



Kommunale Wärmeplanung (KWP)

Endbericht 2026

Braunschweig
City of Lions

IMPRESSUM

Herausgeberin:

Stadt Braunschweig
Fachbereich Umwelt
Willy-Brandt-Platz 13
38102 Braunschweig

Bearbeitung:

Alexander Siemon
Tel.: 0531 470 6336
E-Mail: alexander.siemon@braunschweig.de

Nils Bruchmann
Tel.: 0531 470 6353
E-Mail: nils.bruchmann@braunschweig.de

In Zusammenarbeit mit:

Steinbeis-Innovationszentrum energieplus
Hamburger Straße 277
38114 Braunschweig
Deutschland

Telefon: + 49 531 793893-80
E-Mail: info@siz-energieplus.de

Deckblatt:

© Marén Gröschel

April 2026

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung – Die kommunale Wärmeplanung.....	6
1.1	Ausgangslage in Braunschweig	6
1.2	Vorgehensweise	6
1.2.1	Projektgruppe.....	6
1.2.2	Akteursbeteiligung.....	7
2	Bestandsanalyse.....	8
2.1	Datengrundlage	8
2.2	Unterteilung des Stadtgebietes in Teilgebiete „Cluster“	8
2.3	Gebäudestruktur und grundlegende Gebäudeinformationen.....	11
2.3.1	Verbrauchssektoren	11
2.3.2	Baualtersklassen.....	12
2.4	Die Wärmeliniendichte 2021	13
2.5	Status quo der Wärmeerzeugung	15
2.5.1	Erdgas- und Fernwärmenetze	15
2.5.2	Dominierender Energieträger	16
2.5.3	Einbaujahr der Heizungsanlagen	18
2.6	Energie- und Treibhausgasbilanz.....	19
2.6.1	Prozentualer Wärmeverbrauch nach Energieträgern.....	19
2.6.2	Wärmeverbrauch nach Verbrauchssektoren	19
2.6.3	Emissionen nach Energieträgern	20
3	Potenzialanalyse	23
3.1	Gebäudeenergieeffizienz	24
3.1.1	Entwicklung der Energiebedarfe und Einsparpotenziale auf Cluster-Ebene	24
3.2	Potenziale erneuerbarer Energien.....	27
3.2.1	Abwasser	27
3.2.2	Biomasse	27
3.2.3	Geothermie	28
3.2.4	Flusswasserwärme	30
3.2.5	Wind.....	33
3.2.6	Photovoltaik	35
3.3	Abwärmenutzung	36
3.4	Nutzung von Wasserstoff zu Heizzwecken.....	37
3.5	Zusammenfassung und Beurteilung der Potenziale	38

4	Zielszenario	40
4.1	Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs	40
4.2	Einteilung in Eignungsgebiete	40
4.3	Sanierungsgebiete	45
5	Wärmewendestrategie	47
5.1	Maßnahmenkatalog	47
5.2	Zeitplan und Umsetzungsprioritäten	48
6	Zusammenfassung	49
6.1	Teilgebiets-Steckbriefe	49
6.2	Kartenkatalog	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zur Clusterung in Braunschweig.....	10
Abbildung 2: Verteilung der Verbrauchssektoren.....	11
Abbildung 3: Gesamtstädtische Verteilung der Baualtersklassen nach Verbrauchssektoren	12
Abbildung 4: Karte der Wärmelinienendichte je Cluster 2021	14
Abbildung 5: Fernwärme- und Erdgasnetz in Innenstadt Braunschweigs	15
Abbildung 6: Karte der dominierenden Energieträger je Cluster 2021	17
Abbildung 7: Verteilung der Baujahre der Heizungen (Stand 2024)	18
Abbildung 8: Prozentualer Wärmeverbrauch Braunschweigs nach Energieträgern	19
Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Verbrauchssektoren in Braunschweig Stand 2021	20
Abbildung 10: Gesamtverteilung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	21
Abbildung 11: Gesamtverteilung der Treibhausgasemissionen nach Verbrauchssektoren ...	22
Abbildung 12: Abgrenzung des Potenzialbegriffs.....	23
Abbildung 13: Karte des relativen Einsparungspotenzials je Cluster.....	26
Abbildung 14: Interpolierter Temperaturverlauf der Oker in den Jahren 2018 bis 2024.....	31
Abbildung 15: Interpolierter Temperaturverlauf der Oker in den Jahren 2018 bis 2024.....	31
Abbildung 16: Verteilung der ausschöpfbaren Wärmemenge in Viertelstundenwerten	32
Abbildung 17: Repowering Geitelde	33
Abbildung 18: Zukünftige Windenergieflächen in der Teilplanung Windenergie des RGB.....	33
Abbildung 19: Photovoltaikpotenzial in der Braunschweiger Innenstadt	36
Abbildung 20: Zielszenario 2040	43
Abbildung 21 Szenario der Energieträgerverteilung in Braunschweig bis 2040	44
Abbildung 22: Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen Gebäudestruktur - Gesamtstädtisch	11
Tabelle 2: BS ENERGY Bestandsnetze (Stand 2024)	16
Tabelle 3: CO ₂ -Emissionsfaktoren 2021 nach Energieträgern	21
Tabelle 4: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung am Beispiel von EFH	25
Tabelle 5: Ermitteltes theoretisches Potenzial des Abwassers	27
Tabelle 6: Wärmepotenziale in Braunschweig	38
Tabelle 7: Maßnahmen der KWP	47
Tabelle 8: Zeitlicher Ablauf der Maßnahmen	48

1 Einleitung – Die kommunale Wärmeplanung

Bereits mit Beschluss des integrierten Klimaschutzkonzeptes 2.0 (IKSK 2.0) vom 27. September 2022 (Drs. 22-189057-03) hat der Rat der Stadt Braunschweig die kommunale Wärmeplanung (KWP) als Aufgabe definiert.

Mit der Novellierung des Niedersächsischen Klimaschutzgesetzes (NKlimaG) und der Veröffentlichung im Gesetzes- und Verordnungsblatt am 05.07.2022 ist das Erstellen einer KWP für Braunschweig bis zum 30.06.2026 zur Pflicht geworden.

1.1 Ausgangslage in Braunschweig

Bislang entwickelte sich die Wärmeversorgung in Braunschweig nicht auf Basis einer übergeordneten kommunalen Strategie. Zwar wurden grundsätzliche Bedingungen zu den leitungsgebundenen Energieträgern Erdgas und Fernwärme durch Konzessionsverträge geregelt, die Investitionsentscheidungen, etwa für Erzeugungsanlagen, oblagen letztlich aber einzelnen Akteuren.

Im Kontext der gesetzlich geforderten Erreichung der Treibhausgasneutralität ist es nun notwendig, die wirtschaftlichste Versorgungsvariante nach dem primären Kriterium der Treibhausgasneutralität des Wärmeversorgungssystems zu ermitteln. Dies ist von besonderer Bedeutung, da getätigte Investitionen in die Versorgungsinfrastruktur angesichts der langen Investitionszyklen meist mehrere Jahrzehnte Bestand haben. Die KWP liefert für wärmebezogene Investitionsentscheidungen nun eine fundierte Grundlage.

1.2 Vorgehensweise

Die KWP in Braunschweig wird mit Unterstützung des An-Instituts der TU Braunschweig SIZ energieplus durch eigenes Fachpersonal im Klimaschutzmanagement (Stelle 68.31) als Teil des Umweltdezernates durchgeführt. Dadurch verbleiben die erlangten Erkenntnisse bei der Verwaltung und ermöglichen eine effizientere Aufgabenerfüllung.

Zur Einbindung aller relevanten Stellen und Unterstützung der Durchführung der KWP, wurde innerhalb der Verwaltung eine Projektgruppe unter Leitung der Stelle 68.31 verfügt. Diese hat am 17.01.2023 ihre Arbeit aufgenommen.

1.2.1 Projektgruppe

Teil der Projektgruppe sind Vertreterinnen und Vertreter folgender Fachbereiche und Organisationseinheiten der Stadt Braunschweig:

- Fachbereich Umwelt (FB 68)
- Fachbereich Soziales und Gesundheit (FB 50)
- Fachbereich Stadtplanung und Geoinformation (FB 61)
- Baureferat (Ref. 0600)
- Beteiligungsmanagement (FB 20)
- Steinbeis- Innovationszentrum energieplus (SIZ)

Aufgabe der Projektgruppe war und ist die fachliche Begleitung der KWP sowie die verwaltungsinterne Abstimmung zu den Inhalten der Wärmewende.

1.2.2 Akteursbeteiligung

Die Wärmewende betrifft in Braunschweig neben den Bürger*innen auch größere Akteure, wie den Energieversorger BS|ENERGY, Gewerbetreibende oder größere Forschungseinrichtungen.

Um die Belange der größeren Akteure zu berücksichtigen, haben in regelmäßigen Abständen Absprachen stattgefunden, in denen der Stand der Wärmeplanung und die Möglichkeiten einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung diskutiert wurden. Insbesondere mit BS|ENERGY haben regelmäßige Treffen zur KWP und zum **Transformationsplan Fernwärme**¹ stattgefunden.

Die Ergebnisse dieser Absprachen sind in die KWP eingegangen und finden sich insbesondere in Teilen der Maßnahmen wieder. Dieser regelmäßige Austausch hat dazu beigetragen, dass viele Belange der Akteure Berücksichtigung finden konnten.

¹ Im Transformationsplan weist BS|ENERGY die Gebiete aus, die langfristig durch leitungsgebundene Wärme versorgt werden sollen und beschreibt Maßnahmen, um die Fernwärmeversorgung fristgerecht bis 2040 zu dekarbonisieren.

2 Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse ist die möglichst exakte Ermittlung des Status quo der Braunschweiger Wärmeversorgung. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf den Wärmebedarfen bzw. den Wärmeverbräuchen², den eingesetzten Energieträgern und den vorhandenen zentralen oder dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen. Das Ergebnis der Bestandsanalyse ist eine geodatenbasierte Darstellung des Status quo der Wärmeversorgung und der Bedarfswerte für das gesamte Braunschweiger Stadtgebiet.

2.1 Datengrundlage

Auf Grundlage des § 21 des NKlimaG wurden der Stadt Braunschweig zur Erstellung der KWP ab Januar 2024 umfangreiche Daten zur Verfügung gestellt. Hierzu gehören:

- Gebäudescharfe Daten zum Wärmebedarf
- Gebäudetypen und -nutzung
- Bruttogrundflächen der Gebäude
- Daten zum Fernwärme- und Gasverbrauch
- Informationen zu Wärmeerzeugern
 - Alter
 - Heizungsart
 - Energieträger
 - Leistung
- Lage von Wärmenetzen

Die Energieverbrauchsdaten wurden hierbei durch BS|ENERGY und BS|NETZ zur Verfügung gestellt und umfassen die Jahre 2017 bis 2021. Hieraus ergibt sich auch das **Basisjahr 2021 der Wärmeplanung**. Dieses Basisjahr ist besonders geeignet, da es nicht durch die Energiekrise im Zuge des beginnenden Ukrainekrieges ab dem Jahr 2022 beeinflusst wurde. Daher bildet dieses ein möglichst gewöhnliches und aktuelles Heizverhalten ab.

Die Informationen zu Heizungen und Wärmeerzeugern stammen aus den digitalen Kkehrbüchern der Schornsteinfeger*innen und wurden wiederum auf Basis von § 21 NKlimaG bereitgestellt. Diese Informationen repräsentieren den Stand Anfang 2024. Alle Gebäudeinformationen haben den Stand 2024.

2.2 Unterteilung des Stadtgebietes in Teilgebiete „Cluster“

Zur übersichtlichen Darstellung von Ergebnissen und zur Unterteilung der Stadt in Teilbereiche wurde das gesamte Stadtgebiet geclustert. Die Einteilung des Stadtgebietes basiert auf den formell festgelegten Wahlbezirken der Stadt Braunschweig (Stand Mai 2021). Im Rahmen der Bearbeitung wurden jedoch kleinere Anpassungen vorgenommen. Die Grenzen dieser Wahlbezirke orientieren sich an geografischen Gegebenheiten und den Stadtbezirksgrenzen. Operativ bringt dieses den Vorteil, dass sich die Cluster und damit auch die Aussagen der KWP eindeutig den einzelnen Stadtbezirken zuordnen lassen und die Aufteilung transparent realisiert wird. Die Aufteilung Braunschweigs in Cluster ist in Abbildung 1 dargestellt.

² Der Wärmebedarf ist eine berechnete Größe und bezeichnet den Energiebedarf eines Gebäudes der für Raumwärme und die Trinkwassererwärmung notwendig ist. Im Gegensatz dazu ist der Wärmeverbrauch durch (Zähler)-Messungen ermittelt.

Im Rahmen dieser KWP ist die Clusterebene in weiten Teilen die niedrigste Darstellungsebene von energierelevanten Ergebnissen. Innerhalb der Cluster findet jedoch auf Ebene der **Teilgebiets-Steckbriefe** (siehe Kapitel 6.1) eine Unterteilung in Wärmenetz- und Einzelversorgungsgebiete statt. Grundsätzlich werden **keine gebäudescharfen Energie-**Daten veröffentlicht.

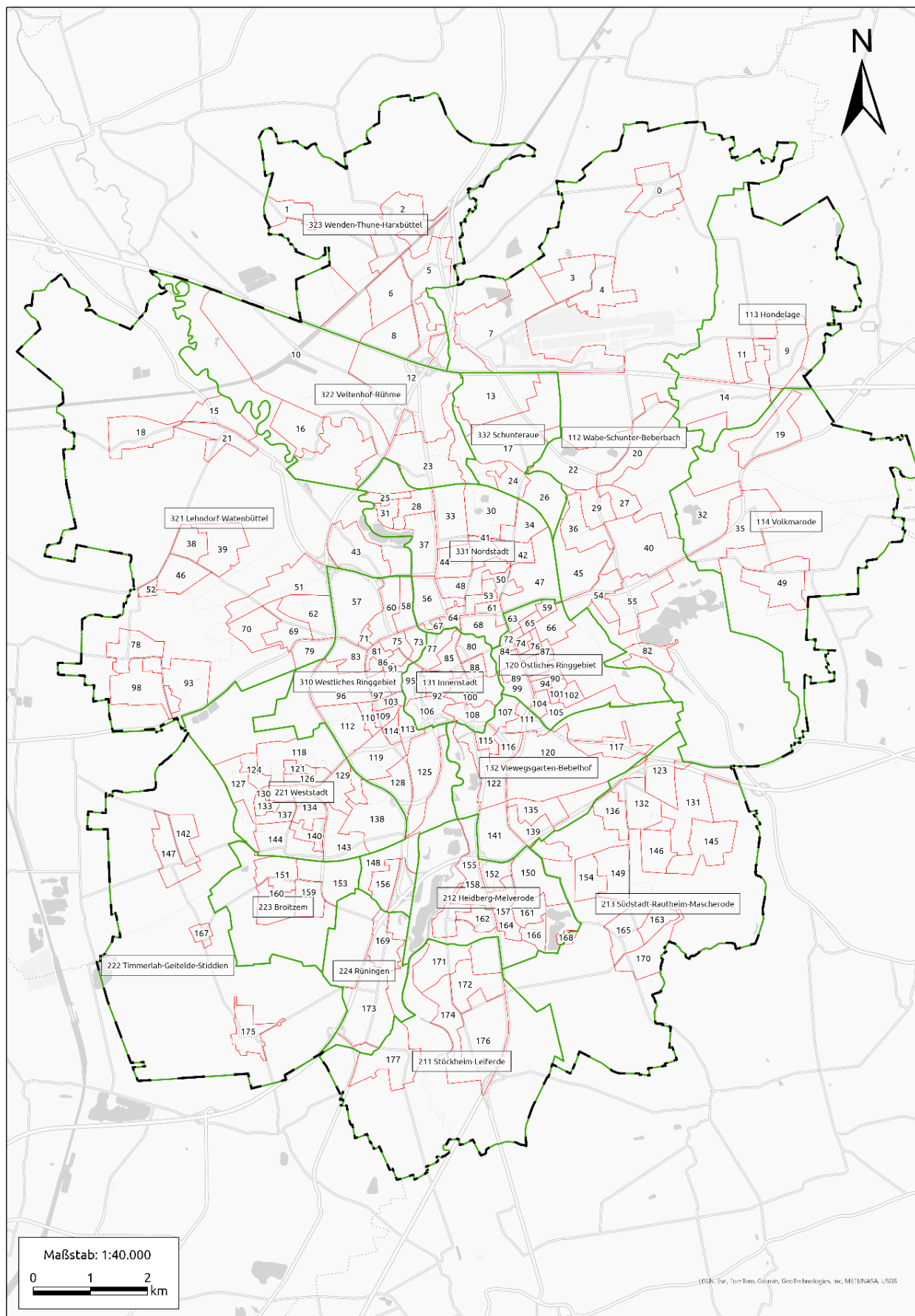


Abbildung 1: Übersicht zur Clustering in Braunschweig

2.3 Gebäudestruktur und grundlegende Gebäudeinformationen

Grundlage der KWP ist eine kartenbasierte Darstellung aller Gebäude in Braunschweig, deren Zuordnung zu Verbrauchs- und Infrastrukturdaten und die georeferenzierte Verarbeitung und Darstellung in einem Geoinformationssystem (ArcGIS). Im Kontext der KWP sind bestimmte Gebäudedaten relevant. Hierzu zählen der Gebäudetyp, die Bruttogrundfläche, Informationen zum Denkmalschutz, die Lage des Gebäudes, die Baualtersklasse und der Wärmebedarf- bzw. -verbrauch. Diese Gebäudeinformationen dienen nur zur Erstellung der KWP und werden nicht veröffentlicht.

Von Interesse sind im Kontext der KWP nur beheizte Gebäude. Auf Grundlage der vorliegenden Daten wird, wie in Tabelle 1 dargestellt, von ca. 46.000 beheizten Gebäuden ausgegangen. Das Verhältnis von Wohn- zu Nichtwohngebäuden liegt dabei bei 94 zu 6 Prozent, was die große Bedeutung der Wohnbebauung im gesamtstädtischen Kontext zeigt. Insbesondere im Bereich der Innenstadt befinden sich zudem einige denkmalgeschützte Gebäude, mit einem gesamtstädtischen Anteil von 4 %.

Tabelle 1: Kennzahlen Gebäudestruktur - Gesamtstädtisch

Beheizte Gebäude	Anteil Wohn-/ Nichtwohngebäude	Anteil Denkmalschutz
45.871	94 % / 6 %	4 %

2.3.1 Verbrauchssektoren

In Braunschweig wurde nach Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern (EFH/MFH), Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD), Industrie, Sonstige und städtischen Gebäuden differenziert. Diese Einteilung dient insbesondere dazu, Einflüsse durch das Verhalten von Benutzenden und Anteile von Prozesswärme am Wärmebedarf abzuschätzen. Zudem deutet ein hoher Anteil an MFH oder städtischen Gebäuden ggf. auf einen höheren Wärmebedarf hin und hat damit Einfluss auf die Ergebnisse des Zielszenarios (siehe Kapitel 4).

