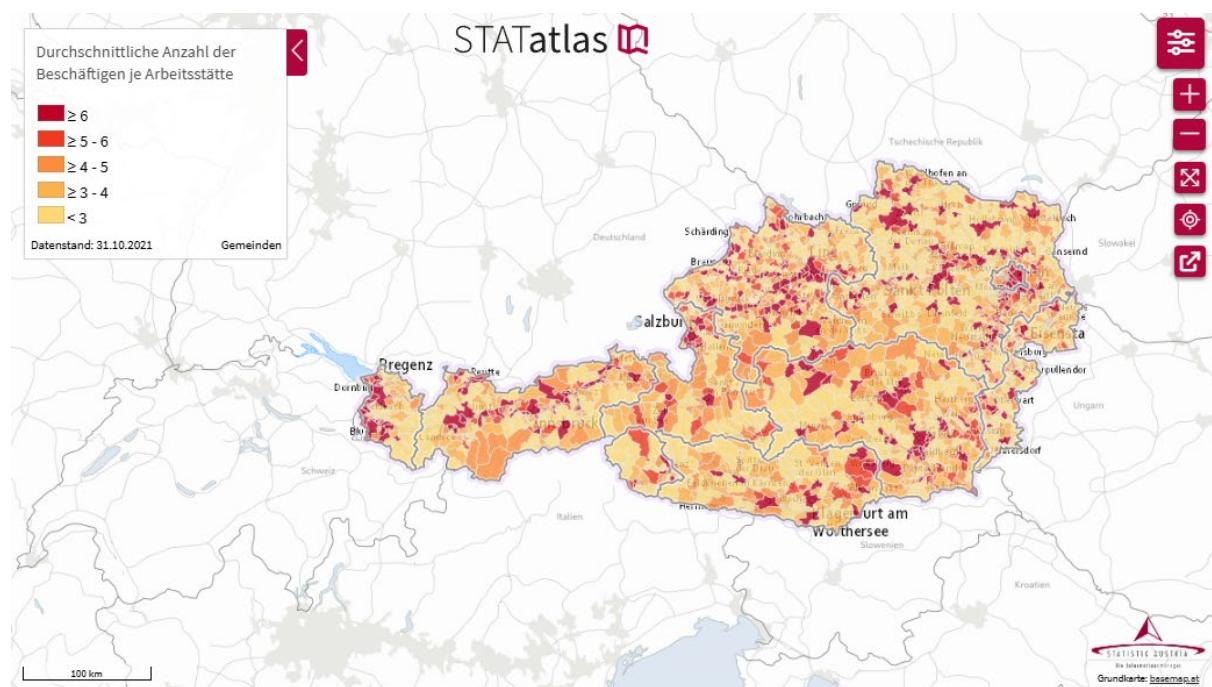


Abbildung 30: Arbeitsstättenstatistik Übersicht Österreich [3]

In einem ersten Schritt wurden die Zahlen für Wien ausgewählt. Anschließend wurden die Zahlen der Betriebe zu Gruppen zusammengefasst, um mit der Größendefinition lt. KMU-Verordnung der EU übereinzustimmen [59].

- Klein < 50 MA
- Mittel 50 - 250 MA
- Groß > 250 MA

4.1.5. Priorisierung

Aufgrund der Vielzahl an Branchen, welche zur Betrachtung ausgewählt wurden, erfolgte eine Priorisierung entsprechend Tabelle 47.

Tabelle 47: Priorisierungsschlüssel der Branchen für die Studie

Punkteverteilung nach Kriterien	0 Pkt.	1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	5 Pkt.
Anzahl der Arbeitsstätten in Wien	< 20 Arbeitsstätten			20 - 49 Arbeitsstätten	50 - 99 Arbeitsstätten	>= 100 Arbeitsstätten
Bonus: dezentrale Produktionsstruktur (Prozentuelle Differenz Anzahl Unternehmen zu Anzahl Arbeitsstätten)	Prozentuelle Differenz Arbeitsstätten zu Unternehmen kleiner 25%		Wenn Anzahl der Arbeitsstätten um 25% größer ist als Anzahl der Unternehmen			
Bonus: mehr als 50 kleine Arbeitsstätten	Anzahl der kleinen Arbeitsstätten (weniger als 50 Mitarbeiter*innen) < 50		Anzahl der kleinen Arbeitsstätten (weniger als 50 Mitarbeiter*innen) >= 50			
Bonus: mehr als 5 mittlere und Große Arbeitsstätten	Anzahl der Arbeitsstätten mit (mehr als 50 Mitarbeiter*innen) < 5	Anzahl der Arbeitsstätten mit (mehr als 50 Mitarbeiter*innen) >= 5				
Branchen mit hohem Gasverbrauch	ÖNACE-Abteilungen mit einem Gasverbrauch für Prozesswärme-anwendungen < 25 GWh/a				ÖNACE-Abteilungen mit einem Gasverbrauch für Prozesswärme-anwendungen >= 25 GWh/a	
Expert*innen-auswahl	ÖNACE-Klasse mit geringer Relevanz laut Einschätzung von Expert*innen	ÖNACE-Klasse mit Überprüfungsbedarf			ÖNACE-Klasse mit hoher Relevanz laut Einschätzung von Expert*innen	

4.2. Prozessidentifikation und -charakterisierung

Die Prozesse wurden anhand der in Abbildung 31 beschriebenen Vorgehensweise zunächst identifiziert und anschließend insbesondere bezogen auf die benötigten Prozesstemperaturen charakterisiert.

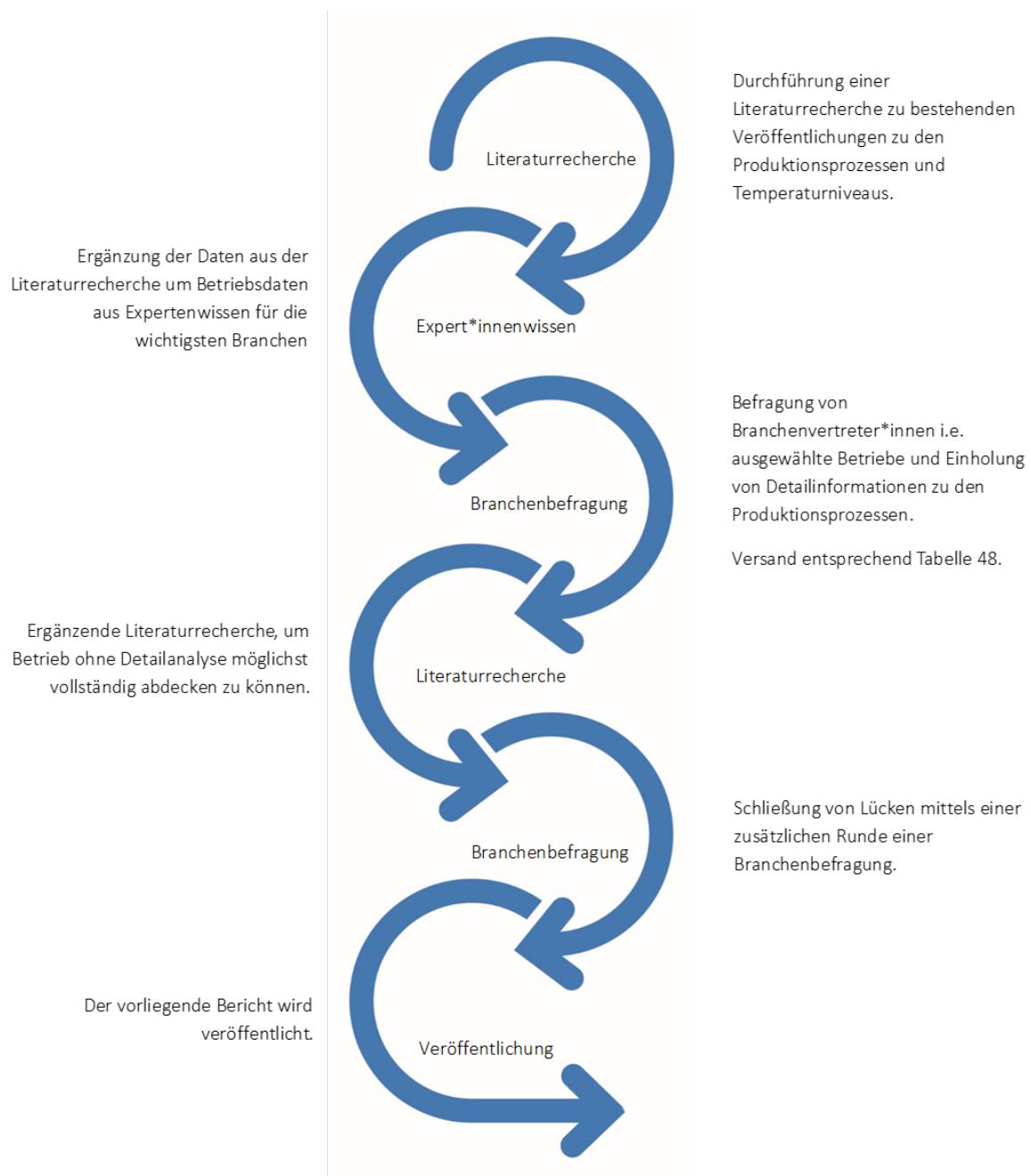


Abbildung 31: Prozessidentifikation und -charakterisierung

4.3. Tabelle zur Prozessidentifikation und Charakterisierung

Für die Branchenbefragung wurden auf Basis der Literaturrecherche und von Experten*innenwissen, Tabellen für die jeweils befragte Branche entsprechend Tabelle 48 vorbereitet. Dafür sollte für die Befragten die Logik hinter der Tabelle einfach verständlich erklärt werden. Zusätzlich musste eine bestehende Übersicht mit eigenen Daten ergänzt werden, wodurch die Rücklaufquote wesentlich erhöht wurde.

Tabelle 48. Tabelle zur Prozessidentifikation und Charakterisierung - Beispielwerte

Prozess	Temperatur						Wärmeabgabe	Wärmeversorgungsanlage					Besonderheiten	
	Nutzung / Prozesstemperatur			Versorgung				Brenner	Dampfkessel	Elektrisch	Abwärmenutzung	Fernwärme/Wärmepumpe		
	min	max.	üblich	min	max.	üblich								
Backen (Süßgebäck 230°C)	180	260	230	260	260	260	Luft	x		x			Etagen-/Stikkenöfen Süßgebäck 230 °C, Weckerl 240 °C	
Beschwadung			120	120	130	125	Dampf - 0,4 bar	x	x	x				
Gärung	20	35	20	120	130	125	Dampf - 0,4 bar	x	x	x			70% Luftfeucht.	
Lüftung	40	80	60	90	90	90	Luft	x			x		WRG: Kälte und Druckluft	
Reinigung (Warmwasser)	30	50	50	75	75	75	Wasser	x			x		WRG: Kälte und Druckluft	