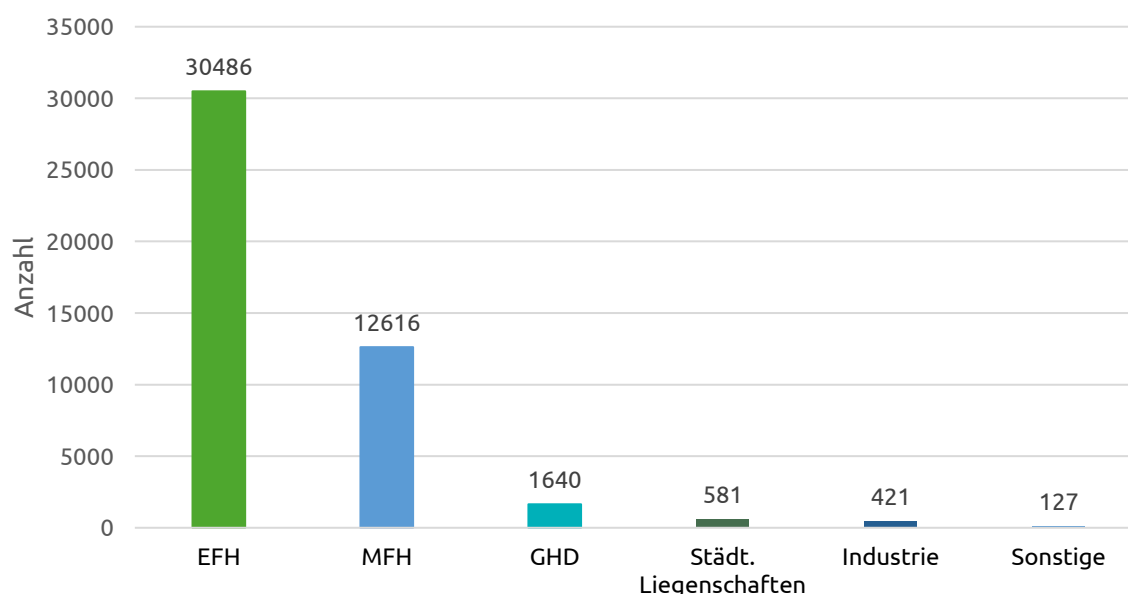


Abbildung 2: Verteilung der Verbrauchssektoren

Abbildung 2 zeigt dabei den hohen Anteil der EFH im Stadtgebiet. Auch wenn diese einen großen relativen Anteil ausmachen, zeigt sich in Kapitel 2.6.2, dass diese beim absoluten Gesamtwärmebedarf nicht dominant sind. Von besonderer Bedeutung sind EFH im Rahmen der KWP aber insbesondere durch die zukünftig hohe Relevanz von Einzellösungen auf Gebäudeebene (v.a. Wärmepumpen) in diesem Bereich und die Vielzahl an Akteur*innen, die entsprechend aktiv werden müssen.

2.3.2 Baualtersklassen

Die Einteilung der Gebäude in Baualtersklassen dient in erster Linie zur Abschätzung des energetischen Zustandes eines Gebäudes. Entsprechend des Alters eines Gebäudes lässt sich dieses in die jeweilige Baualtersklassen einteilen, denen auf Grundlage der „Deutschen Wohngebäudetypologie“ des Institutes Wohnen und Umwelt aus Darmstadt bestimmte Gebäudeeigenschaften zugeordnet werden. Zu diesen Eigenschaften zählt unter anderem der durchschnittliche Wärmebedarf je Bruttogrundfläche und der typische Sanierungszustand. Anhand dieser Werte lässt sich der aktuelle Wärmebedarf (die theoretische Wärmemenge, die ein Gebäude benötigt) abschätzen, jedoch nicht exakt ermitteln. Dieser dient im Zielszenario (siehe Kapitel 4) als Grundlage für die Abschätzung des Wärmebedarfs im Jahr 2040. Hierbei wird von einer gewissen Sanierungstätigkeit und einer entsprechenden Absenkung des Bedarfs ausgegangen.

In Abbildung 3 ist zu erkennen, dass ein Großteil der Gebäude in Braunschweig vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 errichtet wurde. Auch wenn bei manchen Gebäuden seit der Errichtung von einer Sanierungstätigkeit ausgegangen werden kann, ist ein großer Teil dieser Gebäude nicht oder nur teilweise energetisch saniert. Hieraus ergibt sich das große Potenzial, aber auch die Relevanz einer energetischen Sanierung des Gebäudebestandes.

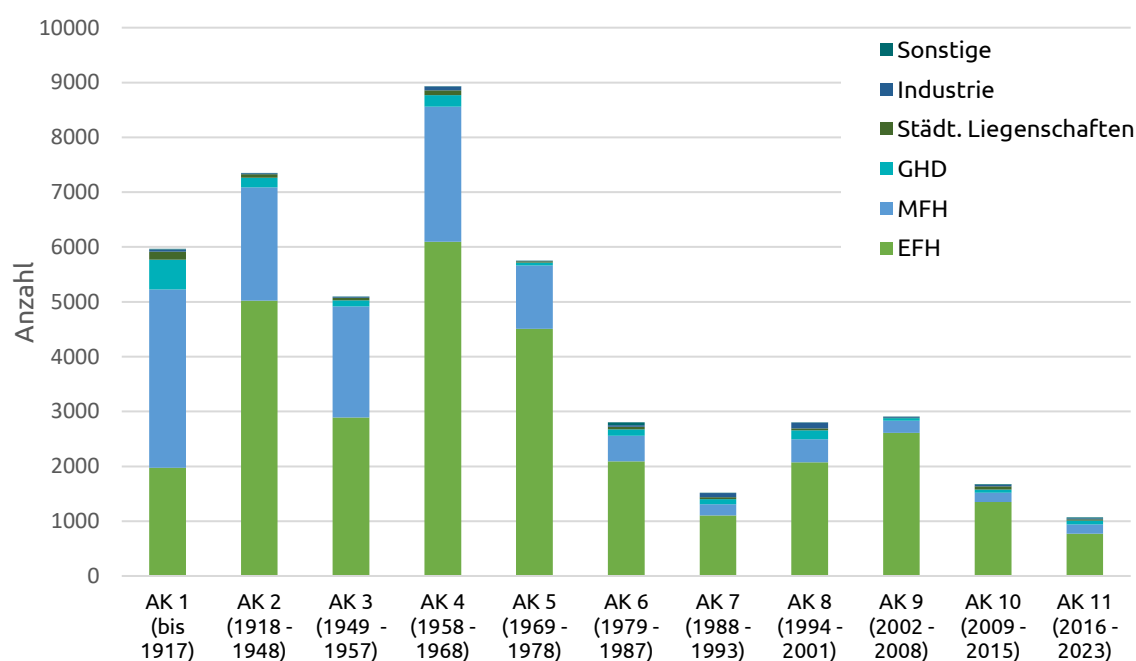


Abbildung 3: Gesamtstädtische Verteilung der Baualtersklassen nach Verbrauchssektoren

2.4 Die Wärmeliniendichte 2021

Einer der wichtigsten Indikatoren im Kontext der KWP ist die Wärmeliniendichte. Die Wärmeliniendichte gibt dabei an, welche Wärmemenge pro verlegten Meter eines **fiktiven Wärmenetzes** anfällt, an dem theoretisch alle Gebäude eines Clusters angeschlossen sind. Für die Abschätzung der Wärmeliniendichte wurde für jedes Cluster ein **solches** Wärmenetz simuliert und dessen Länge mit dem jeweiligen Wärmeverbrauch der Cluster verrechnet. Diese Ermittlung erfolgt unabhängig davon, ob bereits ein Wärmenetz im Cluster existiert. Sie dient vor allem der räumlichen Darstellung des Wärmeverbrauchs. Befinden sich beispielsweise viele und große Wärmeabnehmer eng beieinander, resultiert dies in einer hohen Wärmeliniendichte. Ein Beispiel für ein solches Gebiet wäre z.B. der hoch verdichtete Innenstadtbereich. In Bereichen mit viel Einfamilienhausbebauung ist die Wärmeliniendichte entsprechend gering. Die Wärmeliniendichte dient als maßgeblicher Indikator dafür, in welchen Clustern ein Wärmenetz sinnvoll ist.

In Abbildung 4 ist die Wärmeliniendichte für das Basisjahr 2021 abgebildet. Erkennbar ist, dass im Bereich der Innenstadt, der Ringgebiete, der Weststadt und dem Heidberg einer erhöhter Wärmeverbrauch vorliegt. Dies spiegelt die dichte Bebauung und die hohe Anzahl an Anwohnenden in diesen Gebieten wider. Zudem lässt sich erkennen, dass auch in den Gewerbegebieten ein erhöhter Wärmeverbrauch vorliegt. Dieser resultiert jedoch nur zu einem Teil aus dem Raumwärmebedarf und zum anderen Teil aus Prozesswärme zur Bearbeitung oder Herstellung von Produkten.

Da es sich um eine Darstellung auf Clusterebene handelt, werden auch Gebiete wie Stöckheim als Gebiete mit einer hohen Wärmeliniendichte dargestellt. In diesem Fall basiert der hohe Wert jedoch vor allem auf dem östlich gelegenen Forschungs- und Gewerbegebiet. Um diesem Umstand gerecht zu werden und eine differenziertere Darstellung zu ermöglichen, befindet sich im **Kartenkatalog** auf Seite 11 eine Karte mit einer flächenhaften Darstellung der Wärmedichte. In dieser Darstellung wird der Wärmeverbrauch auf ca. 1,3 ha große Hexagone bezogen, was eine flächenmäßig differenziertere Beurteilung der Wärmedichte zulässt. Dadurch lassen sich beispielsweise Hotspots im Wärmeverbrauch besser lokalisieren.

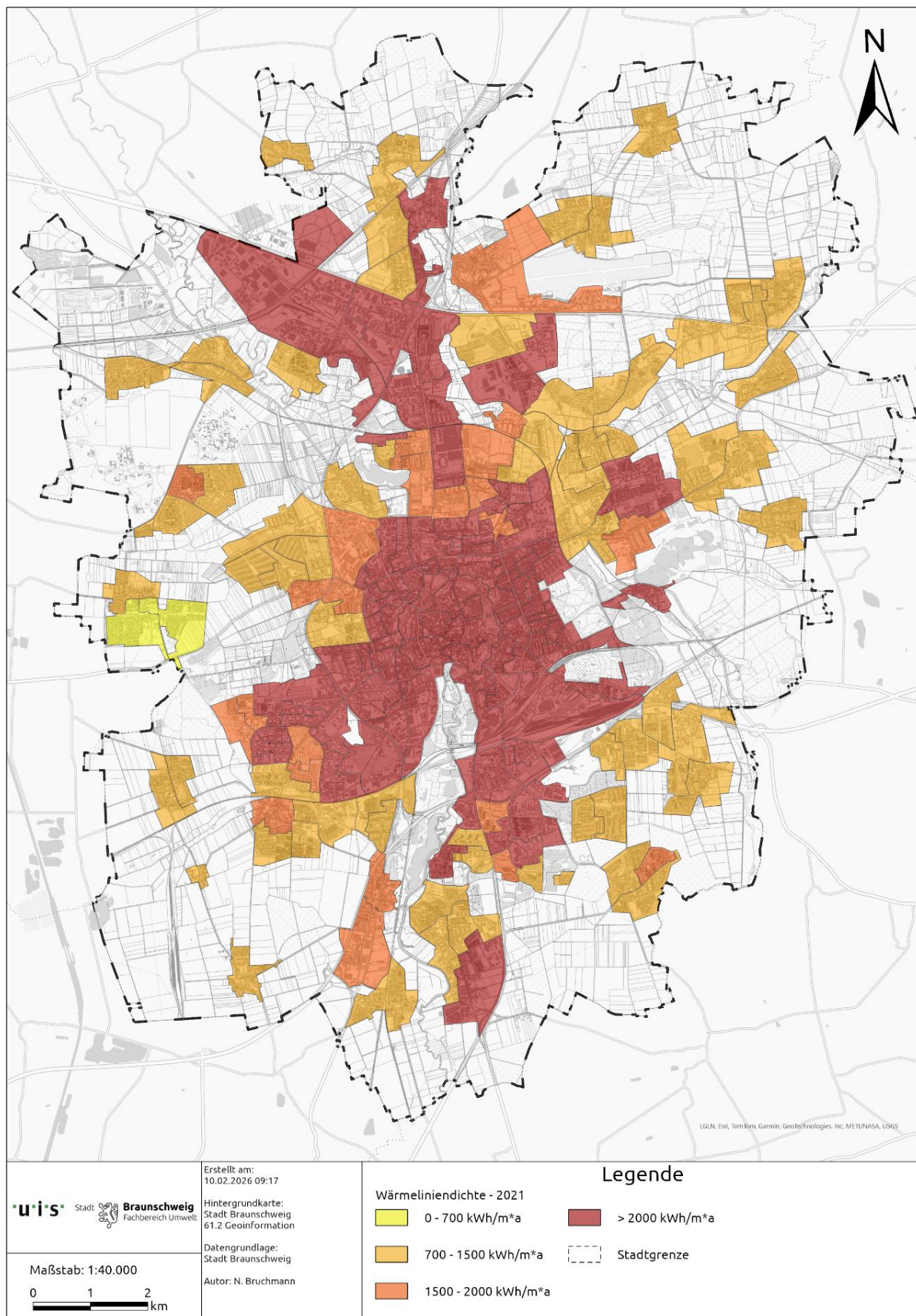


Abbildung 4: Karte der Wärmelinien-dichte je Cluster 2021

2.5 Status quo der Wärmeerzeugung

Der Status quo der Wärmeerzeugung beschreibt die aktuelle Wärmeversorgung in Braunschweig, die wie in großen Teilen Deutschlands noch stark von fossilen Energien geprägt ist. Braunschweig profitiert jedoch, wie andere Großstädte, von bereits existierenden Fernwärmenetzen³. Das zentrale Fernwärmenetz (Stadtnetz) sorgt dafür, dass durch dessen Umstellung auf eine treibhausgasneutrale Versorgung bedeutende Anteile des Stadtgebietes schnell transformiert werden können. Im Folgenden werden verschiedene aus Sicht der KWP relevante Aspekte der Wärmeversorgung näher beschrieben.

2.5.1 Erdgas- und Fernwärmenetze

In Braunschweig bestehen bereits mehrere Wärmenetze mit einer Gesamtlänge von über 290 Kilometern (Stadtnetz, Ölper, Glesmarode/Querum, etc.). Diese versorgen bereits über 10.000 Gebäude. Parallel dazu existiert jedoch fast im gesamten Stadtgebiet (außer Heidberg und Weststadt) ein engmaschig ausgebautes Erdgasnetz (siehe **Kartenkatalog** Seite 12 und 13). Diese Parallelität der Versorgungsvarianten ist auch in Abbildung 5 am Beispiel der Braunschweiger Innenstadt dargestellt. Es zeigt sich, dass bei Weitem nicht alle Gebäude in einem Wärmenetzgebiet auch an ein solches angeschlossen sind. Volkswirtschaftlich ist eine solche Doppelversorgung nicht effizient.

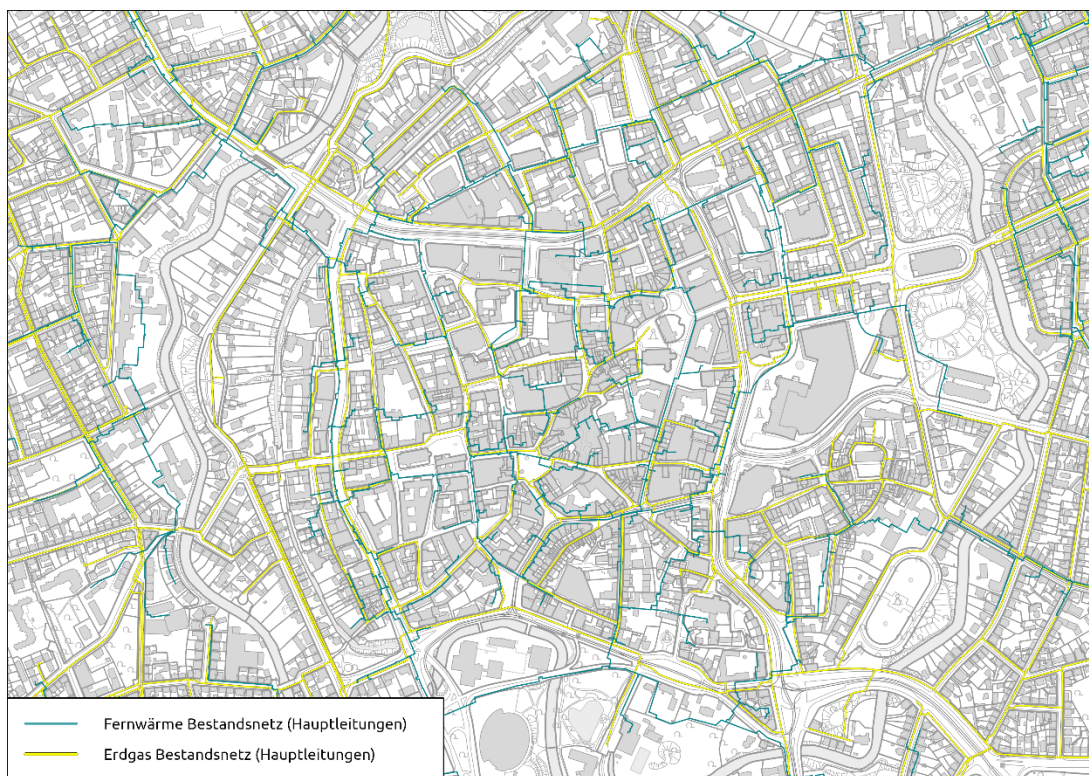


Abbildung 5: Fernwärme- und Erdgasnetz in Innenstadt Braunschweigs

³Die Begrifflichkeit „Fernwärme“ umfasst beide Formen der netzgebundenen Wärmeversorgung (auch Nahwärme)

2.5.2 Dominierender Energieträger

Die flächenmäßig hohe Dominanz der Erdgasversorgung wird auch in Abbildung 6 dargestellt. In dieser Darstellung sind Energieträger als dominierend dargestellt, wenn sie in einem Cluster mehr als fünfzig Prozent der Anschlüsse versorgen. Deutlich wird hierbei wieder, dass Teile der Innenstadt, die Weststadt und Heidberg hauptsächlich durch Fernwärme (petrol) versorgt werden. Jedoch ist auch zu erkennen, dass in der Fläche die Erdgasversorgung (gelb) dominiert.

Heizöl (lila) dominiert hingegen nur in den Clustern 11 und 14. Generell gilt, dass in Gebieten mit einem hohen Anteil an Ölheizungen, das Gasnetz entsprechend wenig ausgebaut ist.

Bei den gelb/petrol schraffierten Clustern handelt es sich um Gebiete, in denen weder die Fernwärme noch die Erdgasversorgung dominant sind, deren Anteil zusammen aber insgesamt überwiegt. Auffällig hierbei ist, dass auch Cluster im innerstädtischen Bereich schraffiert sind. Dies zeigt, dass dort Fernwärme vorhanden ist, die Anschlussquote aber noch entsprechend gesteigert werden kann.

Selbst wenn die Fernwärme in Braunschweig schon heute eine bedeutende Rolle spielt, zeigt Tabelle 2 deutlich, dass ein Großteil der erzeugten Wärme zum **Stand 2024** auf Grundlage von fossilem Erdgas zur Verfügung gestellt wurde. Erdgas ist in allen Wärmenetzen Braunschweigs der dominierende Energieträger, außer im Wärmenetz Gliesmarode/Querum, welches zum überwiegenden Teil durch die Verbrennung von Biomasse versorgt wird. Positiv hervorzuheben ist hierbei, dass seit April 2024 keine Steinkohle mehr zur Erzeugung von Fernwärme genutzt wird. Durch den Ausstieg im April weist das Jahr 2024 zwar noch einen Anteil an Steinkohle aus, dieser wird jedoch ab 2025 komplett entfallen.

Tabelle 2: BS|ENERGY Bestandsnetze (Stand 2024)

Name	Wärme- menge [MWh]	Länge [m]	Anzahl Gebäude	Energieträger (2024)
Ölper	41.272	3.500	346	64,7 % Erdgas 35,3 % Biogas
Gliesmarode/ Querum	18.856	7.830	476	35,6 % Erdgas 64,4% Biomasse
Stöckheim- Süd	1.336	945	39	93,8 % Erdgas 6,2 % Pellets
Stöckheim- Zoo	1.851	2.724	106	100 % Erdgas
Lamme	544	375	5	58,2 % Erdgas 41,8 % Pellets
Mascherode	2.418	1.878	592	100 % Erdgas
Ziegelkamp	366	200	5	100 % Erdgas
Hauptnetz	792.992	273 km	9.026	21,2 % Steinkohle 33,9 % Altholz 43 % Erdgas 1,9 % Heizöl

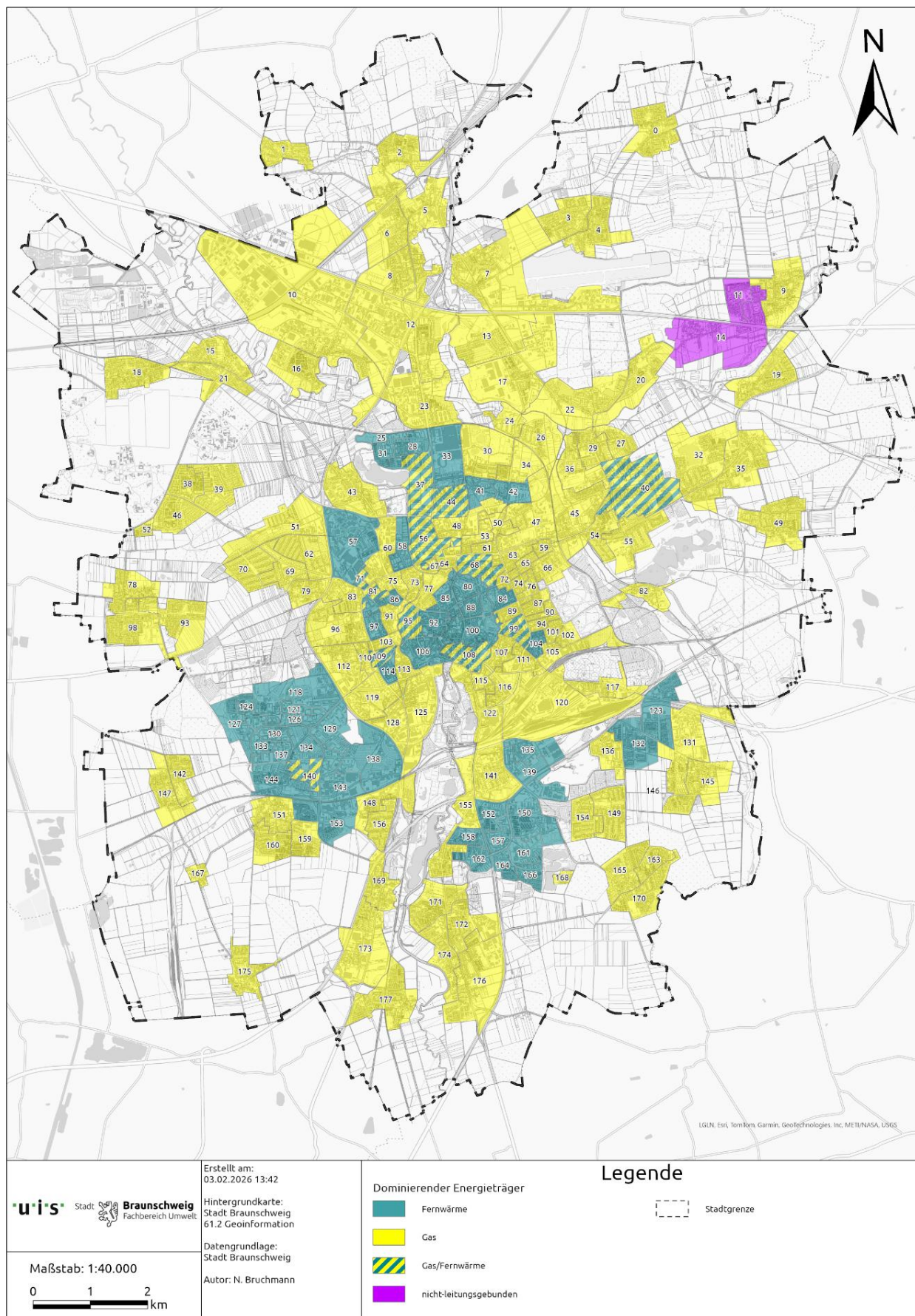


Abbildung 6: Karte der dominierenden Energieträger je Cluster 2021

2.5.3 Einbaujahr der Heizungsanlagen

Bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Wärmewende und der Planung zukünftiger Wärmenetze spielt das Alter von Heizungsanlagen eine wichtige Rolle. Die erwartete Betriebszeit einer Heizungsanlage beträgt ca. 20 Jahre. Entsprechend wird erwartet, dass eine Heizungsanlage mindestens über diesen Zeitraum betrieben werden kann. Kommt es jedoch zu einem Ausbau eines Wärmenetzes, kann auch zu einem früheren Zeitpunkt die Stilllegung einer Heizungsanlage sinnvoll sein. Die Bereitschaft dazu besteht jedoch bei einer 15 Jahre alten Heizung eher, als bei einer 5 Jahre alten. Daher ist es sinnvoll auf gesamtstädtischer und vor allem auf Clusterebene das Heizungsalter zu betrachten. Entsprechend können Planungen für den Ausbau eines Wärmenetzes angepasst oder optimiert werden.

Eine Übersicht über die gesamtstädtische Verteilung des Heizungsalters findet sich in Abbildung 7. Diese zeigt, dass ein Großteil der Heizungen im Stadtgebiet jünger als 25 Jahre alt sind. Dies basiert insbesondere auf dem Umstand, dass Umlauf- und Kombiwasserheizer (Thermen) selten länger als 25 Jahre betrieben werden. Bei Heizkesseln mit Öl oder Gas als Energieträger ist die Verteilung wesentlich gleichmäßiger und es gibt sogar einen signifikanten Anteil an Heizungen, die älter als 30 Jahre alt sind.

Die Angabe über den Anteil von Heizungen mit einem Alter von über 20 Jahren ist aber insbesondere auf Clusterebene relevant, da dadurch kleinteilige Anpassungen der Zeitpläne zum Ausbau von Wärmenetzen und der Verstärkung des Stromnetzes getroffen werden können. Daher wird in den **Teilgebiets-Steckbriefen** (siehe Kapitel 6.1) für jedes Cluster der Anteil der Heizungen angegeben, die älter als 20 Jahre alt sind.

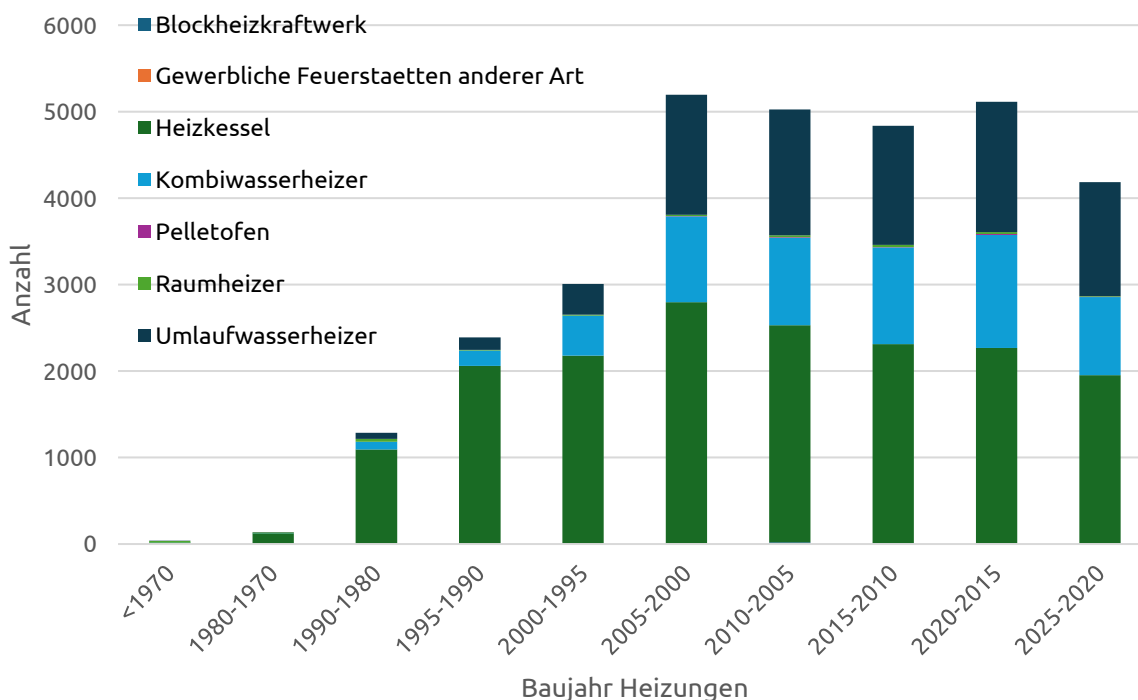


Abbildung 7: Verteilung der Baujahre der Heizungen (Stand 2024)

2.6 Energie- und Treibhausgasbilanz

Auf Basis der bisherigen Betrachtungen kann eine Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt werden. Die Energiebilanz umfasst dabei die prozentuale Verteilung des Wärmeverbrauchs nach Energieträgern und die Darstellung des Wärmeverbrauchs nach Verbrauchssektoren. Die Treibhausgasbilanz umfasst die Gesamtverteilung der wärmebedingten Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und nach Verbrauchssektoren.

2.6.1 Prozentualer Wärmeverbrauch nach Energieträgern

Die prozentuale Verteilung des Wärmeverbrauchs nach Energieträgern verdeutlicht wiederholt die Rolle von fossilem Erdgas an der aktuellen Wärmeversorgung. Wie in Abbildung 8 dargestellt, wird 61 % des aktuellen Wärmeverbrauchs in Braunschweig durch Verfeuerung von Erdgas gedeckt. Der durch Fernwärme gedeckte Anteil liegt bei 29 %, obgleich diese wie in Kapitel 2.5.2 dargestellt, jedoch zu signifikanten Teilen ebenfalls aus Erdgas erzeugt wird. Der Anteil von Heizöl liegt bei 8 %, während Biomasse und Wärmepumpen zum Zeitpunkt der Betrachtung noch eine stark untergeordnete Rolle spielen.

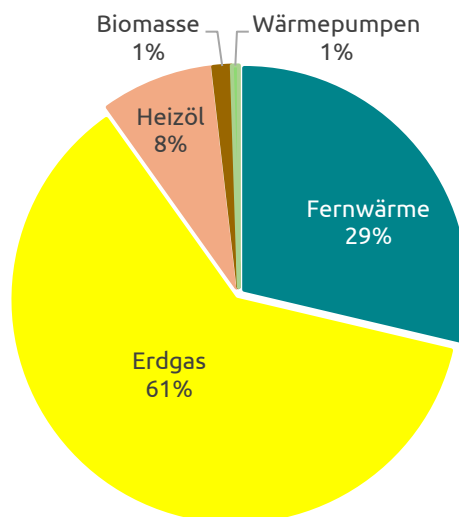


Abbildung 8: Prozentualer Wärmeverbrauch Braunschweigs nach Energieträgern

2.6.2 Wärmeverbrauch nach Verbrauchssektoren

Bei Betrachtung des Wärmeverbrauchs nach Verbrauchssektoren in Abbildung 9 zeigt sich die große Relevanz der Fernwärme bei MFH und städtischen Liegenschaften. Dies ist auch eine Folge daraus, dass Fernwärme bei einer dichten Bebauung mit hohen Wärmebedarfen eine effiziente Wärmeversorgung bietet und städtische Liegenschaften in Wärmenetzen häufig Ankergebäude⁴ darstellen.

Im Gegensatz dazu finden sich bei den EFH und in Industriegebäuden nur geringe Fernwärmeverbräuche. Dies ist damit zu erklären, dass Wärmenetze in dünn besiedelten Gebieten eine wenig effiziente Wärmeversorgung darstellen und das Industriebetriebe meist

⁴ Ankergebäude eignen sich auf Grund ihres hohen Wärmeverbrauchs als Hauptabnehmer in einem Wärmenetz. Dadurch können umliegende Gebäude wirtschaftlich mitversorgt oder eine grundsätzliche Abnahmemenge sichergestellt werden.

über Erdgas versorgt werden, da neben Raum- auch Prozesswärme benötigt wird. Da Prozesswärme meist auf einem höherem Temperaturniveau benötigt wird, als es die Fernwärme bieten kann, kommt dort bisher meist nur ein Gasanschluss oder eine Heizölversorgung in Frage. Die Wärmepumpe spielt in der aktuellen Wärmeversorgung bisher noch eine stark untergeordnete Rolle und findet sich überwiegend im Bereich der Einfamilienhausbebauung.

In Summe werden in Braunschweig ca. 2.600.000 MWh (2,6 TWh) an Wärmeenergie benötigt. Dies entspricht einer Spitzenlast aller Heizungen und Energieerzeugungsanlagen von ca. 1.400 MW, wobei ca. 400 MW bereits durch Fernwärmeerzeugungsanlagen abgedeckt werden.

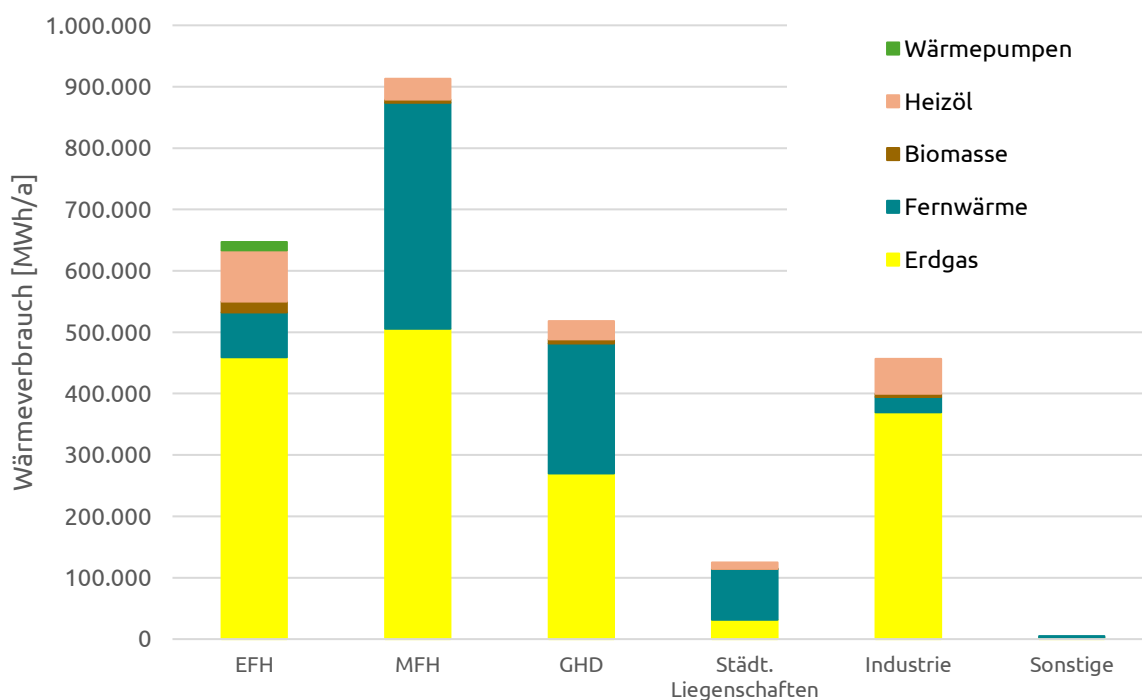


Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Verbrauchssektoren in Braunschweig Stand 2021

2.6.3 Emissionen nach Energieträgern

Die Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger unterscheiden sich je nach Herkunft und Kohlenstoffgehalt des Energieträgers. Während Strom (deutscher Strommix) und Heizöl die höchsten Emissionswerte aufweisen, entstehen durch Biomasse nur sehr geringe Treibhausgasemissionen. Tabelle 3 zeigt hierzu einen Ausschnitt aus den Emissionsfaktoren nach dem „BISKO-Standard“.

Tabelle 3: CO₂-Emissionsfaktoren 2021 nach Energieträgern

Energieträger	Emissionsfaktoren 2021* t CO ₂ -Äquivalente/MWh
Fernwärme	0,183
Erdgas	0,247
Flüssiggas	0,276
Biogas	0,121
Heizöl	0,318
Feste Biomasse	0,022
Strom	0,472

*Aus Klimaschutzplaner, BSKO-Standard

Während bei Fernwärme, Heizöl, fester Biomasse, Erd-, Flüssig- und Biogas die direkten Emissionsfaktoren angewendet werden, bezieht sich bei Wärmepumpen der Emissionsfaktor nicht auf den Wärmeverbrauch, sondern den direkten Stromverbrauch der Wärmepumpe. Dies hängt damit zusammen, dass eine Wärmepumpe aus einer Kilowattstunde im Schnitt 3-4 kWh Wärme erzeugt. Entsprechend liegt der tatsächliche Emissionsfaktor weit unter dem von z.B. Erdgas.