Reinigung Kisten/Backbleche	30	60	70	75	75	75	Wasser				x		WRG: Kälte und Druckluft	
Frittieren	170	180	180	170	180	180	Öl			x				
Rohstoffvorerwärmung (Warmwasser)	30	50	30	50	50	50	Wasser	x			x		WRG: Kälte und Druckluft	
...														

- Prozess:** In der Spalte Prozess wird der jeweilige Prozess, welcher für den Wärme-/Erdgasverbrauch verantwortlich ist, eingetragen.
- Temperatur:** In der Spalte Temperatur werden die Temperaturen des Minimums und Maximums, die in der Praxis üblichen Temperaturen und die Durchschnittstemperaturen angegeben. Diese werden jeweils für die benötigte Temperatur und für die von der Wärmeversorgungsanlage zur Verfügung gestellte Temperatur angegeben. Aus der Differenz lässt sich ein Potential für Energieeffizienz ableiten. Wenn kein „üblicher“ Wert ermittelbar war, wurde der Mittelwert aus min. und max. als „üblich“ definiert.
- Wärmeversorgungsanlage:** Die Spalte Wärmeversorgungsanlage beinhaltet die für einen spezifischen Prozess üblichen Wärmeerzeugungstechnologien. Diese können sein: (1) Brenner (2) Dampfkessel (3) Elektrisch (4) WRG (5) Fernwärme/WP und (6) Sonstiges. Dieser Punkt kann einfach von Betrieben abgefragt werden und gibt Auskunft über die Prozesswärme im Betrieb, ebenso wie für die mögliche Umstiegsoption auf erneuerbare Energien, welche anschließend in der Prozess-/Technologiematrix ergänzt werden kann.

5. Anhang

5.1. ÖNACE und IEA-Sektoren + Zusammenhang [60]

Tabelle 49: Zusammenhang zwischen den Wirtschaftssektoren entsprechend der IEA Klassifikation und der ÖNACE 2008