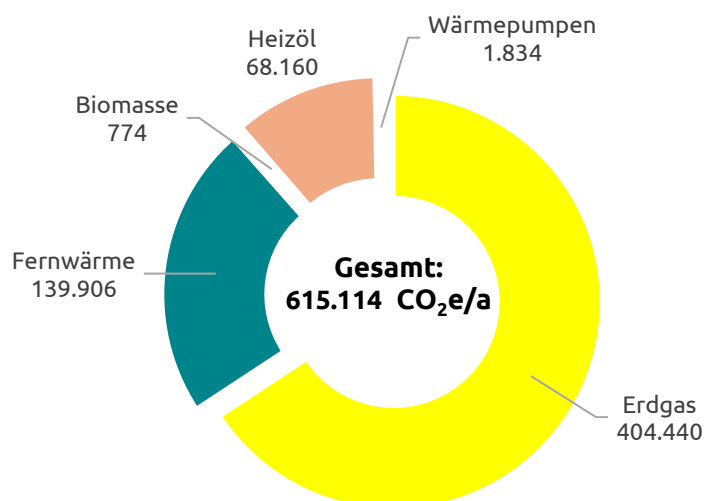


Abbildung 10: Gesamtverteilung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Dies und die bisher geringe Anzahl an verbauten Wärmepumpen hat zur Folge, dass in Abbildung 10 der Anteil der Emissionen von Wärmepumpen kaum relevant ist. Gleiches gilt für Biomasse, vor Allem in Form von Pellets oder Hackschnitzeln. Durch den hohen Anteil am Wärmeverbrauch und einen Emissionsfaktor von 0,247 t CO₂-Äquivalente/MWh hat Erdgas einen sehr hohen Anteil an den wärmebedingten Treibhausgasemissionen. Die Emissionen durch die Fernwärme sind durch einen Anteil von nur 29 % am Wärmeverbrauch in Verbindung mit einem geringeren Emissionsfaktor bedeutend geringer. Mit ca. 11 % hat Heizöl zwar nur einen geringen Anteil an den Treibhausgasemissionen, durch den hohen Emissionsfaktor ist dieser jedoch um ca. 40 % höher als der relative Anteil von Heizöl am Wärmeverbrauch. Insgesamt ergeben sich über alle Verbrauchssektoren durch die Wärmeversorgung verbraucherseitig 615.114 t CO₂-Äquivalente pro Jahr.

Diese Emissionen verteilen sich gleichmäßig auf die Verbrauchssektoren. Wie in Abbildung 11 dargestellt, machen die Ein- und Mehrfamilienhäuser den größten Anteil der Emissionen aus, während die Industrie und der Sektor GHD annähernd gleiche Emissionen aufweisen. Dies entspricht der bereits dargestellten Anteile dieser Sektoren am Wärmeverbrauch, auch wenn sich hierbei die günstigeren Emissionswerte der Fernwärme positiv auswirken. Die geringen Emissionen durch städtische Liegenschaften basieren auf dem hohen Anteil an Fernwärme versorgten Gebäuden, sowie deren relativ geringen Anteil am gesamtstädtischen Gebäudebestand (siehe Kapitel 2.3.1).

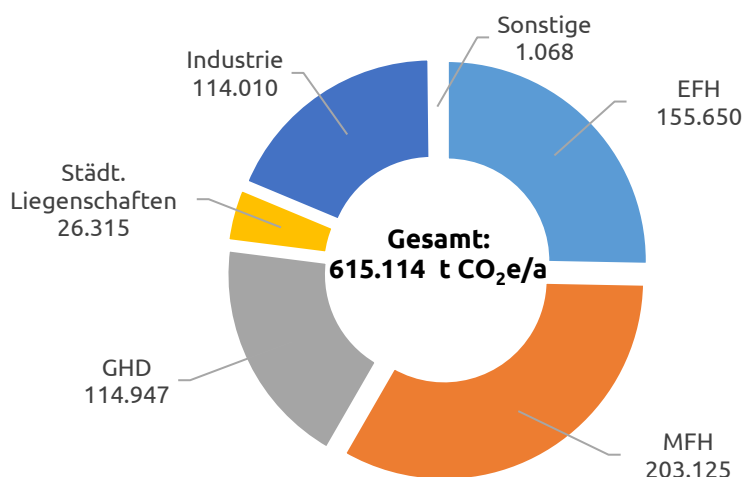


Abbildung 11: Gesamtverteilung der Treibhausgasemissionen nach Verbrauchssektoren

3 Potenzialanalyse

Für die Erreichung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung spielt die Ermittlung und die spätere Erschließung von Potenzialen lokaler Wärmequellen eine zentrale Rolle. Die ermittelten Potenziale dienen als Grundlage für die Ausweisung von Wärmenetzgebieten oder als Orientierung für Privatpersonen für Entscheidungen im Hinblick auf die eigene Wärmeversorgung. Dabei umfassen die Potenziale im Braunschweiger Stadtgebiet Abwasser; Biomasse, Geothermie, Fluss- und Grundwasser, Wind und Photovoltaik. Neben der Erschließung solcher Potenziale besteht zudem ein großes Potenzial in der Einsparung von Endenergie durch Sanierung- oder Effizienzmaßnahmen.

Die ermittelten Potenziale stellen dabei in den meisten Fällen ein theoretisches Potenzial dar. Entsprechend kann das umsetzbare Potenzial, wie in Abbildung 12 schematisch dargestellt, um ein Vielfaches geringer ausfallen.

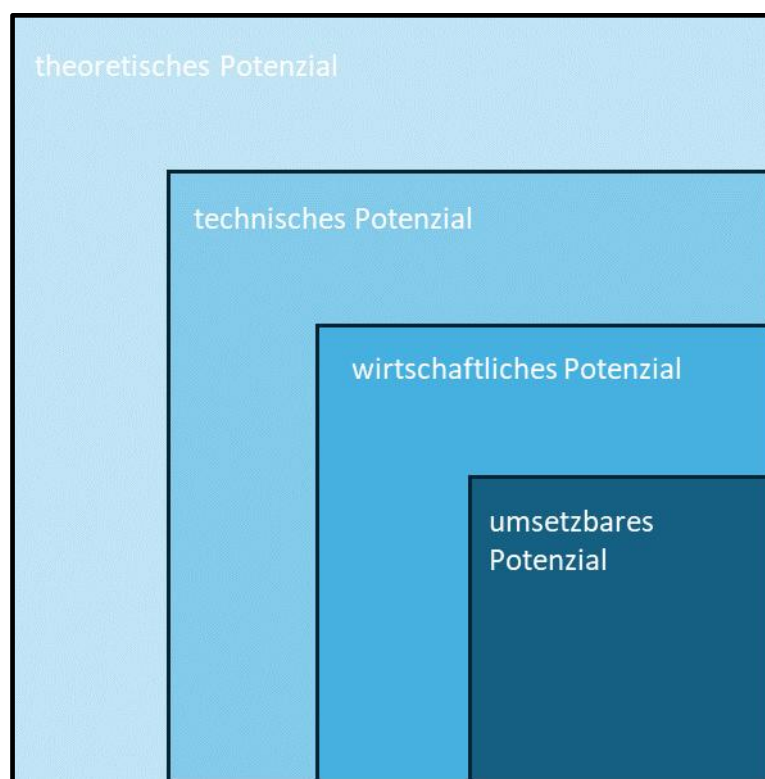


Abbildung 12: Abgrenzung des Potenzialbegriffs

Zur Hebung der meisten erneuerbaren Wärmequellen ist der Einsatz von Wärmepumpen notwendig. Wärmepumpen sind eine effiziente und umweltfreundliche Technologie zur Wärmeerzeugung, die erneuerbare Energiequellen wie beispielsweise die Umgebungsluft, das Erdreich oder das Grundwasser nutzen. Sie gelten als Schlüsseltechnologie für die Energiewende, da sie besonders effizient sind, fossile Heizungen leicht ersetzen und den CO₂-Ausstoß erheblich reduzieren können.

Je nach genutzter Wärmequelle unterscheidet man verschiedene Arten von Wärmepumpen. Luft-Wasser-Wärmepumpen entziehen der Außenluft Wärme und geben diese an das Heizsystem ab. Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen die Wärme des Erdreichs, welche über Erdwärmesonden oder Erdkollektoren entnommen wird. Wasser-Wasser-Wärmepumpe entziehen z.B. dem Grundwasser Wärme, erfordern jedoch eine behördliche Genehmigung.

Wärmepumpen erzeugen mehr Wärmeenergie, als sie an elektrischer Energie verbrauchen. Die Effizienz wird durch die Jahresarbeitszahl (JAZ) ausgedrückt, die das Verhältnis von erzeugter Wärme zu eingesetztem Strom angibt. Eine Wärmepumpe mit einer JAZ von z.B. 3 erzeugt aus einer Kilowattstunde Strom, drei Kilowattstunden Wärme. Wärmepumpen eignen sich sowohl für den Einsatz in Einfamilienhäusern als auch in Mehrfamilienhäusern, Gewerbebauten oder öffentlichen Einrichtungen.

Großwärmepumpen sind eine Weiterentwicklung der Wärmepumpentechnologie, die speziell für den Einsatz in Fernwärmenetzen, industriellen Prozessen oder großen Gebäudekomplexen konzipiert sind. Sie arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie kleinere Wärmepumpen, sind jedoch für die Bereitstellung von Wärme in deutlich größerem Maßstab ausgelegt. Großwärmepumpen nutzen erneuerbare Wärmequellen wie Abwärme aus Industrieprozessen, Fluss- oder Seewasser, Grundwasser, Abwasser oder die Umgebungsluft. Die erzeugte Wärme wird dann in ein Fernwärmenetz eingespeist oder direkt für industrielle Prozesse genutzt.

3.1 Gebäudeenergieeffizienz

Der städtische Gebäudebestand besteht zu einem großen Teil aus Gebäuden die vor Beschluss der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 gebaut wurden (siehe Kapitel 2.3.2). Seit deren Bau kann davon ausgegangen werden, dass viele Gebäude bereits verändert oder saniert wurden, sie sich aber größtenteils in einem optimierungsbedürftigen Zustand befinden.

Der genaue Sanierungszustand lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht genau bestimmen. Daher wurde im vorliegenden Bericht der Sanierungszustand auf Grundlage einer statistischen Sanierungswahrscheinlichkeit entsprechend der Baualtersklasse bestimmt. Dieser Ansatz ist auf Cluster-Ebene hinreichend genau, um Aussagen über mögliche Sanierungspotenziale in einem Cluster zu benennen.

3.1.1 Entwicklung der Energiebedarfe und Einsparpotenziale auf Cluster-Ebene

Die Ermittlung der zukünftigen Energiebedarfe wurde auf Grundlage des „Technikkatalog Wärmeplanung (Langreder et al. 2024)“ vorgenommen. Das dort entwickelte Szenario betrachtet das bundesweit geltende Zieljahr 2045 und basiert auf dem „Langfristszenario für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ (Fraunhofer ISI, ifeu GmbH et al., Stand 2022). Im Langfristszenario wird ein niedriger Pfad der Reduktion des Endenergieverbrauchs und ein hoher Pfad beschrieben. Für Braunschweig wurde der niedrige Pfad gewählt, da dieser ein realistisches Szenario, bezogen auf die aktuell vorherrschende Sanierungsrate widerspiegelt.

Abweichend der bundesweiten Vorgabe soll in Niedersachsen jedoch bereits 2040 die Treibhausgasneutralität erreicht werden. Des Weiteren werden im Technikkatalog/Langfristszenario andere Baualtersklassen verwendet. Entsprechend musste die Grundlage angepasst werden. Das Ergebnis dieser Anpassung ist beispielhaft für EFH in Tabelle 4 dargestellt. Dort sind für jede Baualtersklasse (nach Technikkatalog) der Status quo des Wärmebedarfs, die prozentuale Reduktion und der Wärmebedarf im **Zieljahr 2040** abgebildet.

Tabelle 4: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung am Beispiel von EFH
(nach Technikkatalog Wärmeplanung 2024, verändert)

Baualtersklasse	Status Quo [kWh/m ² *a]	Prozentuale Reduktion bis 2040	Wärmebedarf 2040 [kWh/m ² *a]
Bis 1918	113	23 %	87
1919 – 1948	103	36 %	66
1949 -1978	93	24	71
1979 – 1994	87	34 %	57
1995 – 2011	62	5 %	59
2012 – 2020	48	0 %	48
2021 – 2035	39	0 %	39

Werden die Reduktionen je Baualtersklasse auf jedes Cluster angewendet, ergeben sich erhebliche Energieeinsparpotenziale im Stadtgebiet. Diese können sowohl in absoluten Werten als auch prozentualen Einsparpotenzialen dargestellt werden. Eine Übersicht zu den prozentualen Einsparmöglichkeiten je Cluster gibt Abbildung 13. Dort sind einerseits Gebiete mit sehr geringem Einsparpotenzial (beige), als auch mit hohem Einsparpotenzial (dunkelgrün) abgebildet. Zusammen mit den absoluten Einsparpotenzialen (siehe **Kartenkatalog** Seite 19) lassen sich Cluster identifizieren, bei denen ein besonderer Fokus auf die energetische Sanierung gelegt werden sollte (siehe Kapitel 4.3).

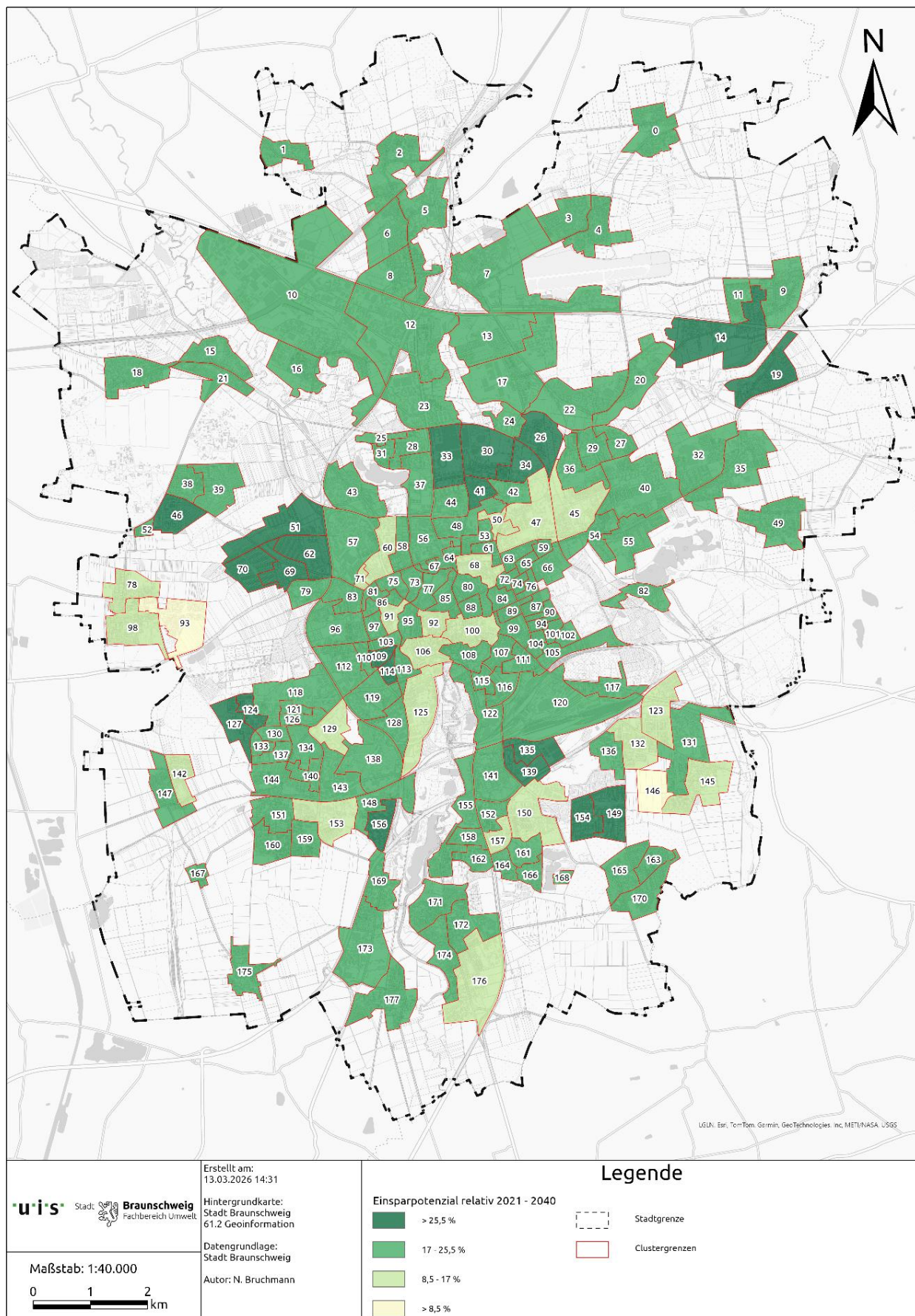


Abbildung 13: Karte des relativen Einsparungspotenzials je Cluster

3.2 Potenziale erneuerbarer Energien

Im Rahmen der Potenzialuntersuchung der KWP wurden verschiedene potenzielle Wärmequellen untersucht. Im Ergebnis sind in Braunschweig jedoch nur bestimmte davon nutzbar oder wirtschaftlich zu entwickeln. Zu diesen gehören Wärme aus Abwasser, Biomasse, oberflächennahe Geothermie, Flusswasserwärme, Wind, Photovoltaik und Abwärme.

3.2.1 Abwasser

Das Potenzial für Wärme aus Abwasser wurde im Rahmen einer Grundlagenermittlung „Abwasserwärmenutzung im Entwässerungssystem der Stadt Braunschweig“ im Auftrag der Stadt durch die PFI Planungsgemeinschaft GmbH & Co. KG und ergänzend durch eine Detailuntersuchung im Auftrag des Fachbereichs Umwelt (FB 68) untersucht (siehe **Kartenkatalog** Seite 22).

Ergebnis der Untersuchung der PFI ist eine Potenzialkarte und eine Einschätzung über die mögliche Wärmeleistung- und zu entnehmende Wärmemenge. Hierzu lässt sich festhalten, dass insbesondere in Gebieten mit einer hohen Bebauungsdichte und an Pumpwerken ein großes Potenzial zur Abwasserwärmenutzung besteht. Zusätzlich ergibt sich am Kläranlagenablauf ein großes Potenzial, wenn dem gereinigten Abwasser vor dem Einleiten auf die Rieselfelder Wärme entnommen wird. Dieses Potenzial war Teil der Detailuntersuchung im Auftrag des Fachbereichs Umwelt.

Während beim gereinigten Abwasser die Temperatur um bis zu 4 Kelvin abgesenkt werden kann, muss bei einer Temperaturabsenkung **vor** der Kläranlage berücksichtigt werden, dass durch eine zu geringe Temperatur des Abwassers nicht die Reinigungsleistung der Kläranlage beeinträchtigt wird.

In Tabelle 5 sind die theoretischen Wärmeentzugsleistungen und die jeweiligen Wärmemengen je nach Wärmequelle dargestellt. Das größte Potenzial birgt hierbei das gereinigte Abwasser. Die Nutzung von gereinigtem Abwasser bringt zusätzliche Vorteile, da in diesem keine Störstoffe und Verschmutzungen vorhanden sind und der Betrieb eines Wärmetauschers dadurch wartungsärmer und mit weniger Reinigungsaufwand aufrechterhalten werden kann.

Tabelle 5: Ermitteltes theoretisches Potenzial des Abwassers

Wärmequelle	Leistung der Wärmequelle	Wärmemenge der Quelle
Kanalisation	8,4 MW	70.000 MWh
Pumpwerke	5,3 MW	45.000 MWh
Klarwasser-Ablauf der Kläranlage	5,5 - 12 MW	45.000 - 100.000 MWh

Insgesamt lassen sich dem Abwasser im besten Fall somit maximal 215.000 MWh Wärme entnehmen. Unter Annahme der Nutzung von Groß-Wärmepumpen (JAZ von 3), ergäbe sich eine nutzbare Wärmemenge von mehr als 320.000 MWh.

3.2.2 Biomasse

Biomasse ist eine erneuerbare Energiequelle, die aus organischem Material wie Holz, landwirtschaftlichen Reststoffen, Energiepflanzen oder biologischen Abfällen gewonnen wird.

Sie spielt deutschlandweit eine wichtige Rolle bei der Wärmeerzeugung, da sie eine klimafreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen wie Kohle, Öl oder Erdgas darstellt. Die Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung erfolgt in verschiedenen Formen, darunter die Verbrennung, Vergasung oder Vergärung.

Die häufigste Methode zur Wärmeerzeugung aus Biomasse ist die direkte Verbrennung. Dabei werden feste Biomassematerialien wie Holzscheite, Pellets oder Hackschnitzel in speziellen Heizkesseln oder Öfen verbrannt. Die dabei entstehende Wärme wird entweder zur Beheizung von Gebäuden oder in Heizkraftwerken zur kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) genutzt.

Organische Abfälle wie Gülle, Pflanzenreste oder Lebensmittelabfälle können in Biogasanlagen durch anaerobe Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Das Biogas, das hauptsächlich aus Methan besteht, wird in Blockheizkraftwerken verbrannt, um Wärme und Strom zu erzeugen. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme kann für Heizzwecke oder industrielle Prozesse genutzt werden.

In Braunschweig wird bereits in der Fern- und Nahwärme, im privaten Gebäudesektor und am Standort Klärwerk Steinhof Biomasse verwendet. Dies geschieht entweder in Form fester Biomasse wie Holzhackschnitzel und Pellets oder in Form gasförmiger Biomasse durch die Verbrennung von Bio-, Deponie- oder Faulgas. Auch aufbereitetes Biogas, in Form von Biomethan, kommt vereinzelt zum Einsatz.

Die Potenziale weiterer Biomassearten und die Steigerung der Verwendung ist in Braunschweig jedoch nur sehr begrenzt möglich. Dies liegt vor allem am urbanen Charakter Braunschweigs und den geringen landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Flächen im Verhältnis zur Bevölkerungszahl.

Die größten Potenziale liegen daher in der effizienteren Nutzung der vorhandenen Ressourcen und zu einem geringen Teil an der Erschließung neuer Potenziale. Zur effizienteren Nutzung gehört der Einsatz von Biomasse zu Zeiten geringer Solar- und Winderträge und die Nutzung von Abwärme aus Biogas-BHKW's. Auf diesen Sachverhalt zielt Maßnahme M18 „Erstellung eines integrierten Wärmenutzungskonzeptes für das Klärwerk Steinhof und das Abfallentsorgungszentrum“ ab. Hierdurch soll eine effizientere Nutzung der vorhandenen Biomassepotenziale erreicht werden.

Als neu zu erschließendes Potenzial kommt in Braunschweig vor allem die Nutzung organischer Reststoffe in Frage. In diesem Kontext wurde durch Studierende der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften die Möglichkeit der energetischen und stofflichen Verwertung von holzigen Bestandteilen des Grünschnittes untersucht. Im Zuge der Untersuchung konnte eine wirtschaftliche Nutzung dargestellt werden. Um die tatsächliche Machbarkeit jedoch nachzuweisen und einen geeigneten Standort zu definieren, ist eine weitere Untersuchung notwendig. Hierzu dient Maßnahme M17 „Beauftragung einer Machbarkeitsstudie zur Pyrolyse von Biomasse“.

Bei Addition aller gemeldeten erzeugten Wärmemengen durch Biomasse (ohne das HKW Mitte) ergeben sich zum Stand 2024 ca. 38.000 MWh. Durch bereits geplante Effizienzsteigerungen ist in den nächsten Jahren eine Steigerung auf 43.500 MWh zu erwarten.

3.2.3 Geothermie

Geothermie, auch als Erdwärme bezeichnet, ist eine erneuerbare Energiequelle, die die Wärme aus dem oberen Teil der Erdkruste beschreibt. Diese Wärme stammt zu einem großen

Teil aus dem Zerfall radioaktiver Elemente im Erdkern sowie durch die Restwärme aus der Entstehungszeit der Erde. Saisonale Einflüsse wie Witterungsereignisse sind nur in den obersten Metern der Erdkruste messbar.

Geothermie kann für Heizzwecke genutzt werden und bietet eine umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen. Sie steht zeitlich faktisch unbegrenzt und unabhängig von Wetter- bzw. Witterung zur Verfügung. Die Nutzung von Geothermie für Heizzwecke erfolgt durch die Erschließung von Wärme aus unterschiedlichen Tiefen der Erdkruste. Je nach Tiefe und Temperatur unterscheidet man zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie.

Die oberflächennahe Geothermie nutzt die Wärme aus den oberen Erdschichten bis zu einer Tiefe von etwa 400 Metern. Hier bleibt die Temperatur das ganze Jahr über relativ konstant (ca. 8–12 °C). Diese Wärme wird mithilfe von Erdwärmesonden, Erdkollektoren oder Grundwasserwärmepumpen erschlossen. Eine Wärmepumpe hebt die Temperatur auf ein nutzbares Niveau, das für die Beheizung von Gebäuden oder die Warmwasserbereitung genutzt werden kann.

Die Tiefengeothermie greift auf Wärme aus größeren Tiefen (ab 400 Metern bis zu mehreren Kilometern) zu, wo die Temperaturen deutlich höher sind. Diese Wärme kann direkt für Fernwärmenetze genutzt werden, ohne dass eine Wärmepumpe erforderlich ist. Tiefengeothermie stellt in Braunschweig ggf. ein Potenzial dar, kann im Rahmen der KWP jedoch nicht tiefergehend untersucht werden. Im Bezug auf die Potenziale der Tiefengeothermie ist daher auf den Energieversorger BS|ENERGY zu verweisen.

Geothermieranlagen haben eine lange Lebensdauer und erfordern nur geringen Wartungsaufwand. Die Erschließung von Geothermie, insbesondere bei tiefen Bohrungen, ist jedoch kostenintensiv. Zudem hängt die Effizienz der Geothermie stark von den geologischen Gegebenheiten ab, weshalb nicht jeder Standort für die Nutzung geeignet ist.

In Braunschweig sind bereits über 180 Anlagen zur Nutzung von Erdwärme mittels oberflächennaher Geothermie installiert. Diese umfassen sowohl Erdwärmesonden mit einer durchschnittlichen Bohrtiefe von knapp über 100 Metern, als auch Erdwärmekollektoren in einer Tiefe von maximal 5 Metern.

Obwohl das gesamte Stadtgebiet Potenzial zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie aufweist, liegen in manchen Teilen des Stadtgebiets genehmigungsseitige Einschränkungsgründe oder Hemmnisse vor (siehe Kartenkatalog Seite 29 und 31). Selbst, wenn keine Einschränkungsgründe oder Hemmnisse vorliegen, ist nicht jedes Grundstück zur Nutzung von Geothermie geeignet. Teils sprechen zu geringe Abstände zum Nachbargrundstück, ein hoher Baumbestand oder die schlechte Zugänglichkeit gegen Geothermieranlagen. Unter Berücksichtigung dieser Teilaspekte wird in den **Teilgebiets-Steckbriefen** eine Angabe über die „Theoretische Abdeckung des Wärmebedarfs durch Geothermiesonden“ angegeben. Diese Angabe dient jedoch in erster Linie als Orientierung, ob im jeweiligen Cluster Geothermie in Frage kommt und welche Rolle es in einer zukünftigen Wärmeversorgung spielen könnte. Zur finalen Beurteilung des individuellen Potenzials ist weiterhin eine fachkundige Beratung notwendig.

Wird die theoretische Abdeckung des Wärmebedarfs durch Geothermiesonden zu einem Gesamtpotenzial zusammengefasst, ergibt sich ein Wert von 472 MW, der durch Geothermie gedeckt werden könnte. Dieser Wert spiegelt das theoretische Potenzial der Geothermie wider und entspricht nicht dem Potenzial, welches aller Voraussicht nach gehoben wird. Bei Orientierung an bundesweiten Zahlen oder dem Anteil an geförderten Wärmepumpen durch das städtische Förderprogramm für regenerative Energien, ergibt sich ein realistischer Anteil an Erdwärmepumpen von 5-10 %. Dies entspricht 23,6 - 47,2 MW.

Grundwasser

Die Nutzung des Grundwassers in Braunschweig bietet auf Grundlage der Temperaturen zwar ein großes Potenzial (siehe „Geothermische Potenzialanalyse des Braunschweiger Untergrundes“), es wird jedoch im privaten Gebäudesektor explizit von dessen Nutzung abgeraten. Dies hängt mit den vergleichsweise hohen Eisen- und Mangangehalten des Braunschweiger Grundwassers zusammen, was sehr hohe technische Anforderungen an die Nutzung stellt. Daher wird in Braunschweig die großtechnische Nutzung des Grundwassers weiter untersucht, um das Potenzial für möglichst viele Bewohnende nutzbar zu machen. In diesem Kontext ist Maßnahme M8 „Nachweis und Nutzung der ermittelten Potenziale an erneuerbaren Energien“ zu nennen, da diese unter anderem die weitere Untersuchung des Grundwassers umfasst.

3.2.4 Flusswasserwärme

Eine weitere Wärmequelle, die im Rahmen der KWP untersucht wurde, ist die Gewässerwärme. Bei der Nutzung von Gewässerwärme wird Fluss-, Bach- oder Seewasser zum Betrieb einer Großwärmepumpe genutzt. Zu einem frühen Stadium der Potenzialuntersuchung hat sich in Braunschweig jedoch herausgestellt, dass lediglich die Oker als Wärmequelle in Frage kommt. Dies hat vor allem mit der sehr geringen Tiefe der Braunschweiger Seen und mit dem Schutzstatus aller kleineren Gewässer zu tun.

Zur Untersuchung des Potenzials der Oker wurden eigene Berechnungen auf Grundlage der Temperaturen und den dazugehörigen Durchflussmengen der Jahre 2018 bis 2024 genutzt. Die Temperaturen und Durchflussmengen lagen dabei in Viertelstundenwerten vor. Das bedeutet, dass jede Viertelstunde ein Messwert erfasst und gespeichert wurde. Bei Datenlücken, insbesondere in den Sommermonaten, wurden entsprechende Interpolationen vorgenommen. Dies ist in Abbildung 14 in Form der gradlinigen Bereiche zu erkennen.

Abbildung 14 zeigt jedoch auch die Rahmenbedingungen, die zur Nutzung der Oker vorgegeben sind. Bei Nutzung von Wärme aus der Oker darf das Gesamtgewässer maximal auf 3° Celsius abgekühlt werden. Die maximale Differenz des Gesamtgewässers vor und nach der Wärmeentnahme darf dabei maximal 2 Kelvin betragen. Entsprechend haben die Grundlinien in der Abbildung folgende Bedeutung:

- Liegt die Temperatur des Gesamtgewässers bei 3° Celsius oder darunter, darf keine Wärme mehr entnommen werden
- Liegt die Temperatur über 3° jedoch unter 5° Celsius, kann auf 3° Celsius abgesenkt werden, jedoch nicht das Maximum an Leistung erzeugt werden.
- Erst wenn die Temperatur des Gesamtgewässers bei 5° Celsius oder darüber liegt, kann das Maximum von 2 Kelvin abgesenkt werden

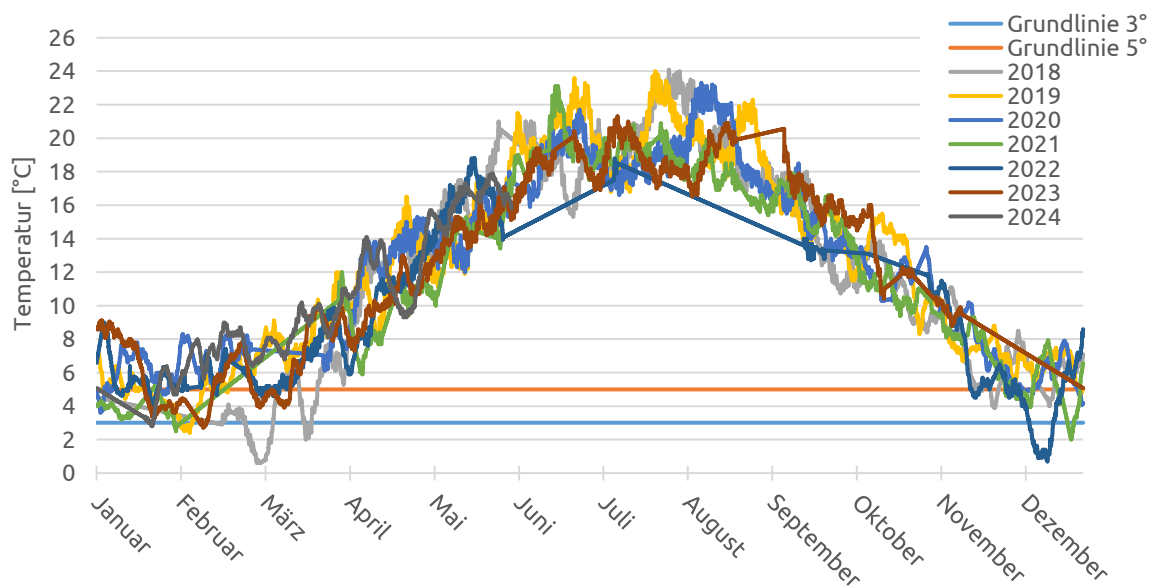


Abbildung 14: Interpolierter Temperaturverlauf der Oker in den Jahren 2018 bis 2024

Hierbei ist klar zu erkennen, dass die 5° und 3° Celsius im Jahresverlauf durchaus unterschritten werden. In manchen Jahren befinden sich die Temperaturen jedoch auch weitestgehend oberhalb der 5° bzw. 3° Celsius.

In Abbildung 15 sind daher noch einmal die zusammengefassten Maximal- und Minimalwerte im Zeitraum 2018-2024 dargestellt. Daran lässt sich erkennen, dass die Temperaturen zu jeder Jahreszeit über 5° Celsius, grundsätzlich zwischen Dezember und März aber auch jederzeit unterhalb davon liegen können. Abbildung 15 zeigt damit, dass es im Zeitraum von Dezember bis März auch durchaus regelmäßig vorkommen kann, dass an einzelnen Tagen keine Wärmenahme möglich ist.

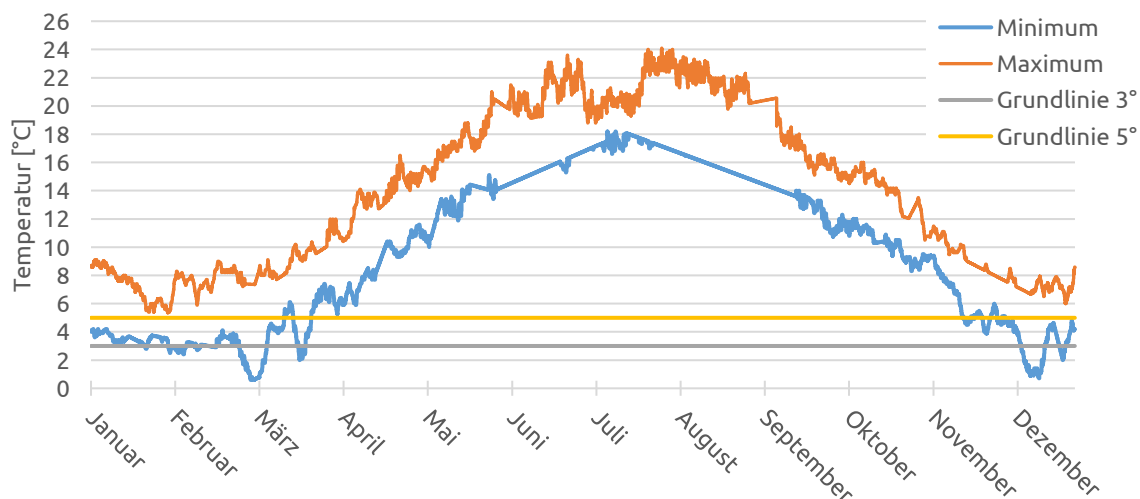


Abbildung 15: Interpolierter Temperaturverlauf der Oker in den Jahren 2018 bis 2024

(Minimal- und Maximalwerte)

Zur Berechnung der nutzbaren Wärmeleistung des Gesamtgewässers braucht es neben der Temperatur zusätzlich noch den dazugehörigen Gesamtdurchfluss der Oker. Dieser wurde am Eisenbütteler Wehr für die Jahre 2020 bis einschließlich 2023 erfasst. Die Wärmeleistung ergibt sich anschließend aus der Multiplikation des Durchflusses mit der Dichte, der

Wärmekapazität des Wassers und der Temperaturdifferenz von maximal zwei Kelvin. Ergebnis dieser Berechnung ist die maximal zu entnehmende Wärmeleistung des Gesamtgewässers je Viertelstundenwert für den Zeitraum 2020-2023.

In Abbildung 16 sind diese Viertelstundenwerte der Wärmeleistung dargestellt. Als obere Grenze der Wärmeleistung wurde hierbei 120 MW gesetzt, da insbesondere bei der Berücksichtigung von Hochwasserphasen große Potenziale errechnet werden, die real nicht nutzbar sind.

Die Darstellung für den Zeitraum 2020-2023 zeigt, dass in 95,5 % der Viertelstundenintervalle mindestens 10 MW Wärmeleistung entnommen werden könnten (hierbei handelt es sich um die Quelleistung der Oker. Bei der Nutzung einer Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 3, entspricht dies 15 MW Wärmeleistung). Dies entspricht im Schnitt 348 von 365 Tagen pro Jahr. An 84 % der Viertelstundenwerte sind sogar 15 MW (22,5 MW nach der Wärmepumpe) möglich, was 306 von 365 Tagen entspricht. Die Abbildung zeigt jedoch auch, dass es Zeitpunkte gibt, an denen keine Wärme entnommen werden kann.