IEA Sektoren	ÖNACE 2008	Bezeichnung
Energie		
E1	06,091	Gewinnung von Erdöl und Erdgas inkl. Dienstleistungen
E2	05,0892	Kohlenbergbau, Torfgewinnung
E3	192	Mineralölverarbeitung (Raffinerie)
E4	191	Kokerei
E5	351	Elektrizitätsversorgung
E6	352	Gasversorgung
E7	353	Wärme- u. Kälteversorgung (Fernwärme, Fernkälte)
Industrie 1)		
I1	241-243, 2451, 2452	Eisen- und Stahlerzeugung, Herstellung von Rohren, Gießereien
I2	20,21	Chemie und Petrochemie, Pharmazie
I3	244, 2453, 2454	Nicht-Eisen-Metalle (NE-Metalle), Erzeugung und erste Bearbeitung, Gießereien
I4	23	Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
I5	29,30	Fahrzeugbau, Kraftwagen und Kraftwagenteile
I6	25, 26, 27, 28	Maschinenbau, Metallerzeugnisse, Elektrische Anlagen)
I7	07, 08, 099	Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden inkl. Dienstleistungen
I8	10, 11, 12	Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak
I9	17,18	Papier und Pappe, Druckereierzeugnisse
I10	16	Holzverarbeitung (ohne Möbel)
I11	41, 42, 43	Bau (Hochbau, Tiefbau, Ausbaugewerbe)
I12	13, 14, 15	Textilien, Bekleidung und Lederwaren
I13	22, 31, 32	Sonstige (Gummi und Kunststoffwaren, Möbel, sonstige Waren)

1) Alle Energieeinsätze in den Sektoren E1 bis E7, I1 bis I13, O1 und O2 ohne Traktionsenergeträger, denn diese sind in der Energiebilanz funktionell den Transportsektoren zugeordnet.

Tabelle 50: Zusammenhang zwischen den Wirtschaftssektoren entsprechend der IEA Klassifikation und der ÖNACE 2008

IEA Sektoren	ÖNACE 2008	Bezeichnung
Transport		
T1	491,492	Eisenbahn, Personen & Güter ²⁾
T2	05-99	Sonstiger Landverkehr, Personen & Güter ³⁾
T3	495	Transport in Rohrfernleitungen (Pipeline)
T4	50	Binnenschifffahrt
T5	51	Luftfahrt (Flugverkehr)
Sonstige		
O1	Restliche Abteilungen ⁴⁾	Öffentliche und Private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung (8422)
O2	97,98	Private Haushalte
O3	01, 02, 03	Land- und Forstwirtschaft inkl. Jagd, Fischerei inkl. Aquakultur ⁵⁾

2) Ausschließlich Traktionsenergieträger, da diese in der Energiebilanz funktionell dem Verkehr zugeordnet sind.

3) Alle Traktionsenergieträger aus allen NACE-Sektoren, die nicht unter einem anderen Transportsektoren aufscheinen (=Residualsektor).

4) 33 (Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen), 36-39 (Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung), 45-47 (Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen), 52-53 (Lagerei, Post-, Kurier- und Expressdienste), 55-56 (Beherbergung und Gastronomie), 58-63 (Information und Kommunikation), 64-66 (Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen), 68 (Grundstücks- und Wohnungswesen) 69-75 (Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen, wie z.B. Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung und Unternehmensberatung, Architektur- und Ingenieurbüros, Forschung und Entwicklung, Werbung und Marktforschung, Veterinärwesen), 77-82 (Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen, wie z.B. Reisebüros, Wach- und Sicherheitsdienste, Gebäudebetreuung), 84 (Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung), 85 (Erziehung und Unterricht), 86-88 (Gesundheit und Sozialwesen), 90-93 (Kunst, Unterhaltung und Erholung), 94-96 (Sonstige Dienstleistungen, wie Interessensvertretungen, kirchliche Vereinigungen, Reparaturdienste, Wäschereien, Kosmetiksalons, Bestattungswesen, Bäder und Saunas), 99 (Exterritoriale Organisationen und Körperschaften).

5) Inklusive des Off-Road Dieseleinsatzes für die Bewirtschaftung der Kulturländer.