Grundsätzlich bietet die Oker also ein entsprechendes Potenzial, welches vor allem sinnvoll zur anteiligen Deckung der ganzjährigen Grundlast (ca. 60 MW) der Fernwärme genutzt werden könnte.

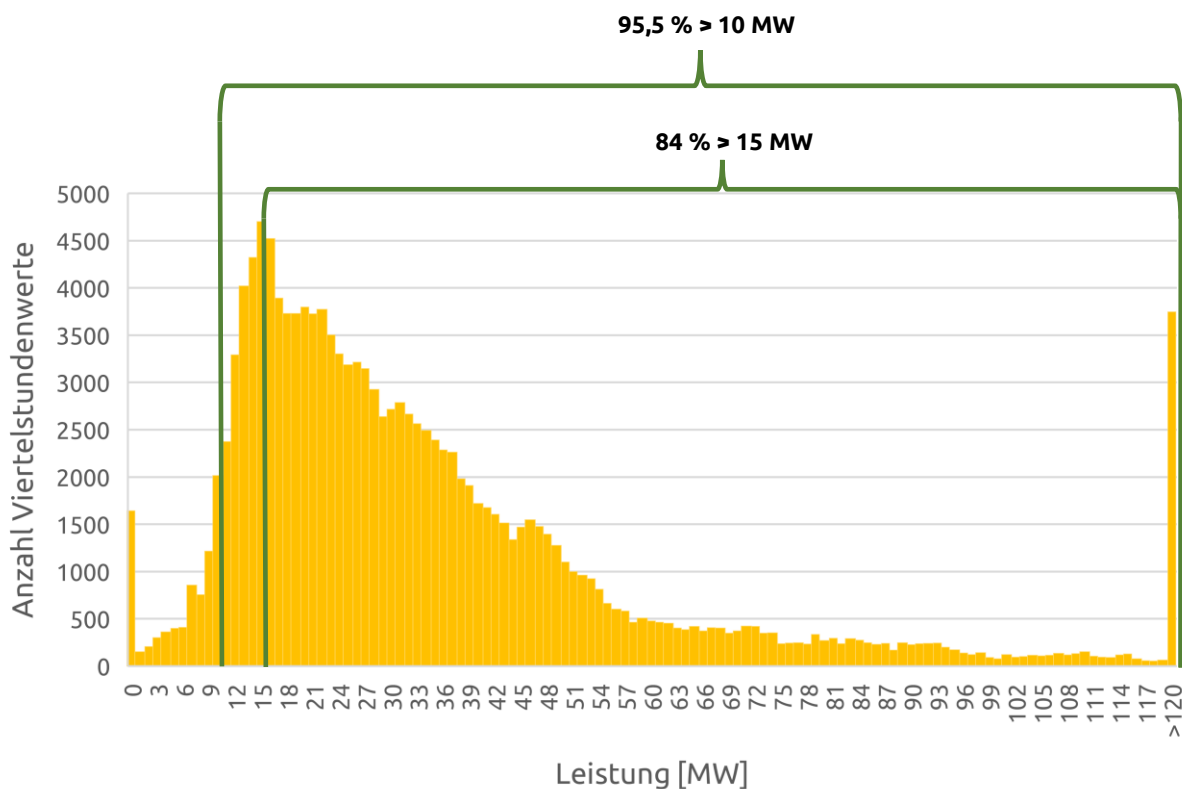


Abbildung 16: Verteilung der ausschöpfbaren Wärmemenge in Viertelstundenwerten

3.2.5 Wind

Die Windenergie ist im Kontext der Energie- und Wärmewende ein bedeutender Baustein zur Erreichung der Klimaziele. Dies gilt auch für das vergleichsweise urbane Braunschweig, durch die geplanten und genehmigten Windenergieanlagen in Geitelde und durch Planungen zur Ausweisung eines weiteren Vorranggebietes im Bereich von Mascherode.

Beim Repowering in Geitelde werden 4 der 5 existierenden Windenergieanlagen durch wesentlich leistungsstärkere ersetzt. Dies ist in Abbildung 17 dargestellt. Grau sind dabei die Anlagen, die zurückgebaut werden, grün die verbleibende Bestandsanlage und gelb die vier neuen Anlagen. Jede der neuen Anlagen wird eine Leistung von ca. 6,8 MW haben und jeweils ca. 16.000 MWh Strom pro Jahr produzieren. Damit können rund 64.000 MWh Strom, überwiegend im Herbst, Winter und Frühjahr, produziert werden.

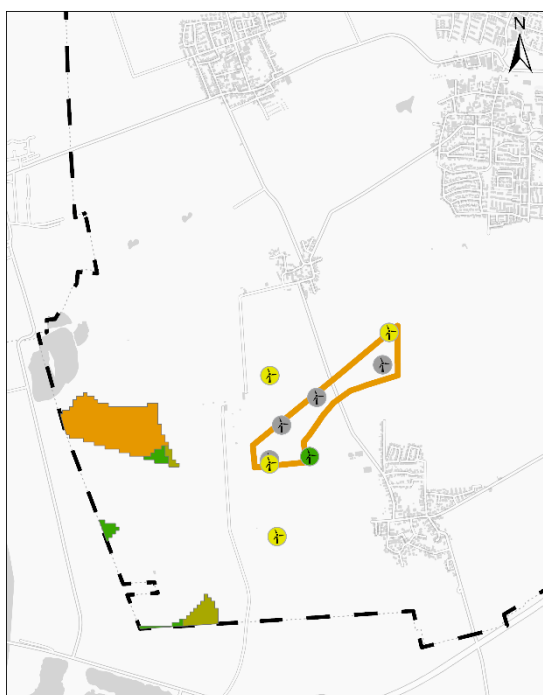


Abbildung 17: Repowering Geitelde

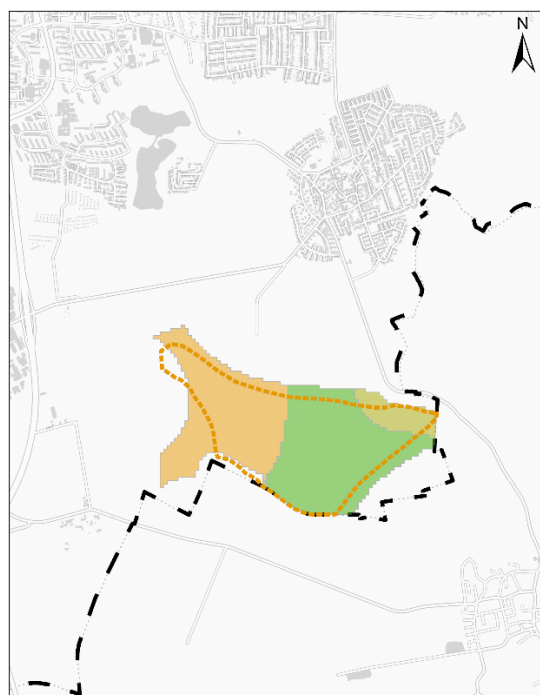


Abbildung 18: Zukünftige Windenergieflächen in der Teilplanung Windenergie des RGB

Auf Grundlage des Gesetzes zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen (sog. Wind-an-Land-Gesetz) hat der Regionalverband Großraum Braunschweig (RGB) in der laufenden Neuaufstellung des Regionalen Raumordnungsprogramms (RRÖP) zusätzliche Flächen für die Windkraftnutzung ausgewiesen. Auf den in Abbildung 18 aufgezeigten Flächen wäre voraussichtlich die Installation von 7 zusätzlichen Windenergieanlagen möglich, was wiederum einer Leistung von 45-48 MW entsprechen würde. Die dabei produzierte Strommenge von ca. 112.000 MWh könnte anteilig in der Heizperiode zur Produktion von Wärme z.B. mittels Großwärmepumpen eingesetzt werden.

Gemäß dem Fall, dass alle Anlagen im Braunschweiger Stadtgebiet realisiert werden, ständen ca. 72 MW elektrische Leistung zur Verfügung. Theoretisch könnte mit dieser Leistung mittels Großwärmepumpen (Wärmequelle Luft) eine Wärmeleistung von ca. 170 MW erzeugt werden.

Auch ohne die vollständige Nutzung dieses Potenzials für die Wärmeerzeugung trägt die Windenergie jedoch entscheidend zur Erreichung der Braunschweiger Klimaziele bei.

3.2.6 Photovoltaik

Neben der Windkraft ist die Photovoltaik ein Schlüsselement der Energiewende. Daher wurde bereits im IKS 2.0 die Relevanz dieser Erzeugungsart hervorgehoben und die Hebung der Potenziale auf großräumigen Freiflächen durch den Beschluss des „Freiflächen-Photovoltaik-Konzept Stadt Braunschweig“ am 11. Juni 2024 (Drs. 24-23663) ermöglicht. Seit Beschluss des FF-PV-Konzeptes wurden bereits über 50 % der geplanten 200 MW Erzeugungsleistung projiziert und werden dadurch innerhalb der nächsten Jahre realisiert.

Neben der Freifläche bieten jedoch auch weiterhin Dachflächen ein erhebliches Potenzial zur Erzeugung erneuerbaren Stroms. In Braunschweig wurden bereits über 108 MW Photovoltaik auf Dachflächen installiert (Stand März 2026). Das verbleibende Potenzial der Gesamtstadt beträgt weitere 2000 MW, dessen vollständige Hebung jedoch äußerst unwahrscheinlich ist. Es ist auch weiterhin von den im IKS 2.0 genannten 600 MW auf Dachflächen auszugehen. Eine grafische Darstellung des verbleibenden Dachflächenpotenzials zeigt Abbildung 19 beispielhaft für die Braunschweiger Innenstadt.

Während der größere Teil der Windenergie in den Herbst- und Wintermonaten bereitsteht, wird bei der Photovoltaik ein Großteil des Stroms in den Sommermonaten, außerhalb der Heizperiode, erzeugt. Im Winterhalbjahr liefert eine PV-Anlage ca. 20-30 % des maximalen Ertrages. Nichtsdestotrotz ist die Kopplung einer Wärmepumpe und einer Photovoltaikanlage im großtechnischen, als auch privaten Bereich durchaus sinnvoll. Insbesondere an kalten, klaren Wintertagen sowie in der Übergangszeit zwischen den Halbjahren, kann der Strom einer PV-Anlage sinnvoll zur Erzeugung von Wärme genutzt werden. Eine solche Kopplung bietet keine andere Wärmeerzeugungsart, wodurch sie insbesondere für den Privatbereich besonders interessant ist.

Wird nun angenommen, dass von den insgesamt 800 MW ca. 20 % in den Wintermonaten zur Verfügung stehen, kann von ca. 160 MW zur Verfügung stehender PV-Leistung ausgegangen werden. 120 MW entfallen dabei auf Dach- und 40 MW auf Freiflächen. Würde diese erzeugte elektrische Energie komplett zur Wärmeerzeugung genutzt, könnte in Kombination mit Wärmepumpen eine große Wärmeleistung erzeugt werden. Diese entspräche bei Freiflächen-PV in Kombination mit einer Großwärmepumpe (Luft, JAZ von 2,4) ca. 96 MW und bei Dachanlagen in Kombination mit effizienten Luft/Wasser Wärmepumpen (JAZ 3,75) insgesamt 450 MW. Dies entspräche ca. einem Drittel der heute benötigten Heizleistung.

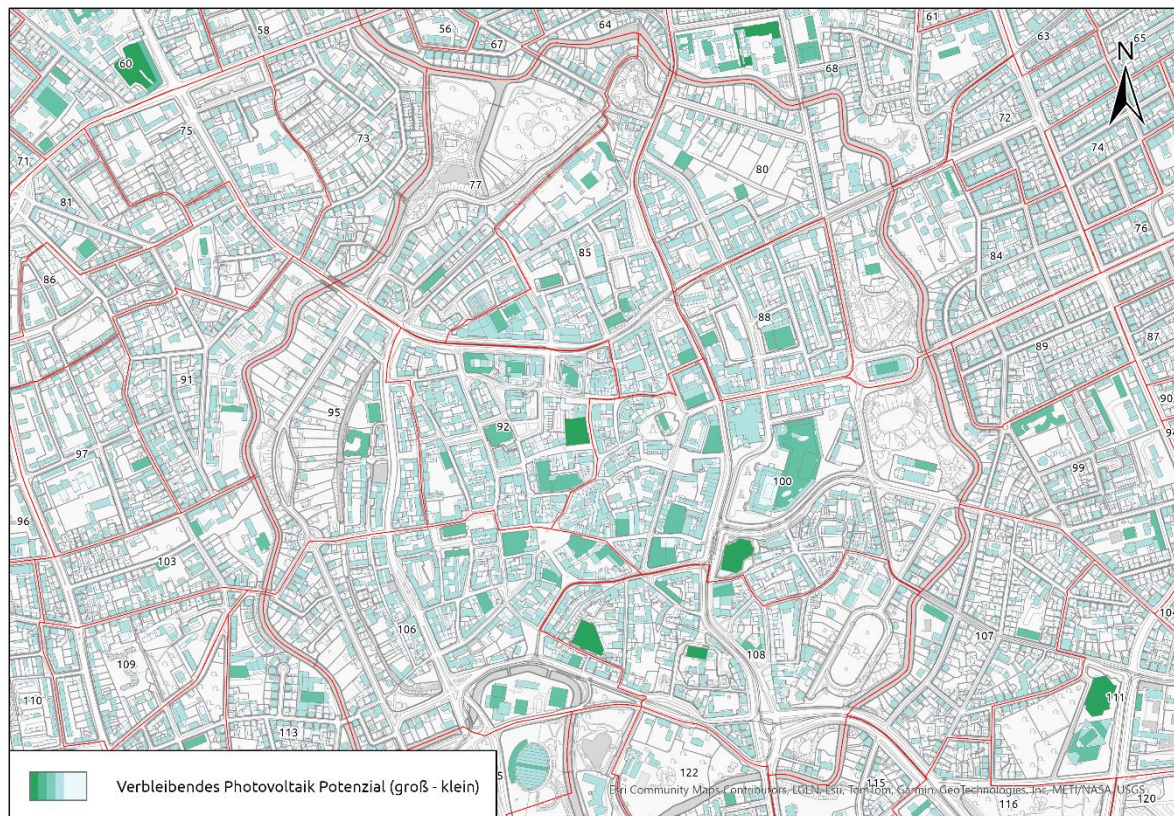


Abbildung 19: Photovoltaikpotenzial in der Braunschweiger Innenstadt

3.3 Abwärmenutzung

Die Nutzung von unvermeidbarer Abwärme ist ein entscheidender Baustein zur effizienten Nutzung von Energie. Abwärme entsteht bei Produktions- oder Kühlprozessen im Gewerbe oder der Industrie und wird bisher in den meisten Fällen ungenutzt an die Umwelt abgegeben. Da im Stadtgebiet Braunschweig viele Gewerbebetriebe und auch mehrere Heizkraftwerke lokalisiert sind, liegt ein entsprechendes Abwärmepotenzial vor. Eine Übersicht zum Gesamtpotenzial im Stadtgebiet befindet sich im **Kartenkatalog** auf Seite 21.

Vieler dieser Abwärmepotenziale basieren jedoch aktuell noch auf der Nutzung von fossilem Erdgas. Deshalb, und auch auf Grund einer zunehmenden Eigennutzung von Abwärme aus Kühlprozessen, ist bis 2040 mit einer Reduktion der Abwärmepotenziale zu rechnen. Weiterhin bietet jedoch die Nutzung von Abwärme aus biomassebasierten Verbrennungsprozessen ein großes Potenzial. Eine Möglichkeit der technischen Nutzung ist die Rauchgaskondensation. Hierbei wird dem Rauchgas die Wärme entzogen, wodurch kondensierbare Bestandteile, wie Wasser, abgeschieden werden. In diesem Kontext wird auf Maßnahme M9 „Rauchgaskondensation am Standort HKW Mitte“ verwiesen.

Das Potenzial der Abwärmenutzung liegt in Braunschweig bei insgesamt ca. 125 MW, während alleine 86 MW am Standort HKW Mitte zur Verfügung stehen würden (Angabe auf der „Plattform für Abwärme“ gemäß § 17 Abs. 2 Energieeffizienzgesetz). Dieses große Potenzial wird lediglich durch Abwärmepotenziale außerhalb des Stadtgebietes übertroffen. Hierbei ist explizit das Abwärmepotenzial der Salzgitter Flachstahl GmbH zu nennen, welches die Grundlast der Fernwärme rein vor dem Hintergrund möglicher Mengen ganzjährig decken könnte.

Grundsätzlich bietet die Abwärmenutzung große Chancen, nicht nur für den Betrieb eines Wärmenetzes, sondern auch für Unternehmen, die durch eine Veräußerung der Abwärme Einnahmequellen erschließen können. Bei der Projektierung einer Abwärmenutzung sind jedoch Fragen zur dauerhaften Verfügbarkeit sowie zur Ausfallabsicherung zu klären. Entsprechende Risiken müssen dabei in einem guten Verhältnis zum Potenzial stehen. Viele Beispiele hierzulande sowie im europäischen Ausland zeigen jedoch, dass die Einbindung von Abwärme in Wärmenetze erprobt und wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar ist.

3.4 Nutzung von Wasserstoff zu Heizzwecken

Wasserstoff kann durch Verbrennung zu Heizzwecken oder in einer Brennstoffzelle zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden. Die Nutzung von Wasserstoff zum Heizen ist dabei jedoch aus mehreren Gründen aktuell nicht sinnvoll.

Die Herstellung von Wasserstoff, meist durch Elektrolyse aus Wasser, ist mit hohen Energieverlusten verbunden. Bei der Umwandlung von Strom in Wasserstoff und später wieder in Wärme gehen bis zu **70 % der eingesetzten Energie verloren**, weshalb es effizienter ist, den Strom direkt für elektrische Heizungen oder Wärmepumpen zu nutzen. Zudem sind die Kosten für die Herstellung, Speicherung und den Transport von Wasserstoff derzeit sehr hoch, da er unter hohem Druck oder bei sehr niedrigen Temperaturen gelagert werden muss. Wärmepumpen, die Strom direkt nutzen, sind deutlich effizienter, da sie aus einer Kilowattstunde Strom 3-4 kWh Wärme erzeugen können.

Ein weiterer Aspekt ist die begrenzte Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff, der aus erneuerbaren Energien hergestellt wird. Dieser wird in anderen Bereichen, wie der Industrie (z. B. Stahlproduktion) dringend benötigt, da es dort kaum Alternativen gibt. Es ist davon auszugehen, dass Wasserstoff auch zukünftig ein knappes Gut sein wird und daher fast ausschließlich für den Einsatz in Kraft- und Heizwerken mit eng begrenzter Betriebsstundenzahl zur Deckung der winterlichen (Strom- und) Wärmelastspitzen zum Einsatz kommen wird.

Zwar können erneuerbare Energien durch die Herstellung von grünem Wasserstoff in ein speicherbares Medium überführt werden. Insbesondere zwecks kurzzeitiger Speicherung sind batterieelektrische Speicher allein aus Kostengründen wesentlich attraktiver.

Ein flächiger Einsatz in der dezentralen Wärmeversorgung von Gebäuden wird aus den o.g. Gründen in der Fachwelt kaum ernsthaft erwogen. Dementsprechend hat BS|NETZ mitgeteilt, dass in Braunschweig dem Erdgasnetz zukünftig kein Wasserstoff hinzugefügt werden soll.

3.5 Zusammenfassung und Beurteilung der Potenziale

Im Rahmen der KWP wurde eine Vielzahl an erneuerbaren Energie- und Abwärmepotenzialen betrachtet. Manche dieser Potenziale, wie Flusswasser- und Abwasserwärme, werden bereits tiefergehend untersucht, andere Potenziale, wie die effiziente Nutzung der Biomasse oder die Abwärmenutzung, müssen künftig noch weitergehend betrachtet werden (siehe hierzu Maßnahme M8 „Nachweis und Nutzung der ermittelten Potenziale an erneuerbaren Energien“). Ob die Wärmewende in Braunschweig gelingt, hängt entscheidend von der praktischen Erschließung dieser Potenziale für die Erzeugung ab.

Rein mengenmäßig wird ersichtlich, dass trotz teils konservativer Annahmen durch die in Braunschweig vorhandenen Wärmepotenziale theoretisch ein großer Anteil des zukünftigen Wärmebedarfs von 2,1 TWh (siehe Kapitel 4.2) gedeckt werden könnte (vgl. Tabelle 6). Dabei werden keine Energiemengen berücksichtigt, welche in Form von Abwärme oder Strom von außerhalb des Stadtgebiets zur Verfügung gestellt werden können.

Tabelle 6: Wärmepotenziale in Braunschweig

Wärmequelle	Quelleleistung (MW)	Wärmeleistung nach Wärmeerzeuger (MW)	Theoretische Volllaststunden (h) ⁵	Potenziale Wärmemenge (MWh)
Abwasser	19-25	28,5-37,5 (JAZ der WP ⁶ : 3)	8.760	249.660-328.500
Biomasse	~	~	~	43.500
Geothermie	23,6-47,2	30-60,3 (JAZ der WP: 4,6)	1.800	54.280-108.500
Flusswasser	10-15	15-22,5	8.352-7.344	125.000-165.000
Wind	72	170	~2.400	408.000
Photovoltaik Freifläche	40 (20 % von 200)	96 (JAZ Groß-WP: 2,4)	1.800	172.800
Photovoltaik Dachflächen	120 (20 % von 600)	450 (JAZ der WP: 3,75)	1.800	810.000
Abwärme	86	112	3.500	302.000
Summe				2.165.240-2.338.300

Bei Betrachtung der theoretischen Volllaststunden wird klar, dass bei manchen Wärmequellen (Abwasser und Flusswasser) grundsätzlich eine ganzjährige Verfügbarkeit (8.760 Stunden) angenommen werden kann. Eine Realisierung ist jedoch aus betriebswirtschaftlichen Gründen nur dann wahrscheinlich, wenn solche Wärmequellen auch zur Deckung der sommerlichen Grundlast des Fernwärmenetzes genutzt werden.

⁵ Liegen keine Abschätzungen über voraussichtliche Volllaststunden vor, wird von einem Standardwert für Einfamilienhäuser (Heiz- und Warmwasserbedarf) von 1.800 h ausgegangen

⁶ WP = Wärmepumpe

Pauschal können zusammenfassend folgende Aspekte festgehalten werden:

- Grundsätzlich können bei weiteren Untersuchungen oder auf Projektebene Wärmepotenziale entfallen oder reduziert werden.
- Technisch kommt zur Hebung der ermittelten Potenziale in vielen Fällen der Einsatz einer Wärmepumpe in Betracht
- Während sich Biomasse, Flusswasser, Wind, Freiflächen-PV und Abwärme besonders effizient in Wärmenetze einbinden lassen, liegt der Fokus bei PV auf Dachflächen klar bei der gebäudeseitigen Nutzung. Bei Abwasser und Geothermie kommen beide Nutzungsvarianten zum Tragen.
- Während Wärmepumpen auf Grund ihrer hohen Effizienz über die Betriebszeit von 20 Jahren einen finanziellen Vorteil gegenüber z.B. Gasheizungen haben, zeigt sich bei der Gebäudesanierung ein solcher Effekt erst wesentlich später.
- Notwendige Rahmenbedingungen für eine Hebung der dargestellten Potenziale sind die Bedarfsreduktion auf Seite der Gebäude sowie die Anpassung der Anlagentechnik. Beide sind Grundlagen für eine wirtschaftliche und effiziente Nutzung (noch) fossiler und erneuerbarer Energien.

4 Zielszenario

Das Zielszenario dient als Grundlage für die Umsetzung konkreter Maßnahmen und definiert Gebiete, in denen zukünftig eine Fern- bzw. Nahwärmeversorgung sinnvoll ist. Grundlage hierfür sind einerseits die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs, als auch die Berücksichtigung von konkreten Planungen zum Ausbau des Fernwärmenetzes.

4.1 Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs

Die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs basiert auf den Annahmen aus Kapitel 3.1.1. Aus den zu erwartenden Bedarfsreduktionen lassen sich für das Zieljahr 2040 neue Wärmelinienlängen berechnen. Diese sind im **Kartenkatalog** auf Seite 16 dargestellt und zeigen einen leichten Rückgang der Wärmedichte entsprechend der erwarteten Bedarfsreduktion.

Die Entwicklung der Wärmedichte dient als eine Grundlage für die Ausweisung von neuen Wärmenetzgebieten. Hinzu kommen Kriterien wie die Dichte der Bebauung, das Vorhandensein von Ankergebäuden für Wärmenetze (z.B. Schulen), vorhandene Versorgungsinfrastruktur, der notwendige Investitionsaufwand und die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien. Die Gesamtheit dieser Informationen wurde als Bewertungsgrundlage zur Beurteilung der Eignung der Cluster für Wärmenetze genutzt. Anschließend wurde das Ergebnis mit BS|ENERGY bezüglich dortiger Planungen zum Ausbau der Fernwärmeversorgung abgestimmt.

Die Ergebnisse dieser Abstimmung und der vorangegangenen Untersuchung sind in Form des Zielszenarios 2040 und den Zwischenschritten in Form der Stützjahre 2030 und 2035 abgebildet.

4.2 Einteilung in Eignungsgebiete

Im Zielszenario 2040 sowie für die Stützjahre 2030 und 2035 sind die voraussichtlich wirtschaftlichsten Versorgungsvarianten dargestellt. Diese unterteilen sich in Wärmenetzgebiete (Bestand, Ausbau und Nachverdichtung), Prüfgebiete für eine netzgebundene Wärmeversorgung und Gebiete, in denen eine dezentrale Versorgung die wirtschaftlichste Variante abbildet. Unter der wirtschaftlichsten Variante wird jene verstanden, die unter aktuellen Rahmenbedingungen voraussichtlich zu den günstigsten Wärmegestehungskosten für Endabnehmerinnen und Endabnehmer führen wird. Diese pauschale Aussage ersetzt jedoch keine Prüfung im konkreten Einzelfall.

Bestandswärmenetze bleiben dabei auch zukünftig Fernwärmegebiete, wobei insbesondere in Gebieten mit einer bisher eher geringen Anschlussquote eine Nachverdichtung, also der Anschluss weiterer größerer Wärmeabnehmer, vorgesehen ist. Bei der maximalen Anschlussquote wird jedoch im Schnitt von 80 % ausgegangen. In den Fernwärmeausbaubereichen wird neue Fernwärmeinfrastruktur im Straßenraum verbaut und das bestehende Fernwärmenetz erweitert (siehe hierzu Maßnahme M4 „Fokussierung der städtischen Baukoordination auf einen beschleunigten Ausbau der Fernwärme“). Die entsprechenden Gebiete weisen eine dichte Bebauung und einen hohen Wärmebedarf auf. Zudem stehen für den Ausbau der Fernwärmeversorgung ausreichende Netzkapazitäten im Bestandsnetz bereit oder werden zukünftig verfügbar sein. Es ist davon auszugehen, dass in diesen Gebieten für einen Großteil der Gebäude die Fernwärme die wirtschaftlichste

Wärmeversorgung darstellen wird. Dies ist jedoch mit der Erreichung einer hohen Anschlussquote verbunden.

Bei Netzneubauten wird die hydraulische Entkopplung dieser Gebiete geprüft (siehe hierzu Maßnahme M10 „Hydraulische Entkopplung von neuen Wärmenetzgebieten“). Eine hydraulische Entkopplung ermöglicht den Betrieb eines (Teil-)Netzes mit reduzierten Systemtemperaturen, sofern diese auch abnahmeseitig zu realisieren ist (etwa bei einem energetisch modernisiertem Gebäudebestand). Hydraulisch entkoppelte Netze begünstigen die Integration erneuerbarer Wärmequellen und insgesamt eine Reduzierung der zur Wärmeerzeugung eingesetzten Primärenergie.

Im Stadtgebiet sind verschiedene Fernwärme Großabnehmer ansässig. Um die o.g. abnahmeseitigen Maßnahmen zu forcieren, bietet sich eine entsprechende Vernetzung an (siehe hierzu Maßnahme M6 „Fortführung des Netzwerks der „Fernwärme-Großkunden“).

In Prüfgebieten für eine netzgebundene Wärmeversorgung liegt ein Potenzial für eine Nah- bzw. Fernwärmeversorgung vor. Dies basiert auf der Bebauungs-, und/oder der Wärmedichte sowie ggf. an der lokalen Verfügbarkeit erneuerbarer Energien (dezentrale Einspeisung). Eine direkte Fernwärmeanbindung an das Stadtnetz ist in solchen Gebieten im Regelfall aus Kapazitäts- und/oder Distanzgründen nicht möglich. In den Prüfgebieten würde die netzgebundene Versorgung jedoch die wirtschaftlichste Variante darstellen. Zur Prüfung der Umsetzbarkeit einer netzgebundenen Wärmeversorgung sind tiefergehende Untersuchung bezüglich der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien und die Ansprache der betroffenen Akteure notwendig. Die Prüfung dieser Gebiete soll bis Juni 2028 erfolgt sein (siehe hierzu Maßnahme M7 - Untersuchung der Prüfgebiete und Ausweisung von Wärmenetzgebieten). Sollte keine Umsetzbarkeit möglich sein, wird im Rahmen der KWP für diese Prüfgebiete künftig eine dezentrale Versorgung vorgesehen.

In Gebieten mit einer dezentralen Versorgung stellt eine Versorgungsvariante auf Gebäudeebene zu großen Teilen die wirtschaftlichste Variante dar (u.a. durch den Einsatz einer Wärmepumpe). In der Regel handelt es sich dabei um Gebiete mit einer aufgelockerten Siedlungsstruktur und niedrigem bis mittlerem Wärmebedarf. Daraus resultieren niedrige Wärmelinienlängen, welche den Einsatz von Wärmenetzen unwirtschaftlich machen. Die Kosten für Planung, Errichtung und Betrieb eines Wärmenetzes lassen sich in solchen Gebieten i.d.R. nicht über die Wärmepreise refinanzieren, bzw. machen die netzgebundene Wärme im Vergleich zu Einzellösungen für die Endkund*innen preislich unattraktiv. Eine kleinteilige netzgebundene Versorgung in Form von Gebäudenetzen ist jedoch nicht ausgeschlossen.

Wasserstoffversorgungsgebiete werden in Braunschweig nicht ausgewiesen, da durch den Braunschweiger Gasnetzbetreiber BS|NETZ keine Planungen für die Bereitstellung von Wasserstoff im Gasnetz vorgesehen sind.

Info-Box: Rechtswirkung der Gebietseinteilung

Grundsätzlich ist die kommunale Wärmeplanung ein informelles, strategisches Instrument ohne rechtliche Außenwirkung. Für Wärmenetzgebiete besteht für Eigentümer*innen keine Pflicht zum Anschluss an das Wärmenetz. Gleichzeitig kann jedoch auch kein Anschluss durch den Wärmenetzbetreiber eingefordert werden. Dem Anschlussnehmer und -geber bleibt somit die Wahlfreiheit.

In Abbildung 20 ist das Zielszenario 2040 dargestellt. Dort lässt sich erkennen, dass die Fernwärme (petrol), insbesondere im Stadtteil Östliches Ringgebiet, an Bedeutung gewinnt. Neben einem Ausbau der Fernwärme wird in den Bestandsgebieten eine Nachverdichtung der Fernwärme angestrebt. Im aktuellen Zielszenario sind die Prüfgebiete für eine netzgebundene Wärmeversorgung (orange) noch abgebildet. Diese werden jedoch im Rahmen der Fortschreibung und spätestens bis Juni 2028 durch die Ausweisung von entweder Wärmenetzgebieten oder Gebieten mit einer dezentralen Versorgung ersetzt (s.o.).

Einen bedeutenden Anteil wird auch in Zukunft die dezentrale Versorgung (gelb) darstellen. Dabei werden vor allem Wärmepumpen durch ihre hohe Effizienz eine wichtige Rolle bei der Transformation einnehmen. Eine dezentrale Versorgung schließt auch nicht aus, dass für einzelne Gebäudegruppen ein Gebäudenetz (insbesondere bei Vorhandensein eines größeren Ankerkunden) eine wirtschaftliche Versorgungsvariante bieten kann.

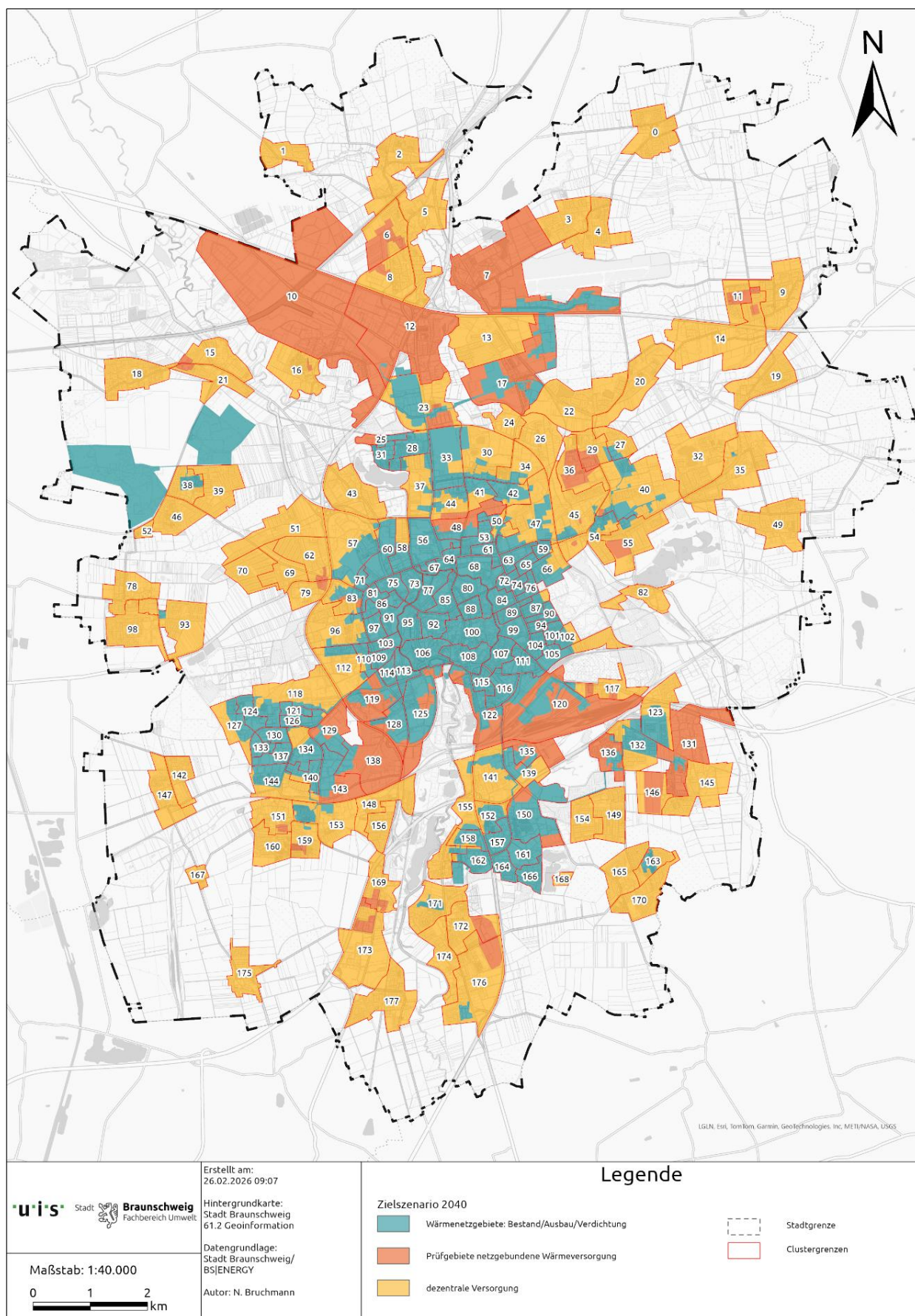


Abbildung 20: Zielszenario 2040

Auf Grundlage des Zielszenarios lässt sich eine grobe Abschätzung über die zukünftige Energieträgerverteilung im Braunschweiger Stadtgebiet ermitteln. Ein Szenario ist in Abbildung 21 illustriert. Hier lässt sich klar erkennen, dass der Anteil der Fernwärme am Wärmeverbrauch zunimmt, während die Nutzung fossilen Erdgases bis 2040 vollständig eingestellt wird (gemäß aktuell in Niedersachsen geltendem Landesrecht). Durch den Rückgang des Wärmebedarfs und die Erweiterung des Fernwärmenetzes steigt der Anteil der Fernwärme am Gesamtwärmeverbrauch auf ca. 50 %, was im Vergleich zum Jahr 2021 eine Steigerung von 11 % darstellt (siehe 2.6.1).

Während der Heizölverbrauch bis 2040 weitestgehend entfällt, ist außerhalb von Fernwärmebestands- oder Ausbaubereichen in Teilen mit einem Wechsel auf Biomasse basierte Heizungsanlagen zu rechnen. Dies hängt damit zusammen, dass bei Ölheizungen bereits Platz für Öltanks vorhanden ist, der zukünftig für die Lagerung von Biomasse (z.B. Pellets) genutzt werden kann. Der Anteil von Biogas ergibt sich aus dem Anteil der Erdgasheizungen die im Jahr 2040 noch jünger als 20 Jahre sind und entsprechend bis zum Ende der durchschnittlichen Lebenszeit vom 20 Jahren weiterbetrieben werden sollen. Hierbei ist eine Prognose auf Grundlage sich verändernden bundespolitischen Rahmenbedingungen jedoch mit großer Unsicherheit behaftet.