5.2. Liste aller Branchen mit Streichungen

5.2.1. Keine Firma in Wien

Nahrungs- u. Futtermittel, Getränke, Tabak					
H.v. Nahrungs- und Futtermittel	C10				
Schlachten v. Geflügel	C1012	0	0	0	0
Fischverarbeitung	C1020	0	0	0	0
Kartoffelverarbeitung	C1031	0	0	0	0
H.v. Ölen und Fetten (ohne Margarine)	C1041	0	0	0	0
H.v. Zucker	C1081	0	0	0	0
Mahl- und Schälmühlen	C1061	0	0	0	0
Getränkeherstellung	C11				
H.v. Apfelwein und Fruchtweinen	C1103	0	0	0	0
H.v. Wermut und aromatisierten Weinen	C1104	0	0	0	0
Tabakverarbeitung	C12				
Tabakverarbeitung	C1200	0	0	0	0
Chemie und Petrochemie, Pharmazie					
H.v. chemischen Erzeugnissen	C20				
H.v. synthetischem Kautschuk	C2017	0	0	0	0
H.v. Klebstoffen	C2052	0	0	0	0
H.v. Chemiefasern	C2060	0	0	0	0
Maschinenbau					
H.v. Metallerzeugnisse	C25				
H.v. Metallsammelbehältern und-tanks	C2529	0	0	0	0
H.v. Verpackungen aus Eisen	C2592	0	0	0	0
H.v. elektrischen Ausrüstungen	C27				
H.v. Batterien und Akkumulatoren	C2720	0	0	0	0
H.v. Glasfaserkabeln	C2731	0	0	0	0
Maschinenbau	C28				
H.v. Handwerkzeugen mit Motorantrieb	C2824	0	0	0	0
H.v. Maschinen für die Metallerzeugung	C2891	0	0	0	0
Nicht Eisen Metalle					
Metallerzeugung und -bearbeitung	C24				
Buntmetallgießereien	C2454	0	0	0	0
Erzeugung v. Aluminium	C2442	0	0	0	0
Erzeugung v. Blei, Zink und Zinn	C2443	0	0	0	0
Erzeugung v. Kupfer	C2444	0	0	0	0
Aufbereitung v. Kernbrennstoffen	C2446	0	0	0	0
Fahrzeugbau					
H.v. Kraftwagen und -teile	C29				
H.v. elektr. Ausrüstungen für Kfz	C2931	0	0	0	0
Sonst. Fahrzeugbau	C30				
Schiffbau (ohne Boots- und Yachtbau)	C3011	0	0	0	0
H.v. Krafträdern	C3091	0	0	0	0
Eisen- und Stahlerzeugung					
H.v. Blankstahl	C2431	0	0	0	0
H.v. Kaltband mit Breite < 600mm	C2432	0	0	0	0
H.v. kaltgezogenem Draht	C2434	0	0	0	0
Stahlgießereien	C2452	0	0	0	0
Papier und Druckereierzeugnisse					
H.v. Papier/Pappe und Waren daraus	C17				
H.v. Tapeten	C1724	0	0	0	0

Steine, Erden, Keramik, Glas					
H.v. Glas-/waren, Keramik u.Ä.	C23				
H.v. Sanitärkeramik	C2342	0	0	0	0
H.v. Isolatoren aus Keramik	C2343	0	0	0	0
H.v. Kalk und gebranntem Gips	C2352	0	0	0	0
H.v. Schleifkörpern und -mitteln	C2391	0	0	0	0
Textilien, Bekleidung und Leder					
H.v. Textilien	C13				
Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei	C1310	0	0	0	0
H.v. Vliesstoff und -erzeugnissen	C1395	0	0	0	0
H.v. Leder-/waren und Schuhe	C15				
H.v. Leder und Fellen	C1511	0	0	0	0

5.2.2. Kein produzierender Betrieb

E 4 Kokerei lt. IEA					
Kokerei und Mineralölverarbeitung	C19				
Mineralölverarbeitung	C1920	4	1	2	1
Kokerei	C1910	0	0	0	0

5.2.3. Keine Punkte bei Priorisierung

öffentliche und Private Dienstleistungen, exkl. Verteidigung					
Reparatur/Installation v. Maschinen	C33				

| **Maschinenbau** | C25 | | | | |
| **H.v. Metallerzeugnisse** | C25 | | | | |

<tbl_r cells="6"

Textilien, Bekleidung und Leder					
H.v. Textilien	C13				
Weberei	C1320	2	2	0	0
H.v. gewirktem und gestricktem Stoff	C1391	5	5	0	0
H.v. Seilerwaren	C1394	1	1	0	0
H.v. technischen Textilien	C1396	8	8	0	0
H.v. Bekleidung	C14				
H.v. Lederbekleidung	C1411	2	2	0	0
H.v. Arbeits- und Berufsbekleidung	C1412	1	1	0	0
sonstige Industrie (Gummi, Möbel, sonstige Waren)					
H.v. Möbeln	C31				
H.v. Büro- und Ladenmöbeln	C3101	8	8	0	0
H.v. Küchenmöbeln	C3102	4	4	0	0
H.v. sonst. Waren	C32				
H.v. Besen und Bürsten	C3291	3	3	0	0
Holzverarbeitung (ohne Möbel)					
H.v. Holzwaren; Korbwaren	C16				
Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke	C1610	3	3	0	0
H.v. Furnier- und Holzfaserplatten	C1621	1	1	0	0
H.v. Verpackungsmitteln aus Holz	C1624	5	5	0	0
Fahrzeugbau					
H.v. Kraftwagen und -teilen	C29				
H.v. Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	C2910	2	1	0	1
H.v. sonst. Teilen und Zubehör für Kfz	C2932	6	4	0	2
Sonst. Fahrzeugbau	C30				
Boots- und Yachtbau	C3012	4	4	0	0
H.v. militärischen Kampffahrzeugen	C3040	1	0	1	0
H.v. Fahrrädern	C3092	2	2	0	0