Den größten Zuwachs beim Anteil an der Wärmeerzeugung erfährt die Wärmepumpe. Sie ist schon heute die meist verkaufte Wärmeerzeugungsanlage und wird zukünftig eine noch wichtigere Rolle bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung spielen. Sie wird dabei auch in Braunschweig in den meisten Fällen eine Erdgasheizung ersetzen.

Zusammenfassend lässt sich in Abbildung 21 klar erkennen, dass der Wärmeversorgung eine große Transformation bevorsteht, die durch vielfältige Maßnahmen begleitet werden muss (siehe 5.1). Es wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich beim Wärmemarkt um einen derzeit sehr dynamischen Sektor handelt und das skizzierte Szenario nur eine Variante, jedoch keine feste Prognose darstellt.

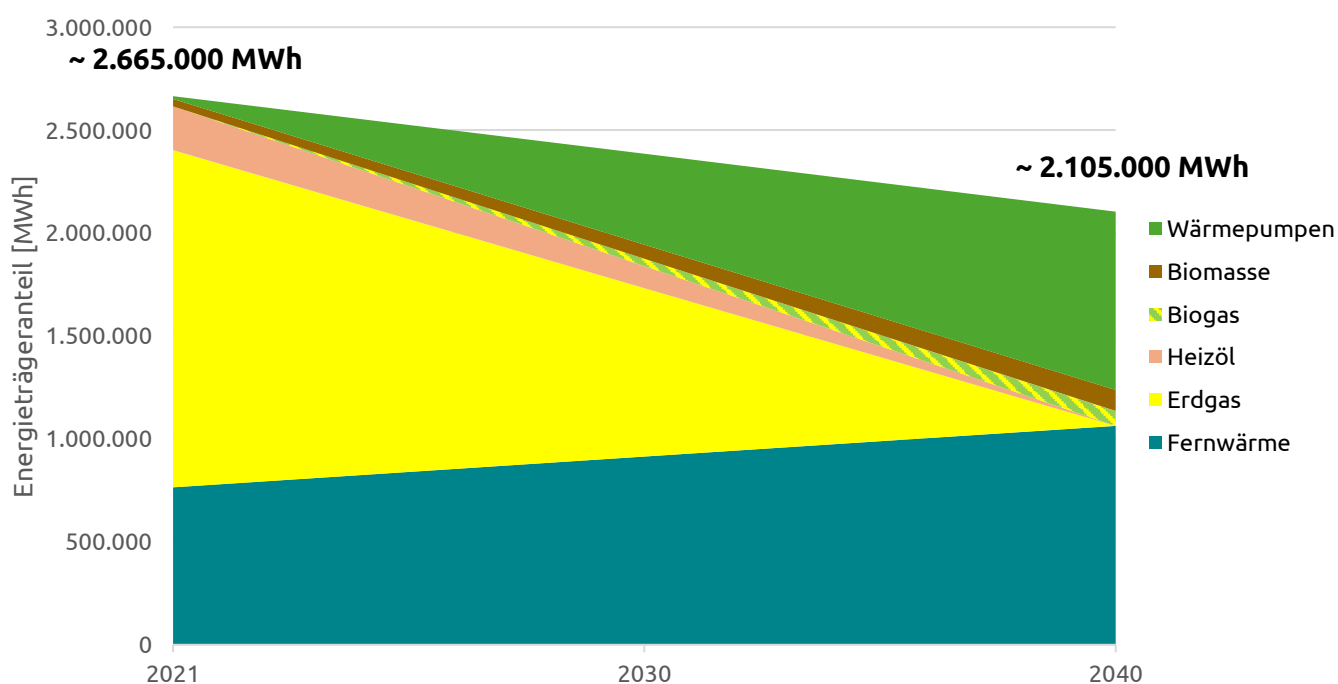


Abbildung 21 Szenario der Energieträgerverteilung in Braunschweig bis 2040

4.3 Sanierungsgebiete

Wie in Abbildung 21 zu sehen, nimmt dem Szenario nach der Endenergiebedarf der Wärmeversorgung bis 2040 um rund 22 % ab. Wesentliche Grundlage für diese Reduzierung ist die energetische Sanierung des Gebäudebestands. Um eine energetische Sanierung sicherzustellen sind jedoch Maßnahmen von städtischer Seite aus notwendig.

Auf Grundlage der in Kapitel 3.1.1 ermittelten Einsparpotenziale lassen sich, zusammen mit städtebaulichen Kriterien, Gebiete festlegen, die besonders für eine energetische Quartierssanierung (EQS) geeignet sind. Ein EQS hat dabei das Ziel energetische Maßnahmen von Gebäude-Eigentümer*innen und Bewohner*innen anzuregen und zu befördern. Dazu zählt die Senkung des Gebäude-Energieverbrauchs durch energetische Sanierung oder die Nutzung erneuerbarer Energien. Von städtischer Seite aus sollen bei Bedarf oder Eignung zudem Konzepte zur Wärmeversorgung im Quartier entwickelt werden.

Zur Umsetzung der EQS ist vorgesehen, das Förderprogramm KfW 432 in Anspruch zu nehmen. Dieses fördert mit 75 % der förderfähigen Kosten die Erstellung energetischer Quartierskonzepte, sowie ein anschließendes Sanierungsmanagement in den jeweiligen Quartieren. Das Programm unterstützt jedoch keine baulichen Investitionen.

Daneben sollen weitere (Umwelt-)Themen, wie Klimafolgenanpassung oder Förderung klimafreundlicher Mobilität, untersucht und Maßnahmenvorschläge erarbeitet werden. Die Aufgaben der Energieversorgungsunternehmen zur Erreichung der Klimaziele sind nicht Gegenstand der Energetischen Quartierssanierung.

Zur Auswahl der EQS-Gebiete wurden folgende städtebauliche Faktoren berücksichtigt:

- Baualtersklassen
- Gebäudestruktur / Bautypus,
- Anteile der Gebäude mit Denkmalschutz,
- Anteil Gewerbe / Handel / Dienstleistung

Diese wurden durch weitere Faktoren ergänzt:

- Anbindung ÖPNV
- max. Einsparpotential,
- dominierende Energieträger
- Belastung durch Folgen des Klimawandels: Sommerliche Hitze, Starkregen

Auf Grundlage dieser Kriterien wurde eine Auswertung vorgenommen, welche Gebiete sich besonders für EQS eignen. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Abbildung 22 dargestellt. Eine Reihenfolge zur Umsetzung wurde hierbei jedoch nicht vorgenommen.

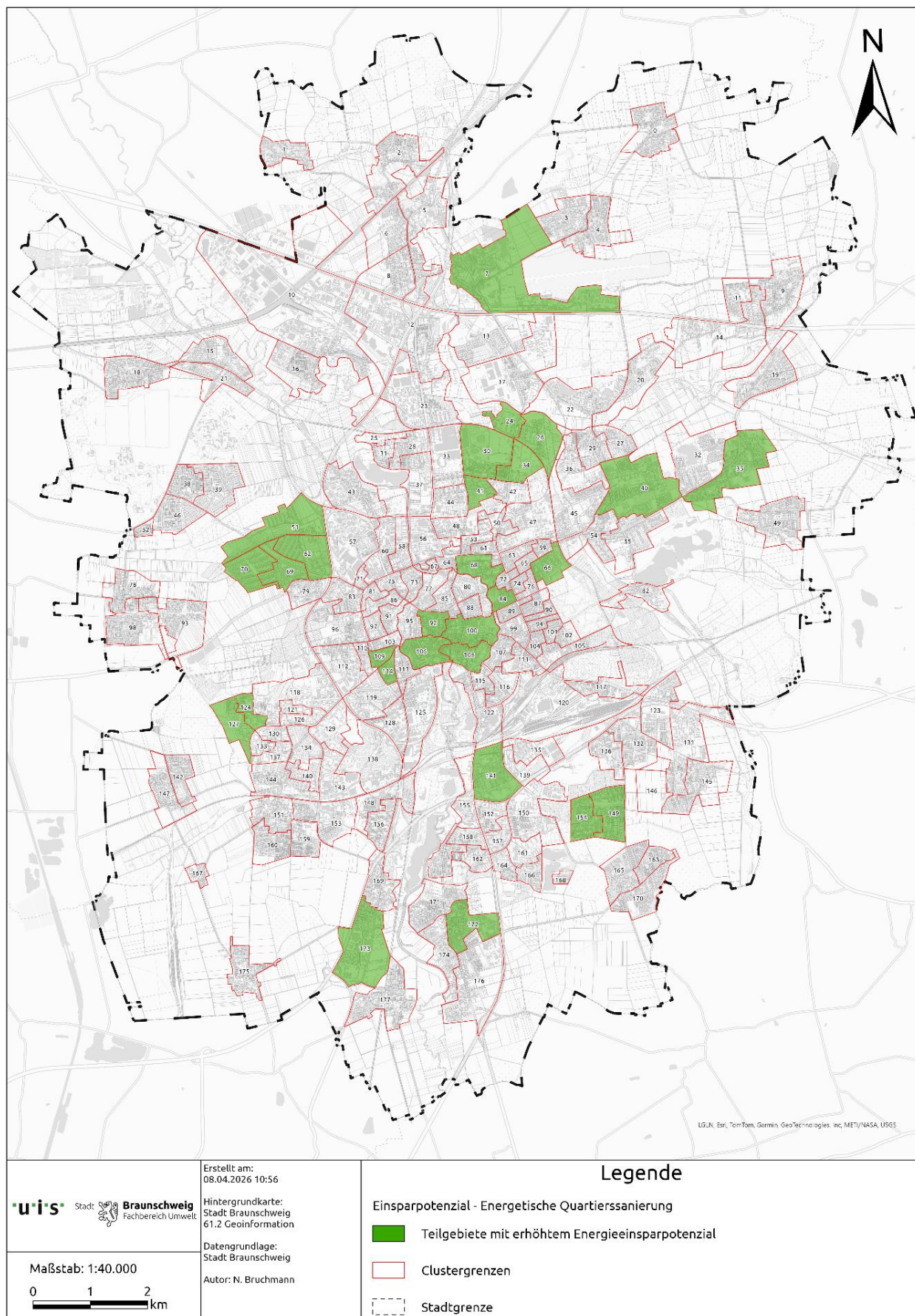


Abbildung 22: Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

5 Wärmewendestrategie

Im Rahmen der Wärmewendestrategie werden Maßnahmen festgelegt, die auf Grundlage der vorangegangenen Analysen zur Erreichung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung beitragen. Die Maßnahmen sind sowohl organisatorisch, kommunikativ als auch technisch, um ein breites Spektrum an Handlungsspielräumen zu adressieren.

5.1 Maßnahmenkatalog

Der **Maßnahmenkatalog** umfasst insgesamt 18 Maßnahmen, die zur Erreichung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung beitragen sollen. In Tabelle 7 sind alle Maßnahmen aufgeführt, die nach Beschluss der KWP umgesetzt werden sollen. Eine genaue Beschreibung jeder Maßnahme befindet sich im **Maßnahmenkatalog**. Die Maßnahmen sind dabei in Handlungsfelder aufgeteilt. Das Handlungsfeld „Organisation“ umfasst dabei vor allem Maßnahmen, die verwaltungsseitige Aktivitäten erfordern, das Handlungsfeld „Wärmenetze“ entsprechend Aktivitäten im Bereich des Fern- und Nahwärmeausbaus, die „dezentrale Versorgung“ vor allem Maßnahmen, die Gebäudeeigentümer*innen betrifft und der Bereich „Energieeinsparung“ das Feld der Sanierung und Energieberatung. Unter „Sonderprojekte“ fallen zwei Maßnahmen, die von der Verwaltung betreut und initiiert werden, aber eine Vielzahl von Akteuren einbindet.

Tabelle 7: Maßnahmen der KWP

Handlungsfeld	Nr.	Maßnahme
Organisation	1	Gründung der AG Klimaschutz und Hochbau
	2	Orientierungsberatungen zum Energie-Contracting
	3	Gründung des Wärmebeirates
	4	Fokussierung der städtischen Baukoordination auf einen beschleunigten Ausbau der Fernwärme
	5	Entwicklung von Planungshinweisen zur beschleunigten Genehmigung von Großwärmepumpen
	6	Fortführung des Netzwerks der „Fernwärme-Großkunden“
Wärmenetze	7	Untersuchung der Prüfgebiete und Ausweisung von Wärmenetzgebieten
	8	Nachweis und Nutzung der ermittelten Potenziale an erneuerbaren Energien
	9	Rauchgaskondensation am Standort HKW Mitte
	10	Hydraulische Entkopplung von neuen Wärmenetzgebieten
Dezentrale Versorgung	11	Initiierung einer Wärmepumpenkampagne
	12	Strategische Entwicklung des Stromnetzes im Kontext der KWP
	13	Informationsformate zur Biomethan- und Wasserstoffnutzung
Energieeinsparung	14	Energetische Quartierskonzepte mit Sanierungsmanagement
	15	Energieberatung im Verbund
	16	Innovative Beratungsangebote zur Steigerung der Sanierungsrate und zum Heizungstausch
Sonderprojekte	17	Beauftragung einer Machbarkeitsstudie zur Pyrolyse von Biomasse
	18	Erstellung eines integrierten Wärmenutzungskonzeptes für das Klärwerk Steinhof und das Abfallentsorgungszentrum

5.2 Zeitplan und Umsetzungsprioritäten

Die im Vorfeld beschriebenen Maßnahmen umfassen neben einer detaillierten Beschreibung auch einen zeitlichen Ablauf und eine Priorisierung. Die Priorisierung legt dabei Maßnahmen fest, die innerhalb der nächsten fünf Jahre begonnen werden sollen, um die gesetzliche Pflicht aus dem NKlimaG zu erfüllen. Die priorisierten Maßnahmen sind in Tabelle 8 grün hinterlegt. Die Tabelle zeigt zudem den zeitlichen Ablauf der Maßnahmen. Dargestellt ist der Beginn der Maßnahmen und deren voraussichtlicher Umsetzungszeitraum. Die Laufzeit von sich wiederholenden Maßnahmen wird dabei ebenso dargestellt (siehe z.B. M8), wie auch die von einmaligen oder dauerhaften Maßnahmen.

Tabelle 8: Zeitlicher Ablauf der Maßnahmen

	2026				2027				2028			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
M1												
M2												
M3												
M4												
M5												
M6												
M7												
M8												
M9												
M10												
M11												
M12												
M13												
M14												
M15												
M16												
M17												
M18												

6 Zusammenfassung

Ziel der KWP war die Analyse des Status quo der Wärmeversorgung, die Ermittlung erneuerbarer Potenziale, die Verknüpfung beider Aspekte im Zielszenario und die Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung.

In der Bestandsanalyse konnte gezeigt werden, dass aktuell noch eine große Abhängigkeit von fossilem Erdgas besteht, Braunschweig jedoch mit dem Fernwärmenetz über einen großen Hebel für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung verfügt. Die Bestandsanalyse hat auch aufgezeigt, dass insbesondere im Bereich der energetischen Gebäudesanierung ein Bedarf für weitere Anstrengungen besteht.

Ferner liegen in Braunschweig vielfältige Quellen für erneuerbare Energie und Wärme vor, die es zukünftig sinnvoll zu nutzen gilt. Diese Potenziale zu heben und zu nutzen liegt dabei in der Verantwortung vieler Akteure. Die Kenntnis über deren Verfügbarkeit kann nur als erster Schritt zur Hebung gesehen werden.

Das Zielszenario liefert Gebäudeeigentümer*innen einen klaren Plan, in welchen Bereichen und in welchen Zeiträumen zukünftig ein Wärmenetz zur Verfügung stehen wird, auch wenn der Anschluss weiterhin eine individuelle Entscheidung bleibt. Es bleibt bis Juni 2028 die wichtige Aufgabe, auch in den Prüfgebieten für Klarheit bezüglich der Verfügbarkeit einer wärmenetzgebundenen Versorgung zu sorgen.

Diese und weitere Maßnahmen sind Teil der Wärmestrategie, bei der die Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung sowohl organisatorisch, kommunikativ als auch technisch unterstützt und vorbereitet wird.

Der Wärmeplan für Braunschweig wird in einer Zeit steigender fossiler Energiepreise (Irakkrieg 2026) vorgelegt. Der beschriebene Pfad zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung ist als ein Teil eines ganzen Prozesses zu verstehen, der im Verlauf der Zeit auch fortwährend angepasst werden muss. Daher wird die KWP in Braunschweig auch innerhalb der nächsten 5 Jahre fortgeschrieben und eng an zukünftige Entwicklungen gekoppelt. Hierbei ist insbesondere die Umsetzung des **Transformationsplans Fernwärme** zu nennen, da dieser viele Implikationen für die kommende Entwicklung der KWP mit sich bringt.

6.1 Teilgebiets-Steckbriefe

Im Rahmen der KWP wurde das Stadtgebiet in kleinteilige Bereiche, die Cluster, aufgeteilt. Für jedes dieser Cluster wurden im Verlauf der KWP vielfältige Informationen ermittelt und generiert, die es abzubilden gilt. Hierzu dienen die **Teilgebiets-Steckbriefe**, welche parallel zu diesem Endbericht veröffentlicht werden. Diese stellen dabei für jedes Cluster alle relevanten Informationen der Bestands- und Potenzialanalyse, des Zielszenarios und der Wärmewendestrategie zur Verfügung. Sie dienen dazu, dass Eigentümer*innen für ihr Teilgebiet Hinweise und Informationen erhalten, anhand derer sie sich für eine wirtschaftliche Versorgungsvariante entscheiden können. Zusätzlich bieten die Steckbriefe Informationen zu möglichen Potenzialen an erneuerbaren Energien. Zudem wird in den **Teilgebiets-Steckbriefen** definiert, welche Maßnahmen der Wärmewendestrategie für das jeweilige Cluster relevant sind.

6.2 Kartenkatalog

Ein bedeutender Teil der KWP ist die kartografische Darstellung von Untersuchungsergebnissen und Potenzialen an erneuerbaren Energien. Da die Darstellung aller erzeugten Karten jedoch den Umfang und die Übersichtlichkeit der KWP beeinträchtigt hätte, wird ein Teil der erzeugten Karten nur in Form des **Kartenkatalogs** bereitgestellt. Alle Karten werden jedoch auch im Geoportal FRISBI der Stadt Braunschweig zur Verfügung gestellt.

Abkürzungsverzeichnis

KWP → Kommunale Wärmeplanung

kWh → Kilowattstunden

MWh → Megawattstunden

EFH → Einfamilienhäuser

MFH → Mehrfamilienhäuser

GHD → Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

SE|BS → Stadtentwässerung Braunschweig

AVB → Abwasserverband Braunschweig

FF-PV → Freiflächenphotovoltaik

RROP → Regionales Raumordnungsprogramm

AK → Altersklasse

JAZ → Jahresarbeitszahl

KWK → Kraft-Wärme-Kopplung

NKlimaG → Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (Niedersächsisches Klimagesetz - NKlimaG)