6. Literaturverzeichnis

- [1] „STATcube“, Statistik Austria. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://statcube.at/statistik.at/ext/statcube/jsf/terms.xhtml?r=%2Fstatistik.at%2Fext%2Fstatcube%2Fopeninfopage?reset%3Dtrue>
- [2] „Nutzenergieanalyse“, Statistik Austria. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/nutzenergieanalyse>
- [3] „Arbeitsstätten“, Statistik Austria. Zugegriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/industrie-bau-handel-und-dienstleistungen/arbeitsstaettenzaehlung/arbeitsstaetten>
- [4] G. G. Santonja, P. Karlis, K. R. Stubdrup, T. Brinkmann, und S. Roudier, *Best Available Techniques (BAT) reference document for the food, drink and milk industries: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. LU: Publications Office, 2019. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/243911>
- [5] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung- Großbäckerei-“, 2000. Zugegriffen: 26. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000000?SID=545962765&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:%27lfu_klima_00004%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000000?SID=545962765&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:%27lfu_klima_00004%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27))
- [6] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung- Fleischverarbeitender Betrieb-“, 2001. Zugegriffen: 26. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000007?SID=1994321367&ACTIONxSESSxSHOWPIC\(BILDxKEY:%27lfu_klima_00009%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000007?SID=1994321367&ACTIONxSESSxSHOWPIC(BILDxKEY:%27lfu_klima_00009%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27))
- [7] A. Darbo AG, Hrsg., „Umwelterklärung der A. Darbo AG. Bezugsjahr 2022“. 2023.
- [8] AEE INTEC, „GANGL (Austria) Solar Integration Case Study“, 2010. Zugegriffen: 27. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: http://zero-emissions.at/index.php?title=Information_about_fruits_%26_vegetables
- [9] Fraunhofer IVV, „Experiment- und modellbasierte Unterstützung des Conchierens dunkler Schokolade.“, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/lebensmittel/schokoladen-und-pralinenherstellung/modellbasiertes-conchieren.html>
- [10] J. Sochovsky, „Die Kunst des Kaffeeröstens | Mocca Brasil Kaffeerösterei 1030 Wien“. Zugegriffen: 26. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.brasil.at/site/roesterei>
- [11] AEE INTEC, „Solar Integration Case Study Murauer Brauerei (JOINTS)“, 2010. Zugegriffen: 27. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: http://zero-emissions.at/index.php?title=Information_about_beer
- [12] Österreichische Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin, „Hygiene-Leitlinie für Wäscherein, die Wäsche von Gesundheitseinrichtungen bearbeiten“, Hygiene-Leitlinie, März 2016. Zugegriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.oeghmp.at/media/waescherei-leitlinie_29_3_2016.pdf
- [13] Rolf Gloor, „Textilindustrie“. [Online]. Verfügbar unter: <https://energie.ch/textilindustrie/>
- [14] Roth et al., *Best available techniques (BAT) reference document for the textiles industry: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control)*. LU: Publications Office, 2023. Zugegriffen: 12. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/355887>
- [15] Falcke et al., *Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of large volume organic chemicals*. LU: Publications Office, 2017. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/77304>
- [16] European Commission, „Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers“. 2007. Zugegriffen: 29. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/pol_bref_0807.pdf
- [17] AMMANN GROUP, „Energieeffizienz und geringe Emissionen“. Zugegriffen: 3. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ammann.com/de-AT/technology/plants-technology/warm-mix-asphalt/>
- [18] Witgen Group, „Niedrigtemperaturasphalt | Straßenbau | Anwendungen | Wirtgen Group“. Zugegriffen: 3. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.witgen-group.com/de-at/anwendungen/strassenbau/strassenneubau/niedrigtemperaturasphalt/>
- [19] G. Chronopoulos u. a., *Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Surface Treatment Using Organic Solvents including Preservation of Wood and Wood Products with Chemicals*. 2020. Zugegriffen: 9. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/surface-treatment-using-organic-solvents-including-wood-and-wood-products-preservation>
- [20] Aries, E. et al., *Best available techniques (BAT) reference document for the ferrous metals processing industry: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control)*. LU: Publications Office, 2022. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/196475>

- [21] European Commission, *Best Available Technologies (BAT) Surface Treatment Of Metals and Plastics*. Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/surface-treatment-metals-and-plastics>
- [22] T. W. Jelinek und T. W. Jelinek, Hrsg., *Oberflächenbehandlung von Aluminium: mit 159 Tabellen*. Saulgau/Württ: Leuze, 1997.
- [23] A. Risse, *Fertigungsverfahren der Mechatronik, Feinwerk- und Präzisionsgerätetechnik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012. doi: 10.1007/978-3-8348-8312-4.
- [24] H.-H. Braess und U. Seiffert, Hrsg., *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012. doi: 10.1007/978-3-8348-8298-1.
- [25] Rolf Gloor, „Energieeffizienz im Lackierbetrieb“. [Online]. Verfügbar unter: <https://energie.ch/lackierbetrieb/>
- [26] European Commission, *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Smitheries and Foundries Industry*. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2022-02/SF_BREF_D1_web.pdf
- [27] European Commission, *Best available Techniques (BAT) reference document for the production of wood-based panels :industrial emissions Directive 2010/75/EU : integrated pollution prevention and control*. LU: Publications Office, 2016. Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2791/21807>
- [28] European Commission, *Best available techniques (BAT) reference document the Ceramic Manufacturing Industry*. 2007. Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ceramic-manufacturing-industry>
- [29] D. Dimov und K. Kulterer, „Erneuerbare Wärmesysteme in Betrieben“, Mai 2024, Zugegriffen: 3. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:3d2854e7-ae72-41f6-b814-c06ffc0eff58/Empfehlungen%20f%C3%BCr%20erneuerbare%20W%C3%A4rmesysteme%20in%20Betrieben_V2.pdf
- [30] Wien Energie GmbH, „Fernwärme- Umweltschonendes Heizen“, Wien Energie. Zugegriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wienenergie.at/privat/produkte/waerme/fernwaerme/>
- [31] V. Wilk, „AHEAD- Industriewärmepumpe zur Dampferzeugung- AIT Austrian Institute Of Technology“, ait.ac.at. Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ait.ac.at/themen/efficiency-in-industrial-processes-systems/projekte/ahead-industriewaermepumpe-zur-dampferzeugung>
- [32] Letzner Pharmawasseraufbereitung GmbH, „Pharmawasseraufbereitung: kalte WFI-Herstellung als neue Alternative | CHEManager“. Zugegriffen: 4. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.chemanager-online.com/produkte/letzner-pharmawasseraufbereitung-kalte-wfi-herstellung-als-neue-alternative>
- [33] Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie e. V., „Koksloser Kupolofen | GUSS“. Zugegriffen: 27. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.guss.de/prozess/schmelzen/koksloser-kupolofen>
- [34] J. Svehla, T. Krutzler, und I. Schindler, „STAND DER TECHNIK DER ÖSTERREICHISCHEN GIESSEREIEN“, Umweltbundesamt GmbH Spittelauer Lände 5, 1090 Vienna/Austria, Wien, REP-0389, 2012. Zugegriffen: 4. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0389.pdf>
- [35] M. Kruska, J. Meyer, und N. Elsaesser, *Rationelle Energienutzung in der Textilindustrie: Leitfaden für die betriebliche Praxis*, 1. Aufl. Braunschweig Wiesbaden: Vieweg, 2001.
- [36] S. Hirzel, B. Sontag, und C. Rohde, „Industrielle Abwärmennutzung“, Fraunhofer ISI, 2013. Zugegriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf
- [37] K. Kulterer und O. Mair am Trinkhof, „Energieaudits für betriebliche Abwärmennutzung“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien, 2022. Zugegriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:99d5d13d-b690-4a3c-b6db-fe312f0b9d83/Abwaermelitfaden_Layout2020barrierefrei.pdf
- [38] „Wiener Wärmeplan 2040- Der Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung“, Deutsch. Zugegriffen: 27. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/umwelt/waermeplan-2040>
- [39] A. Standards, „DIN EN 14511-1:2023 08“, Austrian Standards. Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.austrian-standards.at/de/shop/din-en-14511-1-2023-08~p2669218>
- [40] L. Pinggera, „Über 200 Grad: Neuartige Wärmepumpe ersetzt Erdgas in Pharmafirma“, Jan. 2023, Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://futurezone.at/science/waermepumpe-industrie-hochtemperatur-takeda-arzneimittel-pharma-strom-system-erneuerbare-energie-ait/402303962>
- [41] S. Wolf, „Integration von Wärmepumpen in industrielle Produktionssysteme – Potenziale und Instrumente zur Potenzialerschließung“, Universität Stuttgart, 2017. Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/9610/7/Dissertation_Integration_von_Waermepumpen_in_industrielle_Produktionssysteme_von_Stefan_Wolf.pdf
- [42] S. Wolf und U. Fahl, „KKA | Kälte Klima Aktuell – Fachzeitschrift & Profimagazin“. Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kka-online.info/artikel/kka_Hochtemperaturwaermepumpe-1981998.html

- [43] EQUANS Kältetechnik GmbH, „Hochtemperatur-Wärmepumpe Ammoniak (NH₃) bis 95°C“, Referenz- EQUANS. Zugriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.equans.at/referenz?tx_onreferenzen_detail%5Baction%5D=show&tx_onreferenzen_detail%5Bcontroller%5D=Referenz&tx_onreferenzen_detail%5Breferenz%5D=46&cHash=fa4d23ca438783dc94e665b709cc319c
- [44] A. Standards, „ÖNORM B 1921:2023 07 01 - Trinkwassererwärmungsanlagen- Mikrobiologische Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit und deren Überwachung“. Zugriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://meinnormenpaket.austrian-standards.at/action/de/private/details/731055/ÖNORM_B_1921_2023_07_01
- [45] Kommunalkredit Public Consulting GmbH, „Wärmepumpe < 100 kW | Umweltförderung“. Zugriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltfoerderung.at/betriebe/waermepumpe-100-kw/unterkategorie-waerme-aus-erneuerbaren-ressourcen>
- [46] B. Schmitt, F. Pag, M. Jesper, C. Brunner, und J. Fluch, „Solare Prozesswärme für Industrie und Gewerbe“, Kassel, Apr. 2019. Zugriffen: 18. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.solarwaerme.at/wp-content/uploads/2021/04/Solare-Prozesswaerme-fuer-Industrie-und-Gewerbe-Broschuer.pdf>
- [47] M. Sandrock und P. Möhring, „Flächen einfach mehrfach nutzen: Wie Multicodierung zur Lösung der Solarthermie-Flächenkonflikte beiträgt“, Sep. 2020, Zugriffen: 3. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/Infoblatt-Nr9_final.pdf
- [48] klimaaktiv, „Umweltwärme, Geothermie und Wärmepumpen“. Zugriffen: 7. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.klimaaktiv-elearning.at/Lernplattform/common/pages/c07_geothermie_waermepumpen.html
- [49] N. Glaesmann, *Wärmepumpenheizungen: Planungshilfe und Ratgeber für Neubauten und Bestandsgebäude*. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Vieweg, 2022.
- [50] H. Bauer, E. Lutter, H. Warmuth, E. Haslinger, und G. Götzl, „FTI-Roadmap Geothermie“, Wien, 2022. Zugriffen: 2. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/BMK_Geothermie_Roadmap.pdf
- [51] M. Sponring, J. Pscheider, D. Tosun, und C. Rambousek, „Geothermie in Österreich“, Dez. 2023, Zugriffen: 3. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.pwc.at/de/publikationen/pwc-geothermie-in-oesterreich_2023.pdf
- [52] „Wärme aus Biomasse“, Österreichischer Biomasseverband. Zugriffen: 7. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.biomasseverband.at/energie-aus-biomasse/waerme/>
- [53] A. Beteiligungs-AG, „Bio-Ethanol Pischeldorf“. Zugriffen: 27. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agrana.com/produkte/alle-produktportfolios/bioethanol/produktionsstandorte>
- [54] A. Weidlich und M. Schäfer, „Mind the Gap – Abstände von Strom- zu Brennstoffpreisen und ihr Einfluss auf die Elektrifizierung von Wärme und Mobilität“, S. 18–24, Dez. 2022.
- [55] J. Schuberth, „Wasserstoff – Schlüssel im künftigen Energiesystem“, Umweltbundesamt. Zugriffen: 7. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schlüssel-im-künftigen-energiesystem>
- [56] A. G. G. M. A. AGGM, „Wasserstoff-Transport in Österreich“. Zugriffen: 7. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.aggm.at/wasserstoff-transport/>
- [57] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, und Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Hrsg., *Leitfaden Biogas: von der Gewinnung zur Nutzung*, 7. Auflage. in Bioenergie. Rostock: Druckerei Weidner, 2016.
- [58] C. Meunier, *Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess*. Umweltbundesamt, 2016. Zugriffen: 7. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/integration-von-power-to-gaspower-to-liquid-in-den>
- [59] „Kleine und mittlere Unternehmen- EUR-Lex“. Zugriffen: 3. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/DE/legal-content/glossary/small-and-medium-sized-enterprises.html>
- [60] Statistik Austria, „Zusammenhang zwischen den Wirtschaftssektoren entsprechend IEA Klassifikation und der ÖNACE 2008“. Zugriffen: 28. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.statistik.at/stdoku/subdokumente/r_energiebilanzen_wirtschaftssektoren.pdf